

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa:
  - a. Penguipaan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Penguipaan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



ikan sumber:

# PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TERPUSAT *OFF-GRID SYSTEM*

(Studi Kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau)

## TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

**MICHAEL PARNINGOTAN SITOANG**

**11355101005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU**

**2019**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)  
TERPUSAT *OFF-GRID SYSTEM*  
(STUDI KASUS: DESA TANJUNG BERINGIN, KABUPATEN KAMPAR, RIAU)**

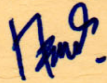
**TUGAS AKHIR**

oleh:

**MICHAEL PARNINGOTAN SITOANG  
11355101005**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 20 Desember 2019

**Pembimbing I**



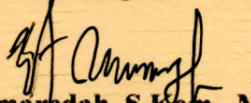
**Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc  
NIK. 130514010**

**Pembimbing II**



**Oktaf Brillian Kharisma, ST, MT  
NIP. 19841012 201503 1 003**

**Ketua Program Studi**



**Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom  
NIP. 19750922 200912 2 002**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TERPUSAT *OFF-GRID SYSTEM* (STUDI KASUS: DESA TANJUNG BERINGIN, KABUPATEN KAMPAR, RIAU)

#### TUGAS AKHIR



Oleh:

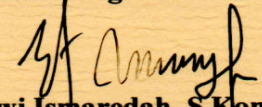
**MICHAEL PARNINGOTAN SITOANG**  
**11355101005**

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 20 Desember 2019

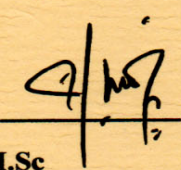
Pekanbaru, 20 Desember 2019


Mengesahkan:

  
Dekan  
  
**Dr. Ahmad Darmawi., M.Ag**  
**NIP. 19660604 199203 1 004**

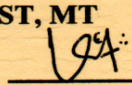
Ketua Program Studi  
  
**Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom**  
**NIP. 19750922 200912 2 002**

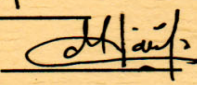
#### DEWAN PENGUJI :

Ketua : Arif Marsal, LC, MA 

Sekretaris I : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc 

Sekretaris II : Oktaf Brillian Kharisma, ST, MT 

Anggota I : Susi Afriani, ST, MT 

Anggota II : Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc 

## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 20 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,

**Michael Parningotan Sitohang**  
**NIM.11355101005**

UIN SUSKA RIAU

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, sujud syukurku kusembahkan kepadamu ya Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdirmu telah Kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.*

*Teruntuk orang tuaku, ku persembahkan sebuah karya kecil tugas akhir ini untukmu. Terimakasih atas kesabaranmu selama ini, terima kasih atas doa, semangat dan motivasi yang kau berikan untukku hingga sampai saat ini, terima kasih atas lidah dan mulut yang tak pernah lelah menasihati walau terkadang nasihat itu sering ku acuhkan. Terima kasih untuk bahumu yang tak pernah lelah untuk menjadi tempat sandaranku disaat aku tengah terpuruk dan kembali menyemangati agar menjadi orang yang lebih baik untuk kedepannya. Maafkan segala kesalahan ananda selama ini dan terimalah kado kecil yang sangat engkau banggakan dariku ini sebagai ucapan terima kasihku dan sebagai permintaan maaf atas segala hal kecil dan besar yang pernah membuat hatimu terluka.*

*Terima kasih Tuhan atas berkat yang telah engkau limpahkan sehingga kami bisa melalui hari demi hari hingga sampai pada saat ini mulai dari susah hingga senang dan mulai dari sakit hingga sehat kita bersama sama melaluinya ayah dan mamaku. Semoga Tuhan menjauhkanmu dari segala marabahaya, membalas segala kebaikanmu, dan semoga engkau selalu diberi kesehatan wahai kedua orang tuaku. Untukmu Ayah (Bresman*

*Cosmas Sitohang) dan Mama (Diana Siregar)*

*I Still love you forever*

*Aku bersyukur memiliki saudara sepertimu yang tak pernah lelah memberiku nasihat, menegurku jika salah dan selalu memberikaku masukan jika apa yang aku lakukan tidak baik menurutmu. Aku beruntung memiliki saudara/i sepertimu dan sangat beruntung. Untukmu abangku (Samuel Sitohang dan Daniel Sitohang) dan adikku (Yoel*

*Pardomuan Sitohang)*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*Hari demi hari kulalui bersamamu, seorang teman yang bisa memberikanku masukkan, ada disaat aku membutuhkan pertolonganmu, dan ada disetiap langkahku. Terima kasih ya Tuhan engkau telah mempertemukanku dengan teman – teman yang baik akhlak maupun budi pekertinya.*

*Teruntuk teman temanku :*

*Terima kasih selama 6 tahun kita melewati masa masa suka duka bersama sama dan telah mengajarkanku banyak hal agar aku tidak menjadi laki-laki yang cengeng dengan kerasnya kehidupan, terima kasih telah banyak mensupportku agar aku bisa melalui rintangan yang pernah aku hadapi, terima kasih atas bantuan yang kalian berikan selama ini baik nasihat ataupun motivasi. Kepada, Ravel Edwin Kevin Sihombing, Randi Dea Arashi, Herian Desra, Nikmal Efendi, Firman Sitanggang, Bayu Saputra, Dian Reza, Arya Wiranata dan teman-teman DNZ Squad terima kasih telah memberikan semangat, bantuan dan masukkan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.*

*Kepada Bapak Aulia Ullah ST., M.Eng, Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc, Bapak Oktaf Brillian Kharisma, ST, MT, Ibu Susi Afriani, ST, MT dan Ibu Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc atas bimbingan dan saran yang telah diberikan semoga kelak akan berguna dimasa yang akan datang.*

*Tiada kata lain selain terima kasih yang bisa kuucapkan untuk kalian semua.*

*Kalian bagaikan embun penyejuk dipagi hari dan selalu membuatku tersenyum*

*Maaflan segala kesalahan yang pernah kuperbuat selama ini.*

*Doa akan selalu kupanjatkan untuk kalian semua  
bersama itu aku persembahkan skripsi ini.*

*~Michael Parningotan Sitohang~*

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TERPUSAT *OFF-GRID SYSTEM* UNTUK PEDESAAN TERPENCIL DAN TERTINGGAL

(Studi Kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau)

**MICHAEL PARNINGOTAN SITOANG**

**NIM: 11355101005**

Tanggal Sidang: 20 Desember 2019

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

## ABSTRAK

Setiap kegiatan manusia disetiap daerah saat ini sangat bergantung pada adanya listrik, namun dikarenakan beberapa faktor pasokan listrik tidak dapat dirasakan merata. Kondisi geografis wilayah menyebabkan Desa Tanjung Beringin sulit untuk mendapat akses listrik PLN. Solusi terbaik yaitu memanfaatkan energi baru terbarukan yang terdapat disana, dan energi surya merupakan potensi terbaik. Tujuan dari penelitian ini yaitu menghasilkan perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang memenuhi kebutuhan masyarakat Desa Tanjung Beringin. Potensi radiasi matahari sebesar 4,74 KWh/m<sup>2</sup>/hari dan beban rata-rata listrik harian rumah tangga Desa Tanjung Beringin selama 24 jam yaitu sebesar 2613 Wh dengan total beban sebesar 261,3 KWh. Pada perancangan system PLTS ini menggunakan *Australian/NewZealand Standard*<sup>TM</sup> AS/NZS 4509.2:2010 tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design*. Dari perhitungan diketahui PLTS Terpusat *Off-Grid System* direncanakan memiliki kapasitas PV Array sebesar 107,1 KWp, baterai sebanyak 480 unit dengan kapasitas 1547 Ah, 1 unit Inverter berkapasitas 120 KW, dan 3 unit SCC masing-masing berkapasitas 38,5 KWp. Investasi awal untuk membangun PLTS Terpusat *Off-Grid System* sebesar Rp. 8.350.790.000, biaya operasional dan perawatan Rp. 83.507.900 dan LCC sebesar Rp. 9.627.441.020 sedangkan biaya energi atau COE sebesar Rp. 5.411/kWh. Dari aspek emisi penggunaan PLTS mengurangi emisi karbon sebesar 131,121 tonCO<sub>2</sub>/tahun. Hasil perancangan PLTS ditampilkan dalam model 2 Dimensi (2D) dan 3 Dimensi (3D) dengan tujuan memperkenalkan PLTS dengan cara yang menarik.

**Kata Kunci:** PLTS, *Life Cycle Cost*, *Augmented Reality*, Desa Tanjung Beringin.

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**DESIGN OF SOLAR POWER SYSTEM (PLTS) CENTRALIZED OFF-GRID SYSTEM FOR RURAL AND REMEDIATED RURALS**  
(Case Study: Tanjung Beringin Village, Kampar District, Riau)

**MICHAEL PARNINGOTAN SITOHANG**  
**NIM: 11355101005**

Date of Final Exam: December 20 2019

Department of Electrical Engineering  
Faculty of Science and Technology  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau  
HR. Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru - Indonesia

**ABSTRACT**

Every human activity is set at this time is very necessary on electricity, but due to several factors electricity supply can not be accepted evenly. Geographical conditions that cause the village of Tanjung Beringin difficult to get access to electricity PLN. The best solution is to utilize the newly renewed energy that is there, and solar energy is the best potential. The purpose of this study is to produce a centralized Off-Grid System PLTS design that meets the needs of the people of Tanjung Beringin Village. The potential of solar radiation is 4.74 KWh / m<sup>2</sup> / day and the average household electricity load of Tanjung Beringin Village for 24 hours is 2613 Wh with a total load of 261.3 KWh. In designing the system, this PLTS uses Australian / NewZealand Standard<sup>TM</sup> AS / NZS 4509.2: 2010 concerning Stand Alone Power System Part 2: System Design. Based on calculations, PLTS Centralized Off-Grid System claims to have a PV Array capacity of 107.1 KWp, a battery of 480 units with a capacity of 1547 Ah, 1 unit of Inverter with a capacity of 120 KW, and 3 units of SCC each with a capacity of 38.5 KWp. Initial investment to build a centralized Off-Grid PLTS system of Rp. 8,350,790,000, operational and maintenance costs Rp. 83,507,900 and LCC of Rp. 9,627,441,020 while the cost of energy or COE of Rp. 5,411 / kWh. From the aspect of emissions using PLTS, carbon emission reductions are 131,121 tons CO<sub>2</sub> / year. The results of PLTS design decisions in the 2 Dimensions (2D) and 3 Dimensions (3D) models with the aim of introducing PLTS in an interesting way.

**Keywords:** PLTS, Life Cycle Cost, Augmented Reality, Tanjung Beringin Village.

UIN SUSKA RIAU

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur selalu tercurah kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat, Nikmat, Ilmu, dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat mengerjakan dan akhirnya menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat *Off-Grid System* Untuk Pedesaan Terpencil Dan Tertinggal (Studi Kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau)**” sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Bapak Prof. Dr. H. Akhmad Mujahidin, S.Ag, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Ahmad Darmawi., M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Ewi Ismareda, S.Kom., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Aulia Ullah selaku Pembimbing Akademik yang selalu membimbing dan memberi masukan kepada penulis.
5. Teristimewa Kedua Orang tua penulis, abang dan adek yang telah mendo’akan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar penulis dapat tawakal dan sabar sehingga sukses memperoleh kelancaran dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
6. Bapak Mulyono, ST., MT, selaku Sekretaris Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT, selaku koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc dan Bapak Oktaf Brillian Kharisma, ST, MT, selaku dosen pembimbing yang selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terkhusus terima kasih untuk buk Nanda yang tidak jenuh-jenuhnya menjadi pembimbing TA saya sangat lama.

Ibu Susi Afriani, ST, MT, selaku Dosen Penguji I dan Ibu Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc, selaku dosen penguji II yang yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

10. Pimpinan, staff dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi.

11. Para Sahabat ( sahabar dari Tri Bhakti, Lokal E Angkatan 13 dan KKN 2016 Desa Tanah Bekali) serta rekan-rekan seperjuangan angkatan 2013.

12. Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberi motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini mulai dari awal hingga selesai yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya semoga ilmu yang diberikan kepada penulis dapat bermanfaat.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik dimasa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca dimasa mendatang. Amin.

Pekanbaru, 20 Desember 2019  
Penulis

**Michael Parningotan Sitohang**

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL .....	xx
DAFTAR RUMUS.....	xxi
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-6
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-6
1.4 Batasan Penelitian .....	I-6
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-7
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	II-1
2.2 Profil Kabupaten Kampar.....	II-4
2.2.1 Eonomi .....	II-5
2.2.2 Energi .....	II-7
2.2.3 Data Klimatologi.....	II-8

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3	Gambaran Umum Kecamatan Kampar Kiri Hulu.....	II-8
2.3.1	Geografi dan Iklim .....	II-8
2.3.3	Penduduk.....	II-9
2.3.3	Potensi Energi Surya .....	II-11
2.4	Studi Beban Listrik .....	II-11
2.5	Estimasi Kebutuhan Beben .....	II-12
2.6	PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	II-13
2.6.1	Sel Surya.....	II-14
2.6.1.1	Karakteristik <i>Photovoltaic</i> .....	II-15
1.	Arus <i>Short Circuit</i> ( <i>Isc</i> ).....	II-15
2.	Tegangan Rangkaian Terbuka ( <i>Voc</i> ).....	II-15
3.	Faktor Pengisian ( <i>Fill Factor</i> ) .....	II-15
4.	Efisiensi Sel Surya.....	II-15
5.	<i>Maksimum Power Point</i> ( <i>MPP</i> ).....	II-16
2.6.1.2	Jenis Modul Surya .....	II-16
2.6.2	Modul Surya.....	II-18
2.6.2.1	Rangkaian Seri Modul Surya.....	II-18
2.6.2.2	Rangkaian Paralel Modul Surya .....	II-19
2.6.2.3	Rangkaian Seri-Paralel Modul Surya .....	II-19
2.6.3	Panel Surya.....	II-20
2.6.4	PV Array .....	II-21
2.6.5	Faktor Yang Mempengaruhi kinerja PLTS.....	II-21
2.6.6	Inverter .....	II-24
2.6.6.1	Jenis-jenis Inverter.....	II-24
2.6.6.2	Konfigurasi Inverter .....	II-26
2.6.7	<i>Solar Charger Controller</i> ( <i>SCC</i> ) .....	II-28
2.6.7.1	<i>Solar Charger Controller</i> MPPT.....	II-30
2.6.7.2	Kriteria <i>Solar Charger Controller</i> MPPT .....	II-30
2.6.8	Baterai .....	II-31
2.6.8.1	Fungsi Baterai.....	II-31
2.6.8.2	Jenis Baterai.....	II-32

**BAB II**

2.7	Perancangan PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	II-36
2.7.1	Menentukan Spesifikasi Umum PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	II-36
2.7.2	Perancangan dan pemilihan komponen PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> sesuai dengan <i>Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4509.2:2010</i> .....	II-37
2.7.2.1	Perancangan dan pemilihan komponen Utama.....	II-37
2.7.2.2	Perancangan dan pemilihan komponen Pendukung.....	II-44
2.8	Aspek Teknis.....	II-45
2.8.1	Menentukan Produksi Energi dari PLTS .....	II-45
2.8.2	Rasio Peforma .....	II-46
2.8.3	Faktor Kapasitas.....	II-46
2.9	Aspek Ekonomi.....	II-46
2.9.1	Perhitungan Biaya Proyek.....	II-46
2.9.1.1	Biaya Investasi Komponen .....	II-46
2.9.1.2	Biaya Investasi Pengganti Komponen .....	II-47
2.9.1.3	Biaya Investasi Lahan .....	II-47
2.9.1.4	Biaya O&M PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	II-47
2.9.1.5	Biaya Siklus Hidup .....	II-47
2.9.2	Analisis Biaya Energi.....	II-48
2.10	Aspek Lingkungan .....	II-49
2.11	<i>Augmented Reality</i> .....	II-49
2.11.1	Objek 3 Dimensi .....	II-51
2.11.2	<i>Polygonal Modelling</i> .....	II-51
2.11.3	<i>Software</i> .....	II-51
2.11.4	UML.....	II-52
2.12	<i>AutoCAD</i> .....	II-55
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Jenis Penelitian.....	III-1
3.2	Prosedur Penelitian.....	III-1

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.3	Identifikasi Masalah .....	III-3
3.4	Rumusan Masalah .....	III-3
3.5	Tujuan Penelitian .....	III-4
3.6	Studi Literatur .....	III-4
3.7	Pengumpulan Data .....	III-4
	3.7.1 Data Primer .....	III-4
	3.7.2 Data Sekunder .....	III-5
3.8	Populasi dan Sampel .....	III-5
3.9	Perancangan PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	III-6
	3.9.1 Penentuan Spesifikasi Umum Sistem PLTS Terpusat .....	III-6
	3.9.2 Perancangan dan Pemilihan Komponen PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> Sesuai Dengan <i>Australian/New Zealand</i> <i>Standard TM AS/NZS 4509.2:2010</i> .....	III-7
	3.9.2.1 Perancangan dan Pemilihan Komponen Utama .....	III-7
	3.9.2.2 Perancangan dan Pemilihan Komponen Pendukung ..	III-7
3.10	Aspek Teknis.....	III-7
	3.10.3 Aspek Lingkungan .....	III-11
3.11	Aspek Ekonomi.....	III-8
	3.11.1 Perhitungan Biaya Proyek.....	III-8
	3.11.2 Analisis Biaya Energi PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	III-9
3.12	Aspek Lingkungan .....	III-9
3.13	<i>Layout</i> PLTS Dalam Bentuk 2D dan 3D.....	III-9
3.14	<i>Initial Result</i> Penelitian .....	III-9
3.15	Kesimpulan dan Saran.....	III-13

**BAB II HASIL DAN ANALISA**

4.1	Studi Potensi Energi Surya dan Temperatur.....	IV-1
	4.1.1 Radiasi matahari.....	IV-1
	4.1.2 Temperatur .....	IV-2
4.2	Studi Beban Listrik .....	IV-3
4.3	Perancangan PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-9

4.3.1	Mememtukan Spesifikasi Umum .....	IV-9
4.3.2	Perancangan dan Pemilihan Komponen Utama .....	IV-11
4.3.2.1	Modul Surya .....	IV-11
4.3.2.2	Baterai .....	IV-16
4.3.2.3	<i>Solar Charger Controller</i> .....	IV-20
4.3.2.4	Inverter .....	IV-22
4.3.2.5	Hasil Perancangan Komponen Utama PLTS .....	IV-24
4.3.3	Perancangan dan Pemilihan Komponen Pendukung .....	IV-25
4.3.3.1	Kabel .....	IV-25
4.3.3.2	Sistem Proteksi Pada Panel <i>Box</i> .....	IV-27
4.3.3.3	<i>Mounting System</i> .....	IV-29
4.3.3.4	Penangkal Petir .....	IV-32
4.3.4	Blok Diagram PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-33
4.4	Aspek Teknis .....	IV-35
4.4.1	<i>Losses</i> .....	IV-35
4.4.2	Produksi Energi Listrik PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-35
4.4.3	Rasio Peforma .....	IV-37
4.4.4	Faktor Kapasitas .....	IV-38
4.5	Aspek Ekonomi .....	IV-39
4.5.1	Analisa Biaya Proyek .....	IV-39
4.5.1.1	Biaya Investasi Awal .....	IV-39
4.5.1.2	Biaya Penggantian Komponen .....	IV-40
4.5.1.3	Biaya Investasi Lahan .....	IV-40
4.5.1.4	Biaya O&M PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-40
4.5.1.5	Biaya Siklus Hidup (LCC) .....	IV-41
4.5.2	Analisa Biaya Energi .....	IV-42
4.6	Aspek Emisi .....	IV-43
4.7	<i>Layout</i> Hasil Rancangan PLTS .....	IV-44
4.7.1	<i>Layout</i> 2 Dimensi (2D) .....	IV-45
4.7.2	<i>Layout</i> 3 Dimensi (3D) .....	IV-47
4.7.2.1	Implementasi Pemodelan Objek Dengan <i>Polygonal</i>	

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



<i>Modelling</i> .....	IV-47
4.7.2.2 Implementasi Pembuatan Marker .....	IV-48
4.7.2.3 Implementasi Pembuatan <i>Augmented Reality</i> Pada Android .....	IV-52

## KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-2

## DAFTAR PUSTAKA

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Peta wilayah Kabupaten Kampar .....	II-5
2. Diagram PDRB Kabupaten/Kota di Riau.....	II-6
3. PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	II-14
4. <i>Monocrystalline</i> .....	II-17
2.5. <i>Polycrystalline</i> .....	II-17
2.6. <i>Thin Layer (FILM) Cells</i> .....	II-18
2.7. Rangkaian modul surya seri .....	II-19
2.8. Rangkaian modul surya paralel .....	II-19
2.9. Rangkaian modul surya seri-paralel .....	II-20
2.10. Macam-macam rangkaian panel surya .....	II-20
2.11. Konfigurasi PV <i>array</i> .....	II-21
2.12. Pengaruh Iradiasi Terhadap Tegangan dan Arus Modul Surya .....	II-21
2.13. Sudut kemiringan modul surya.....	II-22
2.14. Orientasi modul surya .....	II-23
2.15. Temperature pada panel surya.....	II-24
2.16. Inverter mikro.....	II-25
2.17. <i>string inverter</i> .....	II-25
2.18. <i>Central inverter</i> .....	II-26
2.19. Konfigurasi Fotovoltaik Inverter Terpusat.....	II-26
2.20. Konfigurasi <i>multi-string</i> inverter.....	II-27
2.21. Konfigurasi <i>Inverter-string</i> Inverter.....	II-27
2.22. Konfigurasi <i>inverter</i> modul AC .....	II-28
2.23. Rangkaian MPPT Regulator.....	II-30
2.24. <i>Solar Charge Controllel</i> MPPT .....	II-31
2.25. Jenis-jenis <i>lead acid battery</i> .....	II-33
2.26. <i>Starting Battery</i> .....	II-34
2.27. <i>Valve Regulated Lead Acid Battery (VRLA)</i> .....	II-35

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta Milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim I

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

28	<i>Gel Cells Battery</i> .....	II-35
29	<i>Gel Cells Battery</i> .....	II-36
1	<i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian.....	III-2
2	Grafik kondisi beban listrik saat ini .....	III-11
3	Grafik kondisi beban listrik 24 Jam .....	III-12
1	Radiasi Matahari di Desa Tanjung Beringin .....	IV-1
2	Temperatur di Desa Tanjung Beringin .....	IV-2
3	Profil Beban Listrik Desa Tanjung Beringin.....	IV-5
4	Profil Beban Listrik Desa Tanjung Beringin (24 Jam).....	IV-7
5	Panel Box pada PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-27
6	Mounting system PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-29
7	Perancangan Jarak Antar Modul Surya .....	IV-30
8	Desain Posisi PV Array Terhadap Matahari.....	IV-31
9	Penangkal Petir PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-32
10	<i>Block Diagram</i> PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-34
11	Produksi Energi Listrik PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> di Desa Tanjung Beringin pada Tahun Pertama .....	IV-36
12	Grafik produksi energi PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> selama 20 tahun	IV-37
13	<i>layout</i> 2D .....	IV-46
14	pembuatan <i>cube</i> pertama .....	IV-47
15	Hasil Objek PLTS Menggunakan <i>Polygonal Modelling</i> .....	IV-48
16	Tampilan <i>Target Manager</i> .....	IV-49
17	<i>Form</i> Membuat <i>Database</i> Baru.....	IV-49
18	<i>Folder Database</i> .....	IV-50
19	<i>Form Add Target Marker</i> .....	IV-50
20	<i>Folder database</i> yang sudah terisi <i>target marker</i> .....	IV-51
21	<i>Form Download</i> .....	IV-52
22	Tampilan <i>splash screen</i> .....	IV-53
23	Tampilan <i>Loading</i> .....	IV-54
24	Tampilan Menu Utama.....	IV-55
25	Tampilan Panduan Penggunaan Aplikasi .....	IV-56

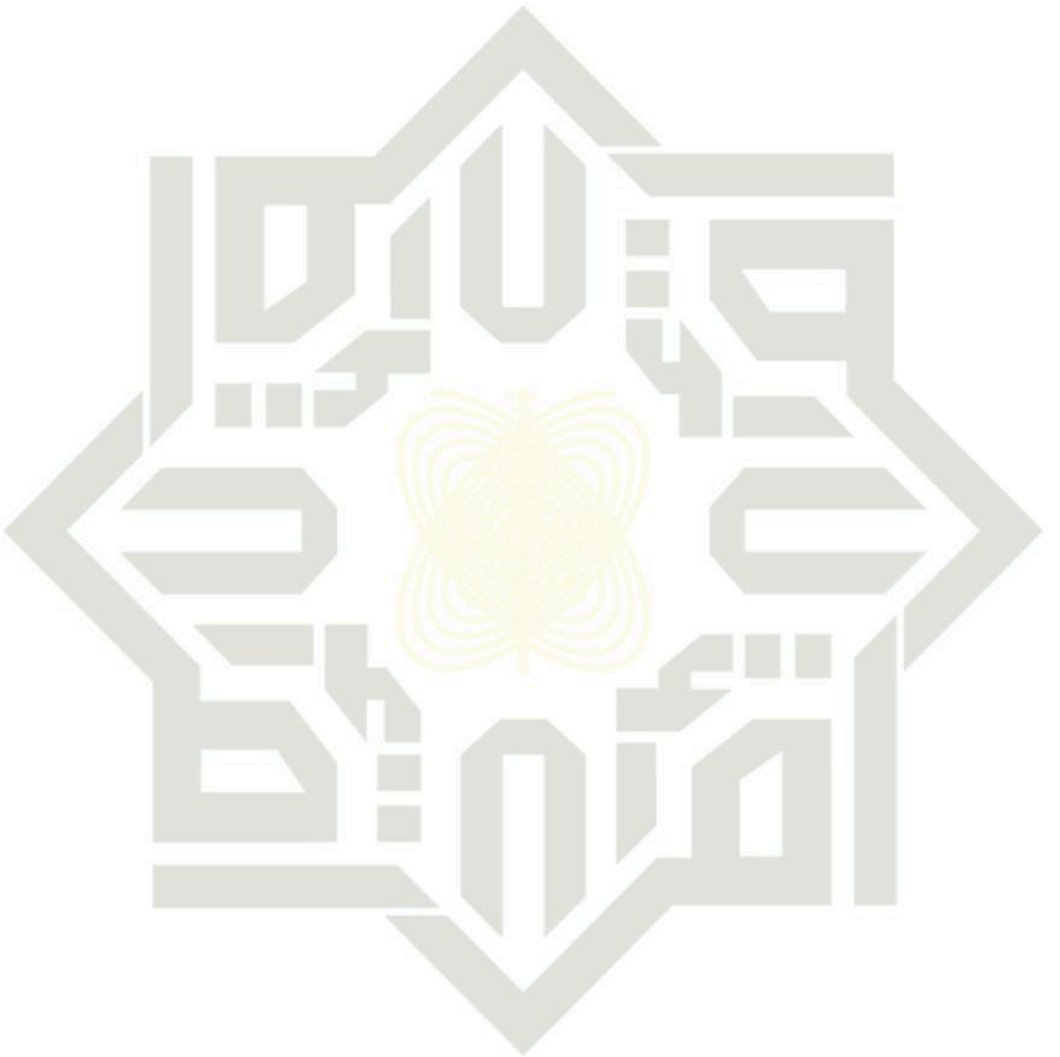
Tampilan Tentang Aplikasi .....	IV-58
Tampilan Kamera AR.....	IV-59
Tampilan marker terdeteksi <i>camera</i> AR .....	IV-60
Tampilan menu informasi PLTS .....	IV-60

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim I

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

## DAFTAR TABEL

		Halaman
1	Distribusi Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Kampar atas dasar harga berlaku menurut lapangan usaha tahun 2013-2016 (dalam persen) .....	II-7
2.2	Data Klimatologi Kabupaten Kampar Tahun 2016.....	II-8
2.3	Jumlah dan kepadatan penduduk Kecamatan Kampar Kiri Hulu tahun 2016	II-9
2.4	Rata-rata jumlah penduduk per rumah tangga Kecamatan Kampar Kiri Hulu Tahun 2016.....	II-10
2.5	Simbol-simbol <i>Use Case Diagram</i> .....	II-53
2.6	Simbol <i>Activity Diagram</i> .....	II-54
3.1	Data Primer yang Dibutuhkan dan Sumber Data .....	III-5
3.2	Data Sekunder yang Dibutuhkan dan Sumber Data.....	III-5
3.3	Profil Beban Listrik Saat Ini.....	III-10
3.4	Total Beban Saat Ini .....	III-11
3.5	Profil Beban Listrik 24 Jam.....	III-11
3.6	Total Beban Listrik 24 Jam .....	III-12
4.1	Rata-rata Beban Listrik Harian Rumah Tangga .....	IV-1
4.2	Total Beban Saat Ini .....	IV-2
4.3	Beban Puncak Harian di Desa Tanjung Beringin.....	IV-5
4.4	Rata-rata Beban Listrik Harian Rumah Tangga (24 jam).....	IV-7
4.5	Total Beban 24 Jam .....	IV-7
4.6	Beban Puncak Harian di Desa Tanjung Beringin (24 jam) .....	IV-8
4.7	<i>Design Load Energy</i> umum PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-10
4.8	Spesifikasi umum PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-11
4.9	Spesifikasi Modul Surya Canadian Solar .....	IV-12
4.10	Hasil Perancangan dan Pemilihan Modul Surya .....	IV-15
4.11	Spesifikasi Trojan Battery Company.....	IV-17
4.12	Hasil Perancangan Dan Pemilihan Baterai.....	IV-19

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim I

4.13	Spesifikasi SCC LEONICS® .....	IV-21
4.14	Hasil Perancangan dan Pemilihan <i>Solar charger controller</i> (SCC).....	IV-22
4.15	Spesifikasi Inverter LEONICS®.....	IV-23
4.16	Hasil Perancangan Komponen Utama PLTS .....	IV-24
4.17	Hasil Perancangan dan pemilihan Kabel.....	IV-27
4.18	Hasil Perancangan dan pemilihan Sistem Proteksi Panel Box.....	IV-28
4.19	Hasil Perancangan <i>Mounting System</i> .....	IV-32
4.20	Hasil Perancangan dan Pemilihan Penangkal Petir.....	IV-33
4.21	<i>Losses</i> perancangan PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> di Desa Tanjung Beringin.....	IV-35
4.22	Biaya Investasi Awal PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	IV-39
4.23	<i>Life Cycle Cost</i> Pada PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> di Desa Tanjung Beringin.....	IV-41

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR RUMUS

		Halaman
1	<i>Design load energy</i> .....	II-36
2	<i>Design load energy</i> setiap PV Array ( $E_{tot}$ ) .....	II-38
3	<i>Design load</i> (Ah) .....	II-38
4	<i>Required array output</i> .....	II-38
2.5	<i>Daily charge output per module</i> .....	II-39
2.6	<i>Number of parallel strings required</i> ( $N_p$ ) .....	II-39
2.7	<i>Number of series modules per string</i> ( $N_s$ ) .....	II-39
2.8	<i>Total number of modules in array</i> ( $N$ ).....	II-39
2.9	Kapasitas setiap PV Array ( $P_{PV\ Array}$ ).....	II-40
2.10	Kapasitas total PV array ( $P_{PV\ array}$ ) .....	II-40
2.11	Kapasitas baterai yang diperlukan.....	II-41
2.12	Jumlah baterai di hubung seri.....	II-41
2.13	Jumlah baterai yang di hubung paralel.....	II-41
2.14	Total jumlah baterai.....	II-41
2.15	<i>Capacity of battery bank at nominal discharge rate</i> .....	II-42
2.16	<i>Day of autonomy for selected battery</i> .....	II-42
2.17	<i>Nominal daily DoD</i> .....	II-42
2.18	<i>x h rate capacity of battery bank</i> .....	II-42
2.19	<i>Max charge voltage at typical</i> ( $V_{bc}$ ).....	II-43
2.20	<i>Battery charge max apparent power</i> ( $S_{bc}$ ).....	II-43
2.21	kapasitas inverter.....	II-43
2.22	Kabel DC antara modul surya .....	II-44
2.23	Kabel modul surya ke <i>Junction Box</i> , <i>Junction Box</i> ke SCC, dan SCC ke Panel Busbar DC .....	II-44
2.24	Kabel baterai kepanel baterai dan kabel Busbar DC ke Inverter .....	II-44
2.25	Kabel inverter ke Panel Distribusi.....	II-44
2.26	Produksi energi.....	II-45

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim I



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

27	Rasio Peforma .....	II-46
28	Faktor kapasitas .....	II-46
29	Biaya investasi penggunaan lahan.....	II-47
30	Biaya O&M PLTS Terpusat <i>Off-Grid System</i> .....	II-47
31	Biaya Siklus Hidup ( <i>Life Cycle Cost</i> ) .....	II-47
32	Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.....	II-48
2.33	Biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian yang harus dikeluarkan selama umur proyek .....	II-48
2.34	Faktor diskonto.....	II-49
2.35	Biaya energi.....	II-49
2.36	Menghitung emisi CO <sub>2</sub> .....	II-49



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kebutuhan listrik merupakan kebutuhan primer manusia disetiap daerah saat ini. Setiap kegiatan manusia disetiap daerah saat ini sangat bergantung pada adanya listrik, dan bersarnya listrik yang diperlukan terus bertambah sejalan dengan perkembangan teknologi dan pertambahan jumlah penduduk. Menurut Ditjen Ketenagalistrikan Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2016) rasio elektrifikasi Indonesia sudah mencapai 91,16%, serta kapasitas listrik terpasang 58.541 MW dengan konsumsi energi listrik di Indonesia sebesar 95% bersumber dari energi fosil dengan rincian 47% merupakan minyak bumi, 24% gas bumi, dan 24% batubara. Sedangkan pemanfaatan Energi Baru Terbaruan (EBT) baru mencapai sekitar 5%.

Dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik pasal 1 disebutkan bahwa Sumber Energi Terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Potensi EBT di Indonesia begitu besar yaitu mencapai 801,2 Giga Watt (GW), namun sampai tahun 2016 pemanfaatan EBT baru mencapai 1% atau sekitar 8,66 GW (ESDM, 2016)

Indonesia yang berada digaris khatulistiwa memiliki potensi ETB dari sinar matahari yang cukup besar. Potensi tenaga surya di Indonesia sebesar 532,6 Giga Watt peak (GWp) atau  $4,8 \text{ kWh/m}^2$  namun baru dimanfaatkan 0,08 GWp saja. Salah satu penyebab kurangnya pemanfaatan energi surya ini dikarenakan investasi awal yang cukup tinggi. Oleh sebab itu Pemerintah melalui Kementerian ESDM membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 di beberapa Provinsi di Indonesia yang pendanaannya diambil dari APBN. Salah satu Provinsi yang mendapat jatah pembangunan PLTS adalah Provinsi Riau.

Provinsi Riau memiliki 12 kabupaten/ kota yang terdiri dari Kota Pekanbaru, Kota Dumai, Kab. Kampar, Kab. Siak, Kab. Kuantan Singingi, Kab. Indragiri Hilir, Kab. Indragiri Hulu, Kab. Rokan hilir, Kab. Rokan Hulu, Kab. Pelalawan, Kab. Bengkalis, dan Kab. Meranti yang di dalamnya terdiri dari 166 Kecamatan dan 1.846 Desa/ Kelurahan (BPS, 2015). Di seluruh Provinsi Riau terdapat 1 unit pembangkit listrik PLTA, 65 unit pembangkit listrik PLTD dan 6 unit pembangkit listrik PLTG dengan kapasitas listrik yang dihasilkan sebesar 4 Kva/Kwh pada PLTA, 94,6 Kva/Kwh pada PLTD dan 131,2 Kva/Kwh pada PLTG (Dinas ESDM, 2016). Rasio elektrifikasi Provinsi Riau baru mencapai 86% dan sekitar 200 desa belum teraliri listrik PT. PLN, hal ini disebabkan oleh luasnya Provinsi Riau dan pola permukiman yang menyebar. Selain itu kondisi geografi Provinsi Riau yang bermacam-macam juga menjadi faktor banyaknya desa yang belum teraliri listrik. Diantara desa-desa yang belum mendapatkan akses listrik PT.PLN (Persero) adalah desa-desa dari Kabupaten Kampar (Dinas ESDM Prov Riau (2018).

Kondisi geografis wilayah Kabupaten Kampar sebagian merupakan wilayah perbukitan dengan pola pemukiman menyebar menyebabkan penyediaan listrik dan energi konvensional sulit, mahal dan kontinuitasnya tidak terjamin. Hal ini berdampak pada masih banyaknya masyarakat daerah terpencil di Kabupaten Kampar yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Desa yang belum tersentuh jaringan listrik di Kabupaten Kampar pada umumnya terjadi di daerah yang lokasinya jauh dari jaringan tegangan tinggi menengah listrik milik PT.PLN (Persero), termasuk desa terpencil, dan akses transportasi ke desa tersebut sangat sulit. Pemanfaatan potensi energi baru dan terbarukan secara lokal merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi keterbatasan jangkauan jaringan listrik PLN. Upaya ini sangat didukung pemerintah melalui Peraturan Presiden (PerPres) RI nomor 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Diamanatkan dalam PerPres tersebut bahwa peranan Energi Baru dan Terbarukan, khususnya biomassa, nuklir, tenaga air, tenaga surya, tenaga panas bumi dan tenaga angin harus menjadi lebih dari 5% dari total konsumsi energi nasional pada tahun 2025. Pemanfaatan energi surya di Indonesia adalah sangat potensial karena Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat melimpah dengan intensitas harian rata-rata 4,8 kWh / m<sup>2</sup> / hari. Demikian pula di Kabupaten Kampar dimana daerah ini dekat dengan garis katulistiwa. Namun akibat kondisi geografis, luas wilayah dan akses transportasi yang kurang memadai membuat beberapa desa di Kabupaten Kampar belum tersentuh jaringan listrik dari PT. PLN

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

(Persero) seperti desa yang berada di Kecamatan Kampar Kiri Hulu (Dinas ESDM Prov Riau 2018). Kecamatan Kampar Kiri Hulu memiliki luas 1.301,25 KM<sup>2</sup> berada disebelah barat berbatasan Kabupaten Kampar, berbatasan langsung dengan Propinsi Sumatra Barat dan terdiri dari dua puluh empat desa ( BPS Kab. Kampar, 2017). Pada saat ini kecamatan Kampar Kiri Hulu memiliki 8 desa yang belum dialiri listrik PT. PLN (Persero) atau pembangkit listrik lainnya diantaranya adalah desa Muara Bio, Batu Sanggan, Tanjung Beringin, Gajah Bertalut, Aur Kuning, Terusan, Subayang Jaya, Pangkalan Serai. Diantara desa tersebut dipilih desa Tanjung Beringin sebagai lokasi dalam penelitian ini. Pemilihan desa ini sebagai lokasi penelitian dikarenakan desa tersebut memiliki jumlah rumah tangga yang paling banyak belum menikmati listrik diantara 8 desa tersebut (Dinas ESDM Prov. Riau, 2018). Selain itu akses menuju desa tersebut sulit dikarenakan tidak adanya akses melalui jalur darat menuju desa itu, sehingga untuk menuju desa tersebut harus melalui jalur sungai dengan menaiki perahu (robin). Selain itu tersedianya lahan untuk membangun PLTS, dimana lahan tersebut akan dihibahkan untuk membangun PLTS. Desa ini memiliki 4 dusun yang terdiri dari 50 rumah didusun 1, 50 rumah didusun 2, 30 rumah didusun 3, dan 50 rumah didusun 4 sehingga total ada 180 rumah dan 187 KK. Sehubungan di Desa Tanjung Beringin sampai saat ini belum terlayani listrik dari PLN, selama ini untuk memenuhi kebutuhan listriknya, penduduk setempat menggunakan genset. Genset tersebut ada yang dioperasikan dan dibiayai secara pribadi ada pula yang dioperasikan secara bersama-sama dengan tetangga di sekitarnya. Biaya operasional genset yang dikelola secara pribadi berkisar antara Rp. 600.000 sampai Rp. 750.000/bulan dengan jam operasi antara pukul 18.00 WIB sampai 22.00 WIB. Harga bensin di Desa Tanjung Beringin Rp. 9.000/liter. Adapun bagi warga yang listrik rumahnya bersumber dari genset tetangga mengeluarkan biaya iuran listrik sebesar Rp. 35.000 per-titik lampu TL dengan daya 10 watt. Sedangkan penghasilan rata-rata hanya 2 juta – 2.5 juta perbulan (harga karet pada tahun 2013 Rp 12000/kg) dengan mata pencaharian sebagai menyadap karet, sedangkan harga karet saat ini berkisar Rp 5000 – Rp 10000/kg sehingga penghasilan rata-rata saat ini hanya berkisar 1 juta.

Berdasarkan letak geografis Desa Tanjung Beringin sulit mendapatkan akses listrik PT.PLN (Persero) dalam waktu dekat karena jauhnya akses jaringan listrik dan semua sumber pembangkit listrik yang ada di Kabupaten Kampar. Dari hasil survei lokasi yang telah

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Halalkan bahwa Desa Tanjung Beringin berada di dekat perbatasan antara kabupaten Kampar dan Provinsi Sumatra Barat. Jarak paling dekat antara desa ini dengan jaringan distribusi T.PLN (Persero) yaitu 19 Kilo Meter (KM) yang berada di Desa Gema, ibukota Kecamatan Ampar Kiri Hulu. Selain itu desa tersebut dikelilingi perbukitan dan hutan yang lebat, sarana transportasi seperti jalan juga tidak ada, kecuali menaiki perahu untuk mencapai desa tersebut. Selain itu dari wawancara dengan pak Agung Arisdiyanto, ST yang saat ini menjabat sebagai ASI Pembinaan Pengusahaan Jasa Penunjang Ketenagalistrikan di Dinas ESDM Provinsi Riau (pernah menjabat dibagian Energi Baru Terbarukan) dijelaskan bahwa dalam waktu dekat tidak memungkinkan listrik PLN masuk ke desa Tanjung Beringin. Alasannya adalah karna kondisi geografis desa tersebut dan jumlah penduduk yang sedikit, sehingga sulit untuk masuknya listrik PLN dalam waktu dekat. Solusi terbaik untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan mengoptimalkan sumber-sumber energi lokal yang dimiliki Desa Tanjung Beringin. Sumber energi lokal tersebut adalah energi air dan matahari, dimana dipilih menggunakan energi matahari dengan beberapa alasan. Penggunaan energi air dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sebagai sumber energi tidak layak dikarnakan sungai subayang merupakan jalur transportasi satu-satunya masyarakat dari hulu sungai subayang menuju hilir sungai. Selain itu sungai subayang merupakan tempat tangkapan ikan dimana memiliki wilayah yang dinamakan Lubuk Larangan. Dari studi pendahuluan diketahui bahwa sungai tersebut landai sehingga perlu dibendung untuk mendapatkan ketinggian tertentu agar dapat memutar turbin. Tindakan membendung sungai dapat berdampak pada lingkungan, ekonomi dan sosial masyarakat di sepanjang sungai subayang. Oleh sebab itu dipilih energi matahari sebagai sumber energi dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat *Off-Grid System* didesa tersebut untuk memberikan listrik bagi desa tersebut, selain itu juga untuk membantu perekonomian warga desa tersebut.

Pemilihan PLTS Terpusat *Off-Grid System* sangat cocok di Desa Tanjung Beringin dikarnakan tidak adanya sumber listrik dari PLN sehingga dibutuhkan media penyimpanan baterai sebagai penyimpan energi pada saat tidak adanya cahaya matahari. Pemanfaatan PLTS hanya Dusun 1 dan dusun 2 yang dapat mengimplementasikanya, karena letak daerah dan tata letak susunan rumah warga yang berdekatan dan berkelompok sangat sesuai dengan syarat rencana pembangunan PLTS Terpusat *Off-Grid System* oleh karena itu desa ini termaksud desa yang diprioritaskan (ESDM, 2015). Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa desa

Desa Tanjung Beringin memenuhi kriteria pembangunan PLTS terpusat sesuai dengan Peraturan Pemerintah tentang ESDM No. 10 tahun 2015.

Setelah dilakukan wawancara dengan beberapa masyarakat (terlampir dalam Lampiran 1) disimpulkan bahwa masyarakat desa Tanjung Beringin mendukung dibangunnya PLTS di desa mereka. Namun, dari hasil wawancara diketahui bahwa ada sebagian masyarakat yang belum/sedikit mengetahui tentang PLTS, bahkan ada yang takut dan khawatir dengan alasan yang beragam. Penyebab masalah tersebut beragam mulai dari minimnya informasi yang bisa diakses hingga tingkat pendidikan di desa tersebut. Dari masalah tersebut dicarilah solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut, yaitu memanfaatkan suatu teknologi 3D sebagai media pembelajaran dan pengenalan tentang PLTS. Salah satu teknologi 3D tersebut adalah *Augmented Reality* (AR).

*Augmented Reality* (AR) yaitu realita yang ditambahkan ke suatu media. Media ini dapat berupa kertas, sebuah *marker* atau penanda melalui perangkat – perangkat *input* tertentu. Teknologi ini tidak sepenuhnya menggantikan sebuah realitas, tapi menambahkan (*augment*) sebuah atau beberapa benda – benda maya dalam bentuk 2 atau 3 dimensi ke dalam lingkungan nyata 3 dimensi dan ditampilkan secara *real – time* atau waktu yang sebenarnya. Pemilihan menggunakan *Augmented Reality* (AR) adalah karna penggunaannya yang mudah dan tidak memerlukan biaya dalam menggunakannya. Selain itu, hanya diperlukan sebuah *smartphone* dan selembar kertas (*marker*) dalam menggunakannya tanpa jaringan internet.

Berdasarkan penjabaran berbagai permasalahan dan solusi diatas bahwa untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi listrik yang bersumber dari energi terbarukan untuk desa terpencil, jauh dari jaringan listrik milik PT.PLN (Persero) dan memiliki akses transportasi yang sangat sulit sehingga perlu dilakukan sebuah penelitian untuk perencanaan merealisasikan sebuah PLTS berdasarkan potensi yang tersedia. Oleh karena itu penulis tertarik melakukan sebuah penelitian yang berjudul “**Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System (Studi Kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau)**”.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Rumusan Masalah

Adapun rumusan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang PLTS Terpusat *Off-Grid System* berdasarkan besar potensi energi surya yang tersedia dan dapat memenuhi beban listrik Dusun 1 dan 2, Desa Tanjung Beringin ?
2. Berapa besar biaya produksi energi listrik dari PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang dirancang beserta biaya yang dibutuhkan pembangkit selama umur proyek (20 tahun) ?
3. Berapa besar pengurangan emisi dengan adanya PLTS Terpusat *Off-Grid System* di Dusun 1 dan 2, Desa Tanjung Beringin ?
4. Bagaimana menghasilkan *layout* PLTS dalam bentuk tiga dimensi (3D)

## Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain ialah:

1. Menghasilkan rancangan PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang memenuhi beban listrik Dusun 1 dan dusun 2, Desa Tanjung Beringin.
2. Menganalisis besar biaya produksi energi listrik dari sistem PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang dirancang beserta biaya yang dibutuhkan pembangkit selama umur proyek (20 tahun) .
3. Menganalisis besar pengurangan emisi dengan adanya PLTS Terpusat *Off-Grid System* di Dusun 1 dan 2, Desa Tanjung Beringin.
4. Menghasilkan *layout* perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid system* dalam bentuk Tiga Dimensi (3D).

## Batasan Penelitian

Beberapa batasan yang menjadi ruang lingkup dalam penelitian ini ialah:

1. Penelitian ini khusus membahas Dusun 1 dan dusun 2 di Desa Tanjung Beringin Kecamatan Kampar Kiri Hulu Kabupaten Kampar.
2. Penelitian ini merancang PLTS Terpusat *Off-Grid System* dengan perhitungan teoritis sesuaikan dengan *Australian/New Zealand Standard TM AS/NZS 4509.2:2010* tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design*.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Aspek Teknis pada penelitian ini meliputi *losses*, produksi energy listrik, rasio peforma dan faktor kapasitas.

Aspek ekonomi pada penelitian ini meliputi yaitu biaya investasi komponen, biaya investasi penggantian komponen, biaya investasi lahan, biaya O&M, biaya siklus hidup atau *Life Cycle Cost* (LCC), biaya produksi energi PLTS atau *Cost of Energy* (COE).

Aspek emisi pada penelitian ini yaitu menghitung pengurangan emisi setelah mengganti bahan bakar fosil.

Mengimplementasikan PLTS kedalam bentuk tiga dimensi (3D) menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dengan adanya penelitian ini ialah:

1. Dapat digunakan sebagai acuan dalam membangun PLTS Terpusat *Off-Grid System* maupun sebagai acuan untuk penelitian lanjutan
  2. Meningkatkan pemanfaatan EBT sebagai upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil atau konvensional.
  3. Meningkatkan pembangunan EBT di daerah terpencil yang jauh dari jaringan listrik PT.PLN (Persero).
- Membantu Pemerintah dalam merancang PLTS untuk mempermudah pembangunan PLTS disuatu daerah.
- Meningkatkan pemanfaatan teknologi dalam memperkenalkan PLTS kepada masyarakat setempat.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### Penelitian Terkait

Penelitian Tugas akhir ini didapat dari studi literatur yang didapat bersumber dari penelitian terdahulu tentang pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber listrik yang telah dilakukan oleh beberapa pihak.

Marcellino (2017) pada penelitian yang berjudul Perancangan PLTS terpusat *Off-Grid System* untuk pedesaan terpencil (studi kasus: desa kasang padang, Kabupaten Rokan Hulu, Riau). Dari hasil penelitian, perancangan PLTS terpusat *Off-Grid System* menggunakan standar AS/NZS 4509.2:2010 menghasilkan total kapasitas 75,6 kWp terdiri dari 252 modul surya berkapasitas 300 Wp/modul, 3 unit *Solar Charger Controller* (SCC) berkapasitas 28,9 kWp/unit, 1 unit inverter 90 Kw, dan 360 unit baterai berkapasitas 1520 ah dengan tegangan 2V. Menghasilkan *losses* sebesar 15 %, rasio performa 85 %, dan faktor kapasitas sebesar 16,43 %. COE PLTS terpusat *Off-Grid System* Rp. 4903/kWh, LCC dengan suku bunga 8% sebesar Rp. 5.502.297.84 selama 20 tahun. Pengurangan emisi gas CO<sub>2</sub> selama setahun yaitu 84,67 ton CO<sub>2</sub>.

Ratna (2017) pada penelitian yang berjudul Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Komunal Sistem Off-Grid Di Pegadungan Kabupaten Lombok Utara. Hasil penelitian didapatkan pemakaian total energi Dusun Pegadungan sebesar 60.830 kWh. Diterapkan sistem PLTS komunal (terpusat) sistem off-grid. Berdasarkan perencanaan daya PLTS sebesar 25.623,08 Wp yang dihasilkan dari panel surya sebanyak 135 buah (200 Wp/ unit). Lahan yang dibutuhkan untuk pemasangan panel surya seluas 188,41 m<sup>2</sup>. Komponen yang digunakan Solar Charger Controller berkapasitas 180 A, baterai kapasitas total 48 V, 6.486,95 Ah dan inverter kapasitas total 45 kW. Perencanaan jaringan distribusi dibagi menjadi 3 grup dengan daya total grup I 21.050 W, grup II dan III sebesar 21.550 W. Arus nominal 32,746 A, kabel jenis NFA2X luas penampang 3 x 50 + 35 mm<sup>2</sup>. Drop tegangan yang dihasilkan masih berada pada kriteria PLN (-10% s/d +5%) yaitu 6,612 V dengan rugi daya 1.948,61 W.

Hafid (2017) pada penelitian yang berjudul Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Balang Lompo. Kebutuhan beban dipulau balang lompo adalah 617,6 KWh yang beroperasi selama 8 jam. Sedangkan total energi yang disyaratkan sebesar 710,24KWh. Modul



Surya dipasang seri-paralel dimana pada tiap kombiner terdapat 216 modul surya. Besar kapasitas daya modul surya adalah 120,1945 KWp, kapasitas baterai 2466,1 Ah, BCR lebih besar dari 214,4 A inverter 500A 100KW.

Ruskardi (2015) pada penelitian yang berjudul Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS Off Grid system sebagai Sumber Energi Alternatif (studi kasus: dusun sedayu desa pulau limbung Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Kubu Raya). Daya rata-rata harian yang dibangkitkan oleh PLTS sebesar 337,96 watt selama 10 jam dan energi rata-rata harian sebesar 3,3796 KWh. Dari analisa teknis, spesifikasi komponen yang digunakan pada *off-grid solar system* cukup mampu menangani beban sebesar 276 watt. Berdasarkan analisa ekonomis harga per unit energi off-grid solar sistem di Dusun Dedayu Desa Pulau Limbung Kec. Sungai Raya Kab. Kubu Raya sebesar Rp. 13.294,46 / KWh. Periode pengembalian investasi (payback period) dari energi off-grid solar system di Dusun Sedayu Desa Pulau Limbung Kec. Sungai Raya Kab. Kubu Raya selama 4,01 tahun. Besar investasi awal sebesar Rp. 52.075.000,- dengan tingkat bunga 10 %. Analisis Internal Rate Of Return (IRR) dari off-grid solar system adalah sebagai berikut : a. IRR dengan harga energi Rp.415,- (TDL. PLN) lebih kecil dari MARR sehingga proyek ini dinyatakan tidak layak. b. IRR dengan harga energi Rp. 13.294,46,- (harga per unit energi) lebih besar dari MARR sehingga proyek ini dinyatakan layak untuk dikerjakan.

Ardiansyah (2014) pada penelitian yang berjudul Analisa dan Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (studi kasus desa Somagede). Dari hasil pembahasan dengan menggunakan metode pendekatan Perencanaan, Desain dan Analisa Kebutuhan didapat bahwa untuk memenuhi kebutuhan listrik di desa kanding dengan jumlah 30 unit rumah dan penerangan umum dibutuhkan listrik 13,5 KW per jam. Untuk memenuhi kebutuhan itu maka diperlukan 207 panel surya, 216 baterai, 6 buah charge controller dengan kapasitas 300 Amper dan 3 Buah inverter dengan kapasitas 15 Kw. Untuk kebutuhna tersebut diatas maka dibutuhkan anggaran biaya 2,266,110,000.00 ( Dua Milyar Dua Ratus Enam Puluh Enam Juta Seratus Sepuluh Ribu Rupiah ).

Ariani (2014) pada penelitian yang berjudul Analisis Kapasitas dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara. Pada penelitian ini menggunakan data beban di Desa Kaliwungu untuk menentukan kapasitas sistem PLTS (photovoltaic array, baterai, charge controller, dan inverter), potensi pengurangan

emisi karbondioksida, perhitungan biaya dan analisis ekonomi. Analisis ekonomi digunakan untuk mengevaluasi keberlangsungan pengoperasian PLTS. Analisis menggunakan beberapa metode, yaitu NPW (Net Present Worth), ACF (Annual Cash Flow analysis), B-CR (Benefit–Cost Ratio analysis), FW (Future Worth analysis), dan PP (Payback Period). Perhitungan menggunakan software MATLAB 2008a. Hasil penelitian menunjukkan untuk memenuhi beban harian sebesar 8,922 kWh dapat disuplai dari sistem PLTS dengan kapasitas photovoltaic array sebesar 2,85 kWp, baterai sebesar 464,678 Ah, charge controller sebesar 60 A, dan inverter sebesar 3500 W. Untuk potensi pengurangan emisi karbondioksida sebesar 3,640 ton CO<sub>2</sub>. Nilai NPW sebesar Rp 266.351.000,00, ACF sebesar Rp -23.894.600,00, FW sebesar Rp 714.063.000,00, B-CR sebesar 0,38505, dan PP selama 29 tahun.

Gustriansyah (2013) pada penelitian yang berjudul Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Di Talang Dabuk Kabupaten Banyuasin. Penelitian yang dilaksanakan di Talang Dabuk dan BMKG Kenten Palembang ini dilakukan dengan menghitung total daya listrik yang digunakan warga dan mengetahui intensitas radiasi matahari di Kabupaten Banyuasin. Talang Dabuk memiliki profil energi listrik total sebesar 203,52 kWh. Sistem PLTS yang direncanakan untuk mensuplai energi listrik warga mulai pukul 18.00-06.00 WIB, dengan sistem PLTS terpusat. Berdasarkan hasil perhitungan besar daya PLTS yang akan dibangkitkan untuk mensuplai energi listrik yang direncanakan adalah 149 kWp, yang dihasilkan dari panel surya sebanyak 450 panel dengan kapasitas panel surya per-unitnya sebesar 330 Wp. Lahan yang dibutuhkan untuk pemasangan rangkaian panel tersebut seluas 733,4054 m<sup>2</sup>. Pemasangan panel surya di Talang Dabuk diorientasikan ke Utara dengan sudut kemiringan 12,84 derajat. Energi yang dihasilkan oleh rangkaian panel surya saat intensitas radiasi matahari terendah adalah sebesar 228,957 kWh. Selain itu komponen lain seperti Baterai Charge Controller direncanakan sebesar 3000 A, baterai dengan kapasitas total sebesar 48 Volt, 5600 Ah dan inverter dengan kapasitas total sebesar 150 kW.

Penelitian yang dilakukan oleh Effendi (2012) yang berjudul Pembangkit Listrik Sel Surya Pada Daerah Pedesaan. Penelitian ini merencanakan pembangkit listrik tenaga surya untuk daerah pedesaan dengan kapasitas daya yang diinginkan 1000 Watt, tegangan 24 Volt, maka hasil perhitungan untuk modul yang dipasang secara seri sebanyak 43 buah dan paralel

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

buah. Jumlah sel surya yang digunakan sebanyak 510 buah dengan kapasitas 1,96 Wp, 2 unit baterai dengan kapasitas 100 Ah.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dijelaskan diatas terdapat beberapa kekurangan dan kelebihan. Pada penelitian ini penulis lebih berpedoman pada penelitian yang dilakukan oleh Marcellino (2017) dengan menambahkan beberapa kelebihan yang tidak ada pada penelitian tersebut seperti menghasilkan *Layout* PLTS terpusat *Off-Grid System* dalam bentuk Tiga Dimensi (3D) menggunakan Teknologi *Augmented Reality* (AR). Oleh karena itu penelitian tersebut akan dijadikan penulis sebagai referensi dalam menyelesaikan permasalahan yang ada pada lokasi penelitian. Selain itu untuk mengatasi kekurangan dan kelebihan dari beberapa penelitian maka pada perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid System* dalam penelitian ini akan menggunakan *Australian/New Zealand Standard* TM AS/NZS 4509.2:2010 tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design* agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Sedangkan untuk analisis ekonomi pada penelitian ini meliputi biaya investasi, biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) dan biaya siklus hidup (LCC), sehingga dapat diperoleh tujuan utama dari penelitian ini yaitu tercapainya nilai perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang meliputi aspek teknis dan aspek ekonomi. Penulis juga membahas dampak pengurangan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam memsubtitusikan pembangkit konvensional. Selain itu penulis akan menghasilkan rancangan PLTS dalam bentuk dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D).

## 2.2 Profil Kabupaten Kampar

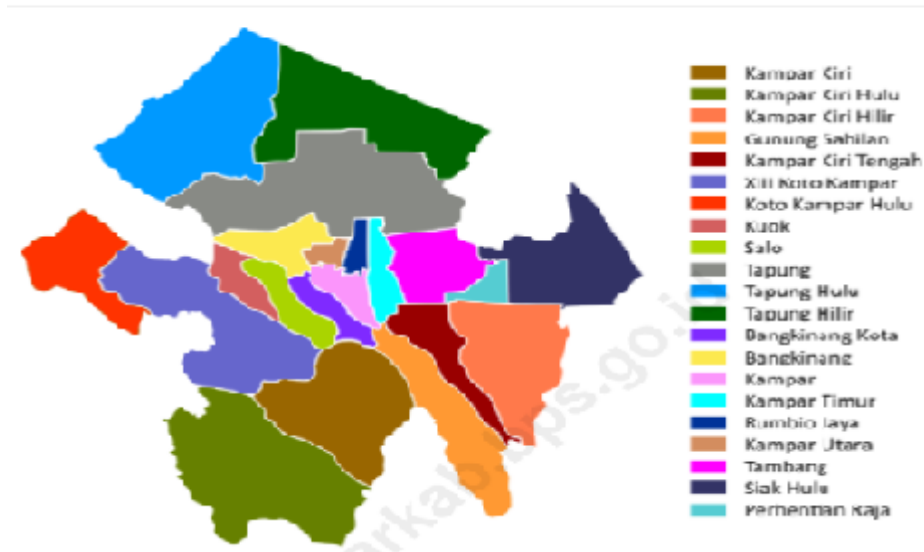
Provinsi Riau memiliki dua kota madya yaitu Pekanbaru dan Dumai serta 10 kabupaten yaitu Kabupaten Rokan Hilir, Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Bengkalis, Kabupaten Siak, Kabupaten kampar, Kabupaten Pelalawan, Kabupaten Kuantan Singingi, Kabupaten Indragiri Hilir, Kabupaten Indragiri Hulu, dan Kepulauan Meranti. Kabupaten Kampar terletak di bagian barat daya Provinsi Riau yang berbatasan dengan Kota Pekanbaru dan Kabupaten Siak disebelah utara, Kabupaten Kuantan Singingi disebelah selatan, Kabupaten Rokan Hulu dan Provinsi Sumatera Barat disebelah barat, dan Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Siak disebelah timur (BPS Kab. Kampar, 2017).

Kabupaten Kampar memiliki 21 kecamatan, yaitu Kecamatan Kampar Kiri, Kampar Kiri Hilir, Gunung Sahilan, Kampar Kiri Tengah, XIII Koto Kampar, Koto

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kampar Hulu, Kuok, Salo, Tapung, Tapung Hulu, Tapung Hilir, Bangkinang Kota, Bangkinang, Kampar, Kampar Timur, Rumbio Jaya, Kampar Utara, Tambang, Siak Hulu, dan Pemerintahan Raja (BPS Kab. Kampar, 2017). Dari 21 kecamatan tersebut, Kecamatan Kampar Hilir merupakan Kecamatan yang paling jauh dari pusat pemerintahan Kabupaten Kampar (Bangkinang – Gema berjarak 140 km) (BPS Kab. Kampar, 2017). Ibukota Kabupaten Kampar adalah Bangkinang, berada antara 1° 00' 40" LU - 0° 27' 00" LS dan 100° 05' 30" - 101° 14' 30" BT serta Kabupaten Kampar dilalui oleh dua sungai besar yaitu sungai Kampar (± 413,5 km) dan sungai Siak (± 90 km) yang mana kedua sungai ini berfungsi sebagai sarana perhubungan, sumber air bersih, budidaya ikan dan sebagai sumber pembangkit energi (BPS Kab. Kampar, 2017).

Peta Wilayah Kabupaten Kampar  
Map of Kampar Regency



Gambar 2.1 Peta wilayah Kabupaten Kampar  
(Sumber: BPS Kab. Kampar, 2017)

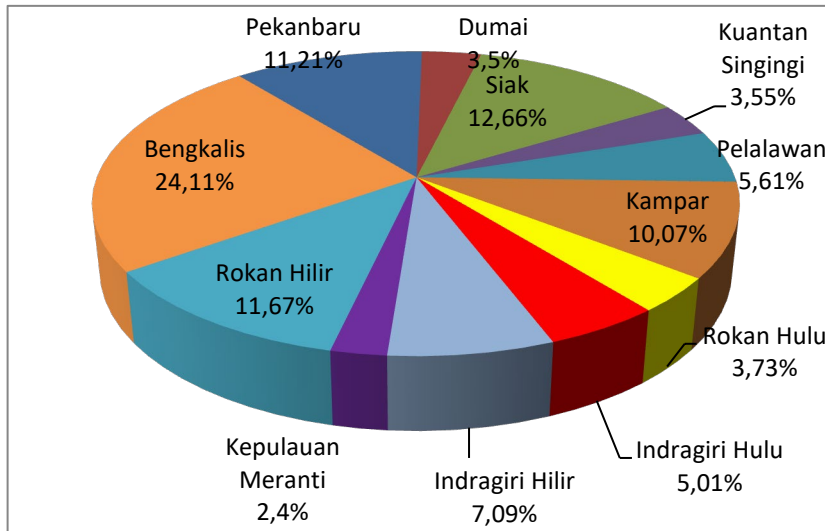
**2.2.1 Ekonomi**

Penyumbang Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) terbesar di tahun 2015 dari 12 kabupaten/kota di Provinsi Riau adalah dari Kabupaten Bengkalis sebesar 24,11%. Sedangkan untuk Kabupaten Kampar menyumbang sebesar 10,07 % terhadap perekonomian Provinsi Riau, hal ini ditunjukkan oleh diagram pada Gambar 2.2.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.2 Diagram PDRB Kabupaten/Kota di Riau  
(Sumber: BPS Kabupaten Kampar, 2015)

Struktur perekonomian masyarakat Kabupaten Kampar didominasi oleh 3 kontribusi terbesar, yaitu sektor pertambangan dan penggalian (36,94%), sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan (26,16%), dan sektor industri pengolahan (22,35%). Hal ini terlihat dari besarnya kontribusi masing-masing kategori ini terhadap pembentukan PDRB Kabupaten Kampar jika dibandingkan dengan 13 kategori lainnya, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Total PDRB pada tahun 2016 sebesar Rp. 69.674.659.200 dengan migas, sumbangan terbesar dihasilkan oleh kategori pertambangan dan penggalian yaitu sebesar Rp. 25.737.541.300. Sementara untuk pengadaan listrik dan gas hanya menyumbang 0,05% atau Rp. 34.442.100, hal ini ditampilkan pada Tabel 2.1 (BPS Kabupaten Kampar, 2015).

Tabel 2.1 Distribusi Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Kampar atas dasar lapangan usaha berlaku menurut lapangan usaha tahun 2013-2016 (dalam persen)

Lapangan Usaha/Industri	2013	2014	2015	2016
Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan	22,17	22,30	24,89	26,16
Pertambangan dan Penggalian	45,56	45,86	39,22	36,94
Industri Pengolahan	20,36	19,65	21,98	22,35
Pengadaan Listrik dan Gas	0,03	0,03	0,04	0,05
Pengadaan Air, Pengolahan Sampah, Limbah dan Daur ulang	0,01	0,01	0,01	0,01
Konstruksi	5,48	5,58	6,50	6,88
Perdagangan Besar dan Eceran; Reparansi Mobil dan Sepeda Motor	2,52	2,79	3,12	3,27
Transportasi dan Pergudangan	0,23	0,23	0,28	0,29
Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum	0,7	0,7	0,8	0,8
Informasi dan Komunikasi	0,34	0,33	0,37	0,36
Jasa Keuangan dan Asuransi	0,36	0,37	0,39	0,41
Real Estat	0,77	0,78	0,90	0,93
Jasa Perusahaan	0	0	0	0
Administrasi Pemerintah, Pertahan dan Jaminan SosialWajib	1,38	1,27	1,35	1,38
Jasa Pendidikan	0,38	0,38	0,45	0,47
Jasa Kesehatan	0,13	0,13	0,18	0,18
Jasa lainnya	0,21	0,23	0,26	0,27
PDRB	100	100	100	100

Sumber: BPS Kabupaten Kampar (2017)

### 2.2.2 Energi

Kondisi geografis wilayah Kabupaten Kampar sebagian merupakan wilayah perbukitan dengan pola pemukiman menyebar menyebabkan penyediaan listrik dan energi konvensional sulit, mahal dan kontinuitasnya tidak terjamin. Hal ini berdampak pada masih banyaknya masyarakat daerah terpencil di Kabupaten Kampar yang belum mendapatkan listrik dari PLN meskipun sebenarnya di gardu induk Bangkinang daya listrik yang terpakai baru 65%. Desa yang belum tersentuh jaringan listrik di kabupaten Kampar pada umumnya terjadi di daerah yang lokasinya jauh dari jaringan tegangan tinggi menengah listrik milik PT.PLN (Persero), termasuk desa terpencil, dan akses transportasi ke desa tersebut sangat sulit. Dikarenakan faktor tersebut masyarakat yang di desa terpencil lebih memilih

mempergunakan Genset sebagai sumber energi untuk penerangan. Selain itu masyarakat juga masih ada yang menggunakan peralatan penerangan konvensional berupa pelita, senter, obor, dan lainnya. Salah satu desa yang belum tersentuh jaringan listrik dari PT. PLN (Persero) di Kabupaten Kampar berada di kecamatan Kampar Kiri Hulu.

### 2.3 Data Klimatologi

Berdasarkan data klimatologi dari BPS Kabupaten Kampar dapat dilihat informasi curah hujan, jumlah hari hujan dan ketinggian dari permukaan laut pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Data Klimatologi Kabupaten Kampar Tahun 2016

Data	Min	Max	Satuan	Keterangan
Curah Hujan	0	363	mm	Curah hujan terkecil terjadi pada bulan Desember dan curah hujan terbesar terdapat di bulan Januari
Jumlah Hari Hujan	0	24	Hari	Jumlah hari hujan terkecil terjadi di bulan Maret dan jumlah hari hujan terbanyak terdapat di bulan November
Ketinggian Dari Permukaan Laut	26	100	m	Daerah terendah dari permukaan laut yaitu Desa Sungai Pinang Daerah tertinggi dari permukaan laut berada di Desa Gema

Sumber: BPS Kabupaten Kampar (2017)

### 2.3 Gambaran Umum Kecamatan Kampar Kiri Hulu

#### 2.3.1 Geografi dan Iklim

Secara geografi Kecamatan Kampar Kiri Hulu berada di bagian selatan Kabupaten Kampar dengan luas wilayah mencapai ±85000 hektar, dan mempunyai 24 Desa dengan pusat pemerintahan berada di Desa Gema. Kecamatan Kampar Kiri Hulu berbatasan dengan Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar di sebelah utara, Kecamatan Kampar Kiri di sebelah timur, Provinsi Sumatera Barat di sebelah barat, dan Kabupaten Kuantan Singingi di selatan. Untuk temperatur rata-rata tahunan di Kecamatan Kampar Kiri Hulu yang diambil dari data SSE milik NASA berdasarkan titik koordinat Kecamatan sebesar 25,75°C, dengan temperatur minimum mencapai 22,1°C dan temperatur maksimum mencapai 32,6°C. Untuk kecepatan angin rata-rata tahunan sebesar 2,21 m/s pada ketinggian 50 meter (NASA, 2016).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.3.2 Penduduk

Jumlah penduduk di Kecamatan Kampar Kiri Hulu sebanyak 12.287 jiwa di tahun 2016, dengan kepadatan penduduk 14 jiwa/km<sup>2</sup>. Berikut ini tabel jumlah dan kepadatan penduduk Kecamatan Kampar Kiri Hulu tahun 2016.

Tabel 2.3. Jumlah dan kepadatan penduduk Kecamatan Kampar Kiri Hulu tahun 2016.

Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk		Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Kepadatan Penduduk (Jiwa/km <sup>2</sup> )
	Laki-laki	Perempuan		
Aur Kuning	352	362	46,00	16
Tanjung Beringin	308	308	39,00	16
Batu Sanggan	217	201	49,00	8
Tanjung Belit	400	398	35,00	23
Gema	633	644	28,00	46
Tjg. Belit Selatan	321	284	16,00	38
Kota Lama	380	368	84,00	9
Ludai	243	218	32,00	14
Pangkalan Kapas	97	163	65,00	4
Kebun Tinggi	209	199	10,80	41
Batu Sasak	626	653	51,00	25
Tanjung Karang	286	288	59,00	10
Gajah Bertalut	239	245	36,00	13
Pangkalan Serai	256	259	30,00	17
Danau Sontul	188	152	24,00	14

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Deras Tajak	142	140	25,00	11
Perusan	199	165	43,00	8
Lungai Santi	200	180	40,00	9
Tanjung Permai	167	165	10,00	33
Dua Sepakat	120	106	29,00	8
Subayang Jaya	199	165	41,00	9
Bukit Betung	209	267	11,00	43
Lubuk Bigau	97	82	10,20	18
Muarabio	98	90	36,00	5
<b>Jumlah</b>	<b>6185</b>	<b>6102</b>	<b>850,00</b>	<b>14</b>

Sumber: BPS Kecamatan Kampar Kiri Hulu (2016)

Untuk rata-rata jumlah penduduk per rumah tangga (KK) menurut desa dan kelurahan di Kecamatan Kampar Kiri Hulu pada tahun 2016 ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4. Rata-rata jumlah penduduk per rumah tangga Kecamatan Kampar Kiri Hulu Tahun 2016.

Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk	Jumlah Rumah Tangga	Rata-rata (jiwa/KK)
Aur Kuning	714	184	4
Tanjung Beringin	616	168	4
Batu Sanggan	418	104	4
Tanjung Belit	798	238	3
Gema	1277	358	4
Tjg. Belit Selatan	605	167	4
Kota Lama	748	228	3
Ludai	461	125	4
Pangkalan Kapas	260	92	3
Kebun Tinggi	408	112	4
Batu Sasak	1278	328	4
Tanjung Karang	574	144	4
Gajah Bertalut	484	132	4

Angkalan Serai	515	121	4
Dana Sontul	340	95	4
Deras Tajak	282	73	4
Derusan	364	113	3
Gungai Santi	380	78	5
Tanjung Permai	332	77	4
Dua Sepakat	226	65	3
Subayang Jaya	364	72	5
Bukit Betung	476	134	4
Lubuk Bigau	179	45	4
Muar Bio	188	53	4
<b>Jumlah</b>	<b>12287</b>	<b>3306</b>	<b>4</b>

Sumber: BPS Kecamatan Kampar Kiri Hulu (2016)

### 2.3.3 Potensi Energi Surya

Dilihat dari letak geografis berdasarkan Google Earth®, kawasan Desa Tanjung Beringin berada pada 0° 12' 50" Lintang Selatan dan 101° 02' 06" Bujur Timur. Berdasarkan data dari NASA pada koordinat tersebut berpotensi menghasilkan energi surya rata-rata sebesar 4,82 kWh/m<sup>2</sup>/hari (NASA, 2018). Dari data tersebut, potensi energi surya di Desa Tanjung Beringin bagus untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik *photovoltaic* (PV) karena sudah mendekati radiasi ideal untuk pembangkit listrik PV array yaitu 5-6 kWh/m<sup>2</sup>/hari (Pryor, 2009).

### 2.4 Studi Beban Listrik

Studi beban listrik dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu membuat daftar beban listrik dan membuat profil beban listrik. Sumber data studi beban listrik diperoleh dengan melakukan wawancara dan pengisian kusioner secara langsung dari setiap responden, yang merupakan anggota dari kelompok pengguna yang menjadi sampel dalam penelitian ini.

Untuk penarikan jumlah sampel, dapat ditetapkan sesuai kemampuan karena jika studi beban dilakukan dengan mendata semua kelompok pengguna (sensus) maka akan memerlukan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Waktu yang lama dan juga dana yang besar, sehingga dalam kasus ini diambil sebuah solusi yang efisien terhadap waktu dan dana yang terbatas. Solusi yang diambil dalam kasus ini mengacu pada teori yang dikemukakan oleh Prof. Dr. Sugiyono tentang pengambilan sampel menggunakan teknik probability sampling. Probability sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama bagi setiap anggota populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel (Sugiyono, 2010). Dari pernyataan tersebut penulis menghubungkan dengan kasus dalam penelitian ini, seperti:

1. Kapasitas rumah

Dalam observasi di lapangan akan dilihat ukuran kapasitas rumah. “Dalam pengambilan sampel beban, kapasitas rumah sangat menentukan dalam besar kecilnya penggunaan beban listrik” (Nuryadi, 2011).

2. Jumlah anggota keluarga

Dalam observasi akan digunakan data dari BPS Kecamatan Kampar Kiri Hulu (2017), bahwa jumlah rata-rata anggota keluarga di Desa Tanjung Beringin sebanyak 4 orang/KK. Jumlah keluarga juga mempengaruhi pola pemakaian listrik setiap rumah.

3. Pola konsumsi listrik

Dalam observasi akan dilakukan pengambilan data konsumsi energi listrik harian saat ini di Desa Tanjung Beringin

Dari 3 kriteria di atas dapat disimpulkan bahwa teknik probability sampling bisa diterapkan pada studi beban dalam penelitian ini. Selain itu, tujuan akhir dari studi beban adalah mendapatkan rata-rata konsumsi energi listrik harian dan beban puncak harian, bukan membandingkan konsumsi mana yang paling besar atau yang paling kecil, sehingga jika ada perbedaan jumlah konsumsi tetap nilai rata-rata yang digunakan.

Dalam teknik probability sampling terbagi beberapa teknik untuk menentukan jumlah sampel dan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah teknik simple random sampling. Dengan teknik ini pengambilan data dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam suatu populasi karena populasi dianggap homogen, dan jumlah sampel 1% saja sudah cukup mewakili (Sugiyono, 2010).

### Estimasi Kebutuhan Beban

Dalam perencanaan PLTS Terpusat *Off-Grid system*, perkiraan permintaan beban yang sangat dibutuhkan. Perkiraan permintaan beban secara sederhana bisa dilakukan dengan mengalikan jumlah pengguna dengan rata-rata estimasi penggunaan listrik per pengguna. Namun, pendekatan ini tidak benar-benar cukup karena memiliki tingkat akurasi yang rendah untuk pedesaan yang besar. Sebaliknya, lebih baik untuk menggabungkan estimasi permintaan listrik masing-masing calon pengguna, seperti rumah tangga, bangunan sosial, dan layanan ekonomi (ARE, 2011). Memperkirakan permintaan listrik membutuhkan usaha yang intensif ketika observasi langsung kelapangan dari pintu ke pintu (*door to door*). Dua faktor penting dalam perencanaan listrik pedesaan, yaitu kesediaan pengguna untuk terhubung ke akses listrik yang akan dibangun dan konsumsi peralatan listrik yang akan digunakan ketika terhubung ke akses listrik (ARE, 2011).

Masalah kemungkinan terjadinya kelebihan permintaan beban harus diperhitungkan langsung dari tahap perencanaan awal. Permintaan cenderung tumbuh setelah tahun pertama penyediaan listrik, karena beberapa alasan. Pertama, peningkatan taraf hidup dan ekonomi lokal memungkinkan pengguna untuk membeli lebih banyak peralatan. Kedua, jumlah pengguna juga kemungkinan akan meningkat karena manfaat elektrifikasi berdampak pada pengguna yang pada awal pembangunan tidak menerima terhubung ke jaringan listrik yang dibangun, dan perkembangan desa juga mempengaruhi kelebihan beban. Untuk mengantisipasi peningkatan permintaan tanpa mengorbankan kualitas layanan, beberapa komponen dari sistem harus menggunakan kapasitas yang lebih besar saat perencanaan awal. Untuk menghindari besarnya biaya modal awal, maka kapasitas cukup ditingkatkan sebesar 30%, terutama pada kabel dan baterai. Teknologi pembangkit dapat ditingkatkan setelah sesuai dengan permintaan (ARE, 2011).

### 2.6 PLTS Terpusat *Off-Grid System*

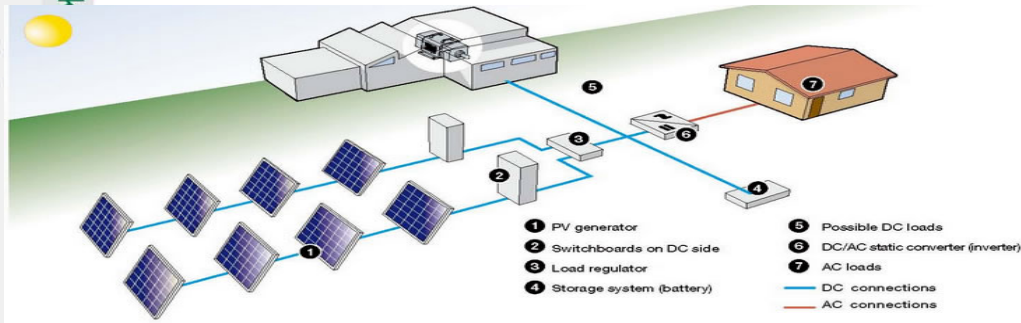
Pembangkit listrik tenaga surya merupakan suatu pembangkit yang bisa menjadi alternatif untuk wilayah yang belum/sulit dijangkau oleh listrik dari PLN. PLTS terpusat merupakan suatu sistem pembangkit yang sumber energinya berasal dari energi matahari saja dengan menggunakan rangkaian modul surya untuk menghasilkan energi listrik sesuai kebutuhan. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Secara umum konfigurasi PLTS sistem terpusat dapat dilihat seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3. PLTS

Terpusat *Off-Grid System*  
 (Sumber: ABB, 2011)

Prinsip kerja PLTS terpusat yaitu energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya pada siang hari akan disimpan pada baterai yang mana proses pengisian tersebut akan diatur oleh *solar charge controller*. Tujuan digunakannya *solar charge controller* ini adalah agar saat pengisian baterai tidak terjadi kelebihan pengisian atau *over charge*. Besarnya energi yang dapat dihasilkan oleh modul surya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti intensitas cahaya, panjang gelombang cahaya yang jatuh pada sel surya dan efisiensi sel.

### 2.6.1 Sel Surya

Sel surya adalah alat yang dapat mengubah sinar matahari langsung menjadi energi listrik dengan memanfaatkan efek fotovoltaik. Fotovoltaik sendiri merupakan nama dari metode untuk mengkonversi energi matahari langsung menjadi arus listrik menggunakan material semikonduktor yang mampu memperlihatkan efek fotovoltaic. Berikut prinsip kerja sel surya: Cahaya yang jatuh pada sel surya menghasilkan elektron yang bermuatan positif dan hole yang bermuatan negatif kemudian elektron dan *hole* mengalir membentuk arus listrik. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip *photoelectric*. Sel surya dapat tereksitasi karena terbuat dari semikonduktor yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif, lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p). Karena sel surya ini mudah pecah dan berkarat sehingga sel ini dibuat dalam bentuk modul-modul dengan ukuran tertentu yang

lapisan plastik atau kaca bening yang kedap air yang dikenal dengan modul surya (Setiawan, 2014).

### 6.1.1 Karakteristik Sel Surya

Penyinaran cahaya matahari yang diterima sel surya sangat bervariasi setiap harinya. Untuk mengetahui kapasitas daya yang dihasilkan, dilakukanlah pengukuran terhadap arus (I) dan tegangan (V) pada susunan sel surya. Untuk mengukur arus maksimum, kedua terminal dari modul dibuat rangkaian hubung singkat sehingga tegangannya menjadi nol dan arusnya maksimum. Dengan menggunakan *ampermeter* akan didapatkan sebuah arus maksimum yang dinamakan *short circuit current* atau  $I_{sc}$ . Pengukuran terhadap tegangan (V) dilakukan pada terminal positif dan negatif dari modul dengan tidak menghubungkan sel surya dengan komponen lainnya. Pengukuran ini dinamakan *open circuit voltage* atau  $V_{oc}$ . Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya puncak *Maximum Power Point* (MPP) yang dapat dicapai. Secara sederhana, karakteristik dari sel surya ini diterangkan lewat kurva arus terhadap tegangan (Kurva I-V). Pada kurva I-V terdapat hal-hal yang sangat penting (Quaschnig, 2005).

#### 1. Arus *Short Circuit* ( $I_{sc}$ )

Arus hubung singkat sel surya adalah arus yang mengalir pada saat tegangan sel surya sama dengan nol atau arus keluaran maksimum modul surya yang dikeluarkan di bawah kondisi tidak ada resistansi.

#### 2. Tegangan Rangkaian Terbuka ( $V_{oc}$ )

$V_{oc}$  adalah tegangan maksimum dari sel surya dan terjadi pada saat arus sel sama dengan nol. Tegangan rangkaian terbuka sesuai dengan jumlah bias maju pada sel surya, karena bias *junction* sel surya sama dengan arus cahaya yang dihasilkan.

#### 3. Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

*Fill factor* adalah salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya. *Fill factor* (FF) merupakan besaran tak berdimensi yang menyatakan perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara  $V_{oc}$  dan  $I_{sc}$ .

#### 4. Efisiensi Sel Surya

Efisiensi adalah parameter yang paling umum digunakan untuk membandingkan unjuk kerja dari sel surya satu dengan yang lainnya. Efisiensi didefinisikan sebagai rasio output energi dari sel surya untuk energi masukan dari matahari. Selain mencerminkan unjuk kerja sel surya sendiri, efisiensi tergantung pada spektrum, intensitas sinar matahari, dan suhu sel surya. Oleh karena itu, kondisi dimana efisiensi diukur harus dikontrol untuk membandingkan kinerja satu perangkat ke perangkat lainnya. Sel surya terestrial diukur dalam kondisi *Air Mass* (AM) 1.5 spektrum dan pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ .

#### 5. Maximum Power Point (MPP)

Maximum power point (MPP) pada kurva I-V adalah titik operasi yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh sel surya. Hasil perkalian arus dan tegangan maksimum menyatakan radiasi matahari yang diterima bumi terdistribusi pada beberapa panjang gelombang, mulai dari  $300\text{ nm}$  sampai dengan  $4\text{ micron}(m)$ . Sebagian radiasi mengalami refleksi di atmosfer (*diffuse radiation*) dan sisanya dapat sampai ke permukaan bumi (*direct radiation*)

#### 2.6.1.2 Jenis Modul Surya

##### a. *Monocrystalline*

Jenis ini terbuat dari batangan kristal yang diiris tipis – tipis. Karena sel surya berasal dari satu induk batangan kristal, maka setiap potongan memiliki karakteristik yang identik dengan yang lainnya. Sehingga efisiensi *monocrystalline* mampu mencapai  $15 - 20\%$ , oleh karena itu harga *monocrystalline* lebih mahal daripada *Polycrystalline*. *Monocrystalline* menyerap panas lebih banyak dari *polycrystalline*, itu artinya suhu permukaan *monocrystalline* akan lebih tinggi dibandingkan dengan *polycrystalline* pada lingkungan yang sama. Semakin tinggi suhu *crystal silicon*, semakin menurun kemampuannya. Pada suhu tinggi performa *monocrystalline* tidak sebaik *polycrystalline*, artinya akan terjadi penurunan performa yang lebih banyak pada modul *monocrystalline*.

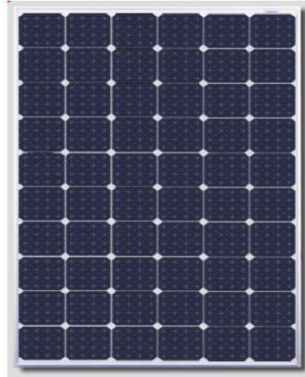
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kelemahan dari sel surya tipe *monocrystalline* adalah potongan dari setiap sel suryanya berupa segi empat atau bulat. Sehingga apabila disusun bersama sel surya yang lainnya akan membentuk ruang kosong. Tentu saja hal ini akan mengurangi kerapatan sel surya yang apabila disusun pada skala besar menimbulkan ruang sisa tidak berguna yang cukup banyak.



Gambar 2.4 *Monocrystalline*  
(Sumber: Renugen)

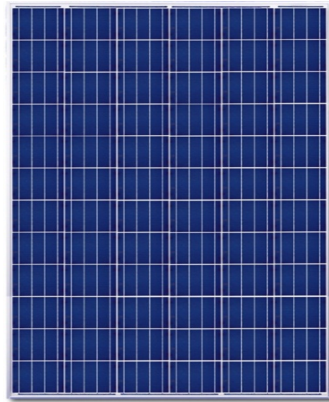
b. *Polycrystalline*

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan yang umumnya berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikon *polycrystalline* tidak se tinggi *monocrystalline* sehingga efisiensinya sekitar 13 – 16 %. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Akan tetapi dengan potongan yang berbentuk persegi, *polycrystalline* dapat disusun lebih rapat dari pada *monocrystalline*, sehingga mengurangi ruang kosong antar sel surya. Selain itu, *Polycrystalline* mempunyai toleransi terhadap suhu yang rendah. Sehingga, dalam performanya, *polycrystalline* tidak menyerap panas dan suhu permukaan *polycrystalline* tidak panas dan dapat tetap bekerja secara maksimal.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

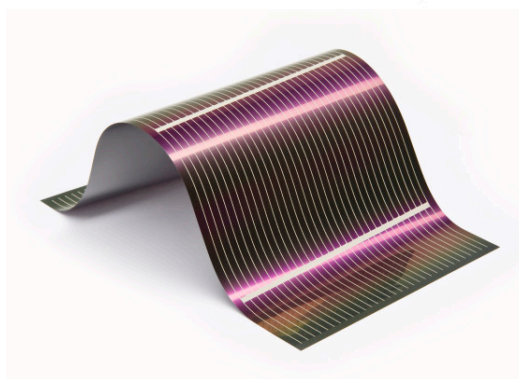
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.5 *Polycrystalline*  
(Sumber: Soflex)

c. *Thin Layer (FILM) Cells*

Merupakan modul surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan daya yang dihasilkan lebih besar daripada *monocrystalline & polycrystalline*. Jenis sel surya ini mempunyai kerapatan atom yang rendah, sehingga mudah dibentuk dan dikembangkan ke berbagai macam ukuran dan potongan dan secara umum dapat diproduksi dengan biaya yang lebih murah. Sel surya ini dibuat dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis sehingga ringan dan fleksibel. Oleh sebab itu sering disebut juga sebagai TFPV (*thin film photovoltaic*). Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction PV* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan dayalistrik sampai 45% lebih tinggi dari modul jenis lain dengan daya yang setara.



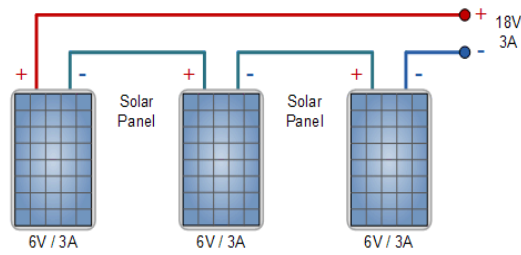
Gambar 2.6 *Thin Layer (FILM) Cells*  
(Sumber: Materia)

## 2.6.2 Modul Surya

Modul surya merupakan komponen PLTS yang disusun dari sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri maupun paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus listrik sesuai dengan keinginan tertentu dan disusun pada satu bingkai (*frame*) dan dilaminasi atau diberikan lapisan pelindung. Modul surya yang tersusun seri bertujuan untuk meningkatkan tegangan yang dihasilkan tiap sel, sedangkan arus dapat didesain sesuai kebutuhan dengan memperhatikan luas permukaan sel

### 2.6.2.1 Rangkaian Seri Modul Surya

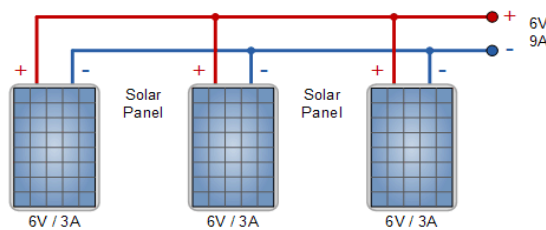
Hubungan seri suatu modul surya didapatkan dengan cara menghubungkan kutub yang berbeda yaitu negatif dengan positif seperti Gambar 2.7. Hasil dari hubungan seri ini yaitu penjumlahan dari nilai tegangan dari setiap module tetapi nilai arus tetap.



Gambar 2.7 Rangkaian modul surya seri  
(Sumber: Alternative energy tutorials)

### 2.6.2.2 Rangkaian Paralel Modul Surya

Hubungan seri suatu modul surya didapatkan dengan cara menghubungkan kutub yang sama yaitu negatif dengan negatif dan positif dengan positif seperti Gambar 2.8. Hasil dari hubungan paralel ini yaitu penjumlahan dari nilai arus dari setiap module tetapi nilai tetap.

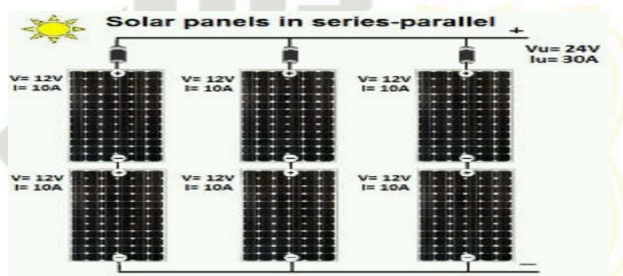


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 2.8 Rangkaian modul surya paralel  
(Sumber: Alternative energy tutorials)

### 2.6.2.3 Rangkaian Seri-Paralel Modul Surya

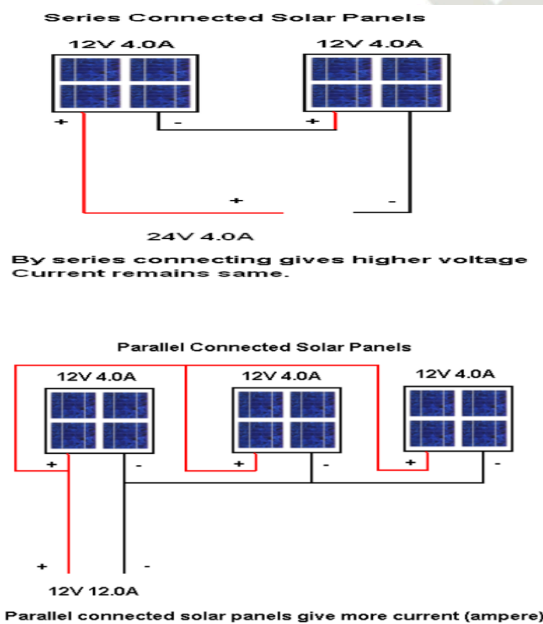
Hubungan seri-paralel suatu modul surya didapatkan dengan cara menggabungkan rangkaian seri dan rangkaian paralel seperti Gambar 2.9. Hasil dari hubungan seri-paralel ini yaitu penjumlahan dari nilai arus setiap rangkaian paralel dan penjumlahan dari nilai tegangan setiap rangkaian seri.



Gambar 2.9 Rangkaian modul surya seri-paralel  
(Sumber: Alternative energy tutorial)

### 2.6.3 Panel Surya

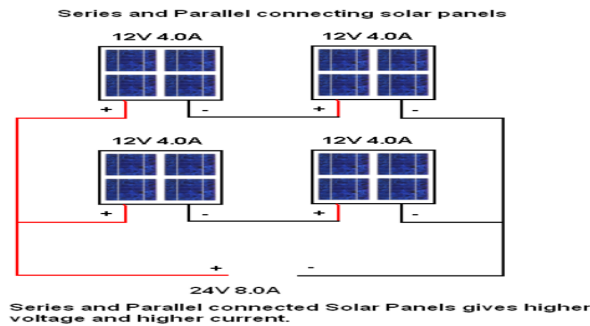
Panel surya merupakan gabungan dari beberapa modul surya yang dirangkai sesuai perencanaan yaitu seri atau paralel yang bertujuan untuk mendapatkan tegangan dan arus yang diinginkan. Gambar 2.10 menunjukkan macam-macam rangkaian panel surya.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

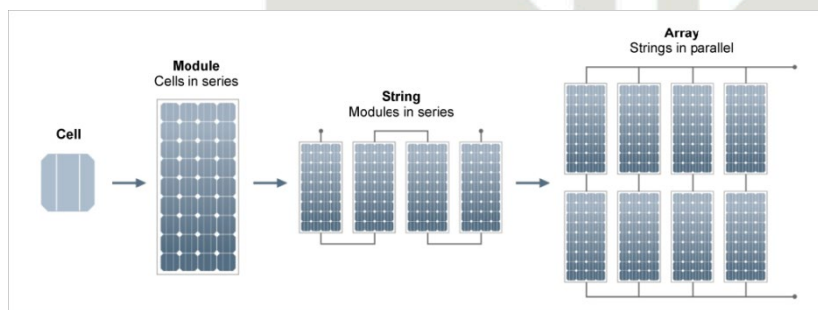
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.10 Macam-macam rangkaian panel surya.  
(Sumber: Solaregy)

**2.6.4 PV Array**

PV *array* adalah suatu unit pembangkit listrik yang lengkap terdiri dari panel surya yang dirangkai menjadi satu melalui kabel dengan susunan tertentu baik dirangkai seri maupun paralel dengan tujuan mendapatkan hasil tegangan dan arus yang diinginkan. Panel surya yang digabungkan dengan beberapa panel surya lainnya hingga membentuk sebuah *PV array* kemudian baru dihubungkan ke *solar charger controller* dan baterai atau langsung ke inverter untuk memenuhi beban.



Gambar 2.11 Konfigurasi PV *array*  
(Sumber: Stapleton, 2013)

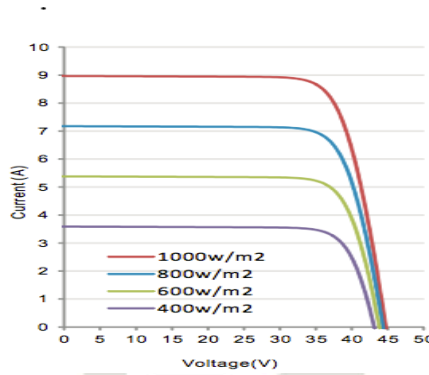
**2.6.5 Faktor yang mempengaruhi kinerja PLTS**

1. Radiasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Besarnya intensitas sinar matahari pada permukaan bumi atau iradiasi merupakan hal yang utama dalam menentukan produksi energi listrik pada panel surya dapat dilihat pada gambar 2.12 yang memperlihatkan fungsi peristiwa iradiasi terhadap kurva karakteristik tegangan (V) dan arus (I).



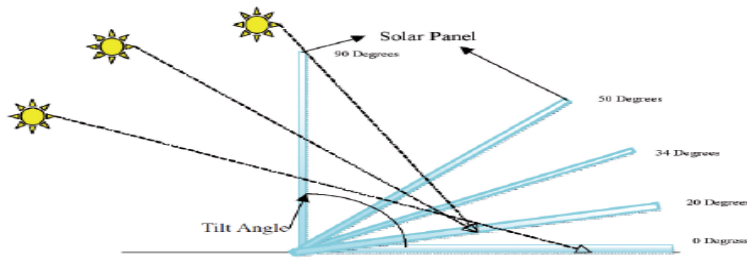
Gambar 2.12 Pengaruh Iradiasi Terhadap Tegangan dan Arus Modul Surya (Sumber: Civicsolar)

Ketika iradiasi menurun, arus yang dihasilkan oleh modul surya akan menurun dengan proporsional, sedangkan variasi dari tegangan tanpa beban sangatlah kecil. Efisiensi dari konversi pada modul surya tidak terpengaruh oleh iradiasi yang bervariasi asalkan masih dalam batas standar operasi dari modul surya, yang berarti bahwa efisiensi konversi adalah sama untuk dua kondisi, baik dalam kondisi cerah atau kondisi mendung, oleh karena itu kecilnya energi listrik yang dihasilkan modul surya saat langit dalam kondisi mendung dapat dijadikan acuan bukannya penurunan efisiensi melainkan penurunan produksi arus listrik karena iradiasi matahari yang rendah (Putra, 2015).

## 2. Sudut Kemiringan Modul Surya

Sudut kemiringan memiliki dampak yang besar terhadap radiasi matahari dipermukaan modul surya. Untuk sudut kemiringan tetap, daya maksimum selama satu tahun akan diperoleh ketika sudut kemiringan modul surya sama dengan lintang lokasi. Sistem pengaturan berfungsi memberikan pengaturan dan pengamanan dalam suatu PLTS sedemikian rupa sehingga sistem pembangkit tersebut dapat bekerja secara efisien dan handal. Peralatan pengaturan di dalam sistem PLTS ini dapat dibuat secara manual, yaitu dengan cara selalu menempatkan kearah matahari, atau dapat juga dibuat secara otomatis, mengingat sistem ini banyak dipergunakan untuk daerah terpencil. Otomatis ini dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian

elektronik. Namun dalam segi kepraktisan dan memudahkan perawatan pemasangan modul surya yang mudah dan murah adalah dengan memasang modul surya dengan posisi tetap dengan sudut kemiringan tertentu. Untuk menentukan arah sudut kemiringan modul surya harus disesuaikan dengan letak geografis lokasi pemasangan modul surya tersebut. Penentuan sudut pemasangan modul surya ini berguna untuk membenarkan penghadapan modul surya ke arah garis khatulistiwa. Pemasangan modul surya ke arah khatulistiwa dimaksudkan agar modul surya mendapatkan penyinaran yang optimal. Modul surya yang terpasang di khatulistiwa (lintang = 0°) yang diletakan mendatar (*tilt angle* = 0°), akan menghasilkan energi maksimum (Hanif, 2012)



Gambar 2.13 Sudut kemiringan modul surya.  
Sumber: (Hanif, 2012)

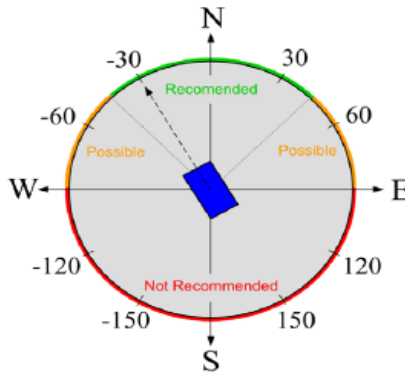
### 3. Orientasi Modul Surya

Penempatan modul surya untuk mendapatkan energi maksimum, sebaiknya modul surya ditempatkan menghadap arah selatan, meskipun arah timur atau barat juga memungkinkan tetapi jumlah listrik yang dihasilkan akan lebih rendah. Selain itu sudut peletakan modul surya tidak boleh kurang dari 10 derajat atau melebihi 45 derajat. Orientasi dari rangkaian modul surya ke arah matahari adalah penting agar modul surya dapat menghasilkan energi yang maksimum. Misalnya, untuk lokasi yang terletak di belahan bumi utara maka modul surya sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu pula untuk lokasi yang terletak di belahan bumi selatan maka modul surya diorientasikan ke utara (Hanif, 2012).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

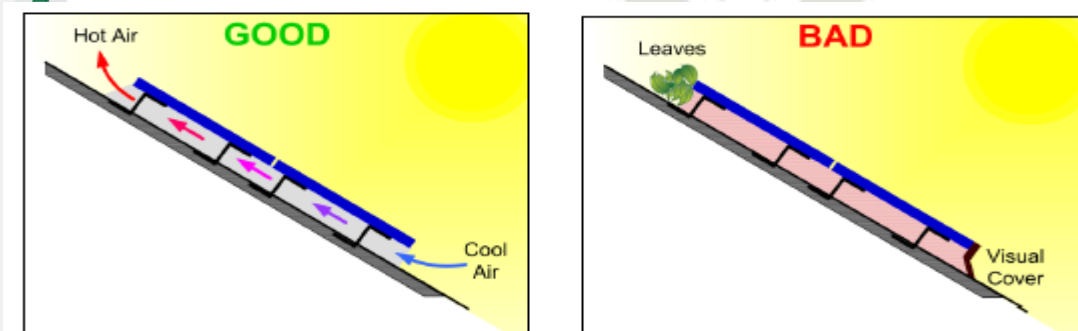


Gambar 2.14 Orientasi modul surya  
Sumber : (Power, 2011)

4. Temperatur

Kinerja PLTS dipengaruhi oleh suhu semakin tinggi suhu sel, semakin rendah produksi energi. Sel bisa mencapai suhu tinggi, misalnya, ketika radiasi matahari berada pada titik terkuat di musim panas sekitar tengah hari, sel dapat panas hingga sekitar 70 ° C. Panas yang hilang melalui bagian belakang modul dengan konveksi alami, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15. Untuk alasan ini penting untuk menghindari pemanasan sel dengan membatasi aliran udara di bawah modul.

Sebagai aturan sederhana, kenaikan suhu sebesar 10 ° C menurunkan output daya yang efektif dari sistem PV sekitar 4% - 5%. Pada saat terjadi temperatur yang tinggi, sel-sel surya kurang efisien. Energi output dari modul dipengaruhi oleh temperatur pada sel-sel surya yang beroperasi. Saat panas sel-sel surya meningkat, tegangan yang melintasi setiap sel akan jatuh dan ketika tegangan menurun maka, daya juga akan menurun.



Gambar 2.15 Temperature pada panel surya.  
Sumber : (Power, 2011)

2.6.6 Inverter

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Inverter adalah Alat pendukung PLTS yang berfungsi mengubah arus searah DC (*direct current*) menjadi arus bolak balik AC (*alternating current*) yang umumnya digunakan di peralatan listrik. Terdapat dua macam sistem pada PLTS yaitu inverter fasa untuk *solar home system* (SHS) yang bebannya kecil dan inverter 3 fasa untuk PLTS yang besar dan terhubung dengan jaringan PLTS (Putra, 2015). Berdasarkan karakteristik dari performa, inverter untuk PLTS *Stand Alone* dan PLTS terhubung dengan jaringan PLN (*Grid-Connected*) memiliki perbedaan, yaitu:

1. Pada PLTS *stand alone* inverter mampu mensuplai tegangan AC yang tetap pada produksi energi listrik dari modul yang bervariasi dan beban yang tanggung.
2. Pada PLTS *Grid Connected* inverter dapat menghasilkan kembali tegangan yang sama persis dengan tegangan jaringan pada waktu yang sama, untuk mengoptimalkan dan memaksimalkan keluaran listrik yang dihasilkan oleh modul surya (Putra, 2015).

**2.6.6.1 Jenis-jenis Inverter**

Terdapat beberapa jenis inverter dipasaran yang mempunyai beberapa perbedaan mulai dari yang digunakan untuk *single module* hingga *array* dan yang digunakan untuk distribusi dalam KW atau MW. Berdasarkan penggunaan jenis kabel inverter dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *string*, *central*, dan *micro inverter*.

**a. Inverter Mikro**

Inverter mikro dipasang dibagian belakang setiap modul surya. Inverter ini diproduksi di kisaran 100-300W. Keuntungan inverter mikro adalah menggunakan kabel DC yang sedikit karena keluaran dari modular merupakan daya AC yang langsung diparalelkan pada setiap modul dan kemudian disambungkan ke jaringan. Keuntungan lainnya ialah, apabila untuk penambahan daya, hanya dengan menambahkan modul surya dan inverternya saja dan tidak perlu membongkar.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.16 Inverter mikro  
(Sumber: Tandem solar system)

**b. Inverter String**

Inverter string biasanya digunakan pada pemasangan jaringan tersambung skala kecil (10 kw atau kurang). Biasanya kapasitas inverter string adalah 1 KW sampai 12 KW, saat kapasitas PLTS diatas 5 KW maka inverter terpusat dapat digunakan sebagai inverter alternatif. Setiap inverter *on-grid* memiliki fungsi sebagai MPPT dan tegangan DC inputnya bisa mencapai 1000V DC.



Gambar 2.17 *string inverter*  
(Sumber: Solar professionalm)

**c. Inverter Terpusat**

Inverter ini biasanya digunakan pada PLTS berdaya besar, misalnya inverter ini digunakan pada daya 30 KWp (fronius) dan dari 100 KWp (SMA). Inverter terpusat sama halnya dengan inverter string dan multi-string namun yang membedakan dengan inverter terpusat ialah array pada PLTS dapat dibagi menjadi beberapa sub-array.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

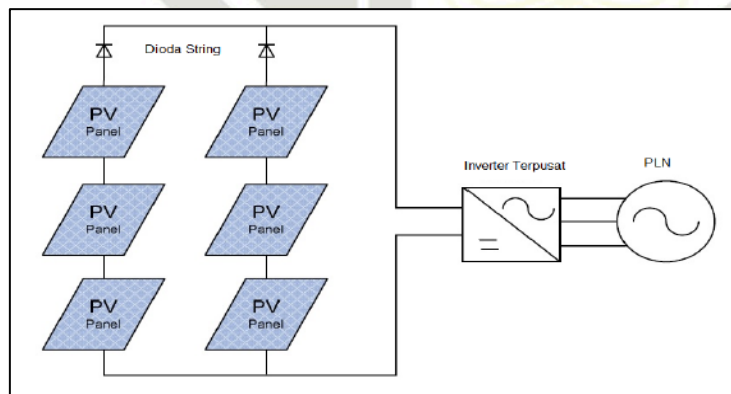


Gambar 2.18 *Central inverter*  
(Sumber: Solar professionalm)

**2.6.6.2 Konfigurasi Inverter**

**a. Konfigurasi Inverter Terpusat**

Konfigurasi inverter terpusat yang relatif sederhana dari PLTS fotovoltaik. Topologi penyambung tipe ini paling murah karena hanya memiliki satu inverter DC ke AC terpusat untuk string modul fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus tertentu. Kelemahannya adalah permasalahan keandalan sistem, dengan adanya gangguan atau kerusakan pada inverter maka akan menyebabkan seluruh pembangkit berhenti beroperasi.



Gambar 2.19 Konfigurasi Fotovoltaik Inverter Terpusat  
(Sumber: PLN, 2014)

**b. Konfigurasi *Multi-String Inverter***

*Multi string inverter* menggunakan beberapa string dengan sistem pelacak MPP yang terpisah (menggunakan DC/DC konverter) terhubung ke inverter DC/AC umum untuk

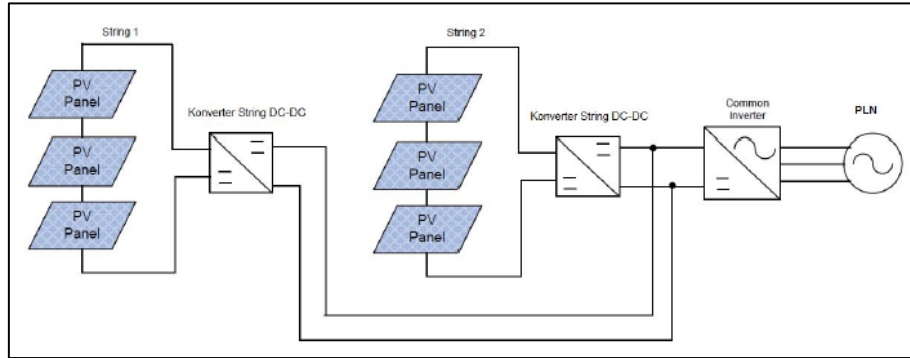
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

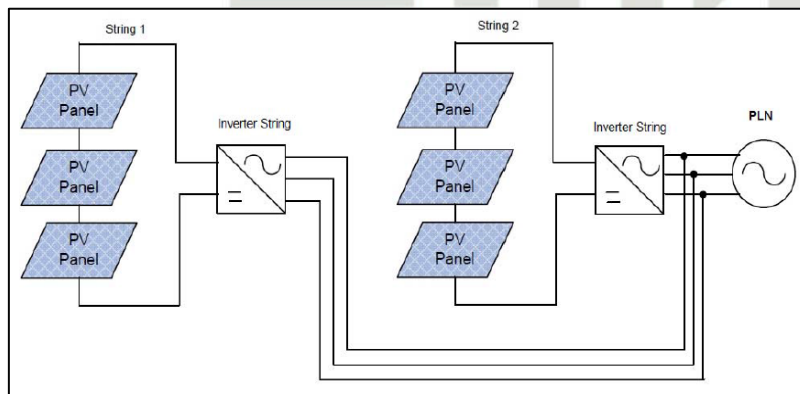
menghasilkan AC yang disalurkan ke sistem distribusi. Konfigurasi ini memungkinkan untuk mengoptimalkan efisiensi pengoperasian setiap string secara terpisah, dan integrasi orientasi array untuk memaksimalkan produksi energi.



Gambar 2.20 Konfigurasi *multi-string* inverter (Sumber: PLN, 2014)

c. Konfigurasi Inverter Multi String

Inverter String *Array* mengilustrasikan yang mana rangkaian seri tunggal modul fotovoltaik dihubungkan secara seri dan string terhubung ke inverter tunggal dan ada satu inverter untuk setiap string. Keuntungan dari konfigurasi ini adalah bahwa string inverter memiliki kemampuan pelacakan titik daya maksimum *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) secara terpisah dari setiap string Fotovoltaik untuk mengurangi kerugian dari ketidakcocokan dan bayangan parsial sehingga dapat meningkatkan produksi energi. Kelemahan konfigurasi ini adalah diperlukan jumlah inverter yang lebih banyak.



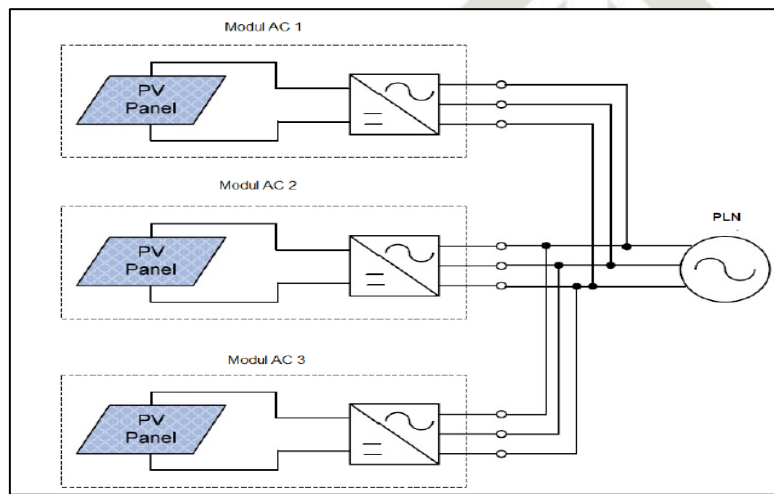
Gambar 2.21 Konfigurasi *Inverter-string* Inverter (Sumber: PLN, 2014)

d. Konfigurasi Inverter Modul

Hak Cipta Ditangguhkan Undang-Undang No. 11 Tahun 2012 tentang Informasi dan Komunikasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Konfigurasi inverter modul dimana setiap modul fotovoltaik memiliki inverter DC/AC dan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Keuntungan dari konfigurasi ini adalah desain yang sangat fleksibel sehingga mudah untuk menambahkan inverter guna meningkatkan kapasitas pembangkit listrik. Selain itu konfigurasi ini meningkatkan produksi energi dengan cara mengurangi kerugian energi dari ketidaksesuaian inverter dan meningkatkan keandalan. Kelemahan dalam konfigurasi ini adalah diperlukan biaya tambahan untuk inverter dan pemeliharaan yang relatif lebih kompleks.



Gambar 2.22 Konfigurasi inverter modul AC (Sumber: PLN, 2014)

### 2.6.7 Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* merupakan komponen dalam PLTS yang memiliki fungsi sebagai berikut:

1. *Charging Mode*

Berfungsi untuk mengatur pengisian arus searah (DC) ke baterai yang disuplai oleh PV Array untuk menghindari *over charging*. Proses ini dengan mengubah listrik searah dari PV Array dengan tegangan tertentu dan mengontrol pengisian baterai. Saat baterai dalam keadaan kosong, maka *solar charge controller* akan mengisi listrik ke baterai sebanyak mungkin. Sebaliknya, saat baterai dalam keadaan hampir penuh maka *solar charge controller* akan mengatur pola pengisian baterai dengan arus sedikit untuk menjaga tegangan baterai dan jika sudah penuh *solar charge controller* akan menghentikan proses pengisian baterai untuk mencegah *over charge* sehingga ketahanan baterai lebih lama. Dalam kondisi ini listrik yang

Suplai dari *array* akan langsung didistribusikan ke beban sesuai dengan konsumsi beban (Masutani, 2016).

### *Load Operation Mode*

Setelah baterai terisi penuh maka akan berubah fungsi menjadi *load operation mode*. Pada kondisi ini baterai akan mensuplai energi listrik ke beban apabila produksi PV *array* tidak bisa memenuhi kebutuhan beban baik ketika malam, ataupun cuaca buruk yang dapat mengganggu produksi listrik dari PV *Array*. Saat baterai mensuplai beban, arus DC dari baterai tidak bisa masuk ke panel surya dikarenakan terdapat diode proteksi yang berfungsi melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya. Saat tegangan baterai hampir kosong, maka *solar charge controller* berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban. Tujuannya adalah untuk menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel-sel baterai. Kebanyakan *solar charge controller* memiliki lampu indikator yang akan menyala dengan warna tertentu (umumnya berwarna kuning atau merah) untuk menunjukkan bahwa baterai dalam proses *charging*.

### 3. Memonitor sistem PLTS

Beberapa tipe *solar charge controller* tertentu sudah dilengkapi digital meter dengan indikator yg lebih lengkap sehingga setiap kondisi pada sistem PLTS dapat dimonitor dengan baik. Pada *solar charge controller* jenis seri ketika baterai penuh maka akan menonaktifkan arus lebih lanjut. Sedangkan jenis *hunt* akan mengalihkan kelebihan listrik ke beban *shunt*, seperti pemanas air listrik ketika baterai penuh. SCC dengan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) dan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) merupakan SCC yang lebih canggih yang dapat menyesuaikan tingkat pengisian baterai tergantung pada tingkat irradiasi matahari selama 4 sampai 5 jam dan memungkinkan pengisian baterai lebih dekat dengan kapasitas maksimum. SCC juga dapat memonitor suhu baterai untuk mencegah *over heating*. Beberapa SCC juga bisa mengirimkan data ke *remote display* untuk memonitor aliran listrik setiap saat. SCC yang digunakan harus memenuhi persyaratan teknis dalam pemakaiannya. Berikut persyaratan teknis SCC:

- a. Kapasitas maksimum *input* dan *output*
- b. Mempunyai tegangan batas bawah dan atas terhadap pemutusan baterai
- c. Konsumsi diri yang kecil
- d. Mempunyai proteksi hubung singkat dan beban lebih

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

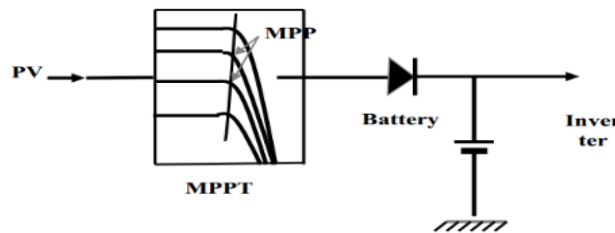
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- e. Tegangan jatuh yang kecil ( $< 0,5 \text{ V}$ ) pada sisi PV *Array* ke baterai dan pada sisi baterai ke beban
- f. Mempunyai *blocking Diode* dan sesuai dengan kapasitas maksimum *input dan output* (Nasution, 2016)

**2.6.7.1 Solar Charge Controller Maximum Power Point Tracking (MPPT)**

Rangkaian MPPT mengatur daya keluaran modul fotovoltaik agar selalu berada pada titik daya maksimum dan mengatur proses pengisian baterai. Kapasitas daya fotovoltaik dapat dimanfaatkan dengan optimal karena ketidaksesuaian antara tegangan fotovoltaik dan tegangan kerja baterai dapat dihindari. MPPT mempunyai efisiensi tertinggi diantara tipe regulator lainnya serta menggunakan sistem *chooper* dengan frekuensi tinggi sehingga apabila desain dan fabrikasinya kurang baik akan menimbulkan interferensi. Teknologi MPPT juga cukup rumit dan biayanya mahal. Rangkaian regulator MPPT dapat dilihat pada Gambar 2.23 (Nasution, 2016).



Gambar 2.23 Rangkaian MPPT Regulator  
(Sumber: Nasution, 2016)

**2.6.7.2 Kriteria Solar Charge Controller MPPT**

Kriteria *solar charge controller* adalah sebagai berikut:

1. Dapat dilihat dari *output* PV array dan membandingkannya dengan tegangan baterai
2. Dapat dilihat pada *display* monitor kemampuan terbaik pada PV array untuk dapat mengisi baterai.
3. MPPT paling modern memiliki efisiensi dalam konversi adalah sekitar 92-97%
4. Memiliki kualitas *Ampere*, merupakan hal yang paling penting dalam pengisian
5. Ketika MPPT menilai baterai hampir habis kemudian MPPT mengubah tegangan ekstra untuk *ampere*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Untuk SCC MPPT memiliki monitor temperatur baterai dan biasanya terdiri dari 1 *input* (2 terminal) yang terhubung pada *output* panel surya, 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan baterai dan 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan beban seperti pada Gambar 2.24 mengenai SCC MPPT SCB 48120 (Nasution, 2016).



Gambar 2.24 Solar Charge Controllel MPPT  
(Sumber: Nasution, 2016)

### 2.6.8 Baterai

Baterai merupakan komponen utama PLTS off-grid system yang berperan penting sebagai tempaan penyimpanan energi listrik, yang apabila lemah atau soak dapat menyebabkan terganggunya sistem PLTS bahkan menyebabkan kerusakan komponen PLTS lainnya. Baterai mengalami siklus menyimpan dan mengeluarkan energi tergantung pada ada atau tidaknya cahaya matahari. Selama cahaya matahari ada, modul surya akan menghasilkan listrik dalam satuan Ampere hour (Ah) yang digunakan untuk mengisi baterai. Baterai yang umum digunakan pada PLTS mempunyai tegangan nominal sebanyak 12 Volt, 24 Volt, 36 Volt dan untuk PLTS terpusat tegangan baterai minimal 48 Volt (Nasution, 2016).

#### 2.6.8.1 Fungsi Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul surya pada saat adanya cahaya matahari dan akan mengeluarkan energi listrik saat modul surya tidak dapat menghasilkan energi listrik. Pada kondisi normal baterai digunakan hanya saat malam hari atau ketika tidak ada cahaya matahari. Namun, apabila pada siang hari modul surya tidak mampu memenuhi kebutuhan beban maka baterai akan membantu memenuhi kebutuhan beban. Sifat baterai adalah menyimpan dan mengeluarkan energi pada proses reaksi kimia. Pengeluaran energi ini nantinya akan dipulihkan saat pengisian dari modul surya. Secara ringkas ada dua tujuan penting baterai pada sistem PLTS yaitu:

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

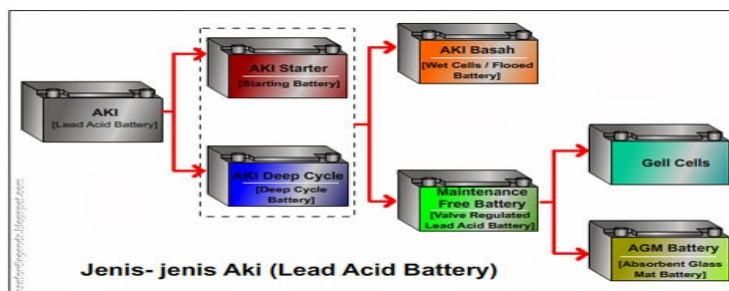
1. Untuk menyalurkan energi kepada PLTS ketika energi tidak disediakan oleh modul surya
2. Untuk menyimpan kelebihan energi yang diproduksi modul surya

Apabila tidak ada cahaya matahari maka sistem akan kehabisan arus dan tegangan menurun ketitik terendah dan tidak bisa memenuhi kebutuhan energi. Jika baterai tidak menyimpan cukup energi untuk memenuhi kebutuhan pada periode tidak ada cahaya matahari maka sistem akan kehabisan energi. Salah satu cara untuk menghindari hal tersebut adalah dengan melakukan perkiraan jumlah hari dimana sistem beroperasi secara mandiri sampai dengan 4 hari untuk menjamin pengisian dan pengeluaran baterai berjalan baik (Nasution, 2016). Untuk State of charge (SOC) baterai diukur berdasarkan tegangan sebenarnya dari baterai. Batas pengosongan dari baterai disebut depth of discharge (DOD) yang dinyatakan dalam satuan persen. Suatu baterai memiliki DOD 80%, ini berarti bahwa hanya 80% dari energi yang ada dapat digunakan sedangkan 20% menjadi cadangan. Semakin dalam DOD yang diberlakukan pada suatu baterai maka semakin pendek pula siklus baterai tersebut (Nasution, 2016).

**2.6.8.2 Jenis Baterai**

Baterai terbentuk dari sekelompok elemen atau sel yang tersusun seri. Secara umum ada dua jenis baterai yang digunakan pada PLTS yaitu *lead acid battery* (AKI) dan *nickel cadmium battery*. Kedua baterai tersebut memiliki komponen yang hampir sama, yang membedakannya hanya jenis elektroda yang dipakai dan jenis elektrolit yang digunakan untuk membangkitkan reaksi elektro kimia. *Lead acid battery* menggunakan lempengan yang terbuat dari *lead* dan elektrolitnya menggunakan  $H_2SO_4$  (asam sulfur) yang sama seperti pada ACCU serta memiliki efisiensi 80%. Sedangkan jenis *nickel cadmium battery* menggunakan *cadmium* sebagai elektroda negatif dan nikel sebagai elektroda positif sedangkan elektrolitnya menggunakan *potassium hidroksida* dan memiliki efisiensi 70% (Putra, 2015).

Berdasarkan bentuk struktur, baterai dibedakan menjadi *starting battery* dan *deep cycle battery* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.25 berikut.





Gambar 2.25 Jenis-jenis *lead acid battery*

(Sumber: Nasution, 2016)

### *Starting Battery*

*Starting battery* adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang dapat berbalik dengan efisiensinya yang tinggi. Maksud dari proses *reversible* (dapat berbalik) adalah didalam baterai berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik begitu pula sebaliknya dari tenaga listrik ke kimia. Kontruksi *starting battery* didalam wadahnya terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat tersebut terbuat dari timah, karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah. Ruangan didalamnya dibagi menjadi beberapa sel dan masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam didalam elektrolit (Nasution, 2016).

Sedangkan tegangan accu ditentukan oleh jumlah pada sel baterai, dimana satu sel baterai dapat menghasilkan tegangan 2 sampai 2,1 Volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap sel. Biasanya tiap sel baterai ditandai dengan adanya satu lubang pada kotak accu bagian atas untuk mengisi elektrolit aki. Setiap sel terdiri dari beberapa plat positif dan negatif yang dipisahkan separator dengan tujuan tidak terjadi hubungan langsung (hubungan singkat). Selain itu dalam setiap sel baterai jumlah plat negatif lebih satu buah dibanding plat positif. Kotak baterai adalah wadah yang menampung elektrolit dan elemen baterai yang mana ruangan didalamnya dibagi sesuai dengan jumlahnya. Pada kotak baterai terdapat garis tanda *upper level* dan *lower level*, sebagai indikator jumlah elektrolit (Nasution, 2016).



Gambar 2.26 *Starting Battery*

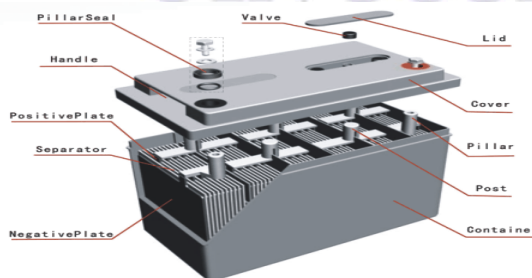
(Sumber: Nasution, 2016)

### *Deep Cycle Battery*

*Deep cycle battery* dirancang untuk menghasilkan arus yang stabil tidak sebesar *starting battery* namun dalam waktu lama. Baterai jenis ini tahan dengan siklus pengisian-pengosongan baterai yang berulang-ulang dan karena konstruksinya menggunakan plat yang lebih tebal sehingga memungkinkan melepaskan energi dalam selang waktu yang panjang. Namun *deep cycle battery* tidak dapat melepaskan energi listrik secepat dan sebesar *starting battery*. Semakin tebal plat baterai maka semakin panjang pula usia baterainya sehingga baterai jenis ini banyak digunakan pada proyek energi alternatif untuk menyimpan arus listrik. Umumnya baterai jenis ini digunakan pada PLTS dan PLTB. *Deep cycle battery* memiliki beberapa jenis yaitu *valve regulated lead acid battery (VRLA)*, *Gel Cell Battery* dan *Absorbent Glass Mat Battery* (Nasution, 2016).

#### a. *Valve Regulated Lead Acid Battery (VRLA)*

Baterai VRLA merupakan baterai yang tertutup rapat dan dilengkapi dengan sebuah *valve* atau katup, yang akan terbuka apabila tekanan gas hasil elektrolisis air melebihi suatu nilai tekanan tertentu untuk melepas gas keluar dari kotak. Kotak baterai VRLA tidak memiliki penutup sel dan bekerja pada tekanan konstan 1-4 psi. Tekanan ini membantu mengembalikannya 99% hidrogen dan oksigen yang terbentuk dari proses pengisian untuk kembali menjadi air. Oleh sebab itu jenis ini tidak memungkinkan dilakukan penambahan air. Jenis yang paling umum digunakan dari VRLA adalah Gel VRLA dan AGMVRLA. Konstruksi baterai VRLA dapat dilihat pada Gambar 2.27 (Nasution, 2016).



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 2.27 *Valve Regulated Lead Acid Battery (VRLA)*

(Sumber: Nasution, 2016)

b. *Gel Cell Battery*

Baterai jenis ini merupakan baterai VRLA dengan elektrolit *gelified* asam sulfat campur dengan silika, membuat massa yang dihasilkan menyerupai gel dan bisa bergerak. Berbeda dengan baterai sel basah timbal asam, baterai ini tidak perlu disimpan tetap tegak. Baterai gel mengurangi penguapan elektrolit, tidak tumpah dan tanpa korosi dengan resistensi yang lebih besar untuk *shock* dan *vibrasi*. Baterai Gel VRLA disebut baterai OpzV merupakan baterai konstruksi sel tunggal dengan tegangan nominal 2 Volt. Baterai ini dilengkapi dengan lempeng tubular positif. Grid positif yang dibuat oleh *die casting* teknik dengan tekanan 18 Mpa dan struktur silinder lebih kompak dan memberikan ketahanan terhadap korosi dan usia baterai bisa lebih dari 20 tahun (Nasution, 2016).



Gambar 2.28 *GelCellsBattery*

(Sumber: Nasution, 2016)

c. *Absorbent Glass Mat Battery (AGM)*

Bedanya dengan baterai VLA, baterai ini tidak memiliki ventilasi gas. Pada baterai AGM, elektrolit berada pada sebuah material *glass mat*, kemasan tertutup rapi sehingga tidak ada senyawa atau bahan yang dapat keluar masuk baterai. Oleh karena itu baterai ini tidak memerlukan perawatan lebih, tapi sekali baterainya terbuka maka isinya akan bocor. Kelebihan dari baterai ini adalah lebih fleksibel untuk penempatan dan pengiriman baterai, tidak perlu perawatan, memiliki ketahanan lebih pada *discharge* yang lebih tinggi, internal resistansi lebih kecil, *self discharge* lebih rendah dan kekurangannya rentan pada *over charge*, harga lebih mahal, tidak cocok pada tempat dengan temperatur tinggi dan umurnya lebih pendek (Nasution, 2016).



Gambar 2.29 *GelCellsBattery*  
(Sumber: Nasution, 2016)

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**2.7 Perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid System***

Pada perancangan sistem PLTS ini agar hasil yang didapatkan handal maka dalam proses perancangannya menggunakan *Australian/NewZealand Standard<sup>TM</sup> AS/NZS 4509.2:2010* tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design*.

**2.7.1 Menentukan Spesifikasi Umum PLTS Terpusat *Off-Grid System***

Berdasarkan AS/NZS 4509.2:2010, dalam menentukan spesifikasi umum PLTS Terpusat *Off-Grid System* perlu menentukan hal-hal berikut:

- a. Menentukan efisiensi inverter ( $\eta_{inv}$ )

Dalam menentukan efisiensi inverter dianjurkan menggunakan inverter dengan efisiensi yang tinggi, untuk mengantisipasi penurunan efisiensi selama umur inverter yang akan berpengaruh pada produksi energi listrik.

- b. *Design load energy* ( $E_{tot}$ )

*Design load energy* adalah kebutuhan energi listrik total yang harus disuplai oleh pembangkit. Energi listrik yang disuplai harus memenuhi kebutuhan energi listrik harian, oleh sebab itu kehilangan energi sebelum sampai ke beban harus diperhitungkan. Kehilangan energi yang menjadi perhitungan disini adalah pada inverter, sehingga suplai energi harus lebih besar dari kebutuhan energi beban. Untuk

*Design load energy* yang digunakan adalah:

$$E_{tot} = \frac{E}{\eta_{inv}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian (Wh)

$E$  = listrik per hari (Wh)

$$\eta_{inv} = \text{Efisiensi inverter (\%)}$$

- c. Menentukan sudut kemiringan (*tilt angle*)

Sudut kemiringan dipilih untuk memaksimalkan produksi energi dari PV *Array*. Berdasarkan AS/NZS 4509.2:2010, Sudut optimum tergantung pada derajat lintang maupun variasi radiasi Matahari sepanjang tahun. Minimal *tilt angle* modul PV adalah  $\pm 0^\circ$ .

- d. Menentukan nominal tegangan bus DC ( $V_{dc}$ )

Tujuan menentukan nominal tegangan bus DC adalah sebagai referensi tegangan untuk setiap komponen yang akan terhubung ke jalur bus DC.

- e. Konfigurasi sistem

Konfigurasi sistem pada perancangan PLTS Terpusat *off-grid system*.

## 2.7.2 Perancangan dan pemilihan komponen PLTS Terpusat *Off-Grid System* sesuai dengan *Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4509.2:2010*

### 2.7.2.1 Perancangan dan Pemilihan Komponen Utama

Pada tahap ini dilakukan perhitungan secara teoritis menggunakan rumus-rumus yang terdapat pada *Australian/New Zealand Standard™ AS/NZS 4509.2:2010* tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design* dengan tujuan menghasilkan sebuah desain PLTS Terpusat *off-grid system* yang optimal.

#### 1. Modul Surya

Dalam melakukan perhitungan kapasitas dan pemilihan PV *array*, ada beberapa hal yang menjadi variabel perhitungan sebelum menetapkan jumlah dan kapasitas modul surya yang akan digunakan. Adapun variabel-variabel yang menjadi perhitungan tersebut, yaitu:

- a. *Oversupply co-efficient* ( $f_o$ )

*Oversupply co-efficient* merupakan nilai kelebihan suplai energi listrik yang digunakan dalam mendesain kapasitas pembangkit. Nilai ini bertujuan meningkatkan nominal kapasitas untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya defisit energi akibat *losses* pada sistem maupun perubahan pola konsumsi energi pada waktu tertentu.

- b. Nominal efisiensi baterai ( $\eta_{bat}$ )

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada setiap PLTS digunakan baterai jenis *lead acid*, menurut AS/NZS 4509.2:2010 baterai jenis *lead acid* memiliki efisiensi 90% sampai 95%.

c. Pemilihan modul Surya

Pemilihan modul Surya ditentukan oleh desainer sendiri karena setiap jenis modul surya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing seperti yang telah dijelaskan diatas.

d. *Irradiation on tilted plane* ( $H_{ilt}$ )

*Irradiation on tilted plane* adalah radiasi yang diterima pada *title angle* modul PV yang digunakan.

e. *Design load energy* setiap PV Array ( $E_{tot}$ )

Perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid System* pada penelitian ini ditentukan beberapa rangkaian PV Array untuk menyesuaikan dengan kapasitas *Solar Charger Controller* (SCC) yang akan dirancang.

$$\text{Design load energy } (E_{tot}) \text{ setiap PV Array} = \frac{E_{tot}}{\text{jumlah PV Array}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian (Wh)

f. *Design load* (Ah)

*Design load* Ah adalah kebutuhan energi listrik dalam satuan Ampere hour (Ah). *Design load* Ah diperoleh dari pembagian dari total kebutuhan energi harian (Wh) dan tegangan bus DC.

$$\text{Design load Ah} = \frac{E_{tot}}{V_{dc}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian (Wh)

$V_{dc}$  = tegangan bus DC (V)

g. *Required array output*

*Required array output* adalah nominal daya yang harus disuplai oleh PV array (dalam satuan Ah) dengan memperhitungkan efisiensi baterai ( $\eta_{bat}$ ). *Required array output* dalam penelitian ini sebesar:

$$\text{Required array output Ah} = \frac{\text{Design load Ah}}{\eta_{bat}} \dots \dots \dots (2.4)$$

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Keterangan :

- $E_{tot}$  = Kebutuhan energi listrik (Ah)
- $\eta_{bat}$  = Efisiensi baterai (%)

h. *Daily charge output per module*

*Daily charge output per module* adalah energi yang dihasilkan satu modul per hari (dalam Ah). *Daily charge output per module* dalam penelitian ini sebesar:

$$Daily\ charge\ output = (1 - Toleransi\ pabrik) \times I_{T,V} \times f_{dirt} \times H_{tilt} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

- Toleransi pabrik = Toleransi pabrik terhadap daya keluaran (%)
- $I_{T,V}$  = Arus hubung singkat di bawah temperatur operasi (NOCT)(A)
- $f_{dirt}$  = *Derating factor* karena debu (%)
- $H_{tilt}$  = Radiasi *title angle* (kWh/m<sup>2</sup>/hari)

i. *Number of parallel strings required (N<sub>p</sub>)*

*Number of parallel strings required* adalah jumlah modul PV yang akan dihubungkan secara paralel. Jumlah modul PV yang terhubung paralel adalah:

$$N_p = \frac{V_{dc}}{V_{oc}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

- $V_{dc}$  = Nominal tegangan bus DC (V)
- $V_{oc}$  = Nominal tegangan modul (V)

j. *Number of series modules per string (N<sub>s</sub>)*

*Number of series modules per string* adalah jumlah modul PV yang akan dihubungkan secara seri. Jumlah modul PV yang terhubung seri adalah:

$$N_s = \frac{Required\ array\ output \times f_o}{Daily\ charge\ output\ per\ module} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

- Required array output* = Arus hubung singkat di bawah temperatur operasi (A)
- Daily charge output* = *Derating factor* karena debu (%)
- $f_o$  = *Oversupply co-efficient* 1,3 – 2

k. *Total number of modules in array (N)*

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*Total number of modules in array* adalah total keseluruhan modul PV yang akan digunakan. Jumlah modul PV yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$N = N_p \times N_s \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

$N_s$  = Number of series modules per string

$N_p$  = Number of parallel strings required

1. Kapasitas setiap PV Array ( $P_{PV \text{ Array}}$ )

Setelah mendapat jumlah modul surya yang akan digunakan, maka kapasitas daya dari PV Array pada PLTS Terpusat *Off-Grid System* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{PV \text{ Array}} = \text{jumlah modul surya} \times \text{daya per modul surya} \dots \dots \dots (2.9)$$

m. Kapasitas total PV array ( $P_{PV \text{ array}}$ )

Kapasitas total daya dari seluruh PV array pada PLTS Terpusat *Off-Grid system* didapat dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N(\text{Total}) = N \times \text{jumlah PV Array}$$

$$P_{PV \text{ Array}} (\text{Total}) = N(\text{Total}) \times P_{stc} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

$N(\text{Total})$  = Total keseluruhan modul

$P_{PV \text{ Array}} (\text{Total})$  = Kapasitas total daya dari seluruh PV Array

$P_{stc}$  = Kapasitas modul

2. Baterai

Dalam menentukan kapasitas dan pemilihan baterai yang akan digunakan, ada beberapa variabel perhitungan yang harus dimasukkan, yaitu:

a. *Design load Ah for battery sizing*

*Design load Ah for battery sizing* merupakan kebutuhan energi listrik yang akan dijadikan referensi dalam menentukan kapasitas baterai yang akan digunakan.

b. Target hari otonomi (*autonomy*) ( $T_{\text{aut}}$ )

Merupakan target jumlah hari operasi maksimum baterai tanpa masukan energi dari PV array sebelum melebihi DoD maksimum baterai. Menurut AS/NZS 4509.2:2010,



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

untuk PLTS Terpusat *Off-Grid system* dengan kontrol otomatis dapat menggunakan waktu otonomi 2 sampai 3 hari.

c. *Maximum Depth of Discharge (DoD<sub>max</sub>)*

Merupakan batas pengosongan dari baterai, besarnya muatan listrik maksimum dari baterai yang diizinkan untuk digunakan.

d. Kapasitas bateraipada *nominal battery discharge rate (C<sub>x</sub>)*

Menurut AS/NZS 4509.2:2010, pemilihan *C<sub>x</sub>* harus mempertimbangkan beban maksimum dan durasi beban, *discharge rate* 100 jam cocok digunakan untuk kebutuhan beban yang rendah dan *discharge rate* 20 jam cocok digunakan untuk beban yang tinggi.

e. Faktor koreksi temperatur

Menurut AS/NZS 4509.2:2010, faktor koreksi temperatur untuk baterai dengan *discharge rate* 20 jam (*C<sub>20</sub>*) adalah sebesar 98%.

f. Kapasitas baterai yang diperlukan

Besarnya kapasitas baterai yang diperlukan dalam PLTS Terpusat *Off-Grid system* adalah:

$$Ah = \frac{Design\ load\ Ah \times T_{aut}}{DoD_{max} \times \text{Faktor koreksi temperatur}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

- Design load Ah* = Kebutuhan energi listrik (Ah)
- T<sub>aut</sub>* = Target hari otonomi
- DoD<sub>max</sub>* = Batas pengosongan dari baterai(%)

g. Pemilihan baterai

Pada Perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid system* pemilihan baterai sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan sistem.

h. Jumlah baterai di hubung seri

Jumlah baterai yang dihubungkan disesuaikan dengan tegangan bus DC yang digunakan. Dengan persamaan berikut:

$$\text{baterai terhubung seri} = \frac{V_{dc}}{V_{dc}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$V_{dc}$  = Nominaltegangan bus DC (V)

$V_{dc}$  = Nominal baterai (V)

i. Jumlah baterai yang di hubung paralel

Untuk meningkatkan kapasitas baterai yang digunakan sesuai kapasitas baterai. Adapun jumlah baterai yang dihubungkan paralel dalam penelitian ini yaitu:

$$\text{baterai terhubung paralel} = \frac{\text{Kapasitas baterai diperlukan}}{\text{Kapasitas baterai pada } C_x} \dots\dots\dots(2.13)$$

j. Total jumlah baterai

Setelah mendapatkan jumlah baterai yang dihubungkan secara paralel dan seri, maka dapat ditentukan total baterai yang diperlukan dalam perancangan dengan mengalikan total baterai yang diserikan dengan jumlah blok baterai yang diparalelkan, yaitu:

$$\text{Total} = \text{baterai terhubung seri} \times \text{baterai terhubung paralel} \dots\dots\dots(2.14)$$

k. Capacity of battery bank at nominal discharge rate

Capacity of battery bank at nominal discharge rate adalah kapasitas baterai yang dihasilkan setelah perancangan.

$$C_x(\text{Design}) = \text{Kapasitas baterai} \times \text{jumlah string paralel} \dots\dots\dots(2.15)$$

l. Day of autonomy for selected battery

Waktu otonomi adalah jumlah hari yang dapat dilayani oleh baterai untuk mensuplai energi ke beban tanpa adanya energi dari PLTS.

$$a = \frac{\text{DoD}_{max} \times \text{Capacity of battery} \times \text{Faktor koreksi temperatur}}{\text{Design load ah for battery sizing}} \dots\dots\dots(2.16)$$

m. Nominal daily DoD

Nominal daily DoD disimbolkan dengan  $DoD_d$ , adalah besarnya discharge rata-rata harian dari baterai.

$$DoD_d = \frac{\text{design load ah}}{\text{capacity of battery (design)}} \dots\dots\dots(2.17)$$

**3. Solar Charger Controller (SCC)**

Untuk menghindari baterai dari kerusakan karena tidak stabilnya arus yang masuk.

Dalam menentukan spesifikasi BCR harus mengikuti beberapa tahapan, antara lain:

a. Charge rate capacity of selected cell/block

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a.  $x$  h rate capacity of selected cell/block adalah kapasitas yang tertera pada manufacture baterai.

b.  $x$  h rate capacity of battery bank

$x$  h rate capacity of battery bank disimbolkan dengan  $C_{20}$  adalah total kapasitas baterai Design load (Ah) yang digunakan dalam sistem PLTS.

c.  $x$  h rate capacity of battery bank

$x$  h charge rate for battery bank 20 h disimbolkan dengan  $I_{20}$ , adalah arus maksimum yang harus dihasilkan oleh SCC ( satuan dalam A).

$$I_x = \frac{\text{h rate capacity of battery bank}}{x} \dots\dots\dots(2.18)$$

d. Max charge voltage at typical ( $V_{bc}$ )

$V_{bc}$  adalah tegangan normal maksimum charge dari baterai charge regulator pada arus maksimum.

$$V_{bc} = \text{typically voltage per cell} \times N_s \dots\dots\dots(2.19)$$

e. Battery charge max apperent power ( $S_{bc}$ )

Battery charge max apperent power adalah daya nyata maximum yang dikonsumsi oleh baterai charger pada kondisi saat arus output maksimum dan tegangan pengisian normal maksimum (VA).

$$S_{bc} = \frac{I_{bc} \times V_{bc}}{(\eta_{bc} \times pf_{bc} \times 1000)} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

$I_{bc}$  = Output current (A)

$V_{bc}$  = Tegangan normal maksimum charge (V)

$\eta_{bc}$  = Nominal charge efficiency (%)

$pf_{bc}$  = Power faktor (%)

**4. Inverter**

Menurut AS/NZS 4509.2:2010, pada tahap perancangan dan pemilihan inverter perlu memperhatikan hal-hal berikut:

- a. Kapasitas daya inverter ditentukan dari daya output seluruh PV Array
- b. Kapasitas daya inverter yang direncanakan harus dlebihkan 10% (safety factor)
- c. Kualitas gelombang (direkomendasikan pure sine wave)

- d. Efisiensi inverter
- e. Rentang tegangan operasi DC
- f. Tegangan dan frekuensi keluaran
- g. Konfigurasi sistem

Dari beberapa kriteria di atas, maka dalam menentukan kapasitas inverter pada penelitian ini akan disesuaikan dengan kebutuhan PLTS terpusat *off-grid system*. Untuk keamanan inverter ditambahkan 10% atau dikalikan 1,1 dari daya inverter yang sudah direncanakan, sehingga kapasitas inverter yang akan digunakan adalah:

$$\text{kapasitas inverter} = \text{Kapasitas PLTS} \times f_o \dots\dots\dots(2.21)$$

**2.7.2.2 Perancangan dan Pemilihan Komponen Pendukung**

**1. Kabel**

Pemilihan komponen kabel pada PLTS Terpusat *Off-Grid System* dalam penelitian ini yaitu menentukan maksimum arus sesuai dengan nilai *Safety Factor* (1,25) berdasarkan AS/NZS 4509.2:2010, sedangkan pemilihan kapasitas dan jenis kabel menggunakan Standar Perusahaan Listrik Negara atau Standar Nasional Indonesia (SPLN/SNI). Jenis kabel terbaik yang digunakan pada PLTS yaitu NYAF (Nasution, 2016). Pengkabelan pada PLTS Terpusat *Off-Grid System* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kabel DC antara modul surya.

$$\text{Maksimum arus} = 1,25 \times I_{sc} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan:

$I_{sc}$  = Arus Modul Surya (A)

- b. Kabel modul surya ke *Junction Box*, *Junction Box* ke SCC, dan SCC ke Panel Busbar DC.

$$\text{Maksimum Arus} = \frac{P_{Array}}{V_{dc}} \times 1,25 \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan :

$P_{Array}$  = Daya PV Array (kWp)

$V_{dc}$  = Tegangan normal maksimum *charge* (V)

- c. Kabel baterai kepanel baterai dan kabel Busbar DC ke Inverter.

$$\text{Maksimum Arus} = \frac{\text{kapasitas baterai} \times Np \text{ Baterai}}{C_x} \times 1,25 \dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$N_p$  Baterai = Jumlah baterai terhubung paralel  
 $C_x$  = x h rate capacity of battery

Kabel inverter ke Panel Distribusi.

$$\text{Maksimum Arus} = \frac{P_{\text{inverter}}}{V_{ac}} \times 1,25 \dots \dots \dots (2.25)$$

Keterangan :

$P_{\text{inverter}}$  = Daya Inverter (kW)  
 $V_{ac}$  = Tegangan AC

**2. Sistem Proteksi Pada Panel Box**

Panel box pada PLTS dilengkapi dengan saklar utama/pemisah, pembatas arus *Mini Circuit Bteaker* (MCB) atau *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB), *Earth Leak Circuit Breaker* (ELCB), saklar, terminal dan busbar. Perancangan sistem proteksi pada panel box pada PLTS Terpusat *Off-Grid System* dalam penelitian ini yaitu penentuan kapasitas MCCB yang sesuai dengan maksimum arus.

- a. MCCB pada Panel Busbar DC
- b. MCCB pada Panel Baterai
- c. MCCB pada Panel Distribusi

**3. Mounting System**

*Mounting system* pada komponen PLTS yang berfungsi untuk tempat meletakkan panel surya secara aman dengan mempertimbangkan arah matahari. *Mounting system* dapat diaplikasikan diberbagai tempat menyesuaikan dengan kebutuhan dan aplikasi PLTS (PT.HDP, 2016).

- a. Penentuan lokasi instalasi PLTS Terpusat *Off-Grid System*
- b. Rancangan sistem dan konstruksi penyangga modul surya PLTS Terpusat *Off-Grid System*

**4. Penangkal Petir**

Penangkal petir sangat dibutuhkan pada setiap PLTS Terpusat *Off-Grid System*. Alat ini berfungsi mengamankan dari sambaran petir atau kejutan petir sebelum mengenai peralatan sistem yang dapat berakibat fatal. Rancangan sistem dan konstruksi yang digunakan dalam

Penelitian ini menyesuaikan dengan rancangan penangkal petir PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang dirancang pada modul rancangan teknis PLTS Terpusat *Off-Grid System* oleh Kementerian ESDM (Nasution, 2016).

**Aspek Teknis**

**2.8.1 Menentukan Produksi Energi dari PLTS**

Dalam merancang sistem PLTS penting untuk dapat memperkirakan hasil energi dari sistem itu. Untuk menghitung nilai produksi energi listrik PLTS Terpusat *Off-Grid System* ditahun pertama diperoleh dari persamaan berikut:

$$\text{Produksi energi} = \text{Radiasi} \times \text{Jumlah hari pada setiap bulan} \times P_{\text{Array}} (\text{Total}) \times \text{Efisiensi} \dots \dots \dots (2.26)$$

Persamaan tersebut juga dapat menghitung total nilai produksi energi listrik PLTS Terpusat *Off-Grid System* selama umur proyek dengan mengganti jumlah hari selama umur proyek (GSES, 2013).

**2.8.2 Rasio Peforma**

Rasio performa daapat menunjukkan total rugi pada PLTS terpusat *Off-Grid System* saat mengkonversi listrik DC menjadi listrik AC (Setiawan dkk, 2014). Rasio performa PLTS terpusat *Off-Grid System* pada penelitian ini didapatkan dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\text{Rasio performa} = \frac{\text{total produksi energi listrik bersih}}{\text{Produksi energi listrik tanpa losses}} \dots \dots \dots (2.27)$$

**2.8.3 Faktor kapasitas**

Faktor kapasitas PLTS terpusat *Off-Grid System* merupakan rasio dari keluaran energi aktual dalam periode 1 tahun dengan keluaran jika beroperasi pada daya nominal selama 24 jam sehari selama setahun penuh (Setiawan dkk, 2014). Faktor kapasitas PLTS terpusat *Off-Grid System* pada penelitian ini didapat dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Capacity factor} = \frac{\text{Totsl produksi energi listrik}}{8760} \dots \dots \dots (2.28)$$

**2.9 Aspek Ekonomi**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 2.9.1 Perhitungan Biaya Proyek

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui biaya-biaya yang mungkin timbul dari pemanfaatan PLTS Terpusat *Off-Grid System*. Biaya-biaya ini meliputi biaya investasi, biaya operasional dan Pemeliharaan (O&M) dan biaya siklus hidup (LCC). Tahap perhitungan biaya proyek PLTS Terpusat *Off-Grid System* adalah sebagai berikut.

### 2.9.1.1 Biaya Investasi Komponen

Biaya investasi ini meliputi biaya investasi *photovoltaic array*, *solar charge controller*, baterai, inverter dan pemilihan komponen pendukung (penangkal petir, panel distribusi, *power cable and grounding*, *grounding sistem PV array* dan *remote monitoring system*).

### 2.9.1.2 Biaya Investasi Penggantian Komponen

Biaya investasi ini meliputi biaya penggantian *solar charge controller*, baterai, inverter sesuai periode dari spesifikasi.

### 2.9.1.3 Biaya Investasi Lahan

Biaya investasi untuk lahan diperuntukkan bagi kegiatan penyiapan lahan tempat pemasangan *PV array*. Besarnya biaya investasi untuk penggunaan lahan, ditentukan dari luas area yang diperlukan untuk tempat pemasangan *PV array* dan harga lahan berdasarkan harga yang berlaku di daerah tersebut. Perhitungan biaya investasi untuk penggunaan lahan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (Nafis, 2015):

$$\text{Total luas modul surya} = \text{luas 1 unit modul surya} \times \text{jumlah modul surya}$$

$$\text{Biaya investasi penggunaan lahan} = \text{Total luas panel surya} \times \text{harga /m}^2 \dots (2.29)$$

### 2.9.1.4 Biaya O&M PLTS Terpusat *Off-Grid System*

Biaya O&M pertahun untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal (Lazou, 2000). Adapun besar biaya O&M per tahun untuk PLTS adalah sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{Total biaya instalasi} \dots (2.30)$$

### 2.9.1.5 Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem selama kehidupannya. Pada sistem PLTS, biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang (PV) dan biaya total sistem PLTS yang terdiri dan biaya investasi awal, lahan,

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian komponen (Hosler dkk., 2010). Biaya siklus hidup (LCC) diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$LCC = C + M_{pw} + R_{pw} \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan :

- LCC = *Life Cycle Cost*
- = Biaya investasi awal adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk pembelian komponen-komponen PLTS.
- $M_{pw}$  = Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.
- $R_{pw}$  = Biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian yang harus dikeluarkan selama umur proyek.

Nilai sekarang (PV) biaya Operasional dan pemeliharaan tahunan yang akan dikeluarkan selama umur proyek dengan jumlah pengeluaran yang tetap. Dihitung dengan rumus sebagai berikut (Halim, 2009):

$$M_{pw} = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan :

- $M_{pw}$  = Nilai sekarang biaya tahunan selama umur proyek
- A = Biaya Tahunan (%)
- = Tingkat diskonto (%)
- = Umur proyek

Sedangkan menghitung nilai sekarang (PV) biaya penggantian komponen PLTS selama umur proyek digunakan rumus dibawah. Untuk menghitungnya diperlukan nilai diskonto selama umur proyek atau *Present Worth Function* (PWF).

$$PWF = \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

$$R_{pw} = B \times PWF \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan:

- B = Biaya penggantian komponen

**2.9.2 Analisis Biaya Energi**

Biaya energi merupakan perbandingan antara biaya total per tahun dan sistem dengan energi yang dihasilkannya selama periode yang sama. Dilihat dan sisi ekonomi, biaya energi



PLTS berbeda dan biaya energi untuk pembangkit konvensional (Nafeh, 2009). Hal ini karena biaya energi PLTS, dipengaruhi oleh biaya-biaya seperti:

1. Biaya awal (biaya modal) yang tinggi.
2. Tidak ada biaya untuk bahan bakar.
3. Biaya pemeliharaan dan operasional rendah.
4. Biaya penggantian rendah.

Perhitungan biaya energi suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan produksi energi tahunan PLTS. Faktor Pemulihan Modal (*Capital Recovery Factor*) adalah faktor yang dipergunakan untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian pembayaran atau biaya tahunan dengan jumlah yang sama (Santiari, 2011). Faktor pemulihan modal diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots \dots \dots (2.34)$$

Keterangan :

- CRF = Faktor diskonto
- I = Tingkat diskonto(%)
- N = Periode dalam tahun

Biaya energi PLTS dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{\text{Produksi Energi}} \dots \dots \dots (2.35)$$

Keterangan :

- COE = Biaya energi (Rp/kWh)
- CRF = Faktor Pemulihan modal

**2.10 Aspek Emisi**

Pemanfaatan PLTS Terpusat *Off-Grid System* merupakan salah satu alternatif dalam rangka mengganti/substitusi pembangkit tenaga fosil. Selain sumber-sumber energi fosil yang semakin terbatas, pembangkit listrik tenaga fosil melepaskan CO<sub>2</sub> akibat dari pemanfaatan pembakaran energi fosil. CO<sub>2</sub> merupakan salah satu emisi penghasil gas rumah kaca (Waskito, 2011). Perhitungan pengurangan emisi akibat mengganti/substitusi bahan bakar fosil adalah sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Menghitung emisi CO<sub>2</sub>. Persamaan yang digunakan adalah:

$$eCO_2 = A kWh \times ef \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan:

- $eCO_2$  = Emisi CO<sub>2</sub>(tCO<sub>2</sub>)
- $A kWh$  = Produksi energi listrik pertahun (MWh)
- $ef$  = *emission factor*(tOC<sub>2</sub>/MWh) (0,0002786 tCO<sub>2</sub>/MWh-/MFO(solar))

**2.11 Augmented Reality (AR)**

*Augmented reality* atau yang sering disingkat *AR* adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata (*real time*) (Tambayong, 2016). Penggunaan *Augmented Reality* telah berkembang ke banyak aspek kehidupan. Biasanya orang hanya terpaku pada suatu objek yang mati, tapi dengan *Augmented Reality*, objek tersebut bisa seakan-akan dihidupkan dengan bantuan kamera pada perangkat keras, seperti *personal computer* atau *smartphone*. *Augmented reality* sebagai sistem memiliki karakteristik, yaitu:

- a. Menggabungkan lingkungan nyata dan *virtual*.
- b. Belajar secara interaktif dalam waktu nyata.
- c. Integrasi dalam tiga dimensi (3D).

Terdapat dua metode yang digunakan dalam teknologi augmented reality yaitu *marker based augmented reality* dan *markerless augmented reality*.

**1. MarkerBased Augmented Reality**

Menurut (Rasjid, 2016) *Marker* merupakan gambar (*image*) dengan warna hitam dan putih dengan bentuk persegi. Komputer akan mengenali posisi dan orientasi *marker* dan menciptakan benda visual 3D di koordinat yang ditunjukkan *marker*.

**2. MarkerlessAugmentedReality**

Salah satu metode *augmented reality* yang saat ini sedang berkembang adalah metode *Markerlessaugmented reality*(Rahman, 2014), dengan metode ini pengguna tidak perlu lagi mencetak sebuah *marker* untuk menampilkan elemen-elemen digital. Metode ini dapat bekerja dengan melakukan pemindaian terhadap objek nyata, dengan ruang lingkup yang lebih luas dari pada *marker augmented reality*.

Ada teknik yang dikembangkan dalam *markerless augmented reality*, yaitu: *face tracking*, *3D object tracking*, *motion tracking*, dan *GPS based tracking* (Rahman, 2014)

#### a. Face Tracking

Dengan teknik ini komputer mengenali wajah manusia secara umum dengan cara mengenali posisi mata, hidung, dan mulut manusia, kemudian akan mengabaikan objek-objek di sekitarnya seperti pohon, rumah, dan benda-benda lainnya.

#### b. 3D Object Tracking

Berbeda dengan *Face Tracking* yang hanya mengenali wajah manusia secara umum, teknik *3D Object Tracking* dapat mengenali semua bentuk benda yang ada disekitar, seperti mobil, meja, televisi, dan lain-lain.

#### c. Motion Tracking

Pada teknik ini komputer dapat menangkap gerakan, *motion Tracking* telah mulai digunakan secara ekstensif untuk memproduksi film-film yang mencoba mensimulasikan gerakan.

#### d. GPS Based Tracking

Metode ini bekerja dengan mendeteksi lokasi pengguna dan orientasinya dengan membaca data dari *mobile GPS*, Komputer digital dan akselerometer, kemudian menampilkan informasi berupa benda-benda maya yang dapat dilihat dari layar kamera ponsel.

### 2.11.1 Objek 3 Dimensi

Objek 3 dimensi (3D) adalah sebuah benda/ruang yang memiliki panjang, lebar dan tinggi yang memiliki bentuk (Adam, 2014). Berikut bagian-bagian dalam sebuah obyek 3

Dimensi :

#### 1. Vertex

Dalam objek 3 dimensi, *vertex* dapat diistilahkan sebagai titik di mana dua atau lebih garis lurus bertemu.

#### 2. Edge

Dalam obyek 3 dimensi, *Edge* dapat diistilahkan sebagai tepi ruang garis yang menghubungkan dua simpul.

Hak Cipta Ditangguhkan Undang-Undang No. 11 Tahun 2012 tentang Informasi dan Komunikasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Face

Dalam obyek 3 dimensi, *face* dapat diistilahkan sebagai wajah/ sisi/ permukaan sebagai salah satu permukaan individual dari sebuah benda padat.

### 11.2 Polygonal Modelling

Menurut (Chandra, 2005) *Polygonal modelling* adalah sebuah teknik pemodelan dalam *3ds max* yang paling banyak dipergunakan dikarenakan simple, mudah dipelajari, dan cepat dalam membuat object. Polygonal modeling disukai oleh banyak kalangan pembuat object karena relatif cepat dalam pengerjaannya dan tidak membutuhkan *resource* komputer yang besar.

#### 2.11.3 Software

*Software* merupakan perangkat lunak yang tidak dapat disentuh secara fisik. Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung penelitian ini sebagai berikut :

##### 1. Unity 3D

Menurut (Sany dan Agus Suheri, 2014) Unity 3D adalah sebuah *game engine* yang berbasis *cross-platfform*. Unity tidak dirancang untuk proses desain atau *modelling*, dikarenakan unity bukan *tool* untuk mendesain. Jika ingin mendesain, maka perlu menggunakan 3D editor lain seperti 3dsmax atau Blender.

Berikut ini adalah bagian-bagian dalam *Unity*:

- a) *Asset*, Tempat penyimpanan dalam Unity yang menyimpan suara, gambar, video, dan tekstur.
- b) *Scenes*, Area yang berisikan konten-konten dalam game, seperti membuat sebuah level, membuat menu, tampilan tunggu, dan sebagainya
- c) *GameObjects*, Barang yang ada di dalam assest yang dipindah ke dalam scenes, yang dapat digerakkan, diatur ukurannya dan diatur rotasinya.
- d) *Components*, reaksi baru bagi objek seperti collision, memunculkan partikel dan sebagainya.
- e) *Script*, yang dapat digunakan dalam Unity ada tiga, yaitu Javascript, C# dan BOO. Prefabs adalah tempat untuk menyimpan satu jenis game objects, sehingga mudah untuk diperbanyak.

##### 2. Autodesk 3ds Max

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta dimiliki UIN Suska Riau  
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim I

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Autodesk 3D Studio Max merupakan *software* 3D yang digunakan untuk membuat visualisasi 3D yang dapat membuat suatu objek menjadi seperti sungguhan (Santoso, 2013). 3D Max memiliki beberapa tahapan dasar dalam produksi 3D animasi, yaitu modeling, materialing, lightning, animationing, dan yang terakhir rendering. Keunggulan yang diperoleh dalam penggunaan software ini adalah bekerja pada windows, dapat mengedit objek secara langsung, dan memiliki *plugin* yang banyak.

**Blender**

Blender adalah produk perangkat lunak *open source* 3D yang gratis yang digunakan untuk membuat film animasi, efek visual (*UV unwrapping*), *texturing*, *modeling* 3D, *rigging*, *fluid* dan *smoke* simulasi, *rendering*, *cameratracking*, *videoediting* dan juga memiliki *game engine* untuk pembuat game (Singkoh, et al., 2016). software ini termasuk software dengan ukuran kecil dan dapat digunakan di berbagai macam OS.

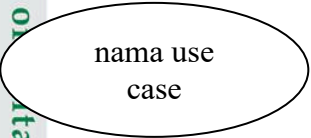
**2.11.4 UML (Unified Modelling Language)**

Menurut Utomo (2013) *Unified modelling language* adalah kumpulan notasi grafis yang didukung oleh sebuah meta-model tunggal, yang membantu dalam menjelaskan dan merancang sistem perangkat lunak, khususnya sistem perangkat lunak dibangun menggunakan gaya berorientasi objek. Dalam merancang aplikasi ini penulis menggunakan beberapa model diagram UML antara lain, *use case diagram*, *activity diagram*, *class diagram*, dan *sequence diagram*.

1. Use Cace Diagram




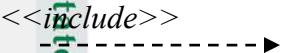
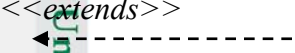
Menurut (Hendini, 2016) *Use case diagram* merupakan pemodelan untuk kelakuan (*behavior*) sistem informasi yang akan dibuat. Sebuah *use case diagram* menggambarkan secara sederhana fungsi-fungsi utama dari sistem dan berbagai *user* yang akan berinteraksi dengan sistem tersebut

Tabel 2.5. Simbol-simbol *Use Case Diagram*

Gambar	Keterangan
	<i>Use case</i> menggambarkan fungsionalitas yang disediakan sistem sebagai unit-unit yang bertukar pesan antar unit dengan aktif, yang dinyatakan dengan menggunakan kata kerja.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

	<p><i>Actor</i> atau aktor <i>abstraction</i> dari orang atau sistem yang lain yang mengaktifkan fungsi dari target sistem. Untuk mengidentifikasi aktif, harus ditentukan pembagiantenaga kerja dan tugas-tugas yang berkaitan dengan peran pada konteks target sistem. Orang atau sistem bisa muncul dalam beberapa peran. Perlu dicatat bahwa aktor berinteraksi dengan <i>use case</i>, tetapi tidak memiliki kontrol terhadap <i>use case</i>.</p>
	<p>Asosiasi antara aktor dan <i>user case</i>, digambarkan dengan garis tanpa panah yang mengindikasikan siapa atau apa yang meminta interaksi secara langsung dan bukannya mengindikasikan data.</p>
	<p>Asosiasi antara aktor dan <i>use case</i> yang menggunakan panah terbuka untuk mengindikasikan bila aktor berinteraksi secara pasif dengan sistem.</p>
	<p>Include, merupakan di dalam <i>use case</i> lain (<i>required</i>) atau pemanggilan <i>use case</i> oleh <i>use case</i> lain, contohnya adalah pemanggilan sebuah fungsi program.</p>
	<p><i>Extends</i>, merupakan perluasan dari <i>use case</i> lain jika kondisi atau syarat terpenuhi.</p>




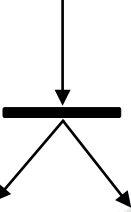
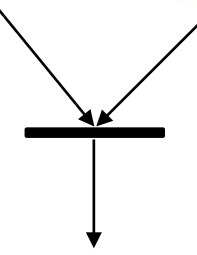
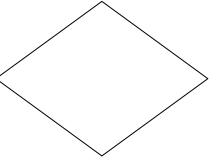
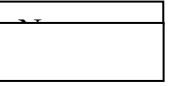
Sumber: Hendini, 2016

2. Activity Diagram

*Activity diagram* digunakan untuk pemodelan perilaku di dalam suatu bisnis. *Activity diagram* dapat dilihat sebagai sebuah *sophisticated data flow diagram* (DFD) yang digunakan

data analisis structural. Akan tetapi, berbeda dengan DFD, *activity diagram* mempunyai notasi untuk memodelkan aktivitas yang berlangsung secara paralel.

Tabel 2.6. Simbol *Activity Diagram*

Gambar	Keterangan
	Status awal aktivitas sistem, sebuah diagram aktivitas memiliki sebuah status awal.
	Aktivitas yang dilakukan sistem, aktivitas biasanya diawali dengan kata kerja.
	Asosiasi percabangan dimana jika ada pilihan aktivitas maka lebih dari satu.
	<i>Fork</i> /percabangan, digunakan untuk menunjukkan kegiatan yang dilakukan secara paralel atau untuk menggabungkan dua kegiatan paralel menjadi satu.
	<i>Join</i> (penggabungan) atau <i>rake</i> , digunakan untuk menunjukkan adanya dekomposisi.
	<i>Decision points</i> , menggambarkan pilihan untuk pengambilan keputusan, <i>true</i> atau <i>false</i>
	<i>Swinlane</i> , pembagian <i>activity diagram</i> untuk menunjukkan siapa melakukan apa

3. *SequenceDiagram*

*Sequence Diagram* digunakan untuk melacak eksekusi dari sebuah skenario *usecase*.

*Sequence diagram* menggambarkan interaksi dengan menandai setiap partisipan dengan garis

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dup yang berjalan secara vertikal ke bawah halaman dan urutan pesan dengan membaca ke bawah halaman.

### ClassDiagram

Menurut (Utomo, 2013) *Class diagram* adalah sebuah spesifikasi yang jika diinstansiasi akan menghasilkan sebuah obyek dan merupakan inti dari pengembangan dan desain berorientasi obyek. *Class Diagram* secara khas meliputi: Kelas (*Class*), Relasi (*Associations*, *Generalisation* dan *Aggregation*, atribut (*Attributes*), operasi (*operation/method*) dan *visibility*, tingkat akses objek *eksternal* kepada suatu operasi atau atribut. Hubungan antar kelas mempunyai keterangan yang disebut dengan *Multiplicity* atau *Cardinality*.

### 2.12 Auto CAD

Autocad adalah software atau perangkat lunak komputer yang digunakan untuk menggambar, baik itu 2 dimensi ataupun 3 dimensi. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Autodesk, Inc dan perangkat lunak ini dapat dioperasikan pada sistem operasi windows, mac os dan android. Autocad memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan penggambaran secara konvensional/ manual yaitu gambar yang dihasilkan mempunyai kualitas jauh lebih baik karena gambar hasil autocad lebih rapi dan presisi; gambar desain yang dihasilkan mempunyai tingkat akurasi tinggi karena autocad mempunyai tingkat presisi hingga tiga belas digit sehingga gambar memiliki ketepatan ukuran yang sangat baik; skala gambar yang fleksibel karena mampu mencetak gambar desain dengan jenis skala yang variatif; gambar yang dihasilkan bisa disimpan dengan cara yang sangat mudah.

### Hak Cipta dan Milik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



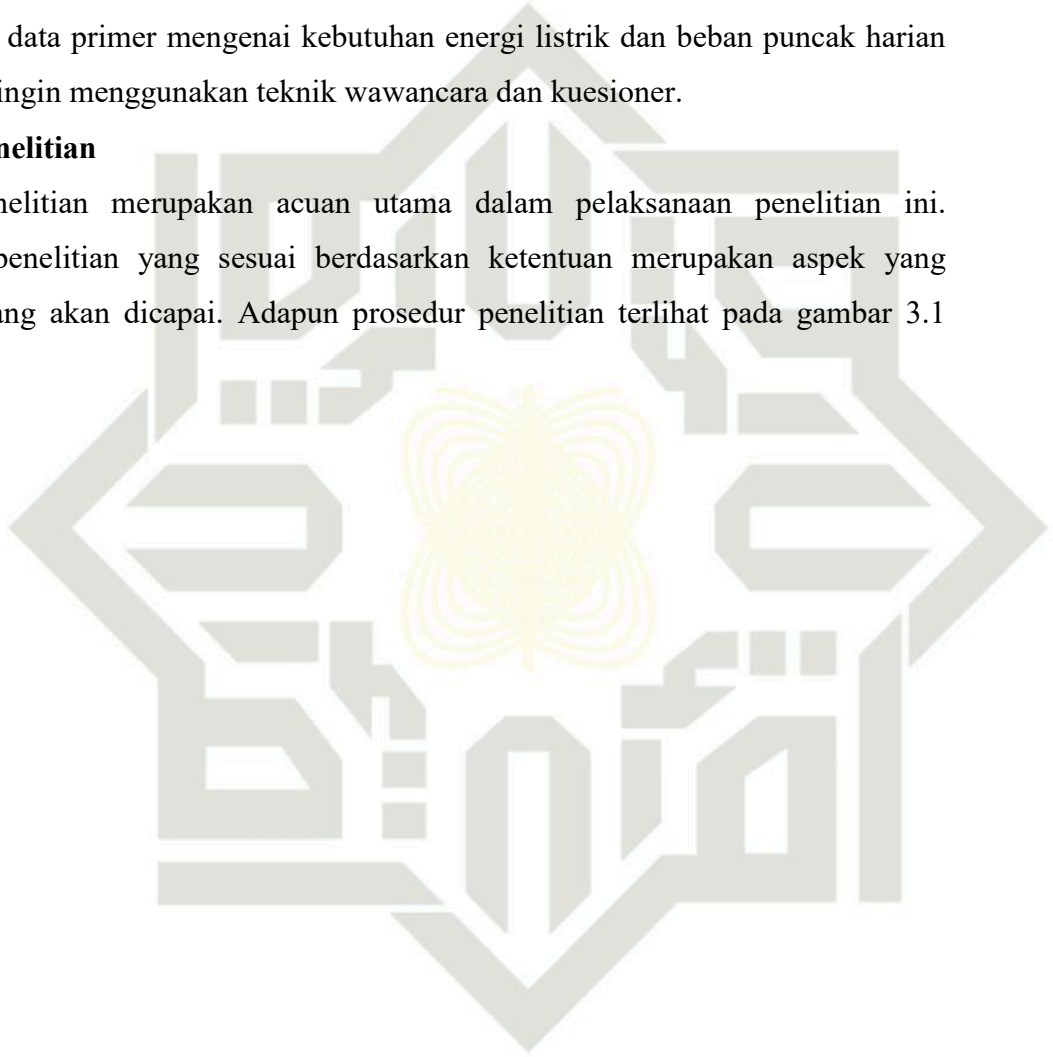
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif. Aspek kuantitatif pada penelitian ini adalah pengumpulan data primer mengenai kebutuhan energi listrik dan beban puncak harian Desa Tanjung Beringin menggunakan teknik wawancara dan kuesioner.

### 3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan acuan utama dalam pelaksanaan penelitian ini. Melakukan proses penelitian yang sesuai berdasarkan ketentuan merupakan aspek yang menentukan hasil yang akan dicapai. Adapun prosedur penelitian terlihat pada gambar 3.1 dibawah ini.

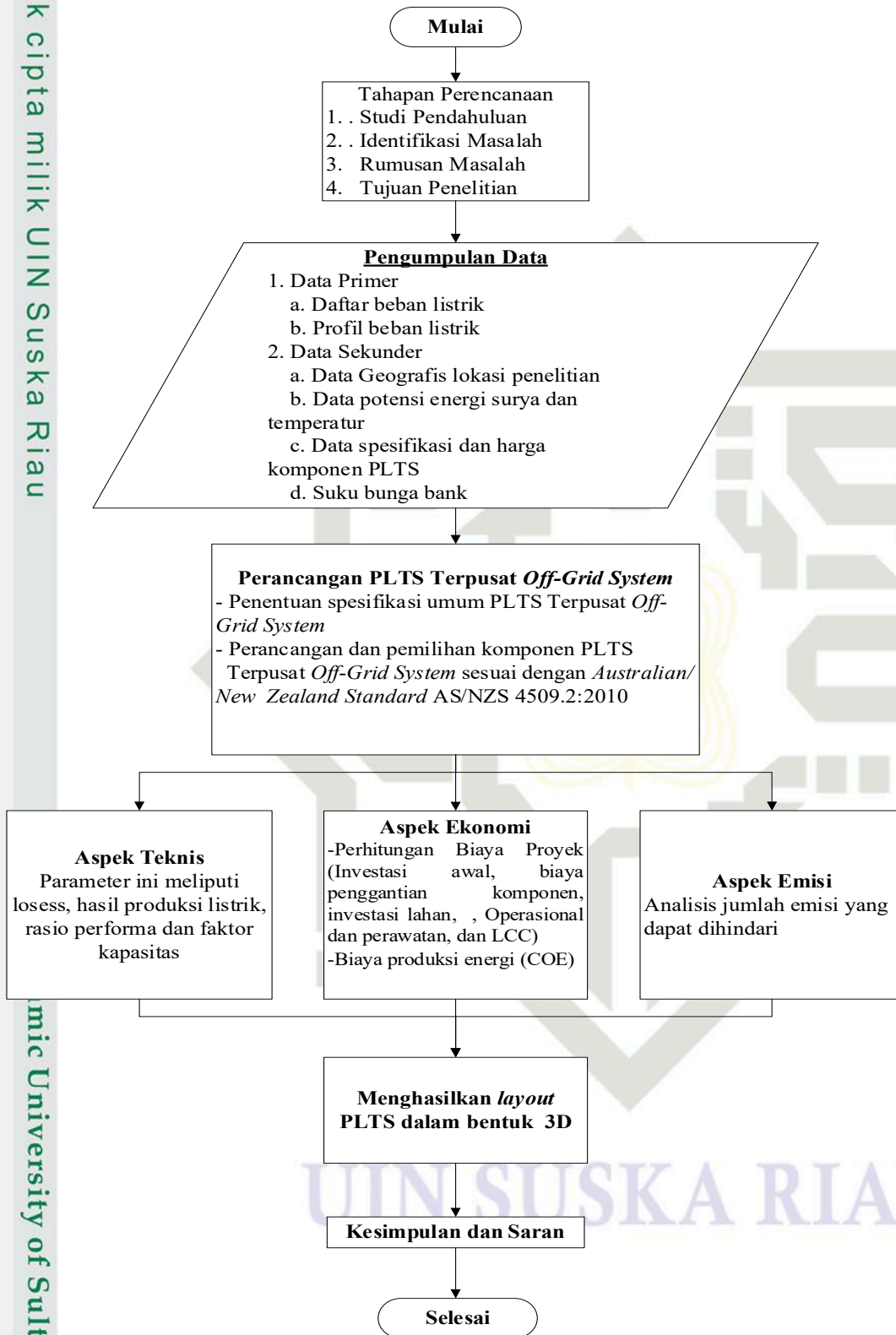


UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

## Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan dengan tujuan mencari permasalahan yang terdapat pada daerah yang ingin diteliti. Pada kegiatan ini pula dilakukan pengumpulan data awal sehingga diketahui bagaimana keadaan di daerah tersebut. Selain itu akan dicari referensi-referensi yang berkaitan dengan PLTS baik berupa buku, skripsi, jurnal publikasi, tesis, dan karya-karya ilmiah lainnya lalu mengkaji karya-karya ilmiah yang berhubungan dengan pembangkit listrik tenaga surya terpusat *off-grid system* yang sesuai untuk keadaan Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar.

### 3.4 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengamatan pendahuluan sebagai tahapan untuk melihat serta mengidentifikasi bagian-bagian yang akan diteliti. Hal ini bertujuan untuk mempermudah peneliti dalam menemukan permasalahan yang ada pada saat melakukan penelitian. Data-data yang diambil dalam studi pendahuluan berdasarkan hasil wawancara serta pengisian kuesioner terhadap masyarakat Desa Tanjung Beringin. Adapun ringkasan yang didapat dalam studi pendahuluan adalah sebagai berikut:

- a. Desa Tanjung Beringin sampai saat ini belum mendapatkan pasokan listrik dari PLN dan dalam waktu dekat belum memungkinkan mendapatkan listrik dari PLN.
- b. Terdapat 100 rumah di dusun 1 dan 2 Desa Tanjung Beringin yang letaknya saling berdampingan.
- c. Sumber energi listrik masyarakat Desa Tanjung Beringin berasal dari genset yang digunakan secara pribadi maupun berkelompok.
- d. Biaya untuk pengoperasian genset sebesar Rp. 600.000 sampai Rp. 750.000 perbulannya dengan jam operasi mulai pukul 18.00 WIB sampai 22.00 WIB atau 4 jam sehari.
- e. Harga bensin di Desa Tanjung Beringin Rp. 9.000/liter
- f. Perawatan genset secara berkala untuk mengganti oli mesin dan perawatan lainnya adalah setiap sebulan sekali.
- g. Masyarakat Desa Tanjung Beringin mengeluhkan biaya bahan bakar dan perawatan yang besar dan membutuhkan teknologi alternatif yang lebih hemat dalam jangka waktu yang lama

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Biaya yang dikeluarkan pribadi maupun kelompok untuk pemakaian bahan bakar solar yang menghidupkan genset setiap bulannya adalah sebesar Rp 600.000 sampai Rp. 750.000. Artinya biaya yang harus dikeluarkan setiap harinya Rp.20.000 sampai Rp. 25.000 atau Rp. 200.000 sampai Rp. 9.000.000 pertahunnya. Biaya-biaya tersebut belum termasuk biaya perawatan yang dilakukan secara berkala.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan serta didasarkan atas teori yang diperoleh dari studi literatur, maka dilakukan perumusan masalah terhadap masalah yang akan dianalisa. Pada penelitian ini perumusan masalahnya adalah bagaimana daftar beban listrik dan profil beban di Dusun satu dan dua, Desa Tanjung Beringin, merancang PLTS Terpusat *Off-Grid System* berdasarkan besar potensi energi surya yang tersedia dan dapat memenuhi beban listrik Dusun satu dan dua, Desa Tanjung Beringin, besar biaya produksi energi listrik dari PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang dirancang beserta biaya yang dibutuhkan pembangkit selama umur proyek (20 tahun), besar pengurangan emisi dengan adanya PLTS Terpusat *Off-Grid System* di Dusun 1 dan 2, Desa Tanjung Beringin, serta bagaimana mengimplementasi PLTS dalam bentuk tiga dimensi (3D).

### 3.6 Tujuan Penelitian

Tujuan sangat perlu ditetapkan dalam melakukan sebuah penelitian agar penelitian tersebut fokus pada tujuan yang diinginkan. Pada penelitian ini, tujuan ditetapkan untuk menghasilkan rancangan PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang memenuhi beban listrik Dusun 1 dan Dusun 2, Desa Tanjung Beringin, mengetahui besar biaya produksi energi listrik dari sistem PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang dirancang beserta biaya yang dibutuhkan pembangkit selama umur proyek (20 tahun), mengetahui besar pengurangan emisi dengan adanya PLTS Terpusat *Off-Grid System* di Dusun satu dan dua, Desa Tanjung Beringin, menghasilkan *layout* perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid system*, menghasilkan PLTS dalam bentuk tiga dimensi (3D) menggunakan teknologi *Augmented Reality*.

### 3.7 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung oleh peneliti. Data yang diperoleh terbagi menjadi dua bagian, yaitu data primer dan data sekunder.



## Populasi dan Sampel

Pada penelitian ini, yang menjadi populasi adalah jumlah pengguna listrik, yaitu rumah tangga (KK) di Dusun 1 dan Dusun 2, Desa Tanjung Beringin. Sumber data studi beban listrik diperoleh dengan melakukan wawancara dan pengisian kusioner secara langsung dari setiap responden, yang merupakan anggota dari kelompok pengguna yang menjadi sampel dalam penelitian ini. Untuk penarikan jumlah sampel pada penelitian ini telah ditentukan sebelum observasi ke lapangan dengan menetapkan sebesar 10%, karena jika studi beban dilakukan dengan mendaftarkan semua kelompok pengguna (sensus) maka akan memerlukan waktu yang lama dan juga dana yang besar, sehingga dalam kasus ini diambil sebuah solusi yang efisien terhadap waktu dan dana yang terbatas. Solusi dalam kasus ini menggunakan teknik *probability sampling*. “Probability sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama bagi setiap anggota populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel” (Sugiyono, 2010).

Dalam teknik *probability sampling* terbagi beberapa teknik untuk menentukan jumlah sampel, dan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah teknik *simple random sampling*. Dengan teknik ini pengambilan data dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam suatu populasi karena populasi dianggap homogen, dan jumlah sampel minimal 1% saja sudah cukup mewakili (Sugiyono, 2010).

### 3.9 Perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid System*

Pada perancangan sistem PLTS ini agar hasil yang didapatkan handal maka dalam proses perancangannya menggunakan *Australian/New Zealand Standard*<sup>TM</sup> AS/NZS 4509.2:2010 tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design*.

#### 3.9.1 Penentuan spesifikasi umum sistem PLTS Terpusat *Off-Grid System*

Berdasarkan *Australian/New Zealand Standard TM AS/NZS 4509.2:2010* tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design*, penelitian ini akan menentukan spesifikasi umum PLTS Terpusat *Off-Grid System* perlu menentukan hal-hal berikut:

- a. Menentukan efisiensi inverter ( $\eta_{inv}$ )

Dalam Penelitian ini ditentukan efisiensi inverter sebesar 95% karena untuk mengantisipasi penurunan efisiensi selama umur inverter yang akan berpengaruh pada produksi energi listrik.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- b. *Design load energy* ( $E_{tot}$ )

Pada penelitian ini suplai energi harus lebih besar dari kebutuhan energi beban agar dapat memenuhi kebutuhan energi listrik harian dan kehilangan energi sebelum sampai ke beban.

- c. Menentukan sudut kemiringan (*tilt angle*)

Dalam penelitian ini sudut kemiringan dipilih berdasarkan variasi radiasi yang paling maksimal yaitu pada sudut  $16^\circ$ .

- d. Menentukan nominal tegangan bus DC ( $V_{dc}$ )

Adapun nominal tegangan bus DC pada PLTS Terpusat *Off-Grid System* yaitu adalah 480 Volt, tegangan ini disesuaikan dengan tegangan operasi inverter yang akan digunakan.

- e. Konfigurasi sistem

### 3.9.2 Perancangan dan pemilihan komponen PLTS Terpusat *Off-Grid System* sesuai dengan *Australian/New Zealand Standard*™ AS/NZS 4509.2:2010

#### 3.9.2.1 Perancangan dan Pemilihan Komponen Utama

Pada tahap ini dilakukan perhitungan secara teoritis menggunakan rumus-rumus yang terdapat pada *Australian/New Zealand Standard*™ AS/NZS 4509.2:2010 tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design* dengan tujuan menghasilkan sebuah desain PLTS Terpusat *off-grid system* yang optimal.

1. Modul surya
2. Baterai
3. *Solar Charger Controller* (SCC)
4. Inverter

#### 3.9.2.2 Perancangan dan Pemilihan Komponen Pendukung

1. Kabel
2. Sistem Proteksi Pada Panel Box
3. *Mounting System*
4. Penangkal Petir

## 10. Aspek Teknis

Setelah dilakukan perancangan, peneliti menghitung produksi energi PLTS sesuai dengan potensi iradiasi dan efisiensi yang ada pada sistem yang dirancang. Dalam melakukan pembangunan suatu proyek ada beberapa aspek yang dipertimbangkan salah satunya aspek teknis. Aspek teknis pada penelitian ini yaitu menghitung *losses*, hasil produksi energi (persamaan 2.26), rasio peforma (persamaan 2.27) dan faktor kapasitas (2.28).

## 3.11 Aspek Ekonomi

### 3.11.1 Perhitungan Biaya Proyek

Perhitungan ini bertujuan untuk mngetahui biaya-biaya yang mungkin timbul dari pemantapan PLTS Terpusat *Off-Grid System*. Biaya-biaya ini meliputi biaya investasi, biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) dan biaya siklus hidup (LCC). Tahap perhitungan biaya proyek PLTS Terpusat *Off-Grid System* adalah sebagai berikut.

#### a. Biaya Investasi Komponen

Biaya investasi komponen ini meliputi biaya investasi *photovoltaic array*, *solar charge controller*, baterai, inverter dan pemilihan komponen pendukung (penangkal petir, panel distribusi, *power cable and grounding*, *grounding sistem PV array* dan *remote monitoring system*).

#### b. Biaya Investasi Penggantian Komponen

Biaya investasi ini meliputi biaya penggantian *solar charge controller*, baterai, inverter sesuai periode dari spesifikasi.

#### c. Biaya Investasi Lahan

Biaya investasi untuk lahan diperuntukkan bagi kegiatan penyiapan lahan tempat pemasangan *PV array*. Besarnya biaya investasi untuk penggunaan lahan, ditentukan dari luas area yang diperlukan untuk tempat pemasangan *PV array* dan harga lahan berdasarkan harga yang berlaku di daerah tersebut. Berdasarkan persamaan 2.29 pada bab 2.

#### d. Biaya O&M PLTS Terpusat *Off-Grid System*

Biaya O&M pertahun untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1% dari total biaya investasi awal (Lazou, 2000).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

e. **Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)**

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama kehidupannya. Pada sistem PLTS, biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang (PV) dan biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, lahan, biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian komponen (Foster dkk., 2010). Untuk mengetahui besar biaya siklus hidup dapat dihitung menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada bab 2 yaitu persamaan 2.31 dan persamaan 2.32.

**3.11.2 Analisis Biaya Energi PLTS Terpusat *Off-Grid System***

Biaya produksi energi PLTS Terpusat *Off-Grid System* pertahun atau *Cost of Energy* (COE) ditentukan dari LCC, *Capital Recovery Factor* (CRF) dan produksi energi tahunan. Untuk mengetahui besar biaya energi PLTS Terpusat *Off-Grid System* (*Cost of Energy*) dapat dihitung menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada bab 2 yaitu persamaan 2.34 dan persamaan 2.35.

**3.12 Aspek Emisi**

Pada aspek pengurangan emisi dengan memanfaatkan PLTS Terpusat *Off-Grid System* merupakan salah satu alternatif dalam rangka mengganti/substitusi pembangkit tenaga fosil. Selain sumber-sumber energi fosil yang semakin terbatas, pembangkit listrik tenaga fosil melepaskan CO<sub>2</sub> akibat dari pemanfaatan pembakaran energi fosil. CO<sub>2</sub> merupakan salah satu emisi penghasil gas rumah kaca. Untuk mengetahui jumlah pengurangan emisi karbon akibat mengganti/substitusi bahan bakar fosil maka analisa pengurangan emisi karbon dengan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada bab 2 yaitu persamaan 2.36.

**3.13 *Layout* PLTS dalam bentuk 3D**

Hasil dari perancangan PLTS ini tidak hanya menghasilkan perhitungan secara teoritis menggunakan standar yang ada serta analisis perancangan yang terdiri dari aspek teknis, ekonomi dan lingkungan semata namun juga menghasilkan *layout* PLTS dalam bentuk dua dimensi (2D) menggunakan *software AutoCAD* dan tiga dimensi (3D) menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR).

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data analisis tentang “Perancangan pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat *Off-Grid System* Untuk Pedesaan Terpencil dan Tertinggal studi kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau) didapatkan:

1. Kapasitas sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Terpusat *Off-Grid System* di Desa Tanjung Beringin adalah 107,1 KWp dengan modul surya 340 Wp yang digunakan sebanyak 315 unit dan sebuah inverter dengan kapasitas 120 KW
2. Produksi energi yang dihasilkan oleh PLTS Terpusat *Off-Grid System* pada tahun pertama adalah 153 MWh per tahun dan menurun tiap tahunnya.
3. Analisis teknis sistem pembangkit yang telah dirancangan menghasilkan spesifikasi teknis pembangkit yakni *losses* sebesar 17%, *performa ratio* 83% dan *capacity faktor* sebesar 17 %.
4. Analisa *Life Cycle Cost* (LCC) dengan tingkat suku bunga 6% menghasilkan sebesar Rp 9.627.441.020 selama umur proyek 20 tahun. Dengan rincian investasi awal Rp 8.350.790.000, biaya operasi dan pemeliharaan (O&M) sebesar Rp 83.507.900 dan biaya penggantian inverter pada tahun ke-10 sebesar Rp 573.000.000.
5. Adapun besar biaya COE pada PLTS Terpusat *Off-Grid System* di Desa Tanjung Beringin dalam penelitian ini yaitu sebesar Rp. 5.411/kWh, sedangkan biaya COE yang saat ini ditanggung oleh setiap kepala keluarga di Desa Tanjung Beringin adalah sebesar Rp. 31.210/kWh.
6. Dari hasil perhitungan hasil produksi listrik pertahunannya PLTS Terpusat *Off-Grid System* di Desa Tanjung Beringin dihasilkan 153 MWh, dengan faktor emisi gas karbondioksida pembangkit listrik sebesar 0,857 kgCO<sup>2</sup>/kWh. Sehingga dapat diperoleh emisi gas CO<sub>2</sub> yang dapat dikurangi dalam satu tahun sebesar 131,121 tonCO<sub>2</sub>.
7. Dari hasil perancangan 2D menggunakan *Softwere AutoCAD* didapatkan luas lahan untuk membangun PLTS seluas 1633 m<sup>3</sup>.
8. Aplikasi AR dapat berjalan di Android dan menampilkan objek 3D.

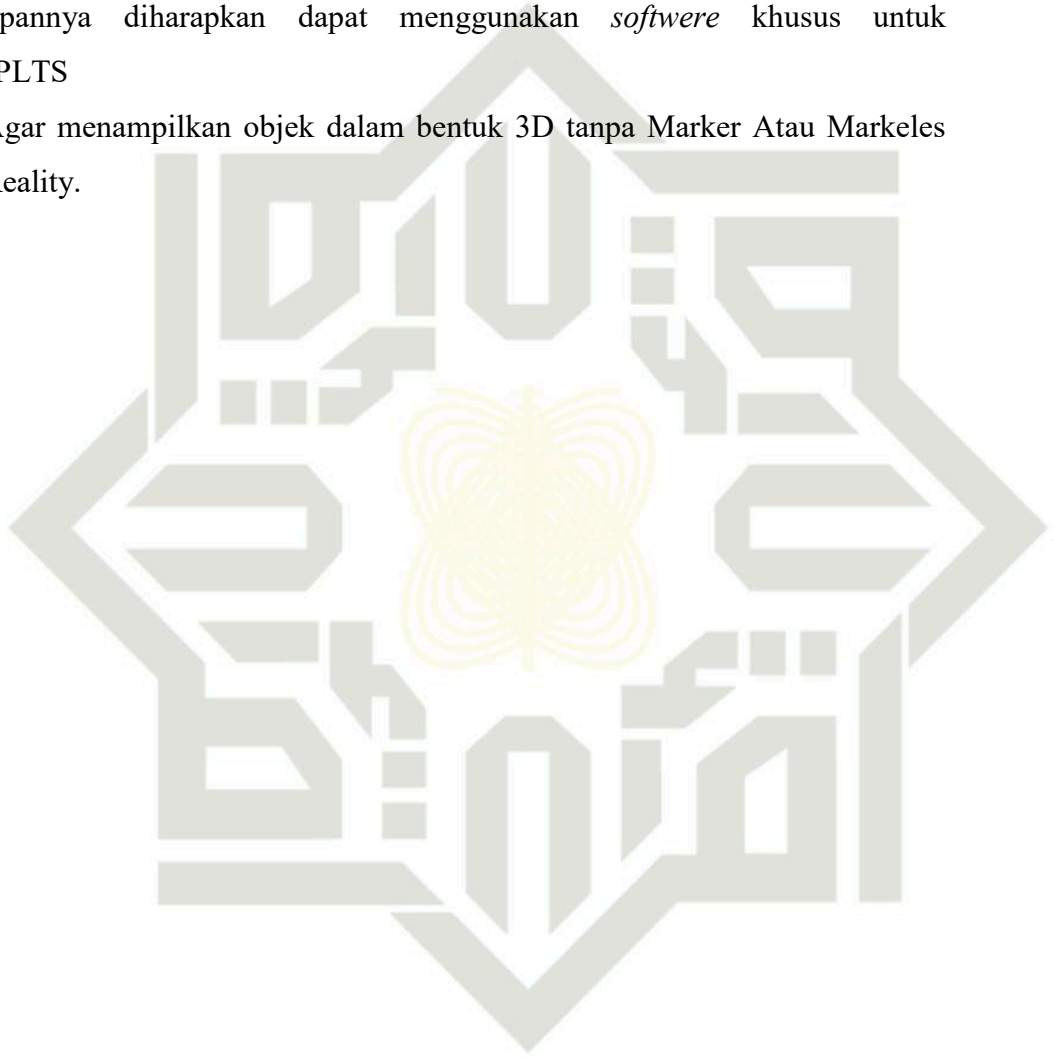
### Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, penulis memberikan saran agar dapat dijadikan pertimbangan lebih lanjut dalam upaya pengembangan penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini menggunakan perhitungan teoritis dalam menghasilkan perancangan PLTS, kedepannya diharapkan dapat menggunakan *software* khusus untuk perancangan PLTS
2. Disarankan Agar menampilkan objek dalam bentuk 3D tanpa Marker Atau Markeles Augmented Reality.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

## DAFTAR PUSTAKA

- ABB. 2011. *Technical Application Papers No.10 Photovoltaic plants*.  
[https://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/.../\\$FILE/Vol.10.pdf](https://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/.../$FILE/Vol.10.pdf).
- Albadri, M.H dkk. 2014. *Design of 50 kW Solar Rooftop System*. Sultan Qaboos University, Oman
- DGS. 2008. “*Planing And Installing Photovoltaic System : A guide for installer, architects and engineers*”. ISBN-13: 978-1-84407-442-6.
- Dirk Jordan and Sarah R. Kurtz. 2012, “*Photovoltaic Degradation Rates- An analytical Review*”. National Renewable Energy Laboratory. USA NREL/JA-5200-51664.
- ESDM. 2015. <http://ebtke.esdm.go.id/post/2015/03/11/800/plts.rooftop.utuk.gedung.perkantoran> (diakses April 2018).
- Foster, R., Ghassemi, M. dan Cota, A. 2010. *Solar Energy*. Taylor & Francis Group, New Mexico <http://axagroup.eu/images/pdf/130838250-Solar-Energy.pdf> (diakses April 2018).
- Giatman, M. 2005. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: Penerbit PT. Raja Grafindo Persada.
- Global Sustainable Energy Solution Pty. 2013. *Grid-Connected PV Systems Design and Instalations*. First Indian Edition.
- Hanif, Muhammad. 2012. “*Studying Power Output of PV Solar Panels at Different Temperatures and Tilt Angel*”. Khyber Pakhtunkhwa Agricultural University, Peshawar, Pakistan.
- HS, Rahmad. 2016. “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rooftop Grid-Connected pada Gedung Pemerintah”. UIN Suska Riau. Pekanbaru.
- Keputusan PLN Nomor : 0357.K/DIR/ Tahun 2014. “Pedoman Penyambungan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Ke Sistem Distribusi PLN”. Jakarta.
- Kum Ebenezer Nyarko and Abeku Brew-Hammond. 2013. “*Design and Analysis of a 1 MW Grid-Connected Solar PV System in Ghana*”. Kwame Nkrumah University Of Science And Technology, Kumasi, Ghana.
- Lubis, Ilham. 2018. “Analisa Perancangan *On-Grid* System Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Industri Menengah”. UIN Suska Riau. Pekanbaru.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Marcelino, Randi. 2017. “Perancangan PLTS terpusat *Off-Grid System* untuk pedesaan terpencil (studi kasus: desa kasang padang, Kabupaten Rokan Hulu, Riau)”. UIN Suka Riau. Pekanbaru.

Messenger, Roger A dan Jerry Ventre. *Photovoltaic System Engineering Second Edition*. ISBN 0-8493-1793-2, Florida, US.

Prima, Obbie. 2017. “Analisa Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Rooftop Grid-Connected* Pada Gedung Pemerintah”. UIN Suska. Pekanbaru.

Putra, Ajok Gede Visnu Semara. 2015. “Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 kW di Dusun Asah Teben Desa Datah Karangasem”.  
<https://www.unud.ac.id/in/tugas-akhir1004405095.html> (diakses April 2018).

Regen Power, 2011. *Solar Photovoltaic Power System Handbook Grid Connected*

Santiari, I Dewa Ayu Sri, 2011. Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan Di Nusa Lembongan Bali. Universitas Udayana. Jimbaran – Bali.

Setiawan, I K Agus, I N Satya Kumara dan I Wayan Sukerayasa. 2014. *Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubihi, Bangli*. Universitas Udayana, Bali. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JTE/article/view/14026/9684> (diakses April 2018).

Syah, Rhama Nurhian dkk. 2014. “Studi Kelayakan Penggunaan Atap Sel Surya sebagai Sumber Energi Listrik di Stasiun Kereta Api Jember”. Universitas Jember, Jawa Timur.

## LAMPIRAN A

### HASIL KUISIONER DI DESA TANJUNG BERINGIN

Nama : E L W I  
Usia : 37 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?

keadaannya suliit purna menggunakan genset  
biayanya jd mahal dan alat elektronik  
juga sering rusak.

2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?

Rata<sup>2</sup> kerjanya petani karet, tapi purna  
karet murah jd susah sekarang

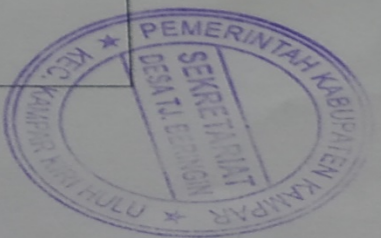
3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?

Setuju jadi tidak perlu pake genset lagi. kalo  
good PLTS cuma tanahnya bisa buat listrik.

4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan dirumah Anda dan waktu penggunaannya?



Nama: F.W (29 tahun) DATA STUDI BEBAN LISTRIK



No	Nama Peralatan	Daya (W)	Waktu Selama Pemakaian	Masa Pemakaian Jam/Hari	Konsumsi Energi Listrik Harian (Wh)
1	Televisi	68	06.00 - 11.00 15.00 - 22.00	12 jam	816
2	Receiver Parabolik	20	06.00 - 11.00 15.00 - 22.00	12 jam	240
3	Lampu 1	23(3)	18.00 - 06.00	12 jam	828
4	Lampu 2	18(2)	18.00 - 06.00	12 jam	432
5	Charger hp 5(2)		15.00 - 17.00	2 jam	20
6					
7					
8					
9					

- Hak Cipta
1. Diarahkan
  - a. Peralatan
  - b. Peralatan
2. Dilakukan pengukuran dan perhitungan sebagai data seluruhnya untuk tujuan penelitian apapun tanpa izin OHSUSKATINDO.



Nama : Khatit  
Usia : 47 tahun  
Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?

Gusah sekali tadang sehari-hari tidak bisa pake listrik karena gusut rusak

2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?

Pengumpul getah karet cuma pendapatannya sedikit karena karet murah.

3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?

Setuju, saya tauanya PLTS bisa bikin listrik cuma takutnya bahan rusak bisa terbakar nanti.

4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan dirumah Anda dan waktu penggunaanya?



Nama : Kholik (19 tahun) DATA STUDI BEBAN LISTRIK



No	Nama Peralatan	Daya (W)	Waktu Selama Pemakaian	Masa Pemakaian Jam/Hari	Konsumsi Energi Listrik Harian (Wh)
1	Telukusi	50	06.00 - 09.00 15.00 - 23.00	11 Jam	550
2	Releker Kambala	20	06.00 - 09.00 15.00 - 23.00	11 Jam	220
3	Lampu 1	23 (3)	18.00 - 06.00	12 Jam	828
4	Lampu 2	14 (2)	18.00 - 06.00	12 Jam	336
5	Mesin hp 5 (2)		16.00 - 18.00	2 Jam	20
6	Pompa air 125		05.00 - 06.00 17.00 - 18.00	2 Jam	250
7					
8					
9					
10					

© Ha

Hak Cipta

1. Dilarang

a. P

b. P

2. Dilarang



Nama : Saipul

Usia : 35 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?

Susah sekali, genset

2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?

Pengumpul getah karet

3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?

Setuju sekali, Getah gaya PLTS untuk membuat listrik. Cuma takut kalau alat begitu dibuat di desa

4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan dirumah Anda dan waktu penggunaanya?

Hak Cipta  
1. Dilindungi  
a. P  
b. P  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© H e

im R

asalah

Nama : Saiful (95 tahun) DATA STUDI BEBAN LISTRIK



No	Nama Peralatan	Daya (W)	Waktu Selama Pemakaian	Masa Pemakaian Jam/Hari	Konsumsi Energi Listrik Harian (Wh)
1	Televisi	68	06.00 - 08.00 13.00 - 17.00 19.00 - 23.00	10 Jam	680
2	Receiver Terabola	20	06.00 - 08.00 13.00 - 17.00 19.00 - 23.00	10 Jam	200
3	Lampu 1	45 (1)	18.00 - 23.00	5 Jam	225
4	Lampu 2	23 (3)	18.00 - 06.00	12 Jam	828
5	Charge hp	5 (2)	16.00 - 18.00	2 Jam	20
6	Pompa air	25	06.00 - 07.00 17.00 - 18.00	2 Jam	250
7					
8					
9					
10					

- Hak Cipta
1. Dilarang
  - a. P
  - b. P
  2. Dilarang

Nama : Fazak  
Usia : 35 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?

Suht kadang medan harus gelap.  
Gaset

2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?

Pemumpul getah ada juga yang jualan ketota

3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?

Setuju.  
PLTS itu alat untuk menghasilkan listrik

4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan dirumah Anda dan waktu penggunaanya?



Rozak (36 tahun)

DATA STUDI BEBAN LISTRIK



No	Nama Peralatan	Daya (W)	Waktu Selama Pemakaian <sup>1</sup>	Masa Pemakaian Jam/Hari	Konsumsi Energi Listrik Harian (Wh)
1	Televisi	68	06.00 - 10.00 15.00 - 23.00	12 Jam	816
2	Pelayer Perabada	20	06.00 - 10.00 15.00 - 23.00	12 Jam	240
3	Lampu	45	18.00 - 06.00	12 Jam	540
4	Lampu 2	23 (3)	18.00 - 06.00	12 Jam	828
5	Kipas angin	45	15.00 - 17.00	2 Jam	90
6	Charger hp	5 (2)	16.00 - 18.00	2 Jam	20
7	Panipa air	125	06.00 - 07.00 17.00 - 18.00	2 Jam	250
8					
9					
10					

© He

Hak Cipta

1. Dilindungi

a. P

b. Penguji atau merujuk keperguruan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Nama : Abas

Usia : 45 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?

Sawat Sulit  
Genset

2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?

Pengumpul getah

3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?

Setuju saya sekama tidak ada masalah

4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan di rumah Anda dan waktu penggunaannya?

Nama : Arios (115 tahun) DATA STUDI BEBAN LISTRIK

No	Nama Peralatan	Daya (W)	WaktuSelamaPemakaian n	Masa Pemakaian Jam/Hari	KonsumsiEnergi listrik Harian (Wh)
1	Televisi	68	06.00-09.00 15.00-22.00	10 Jam	680
2	Rezeper Kambara	20	06.00-09.00 15.00-22.00	10 Jam	200
3	Lampu	23(5)	18.00-06.00	12 Jam	1380
4	Kipas angin	45	15.00-17.00	2 Jam	90
5	Charger hp	5	15.00-17.00	2 Jam	10
6					
7					
8					
9					



- Hak Cipta
1. Dilarang
  - a. P
  - b. P
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Nama : Sulaiman

Usia : 52 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?

Sulit sekali apabila harga getah murah jadi sulit beli minyak untuk genset

2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?

Pengumpul getah karet

3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?

Setuju

Sangat kurang tau soal PLTS

4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan dirumah Anda dan waktu penggunaanya?

Hak Cipta  
1. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi dokumen ini tanpa izin tertulis dari penerbit.  
2. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi dokumen ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Nama: Sulaiman (52 tahun) DATA STUDI BEBAN LISTRIK



No	Nama Peralatan	Daya (W)	Waktu Selama Pemakaian	Masa Pemakaian Jam/Hari	Konsumsi Energi Listrik Harian (Wh)
1	Televisi	68	05.00 - 07.00 16.00 - 23.00	9 Jam	567
2	Receiver Parabolik	20	05.00 - 07.00 16.00 - 23.00	9 Jam	180
3	Lampu	23 (7)	18.00 - 06.00	12 Jam	1932
4	Charger hp	5	16.00 - 18.00	2 Jam	10
5	Pompa air	125	05.00 - 09.00 17.00 - 18.00	2 Jam	250
6					
7					
8					
9					

© He

Hak Cipta

1. Dilarang
- a. P

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

asim R

masalah

Nama : Januar

Usia : 40 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?

Galut setek  
Genset

2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?

Petani karet

3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?

Sangat setuju

Setan gaya PLTS itu untuk membuat listrik jadi  
tidak perlu pakai genset lagi

4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan dirumah Anda dan waktu penggunaanya?



Nama: Tanjung (40 tahun) DATA STUDI BEBAN LISTRIK

No	Nama Peralatan	Daya (W)	Waktu Selama Pemakaian	Masa Pemakaian Jam/Hari	Konsumsi Energi Listrik Harian (Wh)
1	Telvisi	68	05.00 - 08.00 16.00 - 23.00	10 Jam	680
2	Receiver Parabola	20	05.00 - 08.00 16.00 - 23.00	10 Jam	200
3	Kipas Angin	37	16.00 - 17.00	3 Jam	111
4	Lampu	18 (6)	18.00 - 06.00	12 Jam	1296
5	Charger hp	5	16.00 - 18.00	2 Jam	10
6	Pompa air	125	05.00 - 06.00 17.00 - 18.00	2 Jam	250
7					
8					
9					



© H e

Hak Cipta

1. Dilain

a. P

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

im R

asalah

Nama : Basir  
Usia : 38 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?  
Sulit  
Genset
2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?  
Pengumpul Getah Karet
3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?  
Sangat setuju  
Setan saya itu alat untuk membuat listrik jadi  
listrik bisa nyala terus
4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan di rumah Anda dan waktu penggunaannya?



Nama : Basir (38 tahun) DATA STUDI BEBAN LISTRIK



No	Nama Peralatan	Daya (W)	Waktu Selama Pemakaian	Masa Pemakaian Jam/Hari	Konsumsi Energi Listrik Harian (Wh)
1	Televisi	60	06.00 - 09.00 16.00 - 23.00	10 jam	680
2	Receiver Perabola	20	06.00 - 09.00 16.00 - 23.00	10 jam	200
3	Lampu 1	23(3)	18.00 - 06.00	12 jam	828
4	Lampu 2	18(2)	18.00 - 06.00	12 jam	432
5	Charger hp	5	16.00 - 18.00	2 jam	10
6	Pompa air	125	06.00 - 09.00 14.00 - 18.00	2 jam	250
7					
8					
9					
10					

- Hak Cipta
1. Dilarang mengutip, menyalin, atau menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nama : Usman

Usia : 47 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?

Sulit

Genset

2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?

Pengumpul getah

3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?

Setuju saja kalau aman

4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan dirumah Anda dan waktu penggunaanya?



Nama: Usman (17 tahun)

DATA STUDI BEBAN LISTRIK



No	Nama Peralatan	Daya (W)	Waktu Selama Pemakaian	Masa Pemakaian Jam/Hari	Konsumsi Energi Listrik Harian (Wh)
1	Televisi	68	06.00 - 09.00 16.00 - 22.00	9 Jam	612
2	Penyeter Kendaraan	20	06.00 - 09.00 16.00 - 19.00	9 Jam	180
3	Lampu 1	18(14)	18.00 - 06.00	12 Jam	864
4	Lampu 2	14(2)	18.00 - 06.00	12 Jam	336
5	Charge hp	5(2)	16.00 - 18.00	2 Jam	20
6	Kulkas 1 Pintu	45	24 Jam	24 Jam	1080
7	Pampasir	125	05.00 - 06.00 17.00 - 18.00	2 Jam	250
8					
9					
10					

© H e

Hak Cipta

1. Dilarang
- a. P

- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nama : Sawar  
Usia : 37 tahun

Daftar Pertanyaan.

1. Bagaimana keadaan masyarakat tanpa adanya listrik PLN? Lalu apa sumber energi listrik masyarakat saat ini?  
Sulit  
Genset
2. Apa pekerjaan rata-rata masyarakat di Desa Tanjung Beringin ini?  
Pangumpul getah
3. Apakah Anda setuju jika di Desa Tanjung Beringin ini dibangun PLTS? Lalu sejauh apa pengetahuan Anda tentang PLTS?  
Setuju  
PLTS itu alat untuk menghasilkan listrik
4. Apa saja peralatan elektronik yang digunakan dirumah Anda dan waktu penggunaanya?



Nama : Saver (37 tahun) DATA STUDI BEBAN LISTRIK

No	Nama Peralatan	Daya (W)	WaktuSelamaPemakaian <sup>11</sup>	Masa Pemakaian Jam/Hari	KonsumsiEnergiIstrikHarian (Wh)
1	Televisi	45	06.00 - 08.00 14.00 - 23.00	11 jam	495
2	Receiver Parabola	20	06.00 - 08.00 14.00 - 23.00	11 jam	220
3	Lampu 1	23(2)	18.00 - 06.00	12 jam	552
4	Lampu 2	18(3)	18.00 - 06.00	12 jam	648
5	Pulkar 1 Panti	45	24 jam	24 jam	1080
6	Charger hp	5(2)	16.00 - 18.00	2 jam	20
7					
8					
9					



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LAMPIRAN B

### PRODUKSI ENERGI LISTRIK PLTS TERPUSAT *OFF-GRID SYSTEM* 107,1 KWP

1. Produksi Energi Listrik PLTS Terpusat *Off-Grid System* 107,1 kWp tahun pertama.

No	Bulan	Jumlah Hari	Radiasi Perbulan	Produksi Energi (kWh)
1	Februari	28	4,18	10.404
2	Maret	31	4,63	12.758
3	April	30	4,78	12.747
4	Mei	31	5	13.778
5	Juni	30	4,86	12.960
6	Juli	31	4,6	12.676
7	Agustus	31	4,78	13.172
8	September	30	4,98	13.280
9	Oktober	31	4,76	13.117
10	November	30	4,87	12.987
11	Desember	31	4,97	13.695
12	Januari	31	4,5	12.400
Jumlah Produksi Energi Listrik PLTS Tahunan				153.974
Rata – rata Produksi Energi Listrik PLTS Tahunan				12.831

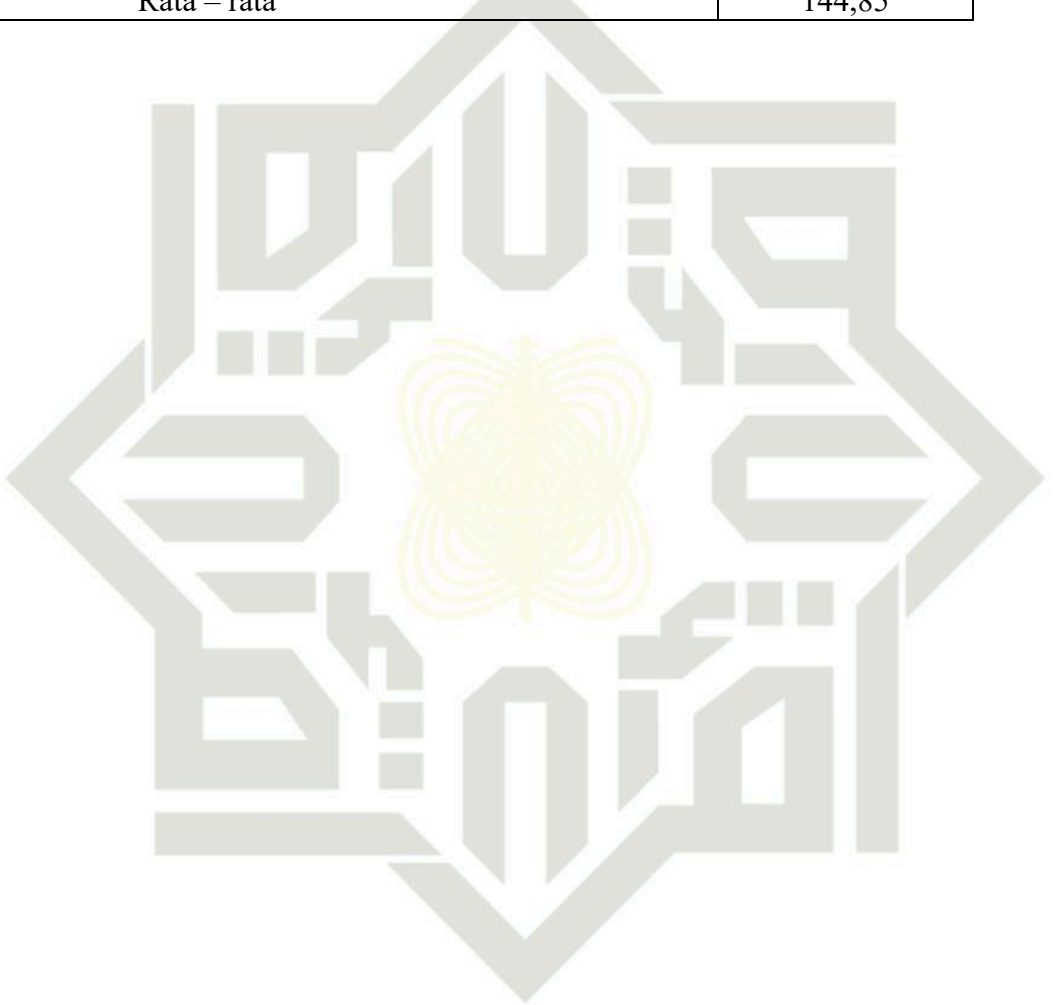
2. Produksi Energi Listrik PLTS Terpusat *Off-Grid System* 107,1 kWp Selama 20 Tahun

No	Tahun Produksi	Efisiensi	Penurunan Efisiensi (0,5%)/Tahun	Produksi Energi (MWh)
1	Tahun Ke-1	83%	-	153
2	Tahun Ke-2		82,5%	153
3	Tahun Ke-3		82%	152
4	Tahun Ke-4		81,5%	151
5	Tahun Ke-5		81%	150
6	Tahun Ke-6		80,5%	149
7	Tahun Ke-7		80%	148
8	Tahun Ke-8		79,5%	147
9	Tahun Ke-9		79%	146
10	Tahun Ke-10		78,5%	145
11	Tahun Ke-11		78%	144
12	Tahun Ke-12		77,5%	143
13	Tahun Ke-13		77%	143

Hak Cipta Bilangan Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tahun Ke-14		76,5%	142
Tahun Ke-15		76%	141
Tahun Ke-16		75,5%	140
Tahun Ke-17		75%	139
Tahun Ke-18		74,5%	138
Tahun Ke-19		74%	137
Tahun Ke-20		73,5%	136
Jumlah Produksi Energi Listrik PLTS Selama 20 Tahun			2.897
Rata – rata			144,85



UIN SUSKA RIAU

## LAMPIRAN C DOKUMENTASI

### 1. Perjalanan melalui jalur darat



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Perjalanan melalui jalur sungai



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 3. Didesa Tanjung Beringin



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Michael Parningotan Sitohang, lahir di Jakarta, 16 November 1995 merupakan anak ke tiga dari empat bersaudara, buah cinta dari pasangan Bapak Bresman Cosmas Sitohang dan Ibu Diana Siregar yang beralamat di Jalan Aster No. 4B Kelurahan Tangkerang Tengah Kecamatan Marpoyan Damai, Kota Pekanbaru. Penulis memiliki dua orang abang yaitu Samuel Sitohang dan Daniel Sitohang serta seorang adik bernama Yoel Sitohang.



Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 041 Marpoyan Damai Pekanbaru pada tahun 2007, SMP Negeri 12 Pekanbaru pada tahun 2010, SMA TRI BHAKTI Pekanbaru dengan mengambil jurusan IPA pada tahun 2013, dan melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Fakultas Sains dan Teknologi jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Energi lulus pada tahun 2019.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar besarnya kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul "***Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System (sturdi kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau***".

Nomor Hp : 0812-3234-7169

E-Mail : michaelstitohang16@gmail.com

Judul Tugas Akhir : *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System (sturdi kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau*