PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* (PLN-*SOLAR CELL*) PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN HOMER

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan

mencapai derajat Sarjana S1

Disusun oleh:

Apri Anggi Prayogi

14524111

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* (PLN-*SOLAR CELL*) PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN HOMER

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:

Apri Anggi Prayogi
14524111

Yogyakarta, 26-12-2018

Menyetujui,

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Husein Mubarok S.T., M.Eng.	**Setyawan Wahyu Pratomo S.T., M.Eng.**
155241305	**155241302**

i

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* (PLN-*SOLAR CELL*) PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN HOMER

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Apri Anggi Prayogi

14524111

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: tanggal bulan tahun

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarok, S.T., M.Eng. _____

Anggota Penguji 1: Wahyudi Budi Pramono, ST, M.Eng. _____

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

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 26 Desember 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA ★ YOGYAKARTA ★ FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

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

NIP : 045240101

ii

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, 26 Desember 2018



Apri Anggi Prayogi

iii

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, rasa syukur dan terima kasih penulis haturkan pada-Mu ya Rabb atas karunia nikmat yang telah diberikan sehingga skripsi yang berjudul "Perancangan *Hybrid* (PLN-*Solar Cell*) Pada Gedung Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Menggunakan HOMER" telah selesai dengan baik dan lancar. Tak lupa sholawat dan salam tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW yang menjadi teladan hidup bagi kita.

Rasa syukur tak henti-hentinya penulis haturkan atas terselesaikannya skripsi ini, sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi seluruh pembaca kedepannya. Banyak sekali kesan dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Terima kasih juga terhaturkan kepada semua pihak yang terlibat dalam proses pengerjaan skripsi ini. Atas bimbingan, dukungan, kerja sama, dan fasilitas diucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Mamak terhebat dan terbaik serta kakak dan adik yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan juga inspirasi dalam bentuk apapun.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Husein Mubarok, S.T., M.T. selaku pembimbing I skripsi yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T. selaku pembimbing II skripsi yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing dan memberikan ilmunya selama duduk di bangku kuliah.
6. Teman – teman Teknik Elektro UII pada umumnya dan khususnya angkatan 2014 atas doa dan dukungannya.
7. Pihak-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, 26 Desember 2018

Apri Anggi Prayogi

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Arti
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLN	Perusahaan Listrik Negara
kWh	*kilo Watt hour*
HOMER	*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*
BEP	*Break Event Point*
COE	*Cost Of Energy*
O&M	*Operation and Maintanance*
I	Arus
Wp	*Watt peak*
NPC	*Net Present Cost*
LCD	*Liquid Qrystal Display*
LED	*Light Emitting Diode*
P	Daya
Ah	*Ampere hour*
DOD	*Deep Of Discharge*
Cb	*Capacity baterry*
Wh	Watt hour
TAC	*Total Annualize Cost*
DC	*Direct Current*
AC	*Alternating Current*
ET	Energi Total
RF	*Renewable Fraction*
V	Tegangan
$E_{tot.served}$	*Total Electrical Load Served*
D_T	Daya Total

ABSTRAK

Saat ini FTSP UII masih menggunakan energi listrik tak terbarukan (PLN). Karena pertumbuhan ekonomi dan permintaan energi listrik semakin meningkat maka diperlukan terobosan baru untuk mengatasinya yaitu dengan penyediaan energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu energi terbarukan yang digunakan adalah sistem photovoktaik dan PLN sebagai *hybrid* pada gedung FTSP UII. Pada penelitian ini akan membahas bagaimana cara merancang sistem *hybrid* baik secara teknik maupun ekonominya sesuai dengan kondisi pada gedung FTSP UII. Komponen pada penelitian ini terdiri dari : panel surya, baterai, inverter dan HOMER sebagai simulatornya. Hasil dari perancangan sistem *hybrid* adalah sebagai berikut : 52 panel surya berkapasitas 320 Wp, 8 baterai berkapasitas 48 V 50 Ah, dan 4 inverter berkapasitas 4 kW. Berdasarkan hasil simulasi HOMER didapatkan total NPC sebesar Rp 236.319.432, COE sebesar 604,349 Rp/kWh, *Renewable Fraction* sebesar 87.2 %, dan BEP selama 11 tahun 5 bulan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada Gedung FTSP UII

Kata Kunci : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, *hybrid*, panel surya, HOMER, simulasi, perhitungan, Total NPC, COE, RF, BEP

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN vi
ABSTRAK vii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Studi Literatur 4
2.2 Tinjauan Teori 6
2.2.1 Beban listrik 6
2.2.2 Potensi Energi Surya Pada Gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanan 6
2.2.3 *Photovoltaic* (Modul Surya) 7
2.2.4 Baterai 8
2.2.5 Inverter *Hybrid* 9
2.2.6 *Net Present Cost* (NPC) 9
2.2.7 *Cost Of Energy* (COE) 10
2.2.8 *Break Event Point* (BEP) 10
2.2.9 HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*) 10
BAB 3 METODOLOGI 12

3.1 Alat dan Bahan 12
3.2 Alur Penelitian 12
3.3 Perancangan Sistem *Hybrid* (PLN-*Solar Cell*) Pada Gedung FTSP UII 14
3.3.1 Total Beban 14
3.3.2 Jumlah Panel Surya 15
3.3.3 Baterai 15
3.3.4 Inverter 15
3.4 Perancangan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* (PLN-*Solar Cell*) Pada Gedung FTSP UII 16
3.5 Proses Simulasi HOMER 16
3.5.1 Tampilan Utama HOMER 17
3.5.2 Pengaturan Beban 17
3.5.3 Panel Surya 19
3.5.4 Inverter 19
3.5.5 Baterai 20
3.5.6 *Grid* 20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 22
4.1 Hasil Simulasi HOMER 22
4.1.1 *Renewable Fraction* 22
4.1.2 *Net Present Cost* (NPC) 23
4.1.3 *Cost Of Energy* (COE) 23
4.1.4 *Break Event Point* (BEP) 24
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 26
5.1 Kesimpulan 26
5.2 Saran 26
DAFTAR PUSTAKA 27
LAMPIRAN 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampilan Menu Utama HOMER 11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... 12
Gambar 3.2 Skematik..... 16
Gambar 3.3 Tampilan Utama HOMER..... 17
Gambar 3.4 Pengaturan Beban..... 18
Gambar 3.5 Pengaturan Beban Per Jam..... 18
Gambar 3.6 Pengaturan Panel Surya..... 19
Gambar 3.7 Pengaturan Inverter 19
Gambar 3.8 Pengaturan Baterai..... 20
Gambar 3.9 Pengaturan Jaringan..... 21

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Radiasi Matahari Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan per bulan 6
Tabel 3.1 Data Beban Lantai 3 14
Tabel 3.2 Data Beban Lantai 4 14
Tabel 3.3 Total Data Beban Lantai 3 dan Lantai 4 14
Tabel 4.1 *Renewable Fraction* 22
Tabel 4.2 Total *Net Present Cost* 23
Tabel 4.3 *Annualized Cost* 23
Tabel 4.4 Konsumsi Beban Listrik 24
Tabel 4.5 Harga Komponen 24
Tabel 4.6 Hasil Produksi 24
Tabel 4.7 Nilai ekonomis dari pembangkit listrik *hybrid* 25

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi adalah suatu syarat untuk keberlangsungan kehidupan manusia. Semakin banyak energi yang dibutuhkan maka dapat meningkatakan kemakmuran manusia, selain itu kebutuhan energi dapat menimbulkan masalah juga dalam penyediannya [1]. Energi terbarukan sangat dibutuhkan mengingat energi fosil semakin lama semakin menipis. Energi terbarukan adalah suatu sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga sumber energi tersebut tidak akan bisa habis contohnya air, panas bumi, matahari, biomassa, angin, perubahan suhu laut, biogas, *biofuel* dan gelombang laut menurut kebijakan nasional [2].

Salah satu energi terbarukan yang digunakan adalah energi matahari karena merupakan solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan kehidupan manusia. Sifat dari energi matahari bisa dibilang kekal karena tidak akan habis dan pemanfaatannya lebih mudah dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lain. Pemanfaatan dari sumber energi terbarukan harus dikembangkan karena peran dan harga dari energi fosil sendiri selalu meningkat dan melambung tajam sebagai penyedia sumber energi yang terus-menerus selalu digunakan dari PLN [3].

Maka dari itu perlunya teknologi baru untuk menggantikan sumber energi listrik dari PLN yang berasal dari energi tak terbarukan. Selain itu perlunya ketersediaan energi berkelanjutan yang merupakan faktor penting karena mengingat energi fosil yang cepat atau lambat akan habis, begitu juga dengan dampak perekonomian yang sampai saat ini masih terlalu banyak memakan biaya, begitu juga infrastruktur yang sesuai dalam sistem pelayan masyarakat dan masalah dari dampak sosial yang akan terjadi. jadi solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan photovoltaik karena energi matahari yang sangat berlimpah dan tidak akan pernah habis jika kita gunakan secara terus menerus. Dengan menggunakan *solar cell* maka didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik PLN yang terbatas. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Universitas Islam Indonesia merupakan salah satu kampus yang telah menerapkan energi terbarukan yaitu energi photovoltaik atau disebut juga *solar cell*. Pemanfaatan energi surya saat ini sedang dikembangkan oleh Fakultas Teknologi Industri UII untuk dijadikan sumber energi listrik alternatif. Dengan menggunakan modul surya energi sinar matahari tersebut dapat diubah menjadi energi listrik. Modul surya tersebut diletakkan di atap gedung Fakultas Teknologi Industri untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari yang cukup untuk menyuplai daya listrik

khususnya LCD proyektor berkapasitas 260 W yang berada di 36 kelas pada Fakultas Teknologi Industri UII.

FTSP UII merupakan salah satu fakultas di kampus UII yang masih menggunakan energi listrik dari PLN (energi tidak terbarukan). Karena banyaknya beban yang dipakai pada saat jam perkuliahan, maka penggunaan PLN cukup besar. Pada bulan juni yaitu sebesar Rp. 50.459.955 bisa diperhatikan pada Lampiran 6. Selain dampak dari segi ekonomi penggunaan energi konvensional berpengaruh pada ramah lingkungan.

Gedung FTSP UII juga sangat cocok untuk menerapkan energi listrik dari photovoltaik mengingat intensitas cahaya matahari nya yang bagus untuk penerapan energi photovoltaik. Dengan menggunakan *solar cell* maka didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik PLN yang terbatas. Salah satu upaya yang akan dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Pada penelitian ini akan menggunakan aplikasi HOMER PRO. HOMER atau *Hybrid Optimization Model for Energy Renewable* adalah sebuah aplikasi yang berfungsi untuk pengoptimalan sebuah sistem dari suatu pembangkit tenaga listrik yang terdiri dari kombinasi antara *photovoltaic, microhydro, battery* serta kombinasi lainnya yaitu antara sumber energi baru dan terbarukan lainnya yang berfungsi untuk melayani beban lisrik maupun beban thermal. Dengan aplikasi HOMER akan didapatkan hasil *Net Present Cost* (NPC), *Cost Of Energy* (COE) dan *Renewable Fraction* (RF) yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana cara merancang sistem pembangkit listrik *hybrid* (PLN-*Solar Cell*) pada gedung FTSP UII

1.3 Batasan Masalah

Berikut ini adalah batasan-batasan masalah pada penelitian:

1. Penelitian dilakukan pada gedung FTSP UII
2. Perangkat lunak yang digunakan adalah HOMER

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana cara merancang sistem *hybrid* (PLN - *Solar cell*) pada gedung FTSP UII menggunakan aplikasi HOMER.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui analisis teknik dan ekonomi pada sistem *hybrid*
2. Mengetahui jumlah daya yang dihasilkan panel surya
3. Mengetahui proses kerja sistem panel surya
4. Mengetahui energi yang paling efektif antara photovoltaik dan PLN
5. Dapat menghemat biaya listrik dari PLN
6. Lebih ramah lingkungan dari pada PLN

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Pada penelitian [4] menjelaskan tentang penggunaan *photovoltaic* dalam skala yang kecil tetapi dengan skala yang kecil sudah bisa menghasilkan energi listrik yang berkapasitas 150-300 Wh, jadi karena skala nya kecil dan hanya dipasang pada tiap rumah dengan satu pembangkit listrik sehingga tidak perlu memerlukan jaringan SHS yang ideal sebagai sumber listrik di pedesaan dimana yang jarak rumahnya agak berjauhan dan kebutuhan listriknya cukup keperluan lampu saja.

Pada penelitian [5] menjelasakan bagaimana cara pemecamahan suatu masalah untuk analisis teknik, sosial dan ekonomi dengan metode kuisioner, wawancara dan observasi. Data dari penelitian ini berdasarkan jawaban setiap koresponden sebanyak 62 orang dengan cara kuisioner dan wawancara secara langsung di Dusun Cegi dan Dusun Pengalusan. Pemilihan terhadap koresponden yang dilakukan adalah *purposive sampling.* Dari jawaban wawancara dan kuisioner dilakukan maka setelah itu data tersebut dikumpulkan dan ditabulasikan. Selanjutnya adalah melakukan uji validitas dan juga reliabilitas. Pengujian ini dilakukan secara analisis faktor yaitu mengkorelasikan antara jumlah faktor dan juga skor total dengan menggunakan rumus *Person Product Moment.* Sedangkan untuk reliabilita dilakukan secara koefisien korelasi *Alpha Cronbach.* Untuk pengujian antara validitas dan pengujian reliabilitas yaitu menggunakan suatu program yang disebut *SPPS 16.0 for windows.*

Pada penelitian [6] menjelaskan bagaimana cara menganalisis teknik dan ekonomi di bangunan akademik Fakultas Teknik UB Malang, yaitu mulai dari pengumpulan data sampai menganalisis data yang terkumpul di aplikasi HOMER secara teknik dan ekonomi. Data yang diambil adalah data yang diambil langsung di lapangan dari hasil pengamatan, pengukuran dan perhitungan. Data tersebut diperoleh dari beberapa komponen yaitu, photovoltaik, baterai, *battery chontroller regulator* dan dari data beban. Ada data satu lagi yang diambil dari aplikasi yang digunakan yaitu HOMER.

Pada penelitian [7] menjelasakan tentang bagaimana bagaimana cara mengurangi emisi karbondioksida , analisis ekonomi dan perhitungan biayanya. Untuk analisis ekonomi berfungsi untuk mengevalusi keberlangsungan dari sistem PLTS itu sendiri. Analisis yaang digunakan adalah dengan beberapa metode yaitu, *Net Present Worth* atau NPM, *Annual Cash Flow analysis* atau ACF, *Benefit-Cost Ratio anlysis* atau B-CR, *Future Worth anlysis* atau FW, dan *Payback Period* atau PP. Untuk perhitungannya menggunakan sebuah aplikasi yaitu MATLAB 2008a.

Hasil dari penelitian ini memperlihatkan untuk memenuhi suatu beban harian yang sebesar 8,992 kWh bisa disuplai dari PLTS dengan kapasitas yaitu *photovoltaic array* 2,85 kWp, baterai 464,678 Ah, *charge controller* 60 A dan inverter 3500 W. Sedangkan untuk pengurangan potensi emisi yang dihasilkan karbondioksida adalah 3,640 ton CO2. Nilai NPW nya adalah Rp-266.351.000,00, ACF adalah Rp -23.894.600,00, FW adalah Rp 714.063.000,00, B-CR adalah 0,38505, dan PP adalah 29 tahun.

Pada penelitian [8] mempresentasikan penggunaan model optimasi hibrida untuk listrik terbarukan (HOMER) untuk merancang sistem terbarukan mempertimbangkan efisiensi energi. Kombinasi teknologi energi yang berbeda disimulasikan oleh sistem HOMER dan kombinasi dari konfigurasi yang berbeda dicapai, dengan hasil terbaik yang memberikan biaya bersih sekarang yang paling sedikit dipilih sebagai hasil paling optimal. sistem model yang terdiri dari turbin angin, sistem PV, generator diesel ac, baterai dan sistem konverter diselidiki menggunakan profil beban yang berbeda. Hasil ringkasan arus kas menunjukkan bahwa peningkatan profil beban mengarah ke lebih banyak modal, operasi, penggantian, peningkatan bahan bakar, dan nilai sisa proyek untuk turbin angin, PV, diesel, dan sistem baterai.

Penelitian [9] menyajikan sistem daya *hybrid* yang diusulkan untuk situs telekomunikasi jarak jauh di Imaliya (bhanpur). Daya adalah masalah utama untuk stasiun pangkalan daerah terpencil atau terisolasi, karena perluasan jaringan yang tidak layak. Situs ini mengusulkan sistem hibrida basis terbarukan adalah solusi yang paling layak. Solusi pasokan listrik ke stasiun pangkalan telekomunikasi ini efektif dan tersedia sepanjang tahun. Keadaan masing-masing situs dipelajari untuk memutuskan kombinasi sumber energi alternatif yang layak. Dengan bantuan studi pra-kelayakan di atas, sistem energi hibrida surya dan angin adalah solusi daya yang paling layak untuk menjual *base station* telepon disitus-situs India dibandingkan generator diesel konvensional. Meskipun biaya bersih saat ini tinggi tetapi biaya berjalan dan pemeliharaan rendah dibandingkan dengan solusi pembangkit listrik diesel. Produksi listrik rata-rata bulanan dari sistem. produksi photovoltaik adalah 37%, produksi generator diesel adalah 34%, dan turbin angin adalah 28%. total *Net Present Cost* (NPC), biaya modal dan biaya energi (COE) untuk sistem tersebut adalah $ 112174, $ 59400 dan 0,692 $ / kWh, masing-masing selama satu tahun waktu pengembaliannya sekitar 20 tahun.

Penelitian [10] telah melakukan studi perbandingan kerja *grid* dengan sistem PV surya yang akan dipasang di Universitas Teknik Uttarakhand. Setelah penelitian, menyimpulkan bahwa biaya pemasangan sistem akan membuat Universitas Teknik Uttarakhand menyimpan uang mereka setelah instalasi. Tetapi hasil yang paling berdampak adalah pengendalian emisi karbon yang 20,520 kg/tahun menggunakan grid sementara hanya 83,3 kg/tahun jika kita mengaplikasikan sistem ini. Ini menyimpulkan bahwa pemasangan sistem akan sangat

membantu dalam pengendalian emisi yang merupakan kekhawatiran paling penting dari lingkungan di dunia saat ini.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Beban listrik

Beban total listrik adalah jumlah keseluruhan total daya yang digunakan sebagai langkah awal untuk perancangan sistem *hybrid* (PLN - *Solar Cell*). Beban total terdiri dari daya terpasang, beban terpasang, dan jumlah beban terpasang [11]. Beban total inilah yang akan digunakan untuk perancangan sistem *hybrid* pada penelitian ini.

2.2.2 Potensi Energi Surya Pada Gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanan UII

Indonesia merupakan daerah yang memiliki potensi untuk menerapkan energi surya yang sepanjang tahunnya cukup besar. Energi surya dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai sumber energi alternatif selain dari jaringan PLN. Maka dari itu FTSP UII yang lokasinya di Indonesia sangat cocok untuk menerapkan energi surya tersebut. Hal ini juga dilandasi dengan berdasarkan data potensi melalui *NASA Surface meteorology and Solar Energy*. Berikut data hasil yang diperoleh melalui *NASA Surface meteorology and Solar Energy* [12]. Tabel 2.1 merupakan data radiasi matahari berdasarkan simulasi HOMER

Tabel 2.1 Radiasi Matahari Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan per bulan

Bulan	**Radiasi Matahari kWh/m^2/day**
Januari	4,280
Februari	4,470
Maret	4,590
April	4,720
Mei	4,730
Juni	4,550
Juli	4,800
Agustus	5,250
September	5,540
Oktober	5,390

Bulan	Radiasi Matahari kWh/m^2/day
November	4,710
Desember	4,570
Rata - rata	4,800

Pada tabel 2.1 merupakan data radiasi matahari berdasarkan hasil simulasi HOMER yang berada di FTSP UII. Dengan hasil rata-rata 4,8 kWh/m^2/day maka FTSP UII sangat berpotensi untuk menerapkan panel surya.

2.2.3 *Photovoltaic* (Modul Surya)

Photovoltaik atau disebut modul surya merupakan bahan semikonduktor yang berfungsi untuk mengubah sinar matahari secara langsung menjadi enrgi listrik [13]. Perubahan sinar matahari menjadi energi listrik ini disebut efek photovoltaik.

Kinerja photovoltaik sendiri sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari karena semakin tinggi intensitas cahaya mataharinya maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan oleh photovoltaik. Berikut ini adalah jenis-jenis modul surya yang biasa digunakan:

1. *Mono-crystalline*

   Madul surya jenis *mono-crystalline* ini terbuat dari silikon kristal tunggal. Dapat ditemukan secara alami, namun sangat jarang atau juga dapat tumbuh dibuat di laboratorium. Proses ini dinamakan dengan *recrystallising*, sehingga pembuatan dan harga dari modul jenis ini sagat mahal. Panel dari modul *mono-crystalline* ini lebih halus dibandingkan dengan jenis *poly-crystalline*. Pada panel *mono-crystalline* memiliki efisiensisebesar 15% pada suhu 25 ^{0}C dan menurun menjadi 12 – 15 % pada suhu 50 ^{0}C. contoh dari modul *mono-crystalline* adalah *CanadianSolar All-Black* CS6K-290MS, *CannadianSolar MaxPower* CS6U-340M dan lainnya. Kelemahan dari jenis *Mono – Cristalline* yakni tidak berfungsi dengan baik ditempat yang intensitas cahaya mataharinya yang kurang, dan efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. Poly-crystalline

Modul surya jenis *poly-crystalline* adalah jenis modul surya yang terbuat dari kristal silion *block-cast.* Elektron yang ada akan terjebak dalam batas bitir kristal individu dalam panel *poly-crystalline,* hal ini mnyebabkan efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan *mono-crystalline.* Efisiensi yang dimiliki oleh modul jenis ini hanya berkisar 13,5% pada suhu 25 ^{0}C dan dapat mengalami penurunan hingga 15 -25% pada suhu 50 ^{0}C. contoh dari modul surya *poly-crystalline* adalah *CanadianSolar* Standard CS6P-260. Tipe inilah yang digunakan pada perancangan sistem Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dikarenakan jenis ini masih dapat menghasilkan daya listrik meskipun cuaca berawan maupun mendung.

Untuk mencari kebutuhan panel yang digunakan pada sistem ini ditunjukan pada persamaan 2.1

$$Jumlah\ Modul\ Surya = \frac{D_T}{daya\ panel\ surya\ yang\ digunakan} \quad (2.1)$$

Dimana :

D_T = Daya Total (W)

2.2.4 Baterai

Baterai berfungsi untuk penyimpanan energi listrik dari panel surya ketika dihasilkan pada siang hari dan digunakan ketika malam hari atau saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik. Baterai akan mengisi/*charge* atau mengosongkan/*discharge* tergantung terik matahari yang akan dihasilkan modul surya.

Pada persamaan 2.2 merupakan cara menghitung total kapasitas baterai yang digunakan pada penelitian ini. Kapasitas baterai merupakan kemampuan dari seberapa lama baterai untuk memberikan aliran listrik ke beban yang dinyatakan dalam satuan Wh (*Watt hour*). Baterai yang digunakan 48 V 50 Ah berarti baterai ini memberikan arus sebesar 50 A dalam satu jam artinya memberikan daya sebesar 2400 Wh. Sedangkan pada persamaan 2.3 merupakan jumlah baterai yang akan digunakan pada penelitian ini.

$$C_b = \frac{E_T}{DOD} \tag{2.2}$$

Dimana :

Cb = Kapasitas Baterai (Wh)

ET = Energi Total (Wh)

DOD = *Deep Of Discharge*

$$Jumlah\ Baterai\ yang\ digunakan = \frac{total\ kapasitas\ baterai}{baterai\ yang\ digunakan} \tag{2.3}$$

Dimana :

Total Kapasitas Baterai (Wh)

Baterai yang digunakan (Wh)

2.2.5 Inverter *Hybrid*

Inverter *Hybrid* merupakan inverter yang dapat mengkonversi tegangan DC menjadi AC yang berasal dari modul surya. Perbedaan inverter *hybrid* dengan inverter yang lain adalah inverter *hybrid* ini dapat berdiri sendiri karena keluarannya harus terhubung ke jalur PLN.

2.2.6 *Net Present Cost* (NPC)

Net present cost (NPC) merupakan semua biaya keseluruhan yang digunakan dalam pembangunan komponen baik dalam pemasangan maupun pengoperasian suatu proyek. *Net present cost* dapat diketahui dengan persamaan (2.4).

$$NPC = Capital\ Cost + Replacement\ cost + O\&M\ cost + Fuel\ Cost - Salvage \tag{2.4}$$

Dimana :

Capital cost = biaya komponen (Rp)

Replacement cost = biaya pergantian komponen (Rp)

O&M cost = biaya operasional dan perawatan (Rp)

Fuel cost = biaya bahan bakar (Rp)

2.2.7 *Cost Of Energy* (COE)

Cost of energy merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik per 1 kWh. COE dapat diketahui dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan oleh pembakit hibrid. Nilai COE dapat diketahui dengan persamaan (2.5).

$$COE = \frac{TAC}{E_{tot.served}} \tag{2.5}$$

Dimana ;

TAC (*total annualize cost*) = biaya total tahunan pembangkit hibrid (Rp)

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

2.2.8 *Break Event Point* (BEP)

Break Event Point (BEP) adalah perbandingan antara harga total komponen dalam suatu proyek dengan harga jual ke PLN dikalikan dengan produksi dari energi yang dihasilkan dalam satu tahun. BEP atau disebut juga balik modal yang bisa dinyatakan dalam tahunan, bulanan, mingguan ataupun harian tergantung hasil perhitungan. Nilai BEP dapat diketahui pada persamaan (2.6). Untuk harga jual energi listrik ke PLN sudah terlampir.

$$BEP = \frac{TOTAL\ CAPITAL}{E_{tot.served}\ X\ Harga\ jual\ listrik\ ke\ PLN} \tag{2.6}$$

Dimana :

TOTAL CAPITAL = Biaya total komponen (Rp)

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

Harga jual listrik ke PLN = 955 (Rp)

2.2.9 HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*)

HOMER atau *Hybrid Optimization Model for Energy Renewable* adalah sebuah aplikasi yang berfungsi untuk pengoptimalan sebuah sistem dari suatu pembangkit tenaga listrik yang terdiri dari kombinasi antara *photovoltaic, microhidro, battery* serta kombinasi lainnya yang berfungsi untuk melayani beban lisrik maupun beban thermal [12]. HOMER sendiri sudah berkembang di USA dan bekerja sama dengan perusahaan lain yaitu *Mistaya Engineering*, dan hak ciptanya dilindungi oleh *Mildwest Research Institude* dan digunakan oleh Departemen Energi Amerika Serikat dan dikembangkan oleh sebuah perusahaan *The National Renewable Energy Laboratory* (NREL) [12].

HOMER berfungsi juga untuk melakukan simulasi dalam menganalisis potensi energi surya, biaya pembangunan energi terbarukan dan melakukan optimisasi. Proses simulasi HOMER berguna mengetahui performansi dan karakterisitik untuk sistem pembangkit listrik. Proses optimisasi berguna untuk konfigurasi dalam suatu pembangkit listrik yang layak dan bernilai ekonomis.

Gambar 2.1 merupakan tampilan menu utama dari HOMER yang terdiri dari *Home, Design, Result, Library*. Menu utama ini digunakan untuk menyimpan file yang telah dibuat, rancangan file, dan juga untuk mencari suatu komponen secara mendetail. Pada menu komponen terdiri dari *Load, Component, Resource, Project,* dan *Help*. Menu komponen mempunyai fungsi yang berbeda-beda yaitu :

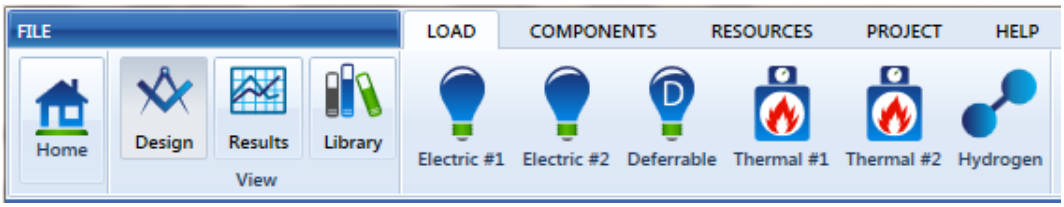
a. *Load* yang terdiri berbagai jenis beban dan memiliki fungsi sebagai pengaturan beban secara berkala.

b. *Components* yang terdiri berbagai sumber pembangkit, *converter* dan juga dapat mengatur sumber pembangkit dengan menu custom.

c. *Resource* yang terdiri sumber energi seperti sinar matahari, angin, air, biomassa dll.

d. *Project* yang berfungsi mengatur rangkaian mulai dari arah mata angin suatu proyek rangkaian, berapa tahun pemakaian, pengaturan standarisasi harga listrik tiap daerah tempat proyek itu dijalankan.

e. *Help* yang berfungsi untuk digunakan sebagai *problem solver* mulai dari simple sampai masalah-masalah yang kompleks seperti dasar–dasar *software*, *design*, komponen dll.



Gambar 2.1 Tampilan Menu Utama HOMER

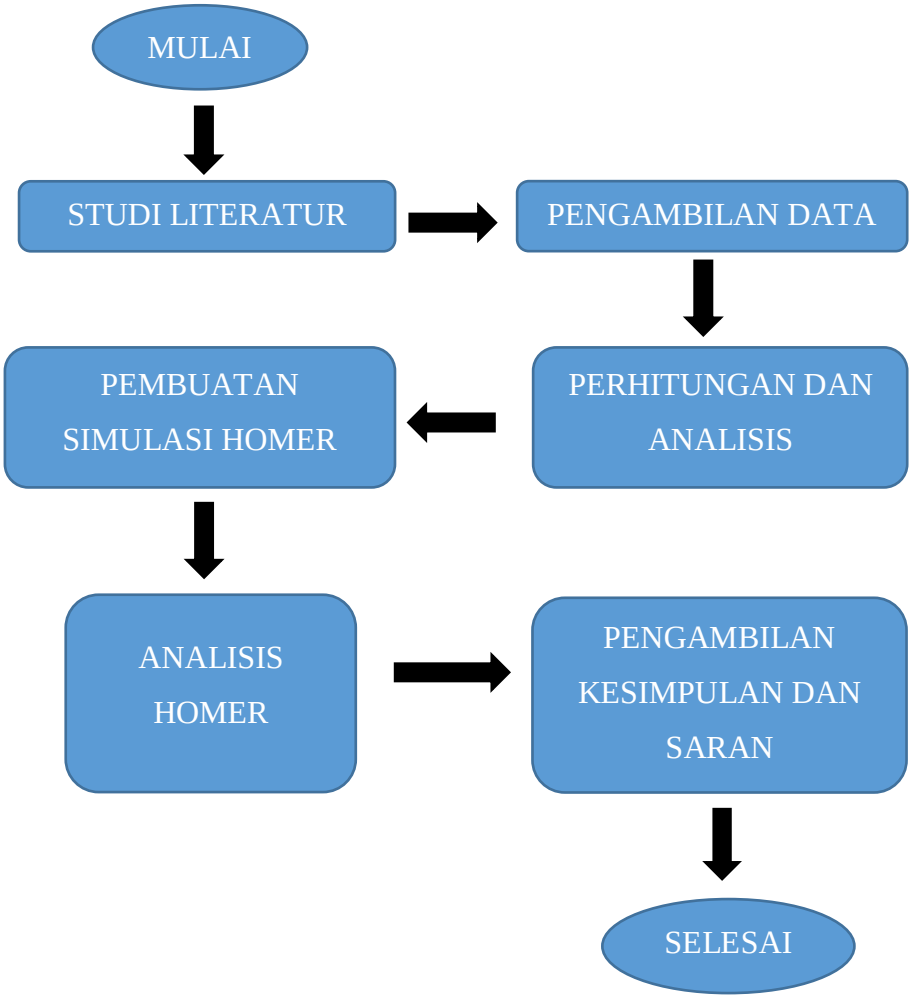
BAB 3
METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem *Hybrid* dengan melakukan perhitungan manual dan menggunakan sebuah Komputer untuk mensimulasikan *software* HOMER PRO dan sejumlah data beban yang telah diambil di Gedung FTSP UII.

3.2 Alur Penelitian

Berikut ini adalah alur penelitian dalam pengerjaan tugas akhir yang meliputi :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

1. Studi literatur

   Studi literatur ini berfungsi untuk mengkaji dan mempelajari semua hal yang berhubungan dengan teori untuk mendukung dalam menganalisis sistem.

2. Pengambilan data

   Ada dua data digunakan yaitu data primer dan data sekunder

   a. Data Primer

      Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan. Pada skripsi ini, data primer adalah total data beban terpasang yang terdiri dari :

      - LCD Proyektor 260 W
      - Lampu Neon 36 W

   b. Data Sekunder

      Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, dan skripsi yang relevan dengan pembahasan skripsi. Adapun data sekunder yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

      a. Program Homer

      b. Data Spesifikasi Komponen Peralatan

3. Perhitungan dan Analisis

   Setelah semua data beban diperoleh maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dan analisis parameter yang dibutuhkan.

   Parameter yang dibutuhkan yaitu:

   1. Kebutuhan Panel Surya
   2. Kebutuhan Baterai
   3. Kebutuhan Inverter

4. Pembuatan Simulasi

   Membuat simulasi dengan menggunakan aplikasi HOMER dengan menyesuaikan data yang telah diperoleh.

5. Analisis HOMER

   Setelah melakukan simulasi maka langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil simulasi dari aplikasi HOMER tersebut.

6. Kesimpulan dan Saran

   Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah pengambilan sebuah kesimpulan dari semua tahap proses perancangan yang telah berhasil dilakukan dan pemberian saran agar kedepannya perancangan sistem ini agar lebih baik lagi.

3.3 Perancangan Sistem *Hybrid* (PLN-*Solar Cell*) Pada Gedung FTSP UII

3.3.1 Total Beban

Langkah awal dalam perancangan sistem *hybrid* (PLN-*Solar Cell*) adalah dengan menentukan beban total harian yang digunakan pada Gedung FTSP UII.

Tabel 3.1 Data Beban Lantai 3

Nomor	BEBAN	DAYA (W)	JUMLAH	TOTAL DAYA (W)
1	Lampu NEON philips	36	22	792
2	LCD Proyektor NEC VE280X	260	26	6760
TOTAL				**7552**

Tabel 3.1 merupakan total data beban lantai 3 pada gedung FTSP UII.

Tabel 3.2 Data Beban Lantai 4

Nomor	BEBAN	DAYA (W)	JUMLAH	TOTAL DAYA (W)
1	Lampu NEON philips	36	14	504
2	LCD Proyektor NEC VE280X	260	28	7280
TOTAL				**7784**

Tabel 3.2 merupakan total data beban pada lantai 4 pada gedung FTSP UII.

Tabel 3.3 Total Data Beban Lantai 3 dan Lantai 4

Nomor	BEBAN	TOTAL DAYA (W)
1	Lantai 3	7552
2	Lantai 4	7784
	TOTAL	**15336**

Beban listrik yang diambil untuk penelitian adalah beban listrik pada Gedung FTSP UII pada lantai 3 dan lantai 4 dengan total beban 15336 W ditunjukkan pada tabel 3.3.

3.3.2 Jumlah Panel Surya

Sebagaimana pada perhitungan berikut maka jumlah panel surya yang dibutuhkan akan didapatkan:

$$Jumlah\ Modul\ Surya = \frac{15336}{320}$$
$$= 47{,}9 \approx 48$$
$$Jumlah\ Modul\ Surya = 48$$

Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah panel surya bertipe *Poly-crystalline* yang sudah terlampirkan dengan kapasitas 320 Wp. Berdasarkan persamaan (2.1) maka panel surya yang dibutuhkan minimal sebanyak 48 panel surya, dengan kapasitas setiap panel surya 320 Wp.

3.3.3 Baterai

Sebagaimana pada perhitungan berikut maka jumlah baterai yang dibutuhkan akan didapatkan:

$$C_b = \frac{15366}{80\ \%}$$
$$= 19170\ Wh$$

Baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai *pylontech* dengan kapasitas 2400 Wh bisa diperhatikan pada lampiran 3. Berdasarkan persamaan 2.2 maka total kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 19170 Wh dengan DOD baterai 80 %.

$$Jumlah\ Baterai\ yang\ digunakan = \frac{19170}{2400}$$
$$= 7{,}98 \approx 8$$

Berdasarkan persamaan 2.3 maka baterai yang digunakan berjumlah 8 baterai yang berkapasitas 2400 Wh untuk setiap baterainya nya.

3.3.4 Inverter

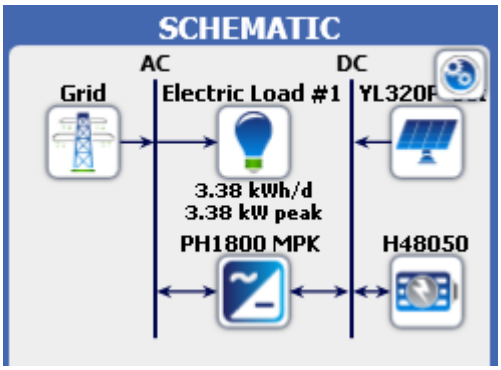
Penentuan Inverter adalah dengan berdasarkan beban puncaknya. Total beban puncak pada penelitian sebesar 15336 W sedangkan inverter yang digunakan dalam penelitian sebesar 4 kW bisa diperhatikan pada lampiran 4, maka inverter yang dibutuhkan sebanyak 4 inverter.

Karena menggunakan 4 inverter maka setiap satu inverter terhubung dengan 12 panel surya dan 2 baterai. Setiap satu inverter ditambahkan 1 buah panel surya untuk mengantisipasi kekurangan daya yang akan disuplai oleh panel surya, jadi total panel surya yang dibutuhkan sebanyak 52 panel surya dan total dayanya sebanyak 16.640 Wp.

3.4 Perancangan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* (PLN-*Solar Cell*) Pada Gedung FTSP UII

Pada perancangan simulasi sistem *hybrid* (PLN-Solar Cell) akan mensuplai beban sebesar 15336 W yaitu terdiri dari Lampu 36 W dan LCD Proyektor 260 W. Karena keterbatasan dari HOMER yang tidak bisa mencantumkan lebih dari 2 inverter secara langsung maka untuk mengatasinya perancangan ini hanya akan menggunakan satu inverter saja yang mana satu inverter ini terdiri dari 13 panel surya dan 2 baterai. Jadi beban yang akan disuplai untuk satu inverter sebesar 3,384 kW

Pada gambar 3.2 merupakan skema dari perancangan *hybrid* menggunakan HOMER yang sudah diatur parameter sesuai komponennya. Terlihat pada gambar bahwa inverter yang digunakan adalah inverter PH1800 MPK dengan total beban yaitu 3.38 kWh/d dengan beban puncaknya 3.38 kW peak, Baterai H48050, Panel Surya YL320P, dan Grid. Pada panel surya dan baterai memiliki output daya listrik *direct current* (DC), yang kemudian masuk ke inverter untuk diatur daya yang akan disuplai ke beban, disimpan ke baterai atau disumbangkan ke jaringan PLN. Dan beban hanya dapat memperoleh daya listrik berkeadaan *alternating current* (AC).



Gambar 3.2 Skematik

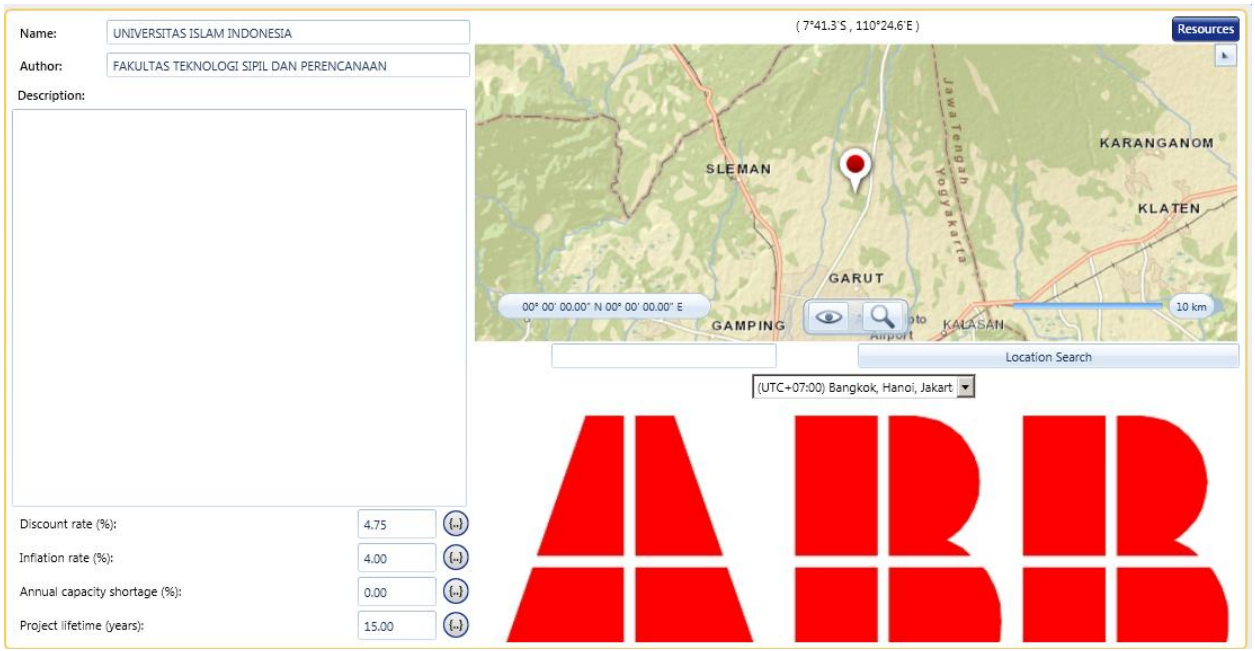
3.5 Proses Simulasi HOMER

Dalam penelitian ini, simulasi akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER. Kemudian dimasukkan *rating* peralatan sesuai dengan sistem yang telah didapatkan

melalui perhitungan dan spesifikasi setiap komponen untuk pengaplikasian di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII sehingga dibuatlah simulasi seperti berikut :

3.5.1 Tampilan Utama HOMER

Pada Gambar 3.1 merupakan tampilan utama dari *software* HOMER dimana untuk melakukan simulasi hal yang pertama dilakukan yaitu mementukan titik koordinat letak suatu pembangkit akan dibangun. Gambar 3.1 menunjukkan letak koordinat dari Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII yang berdasarkan *Google Maps* yang telah disediakan oleh *HOMER*.



Gambar 3.3 Tampilan Utama HOMER

3.5.2 Pengaturan Beban

Pada Gambar 3.2 merupakan jendela yang berfungsi untuk mengatur beban pada perancangan pembangkit *hybrid*. Pada pengaturan beban ini disesuaikan dengan kebutuhan pada Gedung FTSP UII yaitu untuk mengampu beban Lampu dan LCD Proyektor pada lantai 3 dan lantai 4 dengan kapasitas 3,834 KW untuk satu lanenya. Pengaturan beban ini bisa diatur selama kurun waktu 1 tahun per jamnya. Jenis beban juga dapat diatur menggunakan beban AC atau DC tapi dalam penelitian ini menggunakan beban AC.



Gambar 3.4 Pengaturan Beban

Pada Gambar 3.5 tampilan untuk mengatur beban pada sistem. Sisi kolom *Hour* menunjukkan waktu per jam, sisi baris menunjukkan nama–nama bulan yang akan diatur bebannya. Dan nilai beban yang dimasukkan ke *HOMER* merupakan rata-rata beban per bulannya. Pada penelitian ini rata-rata beban di masukkan setiap bulan dalam satu tahun.

Yearly Load Data

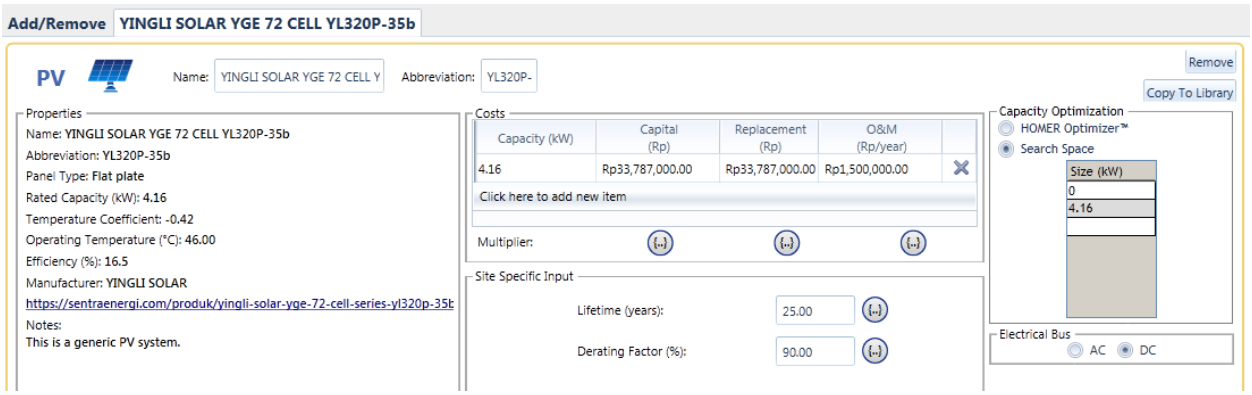
Weekdays | Weekends

Hour	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	3.834	3.834	3.834	3.834	3.834	3.834	3.834	3.834	3.834	3.834	3.834	3.834
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Gambar 3.5 Pengaturan Beban Per Jam

3.5.3 Panel Surya

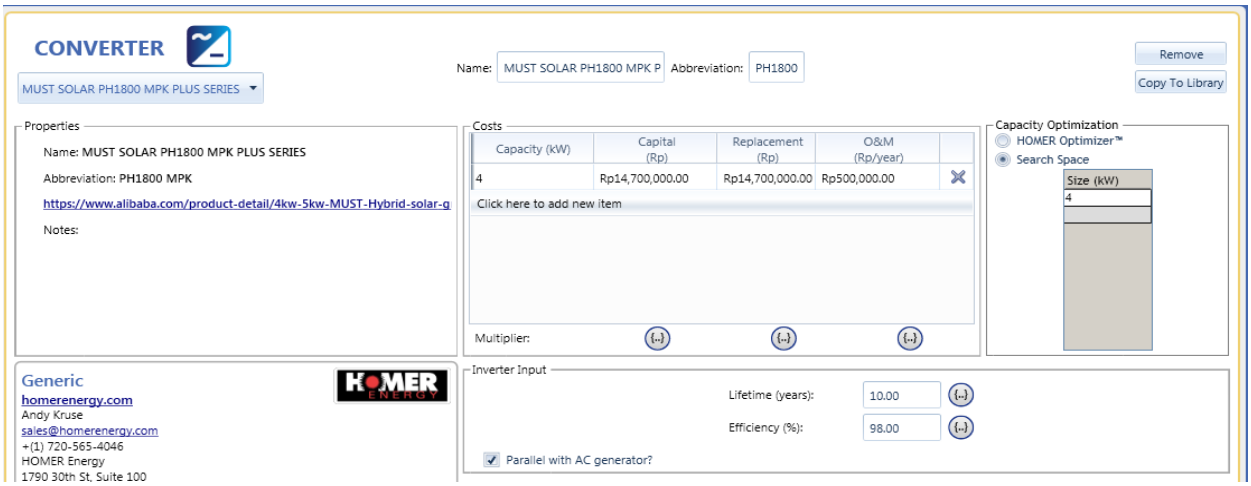
Pada Gambar 3.6 merupakan jendela yang berguna untuk mengatur panel surya yang akan digunakan pada perancangan pembangkit. Pada penelitian ini menggunakan panel surya *YINGLI SOLAR YGE 72 CELL YL320P-35b* yang memiliki kapasitas 4,16 kW. Dengan menggunakan jendela ini diatur dari sisi kelistrikannya maupun keekonomiannya. Untuk harga dari panel surya tersebut sebesar Rp 33.787.000,00 dan untuk biaya perbaikan sebesar Rp 1.500.000,00 per tahun. Harga komponen berdasarkan survei lapangan dan telah dilampirkan pada Lampiran 5.



Gambar 3.6 Pengaturan Panel Surya

3.5.4 Inverter

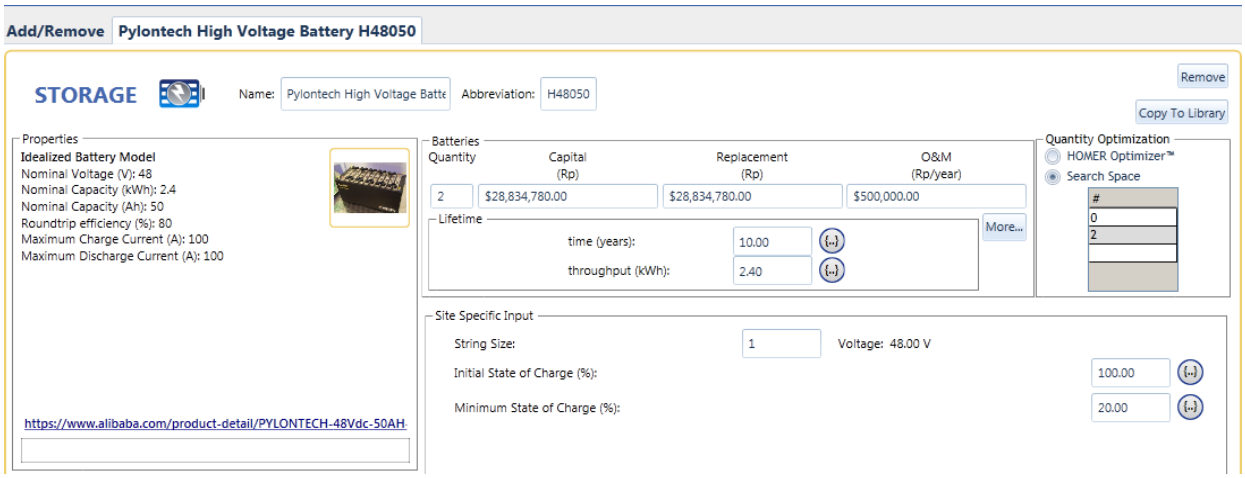
Pada Gambar 3.7 merupakan jendela yang berfungsi untuk mengatur konverter / inverter yang akan digunakan pada perancangan pembangkit. Pada penelitian ini menggunakan inverter *MUST SOLAR PH18000 MPK PLUS SERIES* yang memiliki kapasitas 4 kW. Dengan menggunakan jendela ini diatur dari sisi kelistrikannya maupun keekonomiannya. Untuk harga dari inverter tersebut sebesar Rp 14.700.000,00 dan apabila untuk biaya perbaikan sebesar Rp 500.000,00 per tahun. Harga komponen berdasarkan survei lapangan dan telah dilampirkan pada Lampiran 4.



Gambar 3.7 Pengaturan Inverter

3.5.5 Baterai

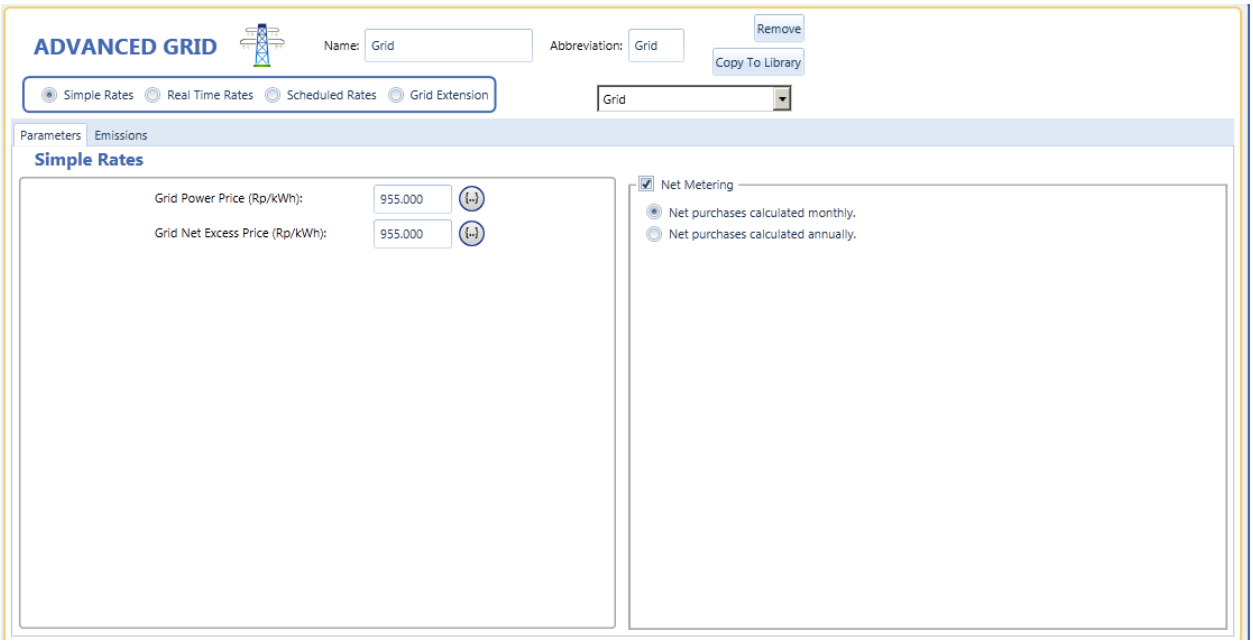
Pada Gambar 3.7 merupakan jendela yang berfungsi untuk mengatur baterai yang akan digunakan pada perancangan pembangkit. Pada penelitian ini menggunakan baterai *Pylontech High Voltage H4B050* yang memiliki kapasitas masing – masing 2,4 kWh yang berjumlah 2 buah. Dengan menggunakan jendela ini diatur dari sisi kelistrikannya maupun keekonomiannya. Untuk harga dari baterai tersebut sebesar Rp 28.834.780,00 dan apabila untuk biaya perbaikan sebesar Rp 500.000,00 per tahun. Harga komponen berdasarkan survei lapangan dan telah dilampirkan pada Lampiran 3.



Gambar 3.8 Pengaturan Baterai

3.5.6 *Grid*

Pada Gambar 3.9 merupakan jendela yang berfungsi untuk mengatur sistem jaringan yang akan digunakan pada perancangan pembangkit. Pada penelitian ini menggunakan jaringan PLN dikarenakan letak dari pembangkit ini di Indonesia. Dengan menggunakan jendela ini diatur dari sisi kelistrikannya maupun keekonomiannya. Untuk harga dari energi listrik pada jaringan PLN sebesar Rp 955,00 dan untuk harga jual kembali energi listrik ke jaringan PLN sebesar Rp 955,00. Dilengkapi dengan fitur *net metering* sehingga dapat diatur perhitungannya secara per bulan. Harga listrik dan harga jual kembali energi listrik ke jaringan PLN berdasarkan survei lapangan yang ditentukan oleh PLN bisa diperhatikan pada lampiran 7.



Gambar 3.9 Pengaturan Jaringan

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi HOMER

Pada penerapan sistem *hybrid* (PLN-*Solar Cell*) pada Gedung FTSP UII untuk mengampu beban listrik berupa LCD Proyektor 260 W dan Lampu 36 W dikatakan efektif. Hal ini telah dibuktikan melalui simulasi *Software* HOMER dengan total panel surya 16.640 kW, Inverter 4 kW, 2 Baterai 48 V 50 Ah, Beban yang diampu sistem, dan letak titik koordinat sistem berdasarkan *Google Maps* pada HOMER. Berikut hasil dari simulasi HOMER :

4.1.1 *Renewable Fraction*

Tabel 4.1 *Renewable Fraction*

Kuantitas Sistem	**Hasil (kWh/tahun)**
Kelebihan Listrik	0
Kelebihan Beban	0
Kelebihan Kapasitas	0
Renewable fraction	87,2 %

Berdasarkan Tabel 4.1 tidak adanya kelebihan produksi listrik pada sistem, tidak adanya kelebihan beban saat penggunaan sistem, dan tidak tedapat kelebihan kapasitas pada sistem selama setahun. Hal ini dikarenakan pada sistem mempunyai baterai dan tersambung pada jaringan. untuk *Renewable fraction* adalah sebesar 87,2 %. Dengan demikian apabila daya yang dihasilkan oleh PV berlebih dapat dialihkan untuk mengisi baterai pada sistem dan disumbangkan ke jaringan. Sehingga dapat diterapkan bahwa sistem ini merupakan sistem yang memanfaatkan energi terbarukan

4.1.2 *Net Present Cost* (NPC)

Tabel 4.2 Total *Net Present Cost*

Component	***Capital*** **(Rp)**	***Replacement (Rp)***	***O & M*** **(Rp)**	***Fuel*** **(Rp)**	***Salvage*** **(Rp)**	**Total (Rp)**
Panel Surya	135.148.000	0	85.013.176	0	-48.535.468	171.625.708
Jaringan Listrik	0	0	-250.013.064	0	0	-250.013.064
Baterai	115.339.120	107.342.080	28337724	0	-51.776.924	199.241.928
Inverter	58.800.000	54.723.064	28.337.724	0	-26.395.928	115.464.860
Sistem	309.287.120	162.065.072	-108.324.436	0	-126.708.324	236.319.432

$$NPC = 309287120 + 162065072 + 108324436 + 0 - 126708324$$

$$NPC = 236319432$$

Nilai *net present cost* yang didapatkan pada sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya adalah sebesar Rp 236.319.432. Nilai negatif yang didapatkan dari NPC merupakan kelebihan energi yang telah dijualkan kepada sistem jaringan PLN. Hasil dari *net present cost* ini dapat dilihat pada pada tabel 4.2 dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4.

4.1.3 *Cost Of Energy* (COE)

Tabel 4.3 *Annualized Cost*

Component	***Capital*** **(Rp)**	***Replacement (Rp)***	***O & M*** **(Rp)**	***Fuel*** **(Rp)**	***Salvage*** **(Rp)**	**Total (Rp)**
Panel Surya	9.538.380	0	6.000.000	0	-3.425.504	12.112.880
Jaringan Listrik	0	0	-17.645.244	0	0	-17.645.244
Baterai	8.140.324	7.575.908	2.000	0	-3.654.276	14.061.956
Inverter	4.149.944	3.862.204	2.000	0	-1.862.952	8.149.196
Sistem	21.828.648	11.438.116	-7.645.244	0	-8.942.732	16.678.788

Pada tabel 4.3 merupakan total *annualized cost* sebesar Rp 16.678.788.

Tabel 4.4 Konsumsi Beban Listrik

Komponen	**Konsumsi (kWh/tahun)**	**Persentase (%)**
Beban AC	5.596	20
Beban DC	0	0
Penjualan ke jaringan PLN	220	80
Total	27.596	100

Pada tabel 4.4 merupakan total konsumsi beban listrik sebesar 27.596 kWh/tahun.

$$COE = \frac{16678788}{27596}$$

$$COE = 604{,}349$$

Berdasarkan persamaan 2.5 maka total nilai *cost of energy* yang didapatkan adalah sebesar 604,349 Rp/kWh.

4.1.4 *Break Event Point* (BEP)

Berikut ini adalah komponen utama yang digunakan pada penelitian ini. Harga komponen disurvei berdasarkan hasil yang ada di pasaran. Untuk harga komponen persatuannya bisa diperhatikan pada Lampiran 3 sampai 5.

Tabel 4.5 Harga Komponen

Komponen	**Modal (Rp)**
Panel Surya	135.148.000
Baterai	115.339.120
Inverter	58.800.000
Sistem	309287120

Pada tabel 4.5 merupakan total harga komponen sebesar Rp 309.287.120.

Tabel 4.6 Hasil Produksi

Component	***Production* (kWh/yr)**	***Percent* (%)**
PV	24564	87
Grid Purchases	3524	13
Total	28088	100

Pada tabel 4.6 merupakan hasil produksi energi listrik sebesar 28.088 kWh/tahun.

$$BEP = \frac{309287120}{28088\ X\ 955}$$

$$BEP = 11,5$$

Dari hasil perhitungan *Break Event Point* (BEP) pada persamaan 2.6 menunjukan hasil dari kaluaran panel surya dalam bentuk kWh dan rupiah sehingga dengan persamaan tersebut didapatkan hasil analisis BEP 11,5 atau biaya investasi untuk pembangunan pembangkit *hybrid* Rp 309.287.120 mampu kembali modal/titik balik dalam waktu 11 tahun 5 bulan dan sisanya 3 tahun 7 bulan adalah keuntungan dari hasil perancangan pada penelitian ini. Total keuntungan tersebut sebesar 100648,1665 kWh atau diuangkan menjadi Rp 96.119.476.

Tabel 4.7 Nilai ekonomis dari pembangkit listrik *hybrid*

Parameter	Nilai
Renewable penetration	87,2 %
Net present cost	Rp 236.319.432
Cost of energy	604,349 Rp/kWh
Break Event Point	11 tahun 5 bulan
Total produksi energi	28.088 kWh/tahun

Nilai ekonomis yang didapatkan pada perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* (PLN-*Solar Cell*) dapat dilihat pada tabel 4.7

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Percobaan dan perhitungan yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semua peralatan yang digunakan untuk perancangan sistem hybrid pada gedung FTSP UII telah memenuhi persyaratan yang dibutuhkan sesuai dengan kapasitas berdasarkan perhitungan dan kapasitas terpasang, sehingga diharapkan sistem *hybrid* tersebut mampu memasok energi listrik ke beban secara kontinu.
2. Perancangan sistem *Hybrid* telah tercapai karena semua komponen sistem *hybrid* pada gedung FTSP UII telah terpenuhi yang terdiri dari 52 Panel surya 320 Wp, 8 Baterai 48 V 50 Ah, dan 4 Inverter *Hybrid* 4 kW.
3. Perhitungan dalam merancang sistem *Hybrid* sangat penting sebelum membeli komponen-komponen PLTS tersebut.
4. Potensi radiasi matahari pada gedung FTSP UII sebesar 4,8 kWh/m^2/day
5. Berdasarkan analisis ekonominya maka didapatkan nilai NPC sebesar Rp 236.319.432,00, *initial capital cost* sebesar Rp 309.287.120,00, *Cost of Energy* sebesar 604,349 Rp/kWh, dan BEP selama 11 tahun 5 bulan.
6. Lokasi FTSP UII sangat cocok dalam pengaplikasian sistem *hybrid* (PLN-*Solar Cell*) karena *renewable fraction* sebesar 87,2 %.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang diharapkan dapat digunakan untuk mencapai kesempurnaan dan pengembangan pada penelitian-penelitian berikutnya, beberapa saran selama pengerjaan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Karena beban yang digunakan sedikit maka diharapkan untuk penelitian selanjutnya menggunakan total data beban yang lebih banyak
2. Diperlukannya penelitian lebih lanjut tentang perancangan sistem pembangkit listrik menggunakan software HOMER tidak hanya menggunakan panel surya akan tetapi menggunakan energi terbarukan yang lainnya, sehingga daya yang dapat disuplai lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. T. Gultom, "Pemanfaatan Photovoltaic sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya," pp. 33–42, 2015.

[2] L. Ilmu, P. Indonesia, P. Penelitian, and P. Iptek, "Studi model bisnis dan kemampuan teknologi industri plts menuju kemandirian energi," pp. 1–106, 2015.

[3] I. Kholiq, "Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung subtitusi bbm," *iptek*, vol. 19, no. 2, pp. 75–91, 2015.

[4] M. Rif, S. Hp, M. Shidiq, R. Yuwono, and H. Suyono, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas," vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.

[5] I. M. A. Nugraha, I. A. D. Giriantari, and I. N. S. Kumara, "Studi Dampak Ekonomi dan Sosial PLTS Sebagai Listrik Pedesaan Terhadap Masyarakat Desa Ban Kubu Karangasem," no. November, pp. 14–15, 2013.

[6] L. S. Mulia, I. M. Shidiq, Soeprapto, and J. M. T. Haryono, "Analisis Teknik dan Ekonomi Power Hibrida (," pp. 1–6, 2016.

[7] W. D. Ariani and B. Winardi, "Analisis Kapasitas dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara," *TRANSIENT*, vol. 3, pp. 1–8, 2014.

[8] K. E. Okedu and U. Roland, "*Optimization of Renewable Energy Efficiency using* HOMER," no. June 2014, 2015.

[9] A. Sharma, A. Singh, and M. Khemariya, "HOMER *Optimization Based Solar PV ; Wind Energy and Diesel Generator Based Hybrid*," no. 1, pp. 199–204, 2013.

[10] N. Rana, "*Cost Analysis of Solar power generation using* HOMER *optimization software*," no. January, 2018.

[11] M. Bachtiar, "Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (*solar home system*)," *SMARTek*, vol. 4, no. 3, pp. 176–182, 2006.

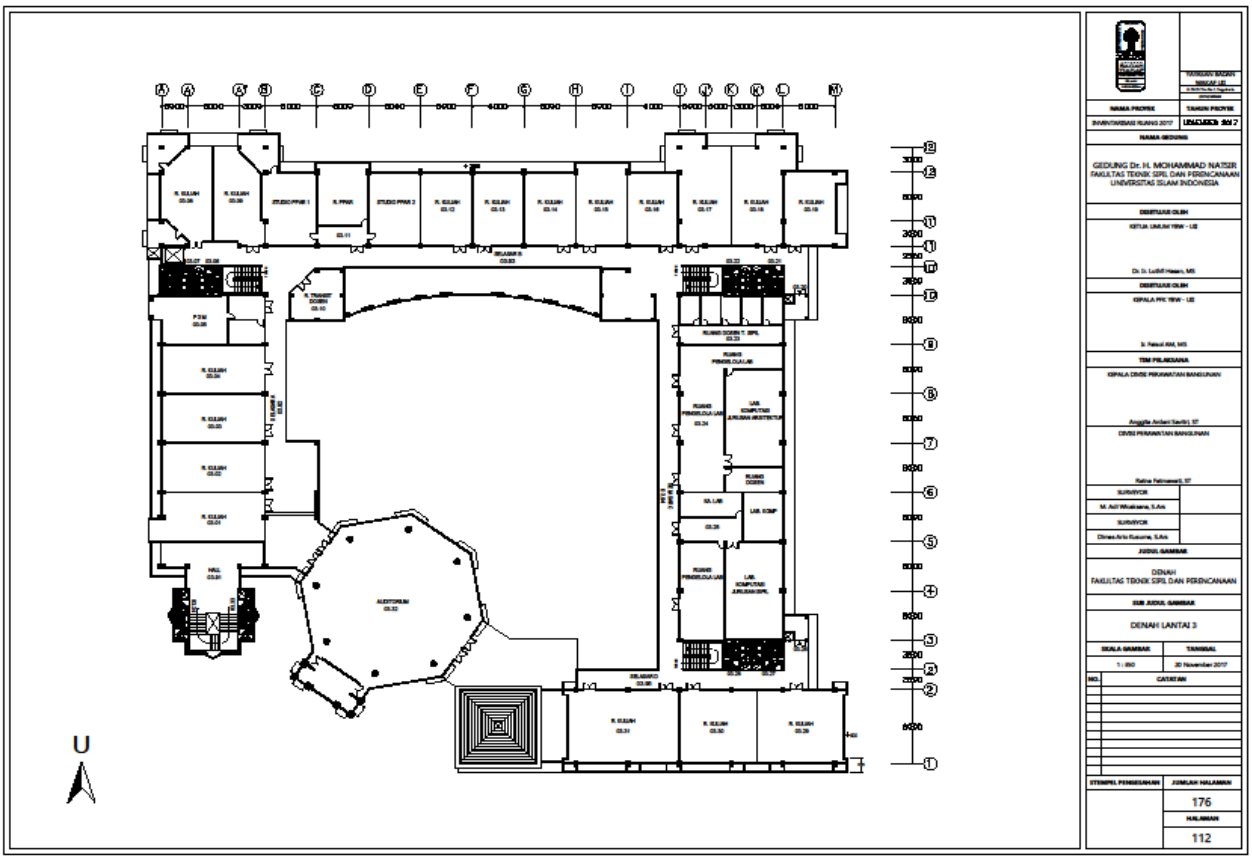
[12] *NASA Surface meteorology and Solar Energy*

https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets@nrcan.gc.ca

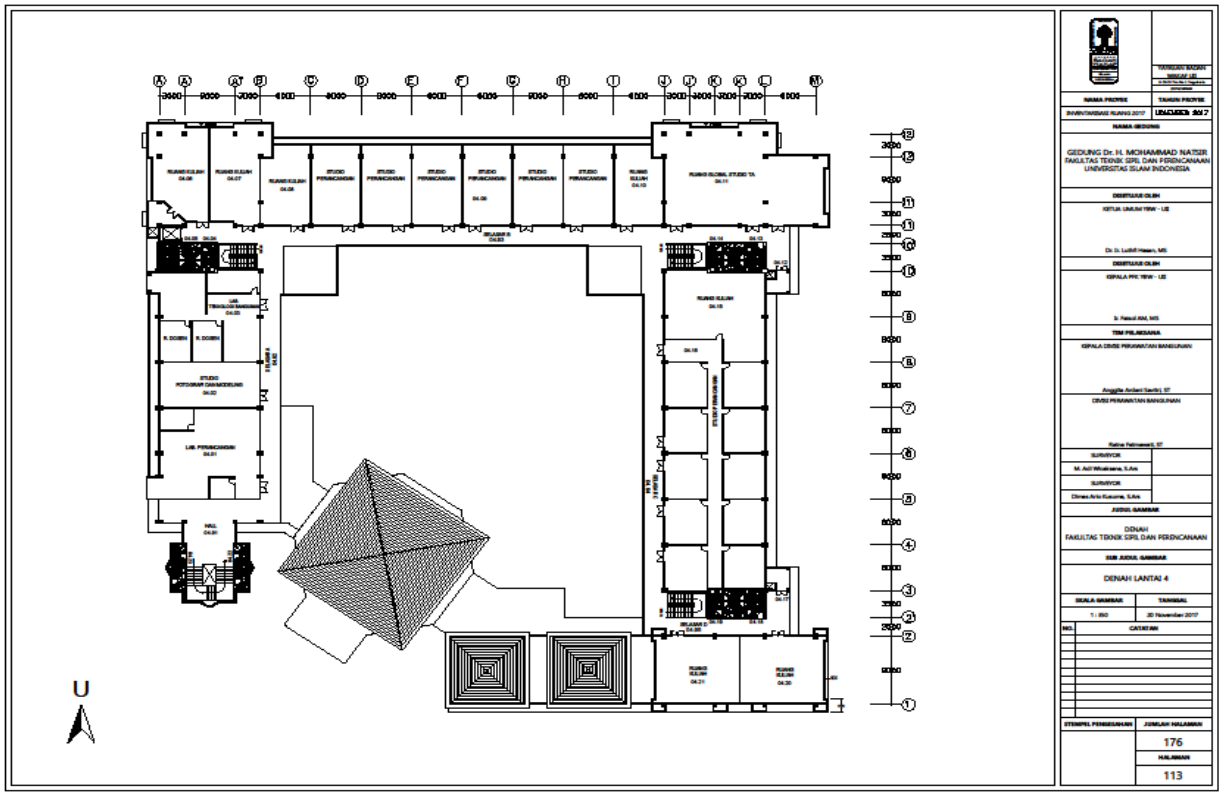
[13] N. Kurniasih *et al.*, “Analisis Mode Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Microhidro - Photovoltaic Array Menggunakan HOMER Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Provinsi Riau,” no. 1, pp. 30–40, 2015.

LAMPIRAN

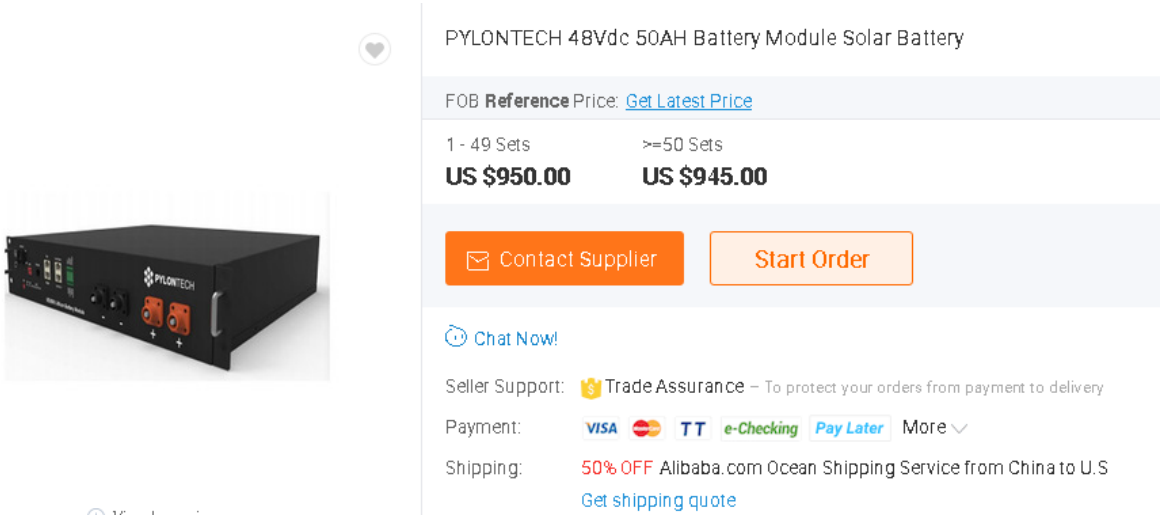
Lampiran 1. Denah FTSP UII Lantai 3



Lampiran 2. Denah FTSP UII Lantai 4



Lampiran 3. Harga Baterai *Pylontech*



Lampiran 4. Harga Inverter PH1800 MPK Plus Series



Lampiran 5. Harga Panel Surya Yingli Solar YGE 72 Cell Series – YL320P-35b, 320WP



Panel Surya

Yingli Solar YGE 72 Cell Series – YL320P-35b, 320WP

YINGLI SOLAR

Produk andalah kami, YGE 72 Cell Series, adalah modul yang paling serbaguna. Sangat mudah untuk dipasang di atap perumahan dan komersial, namun cukup ekonomis untuk memenuhi kebutuhan proyek utilitas skala yang lebih besar.

Seri ini sudah memiliki sertifikasi UL dan IEC yang diakui dan dihormati secara universal di seluruh industri tenaga surya.

Rp 2.599.000

Lampiran 6 Informasi Tagihan Rekening Listrik FTSP UII

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH DAN DIY
AREA YOGYAKARTA
RAYON KALASAN

INFORMASI TAGIHAN LISTRIK

PT PLN (Persero) Kantor Pusat
Jl Trunojoyo Blok M I / 135, Melawai
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
NPWP : 01.001.629.3-051.000

Kepada Yth
GED.UNIT VII.KAMP.TERPADU
JL KALIURANG KM.14,4 UB.MARTANI

NPWP : 00.000.000.0-000.000
No Invoice : 521012101795-0517

Id Pelanggan	: 521012101795
Rekening Bulan	: 05-2017
Tarif / Daya	: S3K / 240,000 VA
Tarif / Daya Lama	: / 0 VA
FKM kWh/kVarh/FRT	: 400 / 400 / 1
FKM kWh/kVarh/FRT LM	: 400 / 400 / 1
Jam Nyala / Fak K	: 196

Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
St Akhir	01-05-2017	909.530	137.860		551.660
St Awal	01-04-2017	807.570	122.140		491.190
Selisih Stand (st akhir - st awal) * FKM * FRT		40,784.000	6,288.000		24,188.000
Pemakain kWh Total		40,784.000	6,288.000	47,072.000	24,188.000

1. Biaya Beban — Rp 0
2. Biaya Pemakaian

	LWBP			WBP			kVarh			TOTAL
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Kelbih kVarh	Biaya kVarh	Sub Total	
A	40,784	955.50	38,969,112	6,288	1,433.25	9,012,276	0	925	0	47,981,388
B										
C										
D										

3. Rupiah PTL Bruto	Rp	47,981,388
4. Rupiah Kompensasi TMP	Rp	0
5. Jumlah Rupiah PTL Netto	Rp	47,981,388
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan	Rp	47.981.388
7. Angsuran	Rp	0
8. PPJ	Rp	0
PTL (%) x 47,981,388 Rp 0		
9 PPN	Rp	4.798.139
10. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo/Kapasitor	Rp	0
11. Materai	Rp	6,000
TERBILANG — JUMLAH TAGIHAN	Rp	47,987,388

Empat Puluh Tujuh Juta Sembilan Ratus Delapan Puluh Tujuh Ribu Tiga Ratus Delapan Puluh Delapan Rupiah

Batas Akhir Masa Bayar 20 Mei 2017
Status : BELUM LUNAS (11)
Tanggal Bayar : //
Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0

KALASAN, 03-05-2017
MANAJER

Keterangan :
A = Tarif/Daya Baru TTL Baru
B = Tarif/Daya Lama TTL Baru
C = Tarif/Daya Baru TTL Lama
D = Tarif/Daya Lama TTL Lama

PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 81 TAHUN 2015

PRIMA AGUSTINA

Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen yang dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-10/PJ/2010 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-33/PJ/2014.

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH DAN DIY
AREA YOGYAKARTA
RAYON KALASAN

INFORMASI TAGIHAN LISTRIK

PT PLN (Persero) Kantor Pusat
Jl Trunojoyo Blok M I / 135, Melawai
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
NPWP : 01.001.629.3-051.000

Kepada Yth
GED.UNIT VII.KAMP.TERPADU

JL KALIURANG KM.14,4 UB.MARTANI

NPWP : 00.000.000.0-000.000
No Invoice : 521012101795-0617

Id Pelanggan	: 521012101795
Rekening Bulan	: 06-2017
Tarif / Daya	: S3K / 240,000 VA
Tarif / Daya Lama	: / 0 VA
FKM kWh/kVarh/FRT	: 400 / 400 / 1
FKM kWh/kVarh/FRT LM	: 400 / 400 / 1
Jam Nyala / Fak K	: 207

Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
St Akhir	01-06-2017	1,017.900	153.630		613.230
St Awal	01-05-2017	909.530	137.860		551.660
Selisih Stand (st akhir - st awal) * FKM * FRT		43,348.000	6,308.000		24,628.000
Pemakain kWh Total		43,348.000	6,308.000	49,656.000	24,628.000

1. Biaya Beban Rp 0

2. Biaya Pemakaian

	LWBP			WBP			kVarh			TOTAL
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Kelbih kVarh	Biaya kVarh	Sub Total	
A	43,348	955.50	41,419,014	6,308	1,433.25	9,040,941	0	925	0	50,459,955
B										
C										
D										

3. Rupiah PTL Bruto Rp 50,459,955
4. Rupiah Kompensasi TMP Rp 0
5. Jumlah Rupiah PTL Netto Rp 50,459,955
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan Rp 50.459.955
7. Angsuran Rp 0
8. PPJ Rp 0
   PTL (%) x 50,459,955 Rp 0
9 PPN Rp 5.045.996
10. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo/Kapasitor Rp 0
11. Materai Rp 6,000

TERBILANG JUMLAH TAGIHAN Rp 50,465,955

Lima Puluh Juta Empat Ratus Enam Puluh Lima Ribu Sembilan Ratus Lima Puluh Lima Rupiah

Batas Akhir Masa Bayar 20 Juni 2017
Status : BELUM LUNAS (11)
Tanggal Bayar : //
Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0

KALASAN, 05-06-2017
MANAJER

Keterangan :
A = Tarif/Daya Baru TTL Baru
B = Tarif/Daya Lama TTL Baru
C = Tarif/Daya Baru TTL Lama
D = Tarif/Daya Lama TTL Lama

PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 81 TAHUN 2015

PRIMA AGUSTINA

Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen yang dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-10/PJ/2010 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-33/PJ/2014.

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH DAN DIY
AREA YOGYAKARTA
RAYON KALASAN

INFORMASI TAGIHAN LISTRIK

PT PLN (Persero) Kantor Pusat
Jl Trunojoyo Blok M I / 135, Melawai
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
NPWP : 01.001.629.3-051.000

Kepada Yth
GED.UNIT VII.KAMP.TERPADU

JL KALIURANG KM.14,4 UB.MARTANI

NPWP : 00.000.000.0-000.000
No Invoice : 521012101795-0717

Id Pelanggan	: 521012101795
Rekening Bulan	: 07-2017
Tarif / Daya	: S3K / 240,000 VA
Tarif / Daya Lama	: / 0 VA
FKM kWh/kVarh/FRT	: 400 / 400 / 1
FKM kWh/kVarh/FRT LM	: 400 / 400 / 1
Jam Nyala / Fak K	: 146

Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
St Akhir	01-07-2017	1,093.600	165.240		656.760
St Awal	01-06-2017	1,017.900	153.630		613.230
Selisih Stand (st akhir - st awal) * FKM * FRT		30,280.000	4,644.000		17,412.000
Pemakain kWh Total		30,280.000	4,644.000	34,924.000	17,412.000

1. Biaya Beban — Rp 0

2. Biaya Pemakaian

	LWBP			WBP			kVarh			TOTAL
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Kelbih kVarh	Biaya kVarh	Sub Total	
A	30,280	955.50	28,932,540	4,644	1,433.25	6,656,013	0	925	0	35,588,553
B										
C										
D										

3. Rupiah PTL Bruto — Rp 35,588,553
4. Rupiah Kompensasi TMP — Rp 0
5. Jumlah Rupiah PTL Netto — Rp 35,588,553
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan — Rp 35.588.553
7. Angsuran — Rp 0
8. PPJ — Rp 0
   PTL (%) x 35,588,553 Rp 0
9 PPN — Rp 3.558.855
10. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo/Kapasitor — Rp 0
11. Materai — Rp 6,000

TERBILANG — JUMLAH TAGIHAN — Rp 35,594,553

Tiga Puluh Lima Juta Lima Ratus Sembilan Puluh Empat Ribu Lima Ratus Lima Puluh Tiga Rupiah

Batas Akhir Masa Bayar 20 Juli 2017
Status : LUNAS (11)
Tanggal Bayar : 06/07/2017
Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0

KALASAN, 10-07-2017
MANAJER

Keterangan :
A = Tarif/Daya Baru TTL Baru
B = Tarif/Daya Lama TTL Baru
C = Tarif/Daya Baru TTL Lama
D = Tarif/Daya Lama TTL Lama

PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 81 TAHUN 2015

PRIMA AGUSTINA

Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen yang dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-10/PJ/2010 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-33/PJ/2014.

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH DAN DIY
AREA YOGYAKARTA
RAYON KALASAN

INFORMASI TAGIHAN LISTRIK

PT PLN (Persero) Kantor Pusat
Jl Trunojoyo Blok M I / 135, Melawai
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
NPWP : 01.001.629.3-051.000

Kepada Yth
GED.UNIT VII.KAMP.TERPADU
JL KALIURANG KM.14,4 UB.MARTANI

NPWP : 00.000.000.0-000.000
No Invoice : 521012101795-0817

Id Pelanggan	: 521012101795
Rekening Bulan	: 08-2017
Tarif / Daya	: S3K / 240,000 VA
Tarif / Daya Lama	: / 0 VA
FKM kWh/kVarh/FRT	: 400 / 400 / 1
FKM kWh/kVarh/FRT LM	: 400 / 400 / 1
Jam Nyala / Fak K	: 174

Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
St Akhir	01-08-2017	1,184.000	179.510		715.310
St Awal	01-07-2017	1,093.600	165.240		656.760
Selisih Stand (st akhir - st awal) * FKM * FRT		36,160.000	5,708.000		23,420.000
Pemakain kWh Total		36,160.000	5,708.000	41,868.000	23,420.000

1. Biaya Beban — Rp 0

2. Biaya Pemakaian

	LWBP			WBP			kVarh			TOTAL
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Kelbih kVarh	Biaya kVarh	Sub Total	
A	36,160	955.50	34,550,880	5,708	1,433.25	8,180,991	0	925	0	42,731,871
B										
C										
D										

3. Rupiah PTL Bruto	Rp	42,731,871
4. Rupiah Kompensasi TMP	Rp	0
5. Jumlah Rupiah PTL Netto	Rp	42,731,871
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan	Rp	42.731.871
7. Angsuran	Rp	0
8. PPJ	Rp	0
PTL (%) x 42,731,871 Rp 0		
9 PPN	Rp	4.273.187
10. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo/Kapasitor	Rp	0
11. Materai	Rp	6,000
TERBILANG — JUMLAH TAGIHAN	Rp	42,737,871

Empat Puluh Dua Juta Tujuh Ratus Tiga Puluh Tujuh Ribu Delapan Ratus Tujuh Puluh Satu Rupiah

Batas Akhir Masa Bayar 20 Agustus 2017
Status : BELUM LUNAS (11)
Tanggal Bayar : //
Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0

KALASAN, 03-08-2017
MANAJER

Keterangan :
A = Tarif/Daya Baru TTL Baru
B = Tarif/Daya Lama TTL Baru
C = Tarif/Daya Baru TTL Lama
D = Tarif/Daya Lama TTL Lama

PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 81 TAHUN 2015

PRIMA AGUSTINA

Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen yang dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-10/PJ/2010 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-33/PJ/2014.

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH DAN DIY
AREA YOGYAKARTA
RAYON KALASAN

INFORMASI TAGIHAN LISTRIK

PT PLN (Persero) Kantor Pusat
Jl Trunojoyo Blok M I / 135, Melawai
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
NPWP : 01.001.629.3-051.000

Kepada Yth
GED.UNIT VII.KAMP.TERPADU

JL KALIURANG KM.14,4 UB.MARTANI

NPWP : 00.000.000.0-000.000
No Invoice : 521012101795-0917

Id Pelanggan	: 521012101795
Rekening Bulan	: 09-2017
Tarif / Daya	: S3K / 240,000 VA
Tarif / Daya Lama	: / 0 VA
FKM kWh/kVarh/FRT	: 400 / 400 / 1
FKM kWh/kVarh/FRT LM	: 400 / 400 / 1
Jam Nyala / Fak K	: 167

Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
St Akhir	01-09-2017	1,271.370	192.500		766.430
St Awal	01-08-2017	1,184.000	179.510		715.310
Selisih Stand (st akhir - st awal) * FKM * FRT		34,948.000	5,196.000		20,448.000
Pemakain kWh Total		34,948.000	5,196.000	40,144.000	20,448.000

1. Biaya Beban — Rp 0

2. Biaya Pemakaian

	LWBP			WBP			kVarh			TOTAL
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Kelbih kVarh	Biaya kVarh	Sub Total	
A	34,948	955.50	33,392,814	5,196	1,433.25	7,447,167	0	925	0	40,839,981
B										
C										
D										

3. Rupiah PTL Bruto	Rp	40,839,981
4. Rupiah Kompensasi TMP	Rp	0
5. Jumlah Rupiah PTL Netto	Rp	40,839,981
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan	Rp	40.839.981
7. Angsuran	Rp	0
8. PPJ	Rp	0
PTL (%) x 40,839,981 Rp 0		
9 PPN	Rp	4.083.998
10. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo/Kapasitor	Rp	0
11. Materai	Rp	6,000
TERBILANG — JUMLAH TAGIHAN	Rp	40,845,981

Empat Puluh Juta Delapan Ratus Empat Puluh Lima Ribu Sembilan Ratus Delapan Puluh Satu Rupiah

Batas Akhir Masa Bayar 20 Sebtember 2017
Status : BELUM LUNAS (11)
Tanggal Bayar : //
Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0

KALASAN, 05-09-2017
MANAJER

Keterangan :
A = Tarif/Daya Baru TTL Baru
B = Tarif/Daya Lama TTL Baru
C = Tarif/Daya Baru TTL Lama
D = Tarif/Daya Lama TTL Lama

PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 81 TAHUN 2015

PRIMA AGUSTINA

Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen yang dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-10/PJ/2010 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-33/PJ/2014.

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH DAN DIY
AREA YOGYAKARTA
RAYON KALASAN

INFORMASI TAGIHAN LISTRIK

PT PLN (Persero) Kantor Pusat
Jl Trunojoyo Blok M I / 135, Melawai
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
NPWP : 01.001.629.3-051.000

Kepada Yth
GED.UNIT VII.KAMP.TERPADU
JL KALIURANG KM.14,4 UB.MARTANI

NPWP : 00.000.000.0-000.000
No Invoice : 521012101795-1017

Id Pelanggan	: 521012101795
Rekening Bulan	: 10-2017
Tarif / Daya	: S3K / 240,000 VA
Tarif / Daya Lama	: / 0 VA
FKM kWh/kVarh/FRT	: 400 / 400 / 1
FKM kWh/kVarh/FRT LM	: 400 / 400 / 1
Jam Nyala / Fak K	: 202

Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
St Akhir	01-10-2017	1,376.760	208.020		828.350
St Awal	01-09-2017	1,271.370	192.500		766.430
Selisih Stand (st akhir - st awal) * FKM * FRT		42,156.000	6,208.000		24,768.000
Pemakain kWh Total		42,156.000	6,208.000	48,364.000	24,768.000

1. Biaya Beban — Rp 0

2. Biaya Pemakaian

	LWBP			WBP			kVarh			TOTAL
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Kelbih kVarh	Biaya kVarh	Sub Total	
A	42,156	955.50	40,280,058	6,208	1,433.25	8,897,616	0	925	0	49,177,674
B										
C										
D										

3. Rupiah PTL Bruto	Rp	49,177,674
4. Rupiah Kompensasi TMP	Rp	0
5. Jumlah Rupiah PTL Netto	Rp	49,177,674
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan	Rp	49.177.674
7. Angsuran	Rp	0
8. PPJ	Rp	0
PTL (%) x 49,177,674 Rp 0		
9 PPN	Rp	4.917.767
10. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo/Kapasitor	Rp	0
11. Materai	Rp	6,000
TERBILANG — JUMLAH TAGIHAN	Rp	49,183,674

Empat Puluh Sembilan Juta Seratus Delapan Puluh Tiga Ribu Enam Ratus Tujuh Puluh Empat Rupiah

Batas Akhir Masa Bayar 20 Oktober 2017
Status : BELUM LUNAS (11)
Tanggal Bayar : //
Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0

KALASAN, 03-10-2017
MANAJER

Keterangan :
A = Tarif/Daya Baru TTL Baru
B = Tarif/Daya Lama TTL Baru
C = Tarif/Daya Baru TTL Lama
D = Tarif/Daya Lama TTL Lama

PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 81 TAHUN 2015

PRIMA AGUSTINA

Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen yang dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-10/PJ/2010 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-33/PJ/2014.

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH DAN DIY
AREA YOGYAKARTA
RAYON KALASAN

INFORMASI TAGIHAN LISTRIK

PT PLN (Persero) Kantor Pusat
Jl Trunojoyo Blok M I / 135, Melawai
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
NPWP : 01.001.629.3-051.000

Kepada Yth
GED.UNIT VII.KAMP.TERPADU
JL KALIURANG KM.14,4 UB.MARTANI

NPWP : 00.000.000.0-000.000
No Invoice : 521012101795-1117

Id Pelanggan	: 521012101795
Rekening Bulan	: 11-2017
Tarif / Daya	: S3K / 240,000 VA
Tarif / Daya Lama	: / 0 VA
FKM kWh/kVarh/FRT	: 400 / 400 / 1
FKM kWh/kVarh/FRT LM	: 400 / 400 / 1
Jam Nyala / Fak K	: 235

Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
St Akhir	01-11-2017	1,499.550	226.360		898.610
St Awal	01-10-2017	1,376.760	208.020		828.350
Selisih Stand (st akhir - st awal) * FKM * FRT		49,116.000	7,336.000		28,104.000
Pemakain kWh Total		49,116.000	7,336.000	56,452.000	28,104.000

1. Biaya Beban — Rp 0

2. Biaya Pemakaian

	LWBP			WBP			kVarh			TOTAL
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Kelbih kVarh	Biaya kVarh	Sub Total	
A	49,116	955.50	46,930,338	7,336	1,433.25	10,514,322	0	925	0	57,444,660
B										
C										
D										

3. Rupiah PTL Bruto	Rp	57,444,660
4. Rupiah Kompensasi TMP	Rp	0
5. Jumlah Rupiah PTL Netto	Rp	57,444,660
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan	Rp	57.444.660
7. Angsuran	Rp	0
8. PPJ	Rp	0
PTL (%) x 57,444,660 Rp 0		
9 PPN	Rp	5.744.466
10. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo/Kapasitor	Rp	0
11. Materai	Rp	6,000
TERBILANG — JUMLAH TAGIHAN	Rp	57,450,660

Lima Puluh Tujuh Juta Empat Ratus Lima Puluh Ribu Enam Ratus Enam Puluh Rupiah

Batas Akhir Masa Bayar 20 November 2017
Status : BELUM LUNAS (11)
Tanggal Bayar : //
Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0

KALASAN, 03-11-2017
MANAJER

Keterangan :
A = Tarif/Daya Baru TTL Baru
B = Tarif/Daya Lama TTL Baru
C = Tarif/Daya Baru TTL Lama
D = Tarif/Daya Lama TTL Lama

PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 81 TAHUN 2015

PRIMA AGUSTINA

Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen yang dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-10/PJ/2010 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-33/PJ/2014.

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH DAN DIY
AREA YOGYAKARTA
RAYON KALASAN

INFORMASI TAGIHAN LISTRIK

PT PLN (Persero) Kantor Pusat
Jl Trunojoyo Blok M I / 135, Melawai
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
NPWP : 01.001.629.3-051.000

Kepada Yth
GED.UNIT VII.KAMP.TERPADU

JL KALIURANG KM.14,4 UB.MARTANI

NPWP : 00.000.000.0-000.000
No Invoice : 521012101795-1217

Id Pelanggan	: 521012101795
Rekening Bulan	: 12-2017
Tarif / Daya	: S3K / 240,000 VA
Tarif / Daya Lama	: / 0 VA
FKM kWh/kVarh/FRT	: 400 / 400 / 1
FKM kWh/kVarh/FRT LM	: 400 / 400 / 1
Jam Nyala / Fak K	: 211

Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
St Akhir	01-12-2017	1,609.840	242.890		965.000
St Awal	01-11-2017	1,499.550	226.360		898.610
Selisih Stand (st akhir - st awal) * FKM * FRT		44,116.000	6,612.000		26,556.000
Pemakain kWh Total		44,116.000	6,612.000	50,728.000	26,556.000

1. Biaya Beban — Rp 0

2. Biaya Pemakaian

	LWBP			WBP			kVarh			TOTAL
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Kelbih kVarh	Biaya kVarh	Sub Total	
A	44,116	955.50	42,152,838	6,612	1,433.25	9,476,649	0	925	0	51,629,487
B										
C										
D										

3. Rupiah PTL Bruto	Rp	51,629,487
4. Rupiah Kompensasi TMP	Rp	0
5. Jumlah Rupiah PTL Netto	Rp	51,629,487
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan	Rp	51.629.487
7. Angsuran	Rp	0
8. PPJ	Rp	0
PTL (%) x 51,629,487 Rp 0		
9 PPN	Rp	5.162.949
10. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo/Kapasitor	Rp	0
11. Materai	Rp	6,000
TERBILANG — JUMLAH TAGIHAN	Rp	51,635,487

Lima Puluh Satu Juta Enam Ratus Tiga Puluh Lima Ribu Empat Ratus Delapan Puluh Tujuh Rupiah

Batas Akhir Masa Bayar 20 Desember 2017
Status : BELUM LUNAS (11)
Tanggal Bayar : //
Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0

KALASAN, 06-12-2017
MANAJER

Keterangan :
A = Tarif/Daya Baru TTL Baru
B = Tarif/Daya Lama TTL Baru
C = Tarif/Daya Baru TTL Lama
D = Tarif/Daya Lama TTL Lama

PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 81 TAHUN 2015

PRIMA AGUSTINA

Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen yang dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-10/PJ/2010 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Keputusan Direktur Jenderal Pajak No. PER-33/PJ/2014.

Lampiran 7 Peraturan Jual Beli Listrik Energi Terbarukan PLN

PT PLN (PERSERO)

PERATURAN DIREKSI PT PLN (PERSERO)

NOMOR : 0733.K/DIR/2013

TENTANG

PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK DARI FOTOVOLTAIK OLEH PELANGGAN PT PLN (PERSERO)

DIREKSI PT PLN (PERSERO)

Menimbang :

a. bahwa dalam rangka mendorong percepatan pencapaian tingkat pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan dalam bauran energi nasional, maka perlu mendorong pemanfaatan energi surya untuk pembangkitan tenaga listrik;
b. bahwa pemanfaatan energi surya sebagaimana dimaksud pada huruf a di atas untuk memproduksi tenaga listrik dapat dilakukan melalui Fotovoltaik; dapat membantu;
c. bahwa produksi tenaga listrik melalui Fotovoltaik sebagaimana dimaksud pada huruf b di atas, dilakukan untuk menambah kapasitas penyediaan tenaga listrik, mengakomodir dan mengapresiasi keinginan masyarakat yang peduli energi bersih dan energi terbarukan;
d. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, b dan c di atas, maka perlu menetapkan Peraturan Direksi PT PLN (Persero) tentang Pemanfaatan Energi Listrik dari Fotovoltaik oleh Pelanggan PT PLN (Persero).

Mengingat :

1. Undang-undang RI Nomor 19 Tahun 2003 tentang Badan Usaha Milik Negara;
2. Undang-undang RI Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas;
3. Undang-undang RI Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan;
4. Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 tahun 1994 tentang Pengalihan bentuk Perusahaan Umum (Perum) Listrik Negara menjadi Perusahaan Perseroan (Persero);
5. Peraturan Pemerintah RI Nomor 45 Tahun 2005 tentang Pendirian, Pengurusan, Pengawasan dan Pembubaran Badan Usaha Milik Negara;
6. Peraturan Pemerintah RI Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik;
7. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 30 Tahun 2012 tentang Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara;
8. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 02.P/451/MPE/1991 tentang Hubungan Pemegang Kuasa Usaha Ketenagalistrikan dan Pemegang Izin Usaha Ketenagalistrikan Untuk Kepentingan Umum Dengan Masyarakat;
9. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 03.P/451/MPE/1991 tentang Persyaratan Penyambungan Tenaga Listrik;
10. Anggaran Dasar PT PLN (Persero);
11. Keputusan Menteri Badan Usaha Milik Negara Nomor KEP-252/MBU/2009 jo Keputusan Menteri Negara Badan Usaha Milik Negara Nomor KEP-224/MBU/2011 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Anggota-Anggota Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara;
12. Keputusan Menteri Negara Badan Usaha Milik Negara Nomor : SK-179//MBU/2013 tentang Pemberhentian, Perubahan Nomenklatur Jabatan dan Pengangkatan Anggota-anggota Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara;

13. Keputusan ...

13. Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 304.K/DIR/2009 tentang Batasan Kewenangan Pengambilan Keputusan di Lingkungan PT PLN (Persero) sebagaimana telah beberapa kali diubah, terakhir dengan Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 596.K/DIR/2013;
14. Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 023.K/426/DIR/2012 tentang Organisasi dan Tata Kerja PT PLN (Persero) sebagaimana telah diubah dengan Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 273.K/DIR/2013 dan Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 0443.K/DIR/2013.

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : PERATURAN DIREKSI PT PLN (PERSERO) TENTANG PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK DARI FOTOVOLTAIK OLEH PELANGGAN PT PLN (PERSERO).

Pasal 1
Definisi

Dalam Peraturan Direksi ini yang dimaksud dengan :

1. PLN adalah PT (Persero) Perusahaan Listrik Negara yang didirikan dengan Akta Notaris Sutjipto, SH. No. 169 tanggal 30 Juli 1994 beserta perubahannya.
2. Direksi adalah Direksi PLN.
3. Fotovoltaik adalah pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi listrik dengan menggunakan modul Fotovoltaik.
4. Pelanggan adalah setiap orang atau badan usaha atau badan/lembaga lainnya yang memakai tenaga listrik dari instalasi PLN yang wajib melunasi tagihan listrik setiap bulan berjalan.

Pasal 2
Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan ditetapkannya Peraturan ini adalah sebagai pedoman/acuan untuk pelakanaan pemanfaatan energi listrik dari Fotovoltaik.

Pasal 3
Ruang Lingkup

Ruang lingkup Peraturan ini meliputi :

1. Pemasangan Fotovoltaik
2. Transaksi Energi Listrik

Pasal 4
Pemasangan Fotovoltaik

(1) Fotovoltaik milik Pelanggan dipasang dan diletakkan diatas bangunan milik Pelanggan.

(2) Fotovoltaik sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diperkenankan dioperasikan secara paralel dengan sistem ketenagalistrikan PLN.

(3) Pelanggan dapat mengirim kelebihan energi kWh dari Fotovoltaik ke sistem ketenagalistrikan PLN.

(4) PLN dapat menyediakan informasi energi listrik yang diterima PLN dari Fotovoltaik, jika diperlukan.

Pasal 5...

Pasal 5
Transaksi Energi Listrik

(1) PLN memasang jenis kWh meter *export import* (exim) untuk pelanggan PLN yang memanfaatkan energi listrik dari Fotovoltaik, selain dari listrik PLN.

(2) Energi listrik yang diterima PLN dari Fotovoltaik akan di *offset* dengan energi listrik yang dikirim PLN ke Pelanggan.

(3) Dalam hal energi yang diterima PLN dari Fotovoltaik sebagaimana dimaksud pada ayat (2) lebih besar daripada energi yang dikirim PLN, maka selisihnya menjadi deposit kWh untuk diperhitungkan pada bulan-bulan berikutnya, demikian seterusnya.

(4) Pelanggan tetap dikenakan Rekening Minimum sesuai daya tersambung dengan PLN.

Pasal 6
Penutup

Ketentuan-ketentuan lain yang bertentangan dengan Peraturan ini dinyatakan tidak berlaku.

Peraturan ini mulai berlaku terhitung sejak tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 19 Nopember 2013

DIREKTUR UTAMA

NUR PAMUDJI