



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 Riau

# PERANCANGAN PABRIK ES BALOK TENAGA SURYA (Studi Kasus: Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau)

## LAPORAN TUGAS AKHIR

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



oleh :

M. ZIKRY  
11655103732

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU  
2023



# LEMBAR PERSETUJUAN

## PERANCANGAN PABRIK ES BALOK TENAGA SURYA (Studi Kasus: Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau)

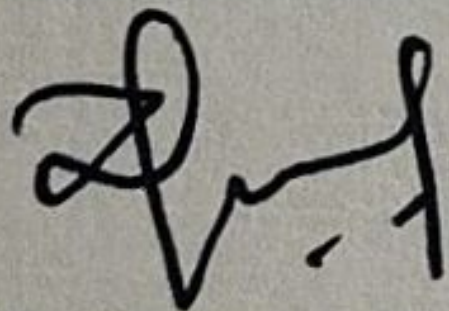
### TUGAS AKHIR

oleh:

**M. ZIKRY**  
**11655103732**

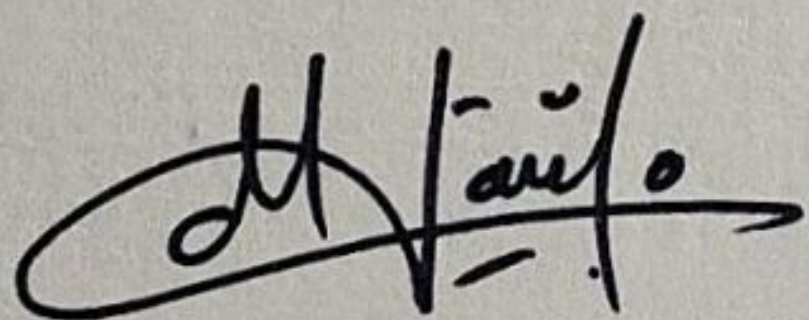
Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir  
Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juli 2023

**Ketua Program Studi  
Teknik Elektro**



**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.**  
**NIP. 19721021 200604 2 001**

**Pembimbing Tugas Akhir**



**Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.**  
**NIK. 130517054**



# LEMBAR PENGESAHAN

## PERANCANGAN PABRIK ES BALOK TENAGA SURYA

(Studi Kasus: Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau)

### TUGAS AKHIR

oleh:

M. ZIKRY

11655103732

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 13 Juli 2023

Pekanbaru, 13 Juli 2023

Mengesahkan,

Dekan

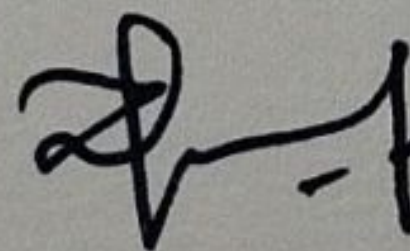
Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Hartono, M.Pd.

NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Program Studi

Teknik Elektro



Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.

NIP. 19721021 200604 2 001

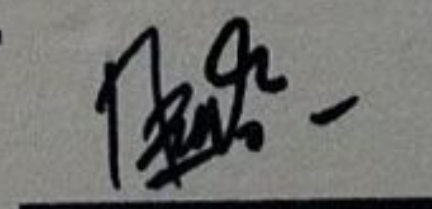
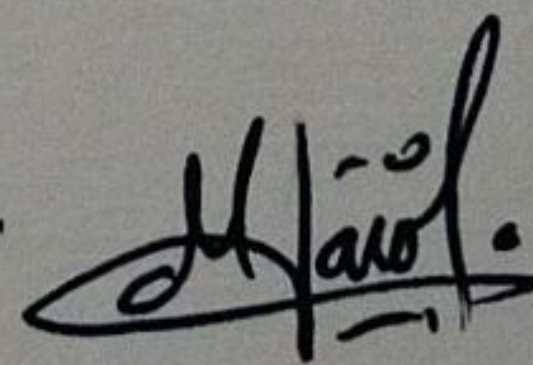
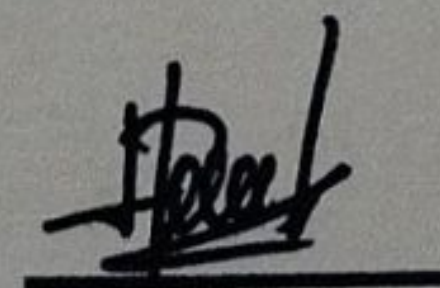
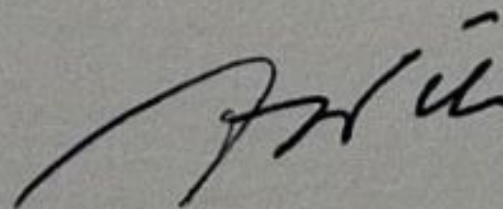
### DEWAN PENGUJI :

Ketua : Abdillah, S.Si., M.I.T.

Sekretaris : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.

Anggota I : Dr. Liliana, S.T., M.Eng.

Anggota II : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.





## 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, 13 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



M. ZIKRY  
116553732

UIN SUSKA RIAU

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Ditinjau UIN Suska Riau

Hak Cipta Ditinjau 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.



## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

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.

### 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

**Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang**

Terima Kasih Ya Allah...

Terima kasih Allah SWT yang telah mengizinkan saya untuk menyembah sujud serta syukurku kepada-Mu ya Allah, zat yang Maha Pengasih namun Engkau tak pernah pilih kasih dan Maha Penyayang yang kasih sayang-Nya tak terbilang. Engkaulah Allah yang Maha membolak-balikkan hati, teguhkanlah hati ini di atas agama-Mu ya Allah. Lantunan shalawat beriring salam penggugah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada sosok panutan umat, pembangun peradaban manusia yang beradab Nabi Besar Muhammad SAW.

**Karya tulis ini merupakan karunia kebermanfaatan ilmu dari Allah SWT yang tidak ternilai harganya. Sebuah karya tulis yang telah menghantarkan ku sebagai seorang Sarjana.**

**Semua ini ku persembahkan kepada:**

Kedua orang tuaku yang telah berkorban, memberikan segenap kasih sayang, tuntunan, bimbingan, doa dan semangat agar selalu sabar serta tawakal dalam menjalani hidup ini.

*".... Wahai Tuhanku, kasihilah mereka keduanya, sebagaimana mereka berdua telah mendidik aku semenjak kecil" (QS. Al Isra' : 24)*

**Untuk Keluargaku Dan Abang-Abangku:**

Terima kasih atas doa, curahan kasih sayang dan semangat yang telah kalian berikan.

**Untuk Sahabat dan Teman-teman:**

Terima kasih buat sahabat dan teman-teman atas doa dan dukungannya. Kalian adalah orang-orang terbaik yang pernah ku temui dalam kehidupan ini.

*Dan katakanlah: "Ya Tuhan-ku, masukkan aku ketempat masuk yang benar dan keluarkanlah (pula) aku ke tempat keluar yang benar dan berilah aku disisiMu kekuasaan yang dapat menolongku." (QS: Al-Isra 80)*

- 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 PABRIK ES BALOK TENAGA SURYA (Studi Kasus: Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau)

M. ZIKRY

NIM : 11655101389

Tanggal Sidang : 13 Juli 2023

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No.155 Pekanbaru

## ABSTRAK

Kebutuhan es balok yang digunakan para nelayan di daerah pesisir sebagai pengawet hasil tangkapan ikan sulit untuk dipenuhi karena Desa tersebut belum tersambung listrik PLN dan jarak yang jauh ke lokasi pabrik es tertekat. Oleh karena itu pada penelitian ini di rancang pabrik es balok tenaga surya dengan memanfaatkan sumber energi yang ada di Desa tersebut. Perancangan ini berlandaskan *Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4509.2:2010 Stand Alone Power System Part 2: System Design*. Dari aspek teknis dengan beban daya 337,87 kWh per hari dibutuhkan 300 panel surya berkapasitas 99000 Wp, 184 unit baterai yang dihubungkan secara dan paralel dengan tegangan 12V berkapasitas 200 Ah, 10 unit SCC dengan arus pengisian 100 A sebagai pengontrol pengisian baterai di hubungkan secara paralel total kapasitasnya 1000 Ah dan 1 unit inverter 550Vdc to 380 Vac 33 kW untuk memenuhi kebutuhan beban pabrik es balok sebesar 21.74 kW. Dari Aspek Ekonomis, kebutuhan biaya investasi awal sebesar Rp. 6.642.274.300. Biaya investasi akan kembali pada tahun ke 4 dan mendapat total laba selama 20 tahun mencapai Rp. 55.845.980.166. Dari desain menggunakan *software sketchup* menghasilkan *layout* yang membutuhkan luas bangunan 728 m<sup>2</sup> untuk menampung 300 panel surya, 184 baterai, 10 SCC, 1 inverter, 1 unit mesin es balok DK50, 1 unit pompa air dan 6 unit bola lampu. Berdasarkan hasil dari perhitungan teknis dan ekonomis perancangan ini, dapat disimpulkan perancangan pabrik es balok tenaga surya layak untuk di implementasikan.

**Kata Kunci** : Pabrik Es Balok, Tenaga Surya, PLTS *Off Grid*, AS/NZS 4509.2:2010, sketchup.

- 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 satu 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 ICE BLOCK PLANT

(Case Study: Pulau Jemur Village Rokan Hilir District Riau Province)

M. ZIKRY

NIM : 11655101389

Date of Final Exam : 13 July 2023

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru-Indonesia

### ABSTRACT

*The need for ice blocks used by fishermen in coastal areas as a preservative for fish catches is difficult to meet because the village has not been connected to PLN electricity and the long distance to the location of the ice factory is determined. Therefore, in this study, a solar ice block factory was designed by utilizing existing energy sources in the village. This design is based on Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4509.2:2010 Stand Alone Power System Part 2: System Design. From the technical aspect with a power load of 337.87 kWh per day, 300 solar panels with a capacity of 99000 Wp are needed, 184 units of batteries connected in parallel with a voltage of 12V with a capacity of 200 Ah, 10 units of SCC with a charging current of 100 A as a battery charging controller are connected in parallel with a total capacity of 1000 Ah and 1 unit of inverter 550Vdc to 380 Vac 33 kW to meet the load needs of the ice block plant of 21.74 kW. From the economic aspect, the initial investment cost requirement is Rp. 6,642,274,300. The investment cost will return in the 4th year and get a total profit for 20 years reaching Rp. 55,845,980,166. From the design using sketchup software produces a layout that requires a building area of 728 m<sup>2</sup> to accommodate 300 solar panels, 184 batteries, 10 SCCs, 1 inverter, 1 unit of DK50 block ice machine, 1 unit of water pump and 6 units of light bulbs. Based on the results of the technical and economical calculations of this design, it can be concluded that the design of a solar ice block factory is feasible to implement.*

**Keywords:** Es Block Factory, Solar Power, PLTS Off Grid, AS/NZS 4509.2:2010 sketchup.



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

*Alhamdulillah Rabbil 'Alamin*, Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah swt, atas rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Perancangan Pabrik Es Balok Tenaga Surya**”, Shalawat dan salam semoga tetap tercurah kepada junjungan alam Nabi Besar Muhammad SAW. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Banyak sekali pihak yang telah membantu dalam menyusun Tugas Akhir ini, baik secara moril maupun materil. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayahanda Ahmad Jaflus dan Ibunda Risnawati yang telah mendoakan serta memberikan semangat, dorongan dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini..
2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Dr. Zulfitri Aini, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan Tugas Akhir.
5. Bapak Sutoyo, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Ahmad Faizal, S.T., M.T, selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc. selaku Dosen energi terbarukan senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga, kritik dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.



#### 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 mengemukakan 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 Riau

8. Ibu Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc. selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing penulis hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Bapak Oktaf Brillian Kharisma, S.T., M.T.. selaku Dosen pembimbing Akademik telah banyak nasehat dan masukan selama saya mengenyam pendidikan di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
10. Ibu Dr. Liliana, S.T., M.Eng. dan Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc. selaku Dewan penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
11. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu dan motivasi dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
12. Bapak Darwis, S.Kep. selaku Kepala Desa Pulau Jemur para staf Kepenghuluan Desa Pulau Jemur yang telah membantu mendapatkan data maupun informasi
13. Rekan-rekan Teknik Elektro 2016 Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah membantu serta memberikan semangat dan masukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
14. Abangda Ayub Ahmad, S.Kom., Adi ahmad dan Fauzan Ahmad yang telah memberikan semangat, dorongan, dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Teman terbaik Dimas Amanda Firmansyah, S.T., Riko Asmadi, S.Ag., Rino Musati, S.IP., yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan do'a selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Rekan-rekan Umah Andung yang loyalitas meluangkan waktu, canda, tawa, tenaga dan do'a selama menyelesaikan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik maupun saran dari berbagai pihak untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat untuk para pembaca.

*Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

Pekanbaru, 13 Juli 2023

Penulis



- 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 satu 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.

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR RUMUS.....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. .... Latar Belakang.....	I-1
1.2. .... Rumusan Masalah.....	I-4
1.3. .... Tujuan penelitian .....	I-4
1.4. .... Batasan Masalah.....	I-4
1.5. .... Manfaat Penelitian.....	I-5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. .... Penelitian Terkait.....	II-1
2.2. .... Gambaran Umum Desa Pulau Jemur.....	II-2
2.2.1. Sumber Tenaga Listrik Desa Pulau Jemur Kecamatan Pasir Limau Kapas .....	II-3
2.2.2. Potensi Energi Surya Desa Pulau Jemur Kecamatan Pasir Limau Kapas II-4	II-4
2.3. .... Komponen Beban Utama Pada Instalasi Daya Pabrik Es Balok .....	II-4
2.3.1. Mesin Es balok Spesifikasi 5 Ton .....	II-4
2.3.2. Mesin Pompa Air.....	II-5
2.3.3. Lamp LED Ruangan.....	II-6
2.4. .... Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	II-6



**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.

2.4.1. Prinsip Kerja Sel Surya.....	II-7
2.4.2. Konfigurasi Sistem PLTS .....	II-7
2.4.3. Komponen Utama PLTS Yang Digunakan .....	II-8
2.5. .... Energi Matahari .....	II-12
2.6. .... Analisis Aspek Teknis .....	II-13
2.6.1. Perancangan serta Penentuan Komponen Penting PLTS .....	II-14
2.7. .... Analisis Aspek Ekonomis.....	II-19
2.8. .... Desain Gambar Perancangan.....	II-22

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. .... Tipe Penelitian.....	III-1
3.2. .... Metode Penelitian.....	III-1
3.3. .... Tahapan Perancangan .....	III-3
3.4. .... Studi Literatur.....	III-3
3.5. .... Pengumpulan Data.....	III-4
3.6. .... Perhitungan Profil Beban.....	III-4
3.7. .... Data yang Dibutuhkan dan Sumber Data .....	III-4
3.7.1. Data Primer.....	III-4
3.7.2. Data Sekunder.....	III-5
3.8. .... Daftar Data Beban Listrik Pabrik Es Balok Tenaga Surya .....	III-5
3.9. .... Analisis Aspek Teknis dan Ekonomi PLTS .....	III-7
3.9.1. Aspek Teknis .....	III-7
3.9.2. Aspek Ekonomis.....	III-7
3.10. ... Desain Gambar Perancangan Pabrik Es Balok Tenaga Surya.....	III-8
3.11. ... Kesimpulan dan Saran .....	III-9

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1.....Memperhitungkan Potensi Energi Matahari.....	IV-1
4.1.1. Radiasi Matahari.....	IV-1
4.2.....Memperhitungkan Jumlah Profil Beban.....	IV-2
4.3..... Analisis Aspek Teknis dan Ekonomis .....	IV-3
4.3.1. Aspek Teknis .....	IV-3
4.3.2. Aspek Ekonomis.....	IV-11
4.3.3. Analisis Teknis dan Ekonomis .....	IV-18
4.4. .... Desain Gambar Perancangan Pabrik Es Balok Tenaga Surya.....	IV-19





**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. .... Kesimpulan..... V-1

5.2. .... Saran ..... V-2

**DAFTAR PUSTAKA**

- LAMPIRAN A
- LAMPIRAN B
- LAMPIRAN C

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

Gambar 2.1 Letak Geografis Titik Koordinat Desa Pulau Jemur.....	II-5
Gambar 2.2 Total Rata-Rata/Bulan <i>Output Daya Photovoltaik</i> .....	II-6
Gambar 2.3 Mesin Es Balok Koller DK50.....	II-7
Gambar 2.4 Hasil Es Balok .....	II-7
Gambar 2.5 Mesin Pompa Air .....	II-8
Gambar 2.6 Bola Lampu LED Philips.....	II-9
Gambar 2.7 Ilustrasi Prinsip kerja Sel Surya .....	II-10
Gambar 2.8 Skema Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>Off Grid</i> .....	II-10
Gambar 2.9 Skema Sistem PLTS <i>On-Grid</i> .....	II-11
Gambar 2.10 Media Ukur <i>Pyranometer</i> .....	II-13
Gambar 3.1 Bagan <i>Flowchart</i> Penelitian .....	III-2
Gambar 3.2 <i>flowchart</i> Simulasi <i>Layout</i> .....	III-9
Gambar 4.1 Tampak Atas Pabrik Es Balok Tenaga Surya.....	IV-20
Gambar 4.2 Tampak Atas Pabrik Es Balok Tenaga Surya dengan Atap Terbuka .....	IV-21
Gambar 4.3 Tampak Dalam Ruangan Komponen-Komponen PLTS Pabrik Es Balok ....	IV-21
Gambar 4.4 Hasil Adobe <i>After Effect</i> Tampak Atas Pabrik Es Balok Tenaga Surya .....	IV-22
Gambar 4.5 Hasil Adobe <i>After Effect</i> Tampak Depan Pabrik Es Balok Tenaga Surya ....	IV-23
Gambar 4.6 Hasil Adobe <i>After Effect</i> Dalam Ruangan Komponen PLTS.....	IV-23

- 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 TABEL

Tabel 2.1	Jumlah Rumah Tangga & Sumber Listrik Kec. Pasir Limau Kapas .....	II-5
Tabel 2.2	D Potensi Energi Surya Desa Pulau Jemur <i>Data Map Global Solar Atlas</i> .....	II-6
Tabel 2.3	Jenis-Jenis Panel Surya.....	II-14
Tabel 2.4	Perbedaan PLTS <i>Off Grid DC-Coupling</i> dan <i>AC-Coupling</i> .....	II-15
Tabel 2.5	<i>Toolbar Software Sketchup</i> .....	II-30
Tabel 3.1	Data Primer yang Dibutuhkan dan Sumber Data .....	III-5
Tabel 3.2	Data Sekunder yang Dibutuhkan dan Sumber Data .....	III-5
Tabel 3.3	Spesifikasi Mesin Es Balok DK50 .....	III-6
Tabel 3.4	Spesifikasi Mesin Pompa Air Sanyo P-H130B .....	III-6
Tabel 3.5	Spesifikasi Lampu LED Philips 20W.....	III-7
Tabel 4.1	Usulan Profil Beban Pabrik Es Balok Tenaga Surya .....	IV-2
Tabel 4.2	Jumlah Profil Beban Pabrik Es Balok Tenaga Surya .....	IV-3
Tabel 4.3	Spesifikasi Umum PLTS Sistem <i>Off Grid</i> .....	IV-4
Tabel 4.4	Spesifikasi Panel Surya .....	IV-5
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Panel Surya .....	IV-7
Tabel 4.6	Spesifikasi <i>Battery</i> .....	IV-9
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan <i>Battery</i> .....	IV-10
Tabel 4.8	Spesifikasi SCC .....	IV-10
Tabel 4.9	Spesifikasi <i>Inverters</i> .....	IV-12
Tabel 4.10	Biaya Bangunan Pabrik .....	IV-13
Tabel 4.11	Investasi Awal .....	IV-13
Tabel 4.12	Biaya <i>Operasional</i> dan <i>Maintenance</i> .....	IV-14
Tabel 4.13	Biaya Total Keseluruhan Investasi .....	IV-15
Tabel 4.14	<i>Cash Flow Cost</i> .....	IV-16
Tabel 4.15	<i>Cash Flow Benefit</i> .....	IV-17
Tabel 4.16	<i>Net Present Value</i> .....	IV-18
Tabel 4.17	Ukuran Komponen-Komponen Pabrik Es Balok Tenaga Surya .....	IV-20

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau  
Sateh Islami University of Sultan Syarif Kasim 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.





## DAFTAR RUMUS

Rumus (2.1) <i>Design Load Energy</i> .....	II-16
Rumus (2.2) <i>Design Load Energy (Etot) Setiap PV Array</i> .....	II-18
Rumus (2.3) <i>Design load Ah</i> .....	II-18
Rumus (2.4) <i>Required Array Output Ah</i> .....	II-18
Rumus (2.5) <i>Daily Charger Output</i> .....	II-18
Rumus (2.6) <i>Number of Parallel Strings Required</i> .....	II-19
Rumus (2.7) <i>Number of Series Modules Per String</i> .....	II-19
Rumus (2.8) <i>Total Number of Modules in Array</i> .....	II-19
Rumus (2.9) <i>Kapasitas Setiap PV Array</i> .....	II-19
Rumus (2.10) <i>Arus Maksimum yang harus dihasilkan SCC</i> .....	II-19
Rumus (2.11) <i>Max charge voltage at typical</i> .....	II-20
Rumus (2.12) <i>Battery charge max apparent power</i> .....	II-20
Rumus (2.13) <i>Kapasitas Baterai yang Diperlukan</i> .....	II-20
Rumus (2.14) <i>Jumlah Baterai Terhubung Seri</i> .....	II-20
Rumus (2.15) <i>Jumlah Baterai Terhubung Paralel</i> .....	II-20
Rumus (2.16) <i>Day of Autonomy for Selected Battery</i> .....	II-21
Rumus (2.17) <i>Nominal Daily DoD</i> .....	II-21
Rumus (2.18) <i>Kapasitas Inverter</i> .....	II-22
Rumus (2.19) <i>Life Cycle Cost</i> .....	II-22
Rumus (2.20) <i>Present Values</i> .....	II-22
Rumus (2.21) <i>Biaya Operasional dan Pemeliharaan</i> .....	II-23
Rumus (2.22) <i>Net Present Value</i> .....	II-23
Rumus (2.23) <i>Cash Flow Benefit</i> .....	II-24
Rumus (2.24) <i>Cash Flow Cost</i> .....	II-24
Rumus (2.25) <i>Waktu Pengembalian Investasi</i> .....	II-24
Rumus (2.26) <i>Internal Rate of Return</i> .....	II-24

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



## BAB I PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Tenaga listrik sudah menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari untuk mengerakkan roda ekonomi dan kehidupan dari segala aspek bidang. Listrik digunakan dari kalangan menengah ke bawah hingga kalangan ekonomi tinggi, dari skala rumah tangga hingga pabrik. Hal ini membuktikan bahwa manusia akan selalu membutuhkan energi listrik untuk kehidupan sehari-hari. Namun, masih banyak daerah yang belum teraliri listrik karena daerah tersebut memiliki kondisi geografis yang tergolong berat sehingga sulit dijangkau atau pasokan bahan bakar pada daerah tersebut kurang sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan akan listrik pada setiap daerah.

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak digaris khatulistiwa yang memiliki lima pulau besar dan terdapat pula sekitar 16.052 pulau kecil dan terbagi menjadi 36 Provinsi. Seluruh daerah di Indonesia ini memperoleh energi listrik dari Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang disebut PT.PLN. Namun, daerah-daerah tersebut masih banyak yang belum memperoleh energi listrik khususnya daerah terpencil seperti pesisir atau pulau kecil, salah satu contohnya yaitu Provinsi Riau.

Provinsi Riau terletak di pulau Sumatera dan terdapat sekitar 261 desa yang belum teraliri listrik PT. PLN (Persero) pada Provinsi ini. Berdasarkan *statistic* ketenagalistrikan pada tahun 2019 Provinsi Riau memiliki rasio elektrifikasi sebesar 84% dan angka ini menunjukkan bahwasanya Provinsi Riau memiliki desa yang paling banyak belum tersuplai tenaga listrik yang berasal dari PT. PLN (Persero) [1]. Untuk menjalankan aktivitas yang menggunakan energi listrik masyarakat pada desa tersebut biasanya mengandalkan energi listrik dari PLTD skala rumah tangga yang terbatas jam operasinya. s Daerah yang sama sekali belum memperoleh energi listrik dapat penghambat roda ekonomi masyarakat di daerah terpencil .

Salah satu daerah di Provinsi Riau yang belum mempunyai fasilitas jaringan listrik PT. PLN(Persero) yaitu Desa Pulau Jemur. Desa ini terletak di Kabupaten Rokan Hilir yang berbatasan langsung dengan Selat Malaka. Daerah ini terkenal akan sumber hasil lautnya yang melimpah dikarenakan sekitar 79% penduduk bermata pencaharian di sektor perkebunan dan nelayan tradisional [2]. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Desa Pulau Jemur terbentuk pada tahun 2017 sebagai pemekaran dari Desa Teluk Pulau. Desa Pulau Jemur merupakan salah satu Desa dari 261 desa yang ada di Provinsi Riau yang

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.



belum mempunyai fasilitas jaringan listrik PT. PLN(Persero). Hal ini dikarenakan secara geografis Desa Pulau Jemur sulit di jangkau [3].

Sebagai daerah pesisir Desa Pulau Jemur terletak dibagian Utara pada peta Kecamatan Pasir Limau Kapas Kabupaten Rokan Hilir yang berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatera Utara. Desa Pulau Jemur memiliki 459 jiwa penduduk dari 204 KK. Sekitar 89% penduduk Desa Pulau Jemur bermata pencaharian utama sebagai nelayan tradisional. Dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari penduduk Desa Pulau Jemur memiliki kendala sebagai nelayan tradisional di daerah terpencil yang belum disuplai listrik. Kendala tersebut yaitu tidak tersedianya es sebagai media yang sangat penting untuk pengawet ikan hasil tangkapan nelayan tradisional agar tidak cepat membusuk. Desa Pulau Jemur membutuhkan pabrik es untuk memenuhi kebutuhan es nelayan tradisional.

Untuk memenuhi kebutuhan es, para nelayan harus membeli ke ibu Kota Kecamatan dengan jarak transportasi dan kondisi jalan yang tidak baik. Menurut Pak Darwis, Kepala Desa Pulau Jemur, jarak tempuh ke ibu kota kecamatan sekitar 8 km dan membutuhkan waktu sekitar 90 menit. Harga es di Ibu kota Kecamatan seharga Rp 5000/10kg. Es ini di suplai oleh tengkulak, dan dijual kepada nelayan dengan harga Rp 7000/10kg.

Menurut Pak Darwis selaku Kepala Desa Pulau Jemur, selain kebutuhan es untuk pengawetan hasil ikan hasil tangkapan, nelayan membutuhkan pengeluaran tambahan seperti bahan bakar solar untuk menggerakkan mesin kapal nelayan. Rata-rata pendapatan nelayan sekitar Rp. 1.500.000 - Rp. 2.000.000 per bulan. Hal ini tentu akan membuat nelayan sulit untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari mereka.

Keterbatasan dalam ketersediaan listrik ini membuat masyarakat Desa Pulau Jemur tidak dapat membuat pabrik es sendiri untuk kebutuhan pencaharian mereka. Dalam memenuhi kebutuhan energi listrik sehari-hari Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir ini menggunakan mesin genset skala rumah tangga untuk kebutuhan penerangan dan kebutuhan lainnya. Peralatan elektronik di rumah di suplai dengan menggunakan mesin genset dimulai dari jam 17:30 WIB - 22:30 WIB. Maka, perlu dilakukan upaya untuk membangun pabrik es di Desa Pulau Jemur memanfaatkan sumber energi setempat. Salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pabrik es di Desa ini adalah dengan memanfaatkan potensi energi di daerah tersebut yaitu potensi matahari dan potensi energi angin.

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.



Desa Pulau Jemur, rata-rata kecepatan angin perbulan sebesar 2,34m/s–3,94 m/s [4]. Kondisi kecepatan angin tersebut kurang baik dikarenakan untuk menggerakkan pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) kecepatan angin yang dibutuhkan berkisar 4 m/s–12 m/s. Maka, PLTB tidak memiliki potensi di Desa Pulau Jemur. Pemanfaatan pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) paling tepat untuk menyelesaikan masalah kekurangan suplai es balok di Desa Pulau Jemur. Di Desa Pulau Jemur, intensitas radiasi matahari sebesar 4.72 kWh/m<sup>2</sup>/hari [5]. Eksploitasi tenaga surya dapat terbilang mudah dimana tenaga surya senantiasa selalu ada serta tidak membutuhkan bahan bakar.

Pemerintah lewat Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) sudah mengeluarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor. 10 Tahun 2015 mengenai teknis penggunaan dana alokasi khusus bidang energi perdesaan dimana eksploitasi pembangunan tenaga listrik terbaru untuk perdesaan hendak dibiayai APBN. Alhasil dengan terdapatnya regulasi ini pengembangan PLTS bisa terealisasi selaku salah satu sumber tenaga listrik yang di peruntukan sebagai sumber utama persediaan tenaga listrik di pabrik es balok untuk menghasilkan es balok sebagai pengawet ikan hasil tangkapan nelayan tradisional dan dapat menunjang hasil tangkapan nelayan Desa Pulau Jemur.

Menimbang permasalahan yang telah dibahas sebelumnya, penulis melakukan riset perancangan pabrik es balok tenaga surya sebagai salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan es balok nelayan tradisional di Desa Pulau Jemur. Perancangan PLTS pada penelitian ini meliputi kajian aspek teknis dan aspek ekonomis dan menghasilkan rancangan *layout* dari PLTS. Parameter kajian yang meliputi aspek teknis yaitu beban listrik pabrik es, spesifikasi PLTS yang digunakan, dan performa PLTS *off grid*. Aspek teknis pabrik es balok tenaga surya dihitung berlandaskan Australia/New Zealand Standard 4509.2:2010-*Stand Alone Power Systems*.

Analisis ekonomi dilakukan dengan cara menghitung *net present value* (NPV). Pabrik es balok tenaga surya ini dapat dinilai layak apabila nilai NPV bernilai positif dan tidak layak apabila bernilai negatif. *Pay Back Periode* (PBP) juga dihitung untuk menentukan waktu suatu investasi akan kembali. Hal ini dilakukan untuk melihat seberapa cepat modal yang dikeluarkan akan tertutupi dari keuntungan yang diperoleh. Perhitungan PBP dapat didapatkan dari rasio nilai investasi terhadap pendapatan per tahunnya setelah pengurangan biaya operasional dan pemeliharaan. Setelah di lakukan analisis teknis dan ekonomis maka selanjutnya peneliti menghasilkan *layout* gambar rancangan pabrik es balok tenaga surya menggunakan *software* sketchup. Berdasarkan permasalahan diatas

1. Di larang 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. Di larang mengemukakan 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

maka peneliti tertarik membuat penelitian dengan judul “**Perancangan Pabrik Es Balok Sistem Tenaga Surya**”.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pembahasan diatas maka riset ini memiliki beberapa pertanyaan penelitian, sebagai berikut :

1. Bagaimana profil beban pabrik es balok tenaga surya yang dibutuhkan di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir.
2. Bagaimana rancangan teknis pabrik es balok tenaga surya *off grid* di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir.
3. Bagaimana analisis ekonomis pabrik es balok tenaga surya sistem terpusat *off grid* di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir.
4. Bagaimana *lay-out* desain perancangan pabrik es balok tenaga surya di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir.

## 1.3. Tujuan penelitian

Pernyataan dibawah ini merupakan tujuan dari penelitian dilakukan :

1. Menghasilkan profil beban yang diperlukan PLTS sistem terpusat *off-grid* dalam perancangan pabrik es balok tenaga surya
2. Menghasilkan rancangan teknis pabrik es balok tenaga surya dengan PLTS sistem terpusat *off-grid* di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir.
3. Menghasilkan serta menganalisis perkiraan ekonomis pabrik es balok tenaga surya dengan PLTS sistem terpusat *off-grid* di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir.
4. Menghasilkan *layout* desain perancangan pabrik es balok tenaga surya di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir.

## 1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Perancangan pabrik es balok dibangun dengan kapasitas produksi es sebesar 2,5 ton per hari
2. Aspek teknis meliputi mengetahui potensi surya, menentukan spesifikasi umum PLTS sistem *off grid*, perancangan komponen PLTS dan energi yang dihasilkan.





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. Aspek ekonomis meliputi biaya investasi awal, biaya investasi penggantian komponen, biaya O&M, *Cash Flow Cost (CFC)*, *Cash Flow Benefit (CFB)*, *Net Present Value (NPV)*, dan *Payback Period (PBP)*.
4. Perhitungan dilakukan secara manual mengikuti pedoman *Australia/New zealand Standard TMAS/NZS 4509.2:2010* tentang *Standar Alone System Part 2: System Design*

### 1.5. Manfaat Penelitian

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Dengan adanya penelitian ini dapat merekomendasikan kepada pemerintah Kabupaten Rokan Hilir dalam mengatasi masalah kebutuhan es sebagai media pengawet ikan yang alami hasil tangkapan nelayan tradisional di daerah terpencil yang belum tersuplai distribusi listrik oleh PT. PLN (Persero).
2. Dapat menjadi acuan kepada setiap orang atau persero yang mau melakukan penelitian dan pembangunan di bidang pabrik es balok dengan PLTS sistem terpusat *off grid*.
3. Dapat menjadi media pembelajaran dan acuan pada pengembangan penelitian seterusnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terkait

Terkait Tugas Akhir ini maka dilakukannya studi literatur dalam jangka lima tahun terakhir (2018-2023) untuk menjadi patokan penulis sebagai bahan acuan mengkaji topik penelitian energi terbarukan dan pabrik es balok tenaga surya sistem terpusat *off-grid* yang bersumber dari publikasi ilmiah.

Penelitian pertama berjudul “Analisis Pembangkitan Listrik Untuk Ekonomi Produktif di Pulau Terluar Studi Kasus Sentra Pengolahan Ikan di Pulau Morotai” Penelitian ini menganalisis aspek teknis dan ekonomis pembangkit listrik PLTS-PLTD dengan *hybrid system* untuk mensuplai energi listrik pada pengolahan hasil perikanan. Hasil pembahasan menunjukkan untuk pengolahan 5 ton ikan per hari dibutuhkan tenaga listrik berkapasitas 77 kWh dan daya sebesar 1.292 W per hari. Dengan generator hybrid PLTS-PLTD dimana Photovoltaic 60% dan PLTD 40% harga tenaga terendah yaitu Rp2715, nilai NPV sebesar Rp.11.731 miliar dan payback periode selama 2 tahun 1 bulan [6].

Penelitian kedua berjudul “Perancangan Sistem Mikrogrid Cerdas Berbasis Energi Terbarukan Untuk Pabrik Es Nelayan Kapasitas 4 kWh”. Bertujuan optimasi pembangkit listrik *hybrid system* PV-diesel Generator dan *hybrid system* PV- *biobased diesel engine generator* dengan menggunakan *software* HOMER. Hasil pembangkit listrik yang optimal untuk pabrik es berkapasitas 4 kWh diperoleh 5 kWp PV, 3 kW biobased diesel engine generator berbahan bakar minyak kelapa, 5 kW bi-directional inverter, dan juga 16 buah baterai 100Ah/ 12V yang dipakai untuk menyediakan listrik dengan beban mesin produksi es sebesar 4 kWh [7].

Penelitian ketiga berjudul “Perancangan PLTS Terpusat *Off-Grid* di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah”. Penelitian bertujuan untuk memperhitungkan secara ekonomis dalam kebutuhan tenaga listrik di Desa Siding. Dengan memperhitungkan biaya investasi awal untuk PLTS Siding sebesar Rp. 2.662.800.000,00, diperoleh biaya energi (*cost of energy*) PLTS Siding sebesar Rp. 4.600,00/kWh. Dengan memaksimalkan pemanfaatan PLTS *Off-Grid* Siding melalui penambahan beban sehingga terjadi penambahan pemakaian harian sebesar 226,24 kWh/hari, akan menurunkan biaya energi PLTS Siding sebesar Rp. 4.600/kWh menjadi Rp. 3.500/kWh. [8].

Penelitian keempat berjudul “Pembangkit Listrik Tenaga Surya PLTS *Off-Grid* di Desa Terpencil Kabupaten Indragiri Hulu”. Penelitian ini bertujuan yang dipakai adalah



PLTS *off grid* dengan konfigurasi DC Coupling. Hasil penelitian menunjukkan konsumsi daya listrik diperkirakan sebesar 51,85 kW per hari. PLTS yang dapat dipasang sebesar 2,5 kWp. Dengan pendanaan awal sebesar Rp. 1.548.730.000 dan biaya perawatan sebesar Rp. 156.487.300 di peroleh harga listrik sebesar Rp. 5.500 per kWh. Perancangan PLTS ini dapat dikatakan layak karena menghasilkan NPV 0,01, ROI yang berkualitas positif dan pengembalian modal pendanaan yang kurang dari periode rencana 20 tahun yakni 7,0 tahun [9].

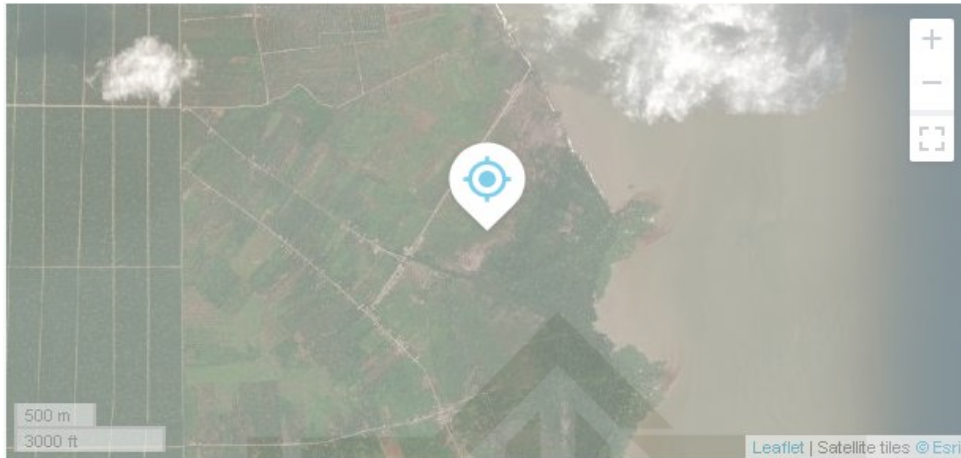
Penelitian kelima berjudul “Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terintegrasi *Vertical Indoor Farming*”. Penelitian bertujuan merancang PLTS sistem *off grid* dari perspektif teknis dan ekonomis. Perencanaan PLTS sistem *off grid* ini di lakukan dengan kalkulasi manual. Pada aspek teknis, dibutuhkan 10 panel surya 300 Wp, 16 baterai 12V, 100Ah, suatu SCC 48Vdc 12A, dan inverter 600 Watt, yang menghasilkan tenaga listrik sebesar 390 Ah dan mampu tetap mensuplai daya listrik selama satu hari penuh tanpa adanya sinar matahari. Dari paspek ekonomi, seluruh keperluan anggaran atau pemodalannya adalah sebesar Rp. 111.802.000 yang akan balik pada tahun ke 15 dan memiliki profit atau angka Net Present Value (NVP) sebesar Rp. 74.846.400 [10].

Penelitian terkait diatas adalah rujukan penulisan sebagai landasan pada penelitian yang akan di lakukan pada tugas akhir ini. Penulis menunjuk penelitian [6] terdahulu berjudul “Analisis Pembangkitan Listrik Untuk Ekonomi Produktif di Pulau Terluar Studi Kasus Sentra Pengolahan Ikan di Pulau Morotai” sebagai pedoman penulisan karena memiliki topik penelitian yang sama yaitu kurangnya ketersediaan es sebagai pengawet ikan alami untuk nelayan tradisional pada studi kasus penelitian. Perbedaan dari penelitian sebelum dari metode yang digunakan sebelumnya menggunakan PLTS sistem hybrid sedangkan penelitian ini menggunakan PLTS sistem *off grid* untuk mensuplai kebutuhan energi listrik.

## 2.2. Gambaran Umum Desa Pulau Jemur

Luas wilayah Kecamatan Pasir Limau Kapas 669,63 km<sup>2</sup> serta memiliki penduduk 37.327 jiwa yang terdapat pula 7 desa dan 1 kelurahan yaitu Desa Sungai Daun, Desa Pasir Limau Kapas, Desa Teluk Pulau, Desa Panipahan Laut, Desa Panipahan Darat, Desa Panipahan, Desa Pulau Jemur dan Kelurahan Panipahan. Letak geografis Desa Pulau Jemur berada di titik koordinat lintang 2.5252 dan koordinat bujur 100.3191 [3].

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.



Gambar 2.1 Letak Geografis Titik Koordinat Desa Pulau Jemur[9]

### 2.2.1.1 Sumber Tenaga Listrik Desa Pulau Jemur Kecamatan Pasir Limau Kapas

Setiap rumah tangga yang ada pada Desa di Kecamatan Pasir Limau Kapas menurut data berasal dari Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) sumber tenaga listrik rumah tangga dapat diketahui pada bagan tabel berikut:

Tabel 2.1 Jumlah Rumah Tangga & Sumber Listrik Kec. Pasir Limau Kapas [3]

No.	Desa/Kelurahan	Pengguna Listrik			Jumlah
		PLN	Non PLN	Tanpa Listrik	
1.	Kelurahan Panipahan	926	-	-	926
2.	Panipahan	585	-	-	585
3.	Panipahan laut	200	225	249	674
4.	Panipahan Darat	2391	49	10	2450
5.	Pasir Limau Kapas	-	1278	156	1434
6.	Pulau Jemur	-	204	-	204
7.	Sungai Daun	-	1105	20	1125
8.	Teluk Pulai	1054	845	-	1899
Kecamatan Pasir Limau Kapas		<b>5156</b>	<b>3706</b>	<b>435</b>	<b>9297</b>

Berdasarkan tabel 2.1, Kecamatan Pasir Limau Kapas terdapat Rumah Tangga dengan total 9297, dengan 5156 Rumah Tangga sumber energi listrik di suplai oleh PLN. Sumber energi listrik yang di suplai oleh Non PLN sebesar 3706 Rumah Tangga dan 435 Rumah Tangga belum mendapatkan sumber energi listrik baik dari PLN maupun Non PLN.





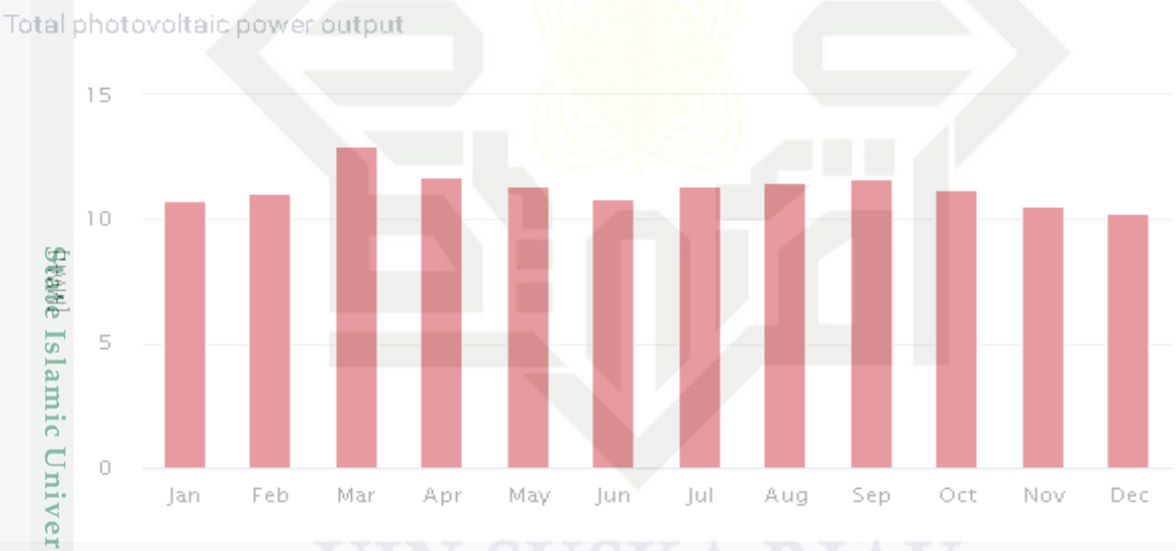
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

**2.2.2 Potensi Energi Surya Desa Pulau Jemur Kecamatan Pasir Limau Kapas**

Potensi energi matahari di Desa Pulau Jemur sebesar 4.790 kWh/m<sup>2</sup>/hari, dapat dilihat pada tabel 2.2 [3].

Tabel 2.2 Potensi Energi Surya Desa Pulau Jemur *Data Map Global Solar Atlas*[9]

Deskripsi	Keterangan
Direct Normal Irradiance (DNI)	2.892 kW/m <sup>2</sup> /hari
Global Horizontal Irradiation (GHI)	4.790 kW/m <sup>2</sup> /hari
Global Tilted Irradiation At Optimum Angel (GTI <sub>opta</sub> )	4.740 kW/m <sup>2</sup> 0hari
Optimum Tit Of PV Module (OPTA)	3/180°
Air Temperature (Temp)	27°C
Terrain Elevation (ELE)	6 m



Gambar 2.2 Total Rata-Rata/Bulan Output Daya Photovoltaik[9]

**2.3. Komponen Beban Utama Pada Instalasi Daya Pabrik Es Balok**

**2.3.1 Mesin Es balok Spesifikasi 2,5 Ton**

Es balok adalah air yang didinginkan. Kemudian di cetak menjadi balok es yang sesuai dengan cetakan berupa balok. Es balok memiliki dimensi berbeda bergantung pada tiap-tiap pabrik yang membuatnya dan mencocokkan dengan permintaan konsumen. Es balok di jual per balok ataupun dalam kondisi utuh dan tidak dapat dipecah lagi jadi bagian yang lebih kecil [11].

**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.



Gambar 2.3 Mesin Es Balok Koller DK50[16]



Gambar 2.4 Hasil Es Balok[16]

### 2.3.2 Mesin Pompa Air

Pompa air yaitu mesin yang berperan memindahkan air dari satu titik ke titik lain. Pompa air dapat digunakan untuk menyuplai air dari penampungan ke wadah yang hendak diisi air. Pada prinsipnya, pompa mengganti tenaga mekanik motor sebagai tenaga aliran fluida. Tenaga yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan [12].

Mesin air Sanyo P-H130B adalah salah satu komponen utama yang dapat digunakan pada perancangan “Pabrik Es Balok Tenaga Surya” sebagai menyuplai air ke penampung cetakan air yang akan diolah menjadi es balok pada mesin es balok. Mesin air AC model Sanyo P-H130B mendapatkan suplai tegangan dari inverter.



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 Mesin Pompa Air[12]

### 2.3.3 Lamp LED Ruangan

Lampu LED (Light Emitting Diode) yang ialah lampu yang hemat energi dan ramah lingkungan. Lampu LED adalah salah satu tipe lampu hemat tenaga (LHE), yang dapat menghemat tenaga lebih banyak hingga 80% dibanding tipe yang lain seperti lampu pijar yang dapat menghemat listrik sebesar 25% dan lampu CFL (*Compact Fluorescent Lamp*) yang dapat menghemat listrik sebesar 75% [13].



Gambar 2.6 Bola Lampu LED Philips [14]

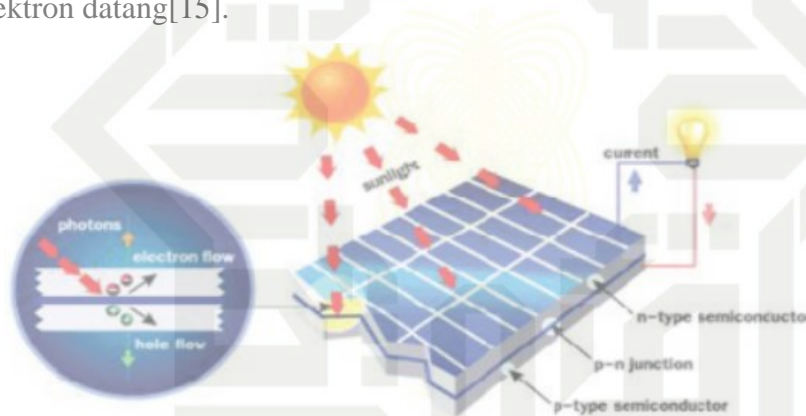
Lampu LED pada penelitian ini digunakan saat hari malam sebagai penerangan pada ruangan pabrik es balok.

## 2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sesuatu pembangkit yang mengkonversikan tenaga foton dari sinar matahari untuk menghasilkan tenaga listrik. Konversi tenaga ini terjalin pada panel surya yang terdiri dari sel sel surya. PLTS menggunakan sinar matahari untuk menciptakan listrik DC (*Direct Current*), yang bisa diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*) apabila diperlukan. PLTS pada dasarnya merupakan pencatu daya yang dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik mulai dari skala kecil maupun skala besar, baik secara mandiri maupun hibrid.

#### 2.4.1 Prinsip Kerja Sel Surya

Sel surya menggunakan prinsip kerja *p-n junction*, yaitu *junction* atau hubungan antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Fungsi dari *p-n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan hole bisa di ekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n bersentuhan maka elektron yang berlebih akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub negatif pada semikonduktor tipe-P dan kutub positif pada semikonduktor tipe-p. Sehingga dari aliran tersebut terbentuklah medan listrik yang dimana ketika cahaya matahari atau energi surya mengenai susunan *p-n junction* ini maka elektron akan terdorong bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif yang selanjutnya dimanfaatkan menjadi listrik, dan hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang[15].



Gambar 2.7 Ilustrasi Prinsip kerja Sel Surya[15]

#### 2.4.2 Konfigurasi Sistem PLTS

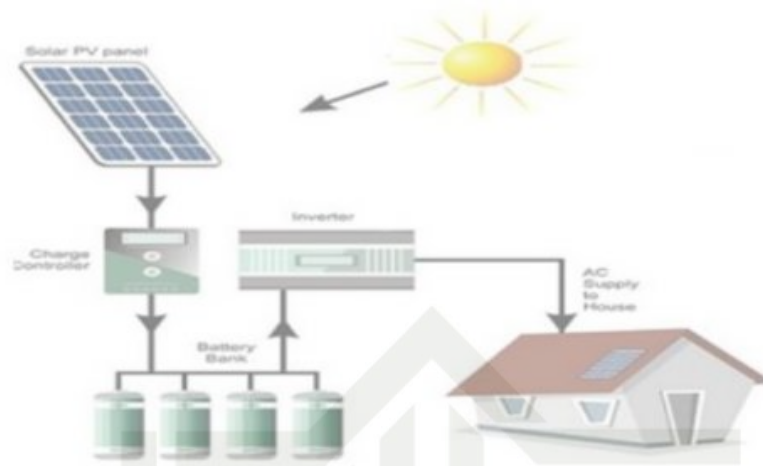
##### 1. Sistem PLTS *Off Grid*

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *off grid* ialah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi surya tanpa terhubung dengan jaringan PLN ataupun dengan kata lain satu satunya sumber pembangkitnya yakni hanya memakai radiasi surya dengan sokongan panel surya atau photovoltaic. Untuk dapat menghasilkan daya listrik sistem PLTS *off grid* sendiri dan hanya digunakan untuk area yang tidak terjangkau pasokan listrik dari PT. PLN (Persero) sejenis area perdesaan [16].



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



Gambar 2.8 Skema Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off Grid*[20]

2. Sistem PLTS *On Grid*

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya terinterkoneksi (*on grid*) merupakan sistem pembangkit listrik yang menggunakan radiasi matahari buat menciptakan listrik. Sistem ini dihubungkan dengan jaringan PLN dengan memaksimalkan pemanfaatan tenaga matahari ataupun photovoltaic yang menciptakan listrik semaksimalnya..



Gambar 2.9 Skema Sistem PLTS *On-Grid* [16]

2.4.3 Komponen Utama PLTS Yang Digunakan



1. Panel Surya (*Photovoltaik*)

Panel Surya (PV) adalah Modul yang mengonversi langsung cahaya matahari menjadi arus listrik. Efisiensi panel surya tergantung pada material sel photovoltaik

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.

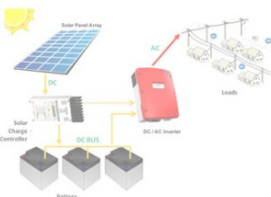
serta metode produksinya. Dengan metode biasa, sel photovoltaik dibuat dari material tipe *crystalline* serta *non-crystalline (film ceper)*. Untuk tipe *crystalline*, terdiri atas jenis *monocrystalline* dan jenis *polycrystalline*, dengan efisiensi kurang lebih 12–20%.

Tabel 2.3 Jenis-Jenis Panel Surya [17]

Nomor	Gambar Solar Panel	Satuan Harga	Efisien
1.	 Mono-Crystalline	Mahal	15-20%
2.	 Poly-Crystalline	Murah	1-2% lebih rendah dari <i>mono-crystalline</i>

Modul surya memiliki output listrik DC. Namun karena banyak bobot listrik yang menggunakan listrik AC, listrik DC yang diperoleh oleh modul surya harus dikonversi oleh inverter jadi listrik AC. Terkait ini, perangkat lunak charging baterai pada perangkat lunak PLTS off grid bisa berupa DC- coupling atau AC- coupling. Bagian yang menata keseimbangan perangkat lunak PLTS off grid untuk DC- coupling atau AC- coupling bisa di lihat pada tabel 2.4 [17]

Tabel 2.4 Perbedaan PLTS *Off Grid* DC-Coupling dan AC-Coupling [17]

NO	Konfigurasi	Kapasitas Daya Output	Expandability	Pengaturan Daya
1.	 PLTS <i>off grid</i> DC coupling	Terbatas, sesuai dengan kapasitas daya inverter	Harus mengganti inverter	Sederhana, karena tidak memerlukan sistem pembagian beban



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

<p>2. © Hak cipta milik UIN Suska Riau</p>	 <p>PLTS <i>off grid</i> AC coupling</p>	<p>Tak terbatas, karena daya total <i>output</i> adalah jumlah dari banyak pembangkit</p>	<p>Fleksibel, karena tambahan pembangkit lain bisa langsung di-interkoneksi-kan ke jaringan AC-coupling</p>	<p>Kompleks, karena semua pembangkit harus terintegrasi untuk kontrol <i>outputnya</i></p>
--	---	---	---	--

2. Inverters

Berdasarkan konfigurasi sistem PLTS *off grid*, ada beberapa jenis inverter, yaitu [18]:

a. DC-AC Inverter, Sistem Off Grid DC-Coupling

Inverter daya DC-AC adalah sebuah alat elektronik yang memiliki fungsi mengubah tegangan DC dari keluaran modul PV atau baterai menjadi sistem tegangan AC. Pengubah sistem tegangan DC-AC ini sangat berguna dikarenakan pada umumnya peralatan listrik yang ada memerlukan suplai daya tegangan AC [22].

b. String Inverter, Sistem Off Grid AC-Coupling

PV String Inverter adalah sebuah unit komponen yang dapat merubah input tegangan DC secara langsung dari menjadi *output* tegangan AC dari modul PV. Dalam beroperasi, unit ini harus diparalelkan dengan sumber tegangan AC lainnya, dimana *output* dari *string inverter* di-interkoneksi-kan dengan tegangan AC yang bersumber dari pembangkit lainnya seperti diesel genset atau (*Bi-directional*) Battery Inverter. Karena memiliki kemampuan untuk beroperasi paralel pada tegangan AC, maka sistem ini memiliki keuntungan, yaitu jika dimasa yang akan datang ingin di ubah menjadi sistem *on grid* maka tidak memerlukan perubahan yang banyak dikarenakan tegangan dari PLN bisa langsung di-interkoneksi-kan pada jaringan AC coupling yang sudah ada. Dengan adanya tambahan daya listrik dari output *String Inverter* dapat mengurangi beban bagi pembangkit lainnya, sehingga bila pembangkit tersebut berupa diesel genset, maka konsumsi BBM diesel akan lebih hemat [22].

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Fitur MPPT biasanya juga terdapat pada *string inverter* supaya *output* daya sistem PLTS selalu pada posisi maksimal mengikuti iradiasi matahari. Akan tetapi untuk mencegah terjadinya kondisi *reverse power* pada diesel genset, yaitu saat konsumsi daya beban lebih kecil dari daya output sistem PLTS, maka *string inverter* dikontrol *output*nya sesuai kebutuhan beban dan bila dalam sistem PLTS ini terdapat *Bidirectional Battery Inverter*, maka kelebihan beban bisa digunakan untuk *charging battery* [22].

#### c. Battery Inverter Sistem Off Grid AC-Coupling

*Battery Inverter* adalah unit yang berfungsi untuk merubah tegangan *input* DC dari baterai menjadi tegangan *output* AC pada proses *discharge*, dan sebaliknya juga untuk merubah tegangan *input* AC dari *grid* menjadi tegangan *output* DC pada saat proses *charging*. Karena sifat yang bisa dua arah ini, maka *battery inverter* pada sistem ini disebut juga sebagai *Bidirectional Battery Inverter* [22].

#### 3. Solar Charge Controller System Off Grid DC-Coupling

*Solar Charge Controller* (SCC) berfungsi sebagai pengaman untuk membatasi arus listrik yang masuk maupun keluar dari baterai. SCC berfungsi untuk mencegah pengisian daya (*charging*) yang berlebihan serta melindungi baterai dari tegangan berlebih. Selain itu, SCC juga mencegah energi listrik yang tersimpan didalam baterai tidak terkuras sampai habis yang berguna untuk menjaga kondisi baterai tetap sehat. Terdapat beberapa tipe SCC yang secara otomatis dan terkontrol dapat memutus tegangan suplai beban agar mencegah terjadinya kondisi *deep discharge* pada baterai yang bisa memperpendek umur pemakaian baterai [22].

*Maximum Power Point Tracker* (MPPT) merupakan salah satu fitur SCC yang sangat bermanfaat untuk mempercepat pengisian baterai karena modul PV akan selalu beroperasi pada output Titik Daya Maksimal pada kondisi yang bervariasi sesuai dengan iradiasi matahari [22]. Modul PV ini akan secara otomatis berhenti menghasilkan daya maksimal ketika baterai sudah hampir mencapai batas maksimum *charging*. Keuntungan lainnya dengan menggunakan MPPT adalah sistem tegangan rangkaian seri modul PV dan tegangan baterai tidak perlu sama, contohnya ketika sistem tegangan baterai yang digunakan adalah 24 Vdc, maka sistem tegangan modul PV bisa 36 Vdc atau lainnya [22].

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.



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.

#### 4. Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen yang berfungsi untuk menyimpan daya yang paling banyak digunakan. Baterai menjadi salah satu komponen penting pada sistem PLTS terpusat. Jumlah daya, efisiensi, perawatan baterai dan masa pakai adalah parameter penting dari baterai yang mempengaruhi kinerja dari PLTS terpusat. Baterai yang paling sesuai digunakan pada sistem PLTS adalah yang memiliki karakteristik *Deep Discharge*, yang artinya baterai ini dapat di-*discharge* daya listriknya hingga tersisa 20% dari kapasitas baterai. (Pada umumnya baterai yang digunakan pada kendaraan bermotor untuk starting hanya bisa di-*discharge* hingga 80% dari kapasitas daya baterai, jika melebihi maka umur baterai menjadi berkurang)[22].

#### 5. Panel Distribusi

Panel ini dibutuhkan untuk memilah bobot output inverter sesuai dengan kapasitas masing-masing beban. Panel ini bisa dilengkapi proteksi arrester untuk memproteksi gangguan dari luar contohnya induksi tangkapan petir.

### 2.5. Energi Matahari

Matahari ialah reaktor fusi nuklir yang amat besar. Karena matahari jauh dari bumi maka hanya beberapa kecil radiasi matahari yang sampai ke dasaran dunia. Ada beberapa kategori radiasi matahari yakni Radiasi langsung (*direct radiation*), radiasi terhambur (*diffuse radiation*), radiasi pantulan (*albedo*), dan radiasi keseluruhan (*keseluruhan radiation*) Energi surya memiliki radiasi yang dapat di konversikan sebagai daya listrik. Daya yang diperoleh dalam inti surya melalui cara menyatukan molekul hidrogen dan helium. Bagian dari massa hidrogen dikonversi jadi daya [16].

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



Gambar 2.10 Media Ukur *Pyranometer* [16]

*Pyranometer* yakni alat perlengkapan alat ukur radiasi matahari. *Pyranometer* merupakan inovasi dalam *industri test* dan *measurement* sebagai perlengkapan ukur untuk energi matahari atau fitur panel surya yang di gunakan untuk mengetahui besarnya efek pencahayaan dari radiasi matahari ke dataran.

## 2.6. Analisis Aspek Teknis

Spesifikasi umum PLTS ditentukan menggunakan rumus-rumus yang terdapat pada standar AS/NZS 4509.2, sebagai berikut [23]:

1. Menentukan efisiensi inverter ( $\eta_{inv}$ )  
Menentukan efisiensi inverter dianjurkan untuk menggunakan inverter dengan efisiensi paling tinggi.
2. *Design load energy* ( $E_{tot}$ )  
*Design load energy* merupakan total kebutuhan energi listrik yang harus disuplai oleh PLTS yang dapat diketahui menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

- $E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian (Wh)  
 $E$  = Listrik per hari (Wh)  
 $\eta_{inv}$  = Efisiensi Inverter (%)

3. Menentukan sudut kemiringan (*tilt angle*)



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.

Menentukan *tilt angle* berfungsi untuk mengoptimalkan produksi dari PV Array. Menurut AS/NZS 4509.2:2010, menentukan *tilt angle* bergantung pada nilai derajat lintang dan variasi radiasi matahari sepanjang tahun dimana minimal *tilt angle* modul surya adalah  $15^\circ$ .

4. Menentukan nominal tegangan bus DC (Vdc)

Nominal tegangan bus DC ditentukan bertujuan untuk sebagai referensi tegangan semua komponen yang akan terhubung pada jalur bus DC.

5. Konfigurasi sistem

Konfigurasi sistem pada perancangan PLTS sistem *off grid*.

### 2.6.1. Perancangan serta Penentuan Komponen Penting PLTS

Pada tahap ini perancangan dan pemilihan komponen utama PLTS sistem *off grid* adalah dengan melakukan perhitungan secara teoritis dan manual sesuai dengan rumus-rumus yang ada pada panduan *Australian/New Zealand Standard TM AS/NZS 4509.2* tentang *Stand Alone Power System Part 2: System Design*. Tujuan tahap ini yaitu untuk menghasilkan sebuah desain PLTS sistem *offgrid* yang efisien dan optimal[23].

1. Modul Surya

Dalam melakukan pemilihan dan perancangan modul surya, sebelum menentukan kapasitas dan jumlah modul surya yang digunakan, terdapat beberapa hal yang menjadi variabel perhitungan sebagai berikut:

a. *Oversupply co-efficient (fo)*

Dalam mendesain kapasitas pembangkit terdapat nilai kelebihan suplai energi yang digunakan, nilai tersebut disebut *oversupply co-efficient*.

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

Baterai *lead acid* digunakan disetiap PLTS menurut AS/NZS 4509.2:2010 memiliki efisiensi hingga 90% sampai dengan 95%.

c. Pemilihan Modul Surya

Desainer bebas memilih modul surya dengan membandingkan kekurangan dan kelebihan dari masing-masing jenis yang telah dijelaskan.

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

*Irridation on titled plane* merupakan radiasi yang diterima pada *title angle* modul surya yang dipasang.

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



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

Pada penelitian ini perancangan PLTS sitem *off grid* ditentukan beberapa rangkaian *PV Array* untuk disesuaikan dengan kapasitas SSC yang dirancang.

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

Keterangan:

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

f. *Design load (Ah)*

*Design load Ah* adalah nilai kebutuhan energi listrik dalam satuan Ah. Nilai ini didapatkan dari pembagian total kebutuhan energi harian dibagi tegangan bus DC.

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

g. *Required Array Output*

*Required Array Output* merupakan nominal daya yang harus disuplai dalam satuan (Ah), dengan memperhitungkan efisiensi baterai.

$$Required\ Array\ output\ Ah = \frac{Design\ load\ Ah}{N_{bat}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$N_{bat}$  = Efisiensi baterai (%)

h. *Daily Charger output per module*

*Daily charger output per module* merupakan energi yang diproduksi satu modul per hari, dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

Toleransi Pabrik = Toleransi pabrik terhadap daya keluaran (%)

$I_{T,V}$  = Arus hubung singkat dibawah temperatur operasi (NOCT)(A)

$f_{dirt}$  = *Derating factor* karena debu (%)

$H_{tilt}$  = Radiasi *title angle*

i. *Number of parallel strings required (Np)*

*Number of parallel strings required* merupakan jumlah modul surya dihubung secara paralel dengan menggunakan rumus sebagai berikut::

$$N_p = \frac{Required\ Array\ Output \times fo}{Daily\ Charger\ Output\ Module} \quad (2.6)$$



## 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:

*Required Array Output* = Arus hubung singkat dibawah temperatur operasi (A)

*Daily Charger Output* = *Derating factor* karena debu (%)

*Fo* = *Oversupply co-efficient* 1,3-2

j. *Number of series modules per string (Ns)*

*Number of series modules per string* merupakan jumlah modul surya terhubung secara seri dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N_s = \frac{V_{dc}}{V_{oc}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

*Vdc* = Nominal tegangan bus DC (V)

*Voc* = Nominal Tegangan Modul (V)

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

*Total number of modules in Array* merupakan total semua modul surya yang digunakan dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

*N<sub>p</sub>* = *Number of parallel strings required*

*N<sub>s</sub>* = *Number of series modules per string*

1. Kapasitas setiap PV Array (PPV Array)

Setelah mengetahui jumlah semua modul yang digunakan, selanjutnya nilai kapasitas dari PV Array pada PLTS sistem *Off-Grid* dapat diketahui dengan menggunakan rumus berikut:

$$PPV_{Array} = \text{jumlah modul surya} \times \text{daya per modul surya} \quad (2.9)$$

2. *Solar Charger Controller (SCC)*

Dalam upaya menghindari kerusakan baterai dikarenakan arus masuk yang tidak stabil maka dalam pemilihan SCC mengikuti tahapan sebagai berikut:

1. *x h rate capacity of selected cell/block*, adalah kapasitas yang tertera pada manufacture baterai.
2. *x h rate capacity of battery bank*, merupakan total kapaistas baterai yang digunakan, disimbolkan dengan *Cx*.

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 satu 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.

3.  $x$  *h rate capacity of battery bank*, merupakan arus maksimum yang harus dihasilkan SCC, disimbolkan dengan  $I_x$ .

$$I_x = \frac{\text{h rate capacity of battery bank}}{x} \quad (2.10)$$

4. *Max charge voltage at typical* ( $V_{bc}$ ), merupakan tegangan normal maksimum charger dari baterai charge regulator pada arus maksimum.

$$V_{bc} = \text{typically voltage per cell} \times N_s \quad (2.11)$$

5. *Battery charge max apparent power* ( $S_{bc}$ ), adalah daya nyata maximum yang dikonsumsi oleh baterai charger pada kondisi saat arus output maksimum dan tegangan pengisian normal maksimum ( $V_A$ ).

$$S_{bc} = \frac{I_{bc} \times V_{bc}}{n_{bc} \times p_{fbc} \times 1000} \quad (2.12)$$

Keterangan:

- $I_{bc}$  = Arus keluaran (A)  
 $V_{bc}$  = Tegangan normal maksimum charge (V)  
 $n_{bc}$  = *Nominal charge efficiency* (%)  
 $p_{fbc}$  = *Power faktor*(%)

### 3. Baterai

Terdapat beberapa variabel perhitungan dalam merancang dan memilih baterai yaitu:

- a. *Desing load Ah for battery sizing*, adalah kebutuhan energi listrik yang menjadi patokan dalam menentukan kapasitas baterai.
- b. Target hari otonomi (*autonomy*) ( $T_{aut}$ ), adalah target jumlah hari operasi maksimum baterai yanpa *input* dari *PV Array* sebelum melewati DoD maksimum baterai.
- c. *Maximum Depth of Discharge* ( $DoD_{max}$ ), adalah batas pengosongan dari baterai atau besarnya muatan listrik maksimum dari baterai yang diizinkan untuk digunakan.
- d. Kapasitas baterai pada *nominal battery discharge rate* ( $C_x$ ), berdasarkan AS/NZS 4509.2:2010,  $C_x$  dipilih harus dengan mempertimbangkan durasi dan beban maksimum, *discharge rate* 100 jam sesuai digunakan untuk kebutuhan beban rendah dan *discharge rate* 20 Jam sesuai dengan beban tinggi.
- e. Faktor koreksi temperatur, berdasarkan standar AS/NZS 4509.2:2010, untuk baterai dengan *discharge rate* 20 jam, faktor koreksi temperatur adalah 98%.



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.

- f. Kapasitas baterai yang diperlukan, untuk mengetahui nilai besar kapasitas baterai yang diperlukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ah = \frac{\text{Design load Ahx Tout}}{\text{DoDmax x Faktor koreksi temperatur}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

*Design load* Ah = Kebutuhan energi listrik (Ah)

T<sub>out</sub> = Target hari otonomi

DoDmax = Batas pengosongan dari baterai (%)

- g. Pemilihan baterai, pemilihann baterai disesuaikan dengan spesifikasi dan kebutuhan PLTS sistem *Off-Grid* yang dibuat.
- h. Jumlah baterai terhubung seri, adapun untuk mengetahui jumlah baterai yang terhubung seri menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Baterai terhubung seri} = \frac{V_{dc}}{V_{dc}} \quad (2.14)$$

Keterangan:

V<sub>dc</sub> = Nominal tegangan bus DC (V)

V<sub>dc</sub> = Nominal baterai (V)

- i. Jumlah baterai terhubung paralel, adapun untuk mengetahui jumlah baterai yang terhubung paralel menggunakan persamaan berikut::

$$\text{Baterai terhubung paralel} = \frac{\text{Kapasitas baterai diperlukan}}{\text{Kapasitas baterai ada } C_x} \quad (2.15)$$

- j. Total jumlah baterai, setelah mengetahui jumlah baterai yang dihubungkan secara seri dan paralel, selanjutnya dapat ditentukan total baterai yang diperlukan dalam perancangan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Total} = \text{Baterai terhubung seri} \times \text{Baterai terhubung paralel}$$

- k. *Capacity of battery bank at nominal discharge rate*, merupakan kapasitas baterai yang dihasilkan setelah perancangan, dapat diketahui menggunakan rumus berikut:

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

- l. *Day of autonomy for selected battery*, adalah jumlah hari yang dapat dilayani oleh baterai dalam mensuplai energi ke beban tanpa adanya energi dari PLTS:

$$A = \frac{\text{DoDmaxxcapacityxfaktor koreksi temperatur}}{\text{Design load Ah for battery sizing}} \quad (2.16)$$

- m. *Nominal daily DoD*, merupakan besarnya discharge rata-rata harian dari baterai yang dsimbolkan dengan DoD.



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.

$$DoD = \frac{\text{Design load Ah}}{\text{Capacity of battery (Design)}} \quad (2.17)$$

#### 4. Inverter

Merujuk AS/NZS 4509.2:2010, untuk merancang dan memilih inverter yang digunakan harus memperhatikan beberapa hal sebagai 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*
- f. Rentang tegangan operasi DC
- g. Tegangan dan frekuensi keluaran
- h. Konfigurasi sistem

Dari beberapa kriteria tersebut untuk menentukan kapasitas inverter akan disesuaikan dengan kebutuhan dari PLTS sistme *off-grid* yang selanjutnya ditambah 10% atau dikali 1.1 dari daya inverter yang telah direncanakan untuk keamanan inverter. Pemilihan kapasitas inverter dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut::

$$\text{Kapasitas inverter} = \text{kapasitas PLTS} \times fo \quad (2.18)$$

### 2.7. Analisis Aspek Ekonomis

Sistem PLTS dianggap sebagai solusi energi listrik yang ramah lingkungan akan tetapi mahal. Namun dengan desain dan operasi yang optimal dan efektif, sistem PLTS yang telah dirancang akan dapat mengembalikan modal investasi dan mendapatkan keuntungan yang lebih lanjut. Adapun analisis aspek ekonomis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Biaya investasi awal, merupakan biaya awal untuk pembelian komponen-komponen PLTS, biaya pemasangan, biaya pendukung, biaya penggantian dan lainnya.
- b. Biaya Pemasangan, Standar biaya pemasangan pembangkit listrik tenaga surya terpusat berdasarkan data OJK 2016 sebesar US\$ 2.5 /Wp.
- c. Biaya pemeliharaan, adalah biaya operasi selama 1 tahun yang didalamnya terdapat biaya pajak, asruansi, gaji operator dan lainnya. Biaya pemeliharaan ini biasa disebut Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M).

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.

d) *Salvage value*, merupakan nilai sisa yaitu sebesar 20% dari sistem PV di akhir hidupnya.

e) Analisa Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*), adalah keseluruhan biaya yang dibutuhkan oleh suatu sistem selama masa operasinya. Pada PLTS, biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, pemeliharaan dan operasional serta biaya pengganti baterai dan di kurang nilai sisa. Dalam *Software PV Syst*, Biaya siklus hidup (LCC) dapat menggunakan persamaan:

$$LCC = C + M_{PV} + R_{PV} - S_{PV} \quad (2.19)$$

Keterangan:

LCC = Biaya siklus hidup.

C = Biaya awal

M<sub>PV</sub> = Biaya pemeliharaan

R<sub>PV</sub> = Biaya perbaikan dan biaya penggantian komponen.

S<sub>PV</sub> = Nilai sisa (20%)

f) *Present Values* (PV), atau nilai sekarang dari biaya penggantian komponen untuk beberapa waktu mendatang, akan tetapi sebelum itu nilai *Present Worth function* (PWF) harus diketahui, Dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$PWF = \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (2.20)$$

$$R_{pw} = B \times PWF$$

Keterangan = Biaya penggantian komponen

g) Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M), biaya operasional dan pemeliharaan PLTS dalam setahun yang biasanya diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal[25].

$$M = 1\% \times \text{Total biaya investasi awal.} \quad (2.21)$$

h) Analisa *Levelized Cost Of Energy* (LCOE), merupakan biaya rata-rata per kWh energi listrik yang dihasilkan.

i) *Net Present Value* (NPV), adalah metode yang digunakan untuk menghitung nilai bersih pada waktu saat ini metode perhitungan ini terdiri dari *cash flow benefit* (CFB) dan *cash flow cost* (CFC)[26].

$$NPV (Rp) = \sum CFB (Rp) - CFC(Rp) \quad (2.22)$$

Jika:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1.  $NPV > 0$ , Berarti layak untuk dilaksanakan.
2.  $NPV < 0$ , Berarti tidak layak untuk dilaksanakan.
3.  $NPV = 0$ , Berarti tidak untung dan tidak rugi.

Dengan:

- a. *Cash Flow Benefit* (CFB), adalah arus masuk uang tahunan selama sistem berjalan dan berjalan. Arus kas masuk dihitung berdasarkan tingkat bunga untuk tahun tersebut.

$$CFB (Rp) = \sum_{t=0}^n Cost (1 + i) \tag{2.23}$$

- b. *Cash Flow Cost* (CFC), adalah arus kas keluar tahunan selama sistem berjalan dan berjalan. Jumlah ini adalah jumlah total yang diinvestasikan dalam sistem selama n tahun. Jika dalam jangka waktu yang ditentukan, pembayaran berulang memiliki nilai yang sama, perhitungan CFC menggunakan faktor pembobotan saat ini (PWF).

$$CFB (Rp) = \sum_{t=0}^n Investasi - PWF \tag{2.24}$$

- j. Waktu Pengembalian Investasi (*Payback Period*), ialah jumlah waktu yang diperlukan untuk memulihkan modal atau investasi awal setelah proyek dibangun. Periode pengembalian dapat ditemukan dengan menghitung nilai masa kerja proyek dan menghitung nilai sekarang bersih. Selama periode pengembalian modal ini, rencana investasi dikatakan dapat dicapai jika  $k \leq n$  dan sebaliknya (di mana k adalah jumlah periode pengembalian modal dan n adalah usia investasi)[26].

$$PBP(\text{tahun}) = \text{Year before recovery} + \frac{\text{Biaya investasi awal}}{NPV \text{ kumulatif}} \tag{2.25}$$

Keterangan:

*Year before recovery* = Jumlah tahun sebelum tahun pengembalian final (tahun)

NPV Kumulatif = Jumlah kas bersih nilai sekarang per tahun (Rp)

- k. *Internal Rate of Return* (IRR), adalah metode perhitungan investasi dengan menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di waktu mendatang[26].

Dimana :

1. IRR lebih besar dari pada suku bunga Bank maka proyek layak dilaksanakan.
2. IRR lebih kecil dari pada suku bunga Bank maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

$$IRR(\%) = i_1 + \left\{ \left( \frac{NPV1}{NPV1 - NPV2} \right) \times (i_2 - i_1) \right\} \tag{2.26}$$



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:

IRR = *Internal Rate of Return* (%)

NPV<sub>1</sub> = *Net Present Value* dengan tingkat bunga rendah (Rp)

NPV<sub>2</sub> = *Net Present Value* dengan tingkat bunga tinggi (Rp)

i<sub>1</sub> = Tingkat bunga pertama (%)

i<sub>2</sub> = Tingkat bunga kedua (%)

## 2.8. Desain Gambar Perancangan

Untuk pembuatan rancangan pabrik es balok tenaga surya di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir, peneliti menggunakan beberapa *software* untuk menghasilkan *layout* yang lebih baik, dikarenakan data yang di render setelah penggunaan *software* yang pertama akan digabungkan dengan *software* berikutnya.

### 1. Software Sketchup

Sketchup merupakan sebuah *software* pemrograman grafis 3 dimensi paling banyak digunakan saat ini oleh desainer grafis, sketchup dibuat pada tahun 1999 oleh perusahaan Latest Software selanjutnya pada tahun 2006 *software* sketchup di jual ke pihak Google salah satu perusahaan raksasa multimedia mesin pencari terbaik di dunia maya bertujuan untuk diintegrasikan proyek ambisius yang dimiliki oleh google yaitu Google Earth [27].

Tabel 2.5 *Toolbar Software Sketchup*

No	Tools	Penjelasan
1.	Select	Fungsi untuk menyeleksi objek yang ada di area
2.	Line	Fungsi untuk membuat objek garis lurus
3.	Rectangle	Fungsi untuk membuat objek berbentuk segi empat
4.	Circle	Fungsi untuk membuat berbentuk lingkaran
5.	Arc	Fungsi untuk membuat objek garis lengkung
6.	Make component	Fungsi untuk membuat objek menjadi satu komponen
7.	Eraser	Fungsi untuk menghapus line
8.	Tape measure	Fungsi untuk membuat garis putus-putus
9.	Paint bucket	Fungsi untuk menambahkan material / warna / texture pada sisi objek

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.

10.	Push / pull	Fungsi untuk meng extrude sisi objek yang terseleksi
11.	Move	Fungsi untuk pindah objek
12.	Rotate	Fungsi untuk rotasi objek
13.	Offset	Fungsi untuk kloningan dari grid sisi objek yang terseleksi
14.	Orbit	Fungsi untuk rotasi view terhadap objek
15.	Pan	Fungsi untuk memindahkan posisi view terhadap objek
16.	Zoom	Fungsi untuk zoom in / zoom out objek
17.	Zoom estens	Fungsi untuk zoom in view / zoom out view seluruh objek

2. Adobe After Effect

Adobe *After Effect* merupakan software editing setelah dilakukan konsep rancangan supaya rancangan lebih menarik dan terlihat nyata, *software* ini sangat populer dikalangan desainer grafis maupun animator karena fasilitas yang ditawarkan oleh software ini dalam pengolahan gambar lebih 3 dimensi lebih baik dibandingkan software sejenisnya [27].

- Hak Cipta Dimadungi 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tipe Penelitian

Riset ini merupakan tipe penelitian kuantitatif dengan menggunakan pendekatan deskriptif. Riset kuantitatif merupakan tata cara penelitian dengan pedoman perhitungan analisis terencana serta hasil riset berbentuk statistik nilai. Pada riset ini, aspek kuantitatif merupakan pengumpulan informasi pokok mengenai kebutuhan energi listrik setiap hari pada pabrik es balok tenaga surya selanjutnya diolah dengan berlandaskan Australian/New Zealand Standard TM (AS/NZS 4509.2:2010)-*Stand Alone Power Systems* dan menghasilkan desain rancangan pabrik es balok tenaga surya menggunakan *sooftware* sketchup.

#### 3.2. Metode Penelitian

Tugas akhir ini terbuat dengan beberapa statement, ada pula statement dengan cara umum yaitu sebagai berikut:

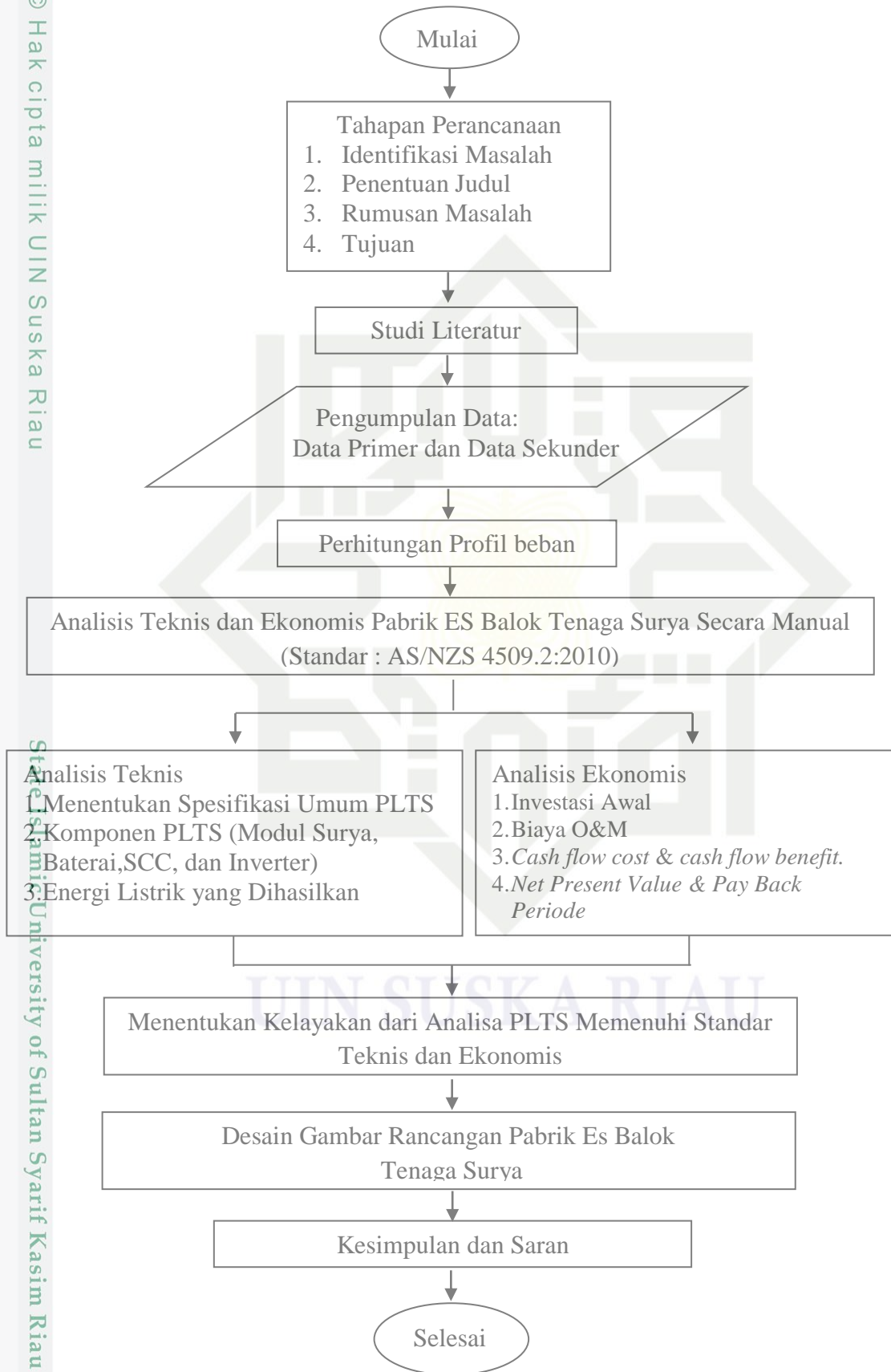
1. Tahapan Perencanaan
2. Riset Literatur
3. Pengumpulan Data
4. Memperhitungkan Profil Beban
5. Analisis Teknis dan Ekonomi
6. Desain Gambar Perancangan Pabrik Es Balok Tenaga Surya
7. Kesimpulan dan Saran

Tujuh dari statement ini untuk lebih jelasnya bisa diamati pada gambar 3.1 *flowchart* berikut ini:



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



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian



### 3.3. Tahapan Perancangan

Langkah-langkah yang perlu disiapkan merupakan langkah perancangan dimana langkah ini seluruh perihal teknis yang dilaksanakan supaya di susun jelas untuk mempermudah hasil riset yang dilakukan sejalan dengan konsep. Ada pula statement perancangan pada penelitian ini yaitu:

#### 1. Pemahaman Masalah

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini merupakan dari kebutuhan nelayan Desa Pulau Jemur dengan kekurangan es balok sebagai media pengawet ikan dan belum terpenuhi kebutuhan listrik di Desa Pulau Jemur dikarenakan letak geografis juga merupakan Desa pemekaran terakhir yang ada di Kecamatan Pasir Limau Kapas Kabupaten Rokan Hilir menjadi masalah pada penelitian ini, terdapatnya regulasi ini maka pemerintah daerah atau investor untuk memikirkan pengembangan PLTS yang bisa di handalkan sebagai salah satu pasokan tenaga listrik untuk pabrik es untuk mensejahterakan nelayan tradisional di Desa Pulau Jemur.

#### 2. Penetapan Judul

Bersumber pada kasus yang terdapat hingga pengarang melaksanakan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Pabrik Es Balok Tenaga Surya” untuk mengatasi permasalahan yang ada pada studi kasus di Desa Pulau Jemur Kecamatan Pasir Limau Kapas Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau.

#### 3. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan pada riset ini adalah bagaimana metode PLTS *off-grid* sebagai basis energi utama pada pabrik es balok dan bagaimana metode untuk menganalisis teknis dan ekonomis PLTS perancangan tersebut.

#### 4. Tujuan Penelitian

Riset ini mempunyai tujuan yaitu menciptakan konsep PLTS *off-grid* yang bisa memenuhi kebutuhan beban listrik pada perancangan pabrik es balok tenaga surya serta mengetahui hasil dari analisis teknis dan ekonomis. Sebaliknya faedah pada riset ini merupakan supaya bisa dijadikan rujukan dalam membangun PLTS *off-grid* atau sebagai rujukan pada riset berikutnya.

### 3.4. Studi Literatur

Dalam pelaksanaan Riset ini dilakukan pengumpulan sebagian riset terdahulu yang diperlukan sebagai rekomendasi yang di-dapat dari riset terdahulu, jurnal, buku serta sumber yang lain yang berkaitan dengan kasus yang ingin diselesaikan.

- 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 mengemukakan 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.

**3.5. Pengumpulan Data**

Pada statement ini dicoba pengumpulan data hal kemampuan energi listrik di Desa Jemur. pemilihan titik koordinat posisi penelitian dicoba dengan Google Earth. Informasi potensi intensitas radiasi matahari diperoleh dari *surface meterology and solar energy* (SMSE) milik NASA berupa data radiasi matahari dan jumlah total radiasi matahari (kWh/m<sup>2</sup>/hari). Data-data itu bisa didapat dengan memasukan titik koordinat posisi wilayah tersebut di *Data Access Viewer Power NASA*.

**3.6. Perhitungan Profil Beban**

Sebelum dilakukan perhitungan profil beban dilakukan pengumpulan informasi kebutuhan peralatan pada penelitian sebelumnya untuk membangun suatu pabrik es balok dan untuk mengetahui konsumsi beban harian pabrik es balok tenaga surya.. Tujuan mengetahui beban harian adalah untuk menentukan kapasitas panel surya yang di-butuhkan untuk menentukan kapasitas inverter yang dibutuhkan. Pada studi beban ini akan dilakukan dua tahap yaitu:

- 1. Membuat Daftar Profil Beban

Data profil beban listrik akan didata dan disesuaikan dengan jenis beban, jumlah beban, rating daya, dan waktu beban digunakan yang kemudian akan dimasukan ke dalam *spreadsheet* agar mudah untuk memperoleh nilai dari beban tersebut.

- 2. Membuat Profil Beban

Profil beban dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data konsumsi energi harian yang selanjutnya akan dibuat tabel urutan beban berdasarkan waktu penggunaan, selanjutnya beban puncak harian bisa didapatkan dengan menghitung berapa total beban yang hidup secara serentak setiap jamnya selama durasi 24 jam. Tujuan dilakukan studi beban listrik adalah untuk mendapatkan data konsumsi energi listrik harian.

**3.7. Data yang Dibutuhkan dan Sumber Data**

**3.7.1 Data Primer**

Tabel 3.1 Data Primer Diperlukan dan Sumber Data

Nomor	Profil Data yang Perlu	Sumber Data
-------	------------------------	-------------



© Hak cipta ini milik UIN Suska Riau	Profil Beban Mesin Es Balok	Surat rekomendasi dari PND ice perusahaan penyedia mesin es balok
	Tanggapan Terhadap Perancangan PLTS	Tanya jawab kepada Kepala Desa Pulau Jemur
	Harga Satuan Es Balok	Tanya jawab kepada Kepala Desa Pulau Jemur

### 3.7.2 Data Sekunder

Tabel 3.2 Data Sekunder yang Dibutuhkan dan Sumber Data

Nomor	Profil Data yang Perlu	Sumber data
1.	Titik Koordinat Posisi Penelitian	<i>Google Earth</i>
2.	Potensi Energi Surya	<i>NASA</i>
3.	Potensi Energi Bayu	<i>Global Wind Atlas</i>
4.	Harga dan Detail Komponen Perancangan	Internet, webstore dan penelitian terdahulu

### 3.8. Daftar Data Beban Listrik Pabrik Es Balok Tenaga Surya

Beban listrik pabrik es balok yang dirancang pada penelitian ini terdiri beberapa peralatan listrik yaitu mesin es balok, mesin pompa air, bola lampu. Pabrik es balok pada penelitian akan dirancang dengan kapasitas 2,5 ton es yang dihasilkan setiap hari.

- Mesin es balok Koler DK 50

Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin Es Balok DK50

Spesifikasi	Keterangan
Merek	Koller
Tipe	Mesin Es Balok DK50
Kapasitas Harian	5 Ton / 24 Jam
Ukuran Es	54 pcs / 25 kg
Kompresor	Bitzer 6HE-28Y-40P
Instalasi Daya Keseluruhan	21.5 kWh

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.

Suplai Daya	380V 50Hz 3P
Ukuran	4500 x 1300 x 3100 mm
Harga + PPN 11%	Rp. 778.110.000,00

Mesin es balok DK50 merk Koller yang di pasar oleh CV. PND ice maker merupakan mesin yang dapat menghasilkan es balok sebagai media pengawet ikan yang berkapasita daya 21.5 kWh yang digunakan selama 12 jam per hari untuk menghasil es balok sebanyak 2.5 ton.

b. Mesin Pompa Air Merek Sanyo

Tabel 3.4 Spesifikasi Mesin Pompa Air Sanyo P-H130B[17]

Spesifikasi	Keterangan
Model	Sanyo P-H130B
Output.Tegangan	125 W
Input	1,4 Ampere
Daya Tegangan	220 Volt
Kapasitas Maksimum	301/sekon
Ukuran	200 x 150 x 250 mm
Harga Satuan	Rp. 1.494.900,00

Mesin pompa air merk Sanyo Sebagai menyuplai air ke penampung cetakan air yang akan diolah menjadi es balok pada mesin es balok berkapasitas daya 125 W yang digunakan selama 4 jam per hari

c. Lampu LED Merk Philips

Tabel 3.5 Spesifikasi Lampu LED Philips 20W[19]

Spesifikasi	Keterangan
Model	Philips
Penggunaan	Dalam Ruangan
Bentuk Lampu	T70
Teknologi	LED
Sudut Berkas Cahaya	150 °
Kategori Warna Cahaya	Putih
Tegangan	220-240 V
Output Tegangan	20 W

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.

Ukuran	60x 50 x 80 mm
Harga	Rp. 79.900,00

Lampu LED pada penelitian ini digunakan sebagai penerangan pada ruangan pabrik blok tenaga surya pada malam hari, lama penggunaan 12 jam perhari dengan daya

## 3.9. Analisis Aspek Teknis dan Ekonomi PLTS

### 3.9.1. Aspek Teknis

Tahapan ini dilakukan kalkulasi dengan cara teoritis berlandaskan pedoman penulisan Australian/New Zealand *Standard* TM 4509.2:2010 - *Stand Alone Power Systems Part 2: System Design*. Tahap ini memiliki tujuan yaitu untuk menghasilkan sebuah desain sistem pembangkit listrik tenaga surya yang sesuai dengan Australia/New Zealand *Standard* 4509.2:2010 di mana ada 4 tahapan melaksanakan perencanaan desain sistem pembangkit listrik tenaga surya yaitu:

1. Detail umum mencakup pada potensi radiasi matahari, jumlah beban dan profil beban perancangan
2. *Sizing* dan penentuan *photovoltaic array* mencakup pada: penetapan kapasitas serta detail modul *photovoltaic* yang digunakan.
3. *Sizing* dan penentuan baterai, yang meliputi: penentuan kapasitas dan spesifikasi baterai yang digunakan.
4. *Sizing* penentuan *Solar Charge Controller* (SCC) yang meliputi: penentuan kapasitas dan spesifikasi *Solar Charge Controller* yang akan digunakan.
5. *Sizing* penentuan inverter yang meliputi: penentuan kapasitas dan spesifikasi inverter yang akan digunakan

### 3.9.2. Aspek Ekonomis

Analisa ekonomis dilakukan dengan teknik memperkirakan totalitas anggaran yang terdapat pada PLTS mulai dari anggaran pendanaan awal yang meliputi pembelian elemen dan pemasangan dan anggaran pemeliharaan per tahunnya. Analisa ekonomis ini dilakukan guna mengetahui apakah perencanaan PLTS ini pantas di jalani ataupun tidak. Sebagian variabel yang perlu diperhitungkan pada analisa ekonomis adalah berikut ini:

1. Anggaran Investasi Awal



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

Merupakan anggaran awal untuk pembelian bagian-bagian penyusunan PLTS tercantum anggaran pemasangan, anggaran pendukung, anggaran penggantian dan yang lain.

#### 2. Anggaran Operasional dan Perawatan (O&M)

Merupakan anggaran O&M terdiri dari anggaran perawatan dan anggaran penggantian komponen.

#### 3. Anggaran Investasi Total

Merupakan anggaran permodalan total adalah biaya yang dikeluarkan untuk membangun perancangan PLTS dan mengganti komponen PLTS selama masa beroperasi.

#### 4. *Cash Flow Cost* (CFC)

Merupakan pengeluaran pada arus kas keluar tahunan selama sistem berjalan.

#### 5. *Cash Flow Benefit* (CFB)

Merupakan pemasukan pada arus masuk uang tahunan selama sistem berjalan.

#### 6. *Net Present Value* (NPV)

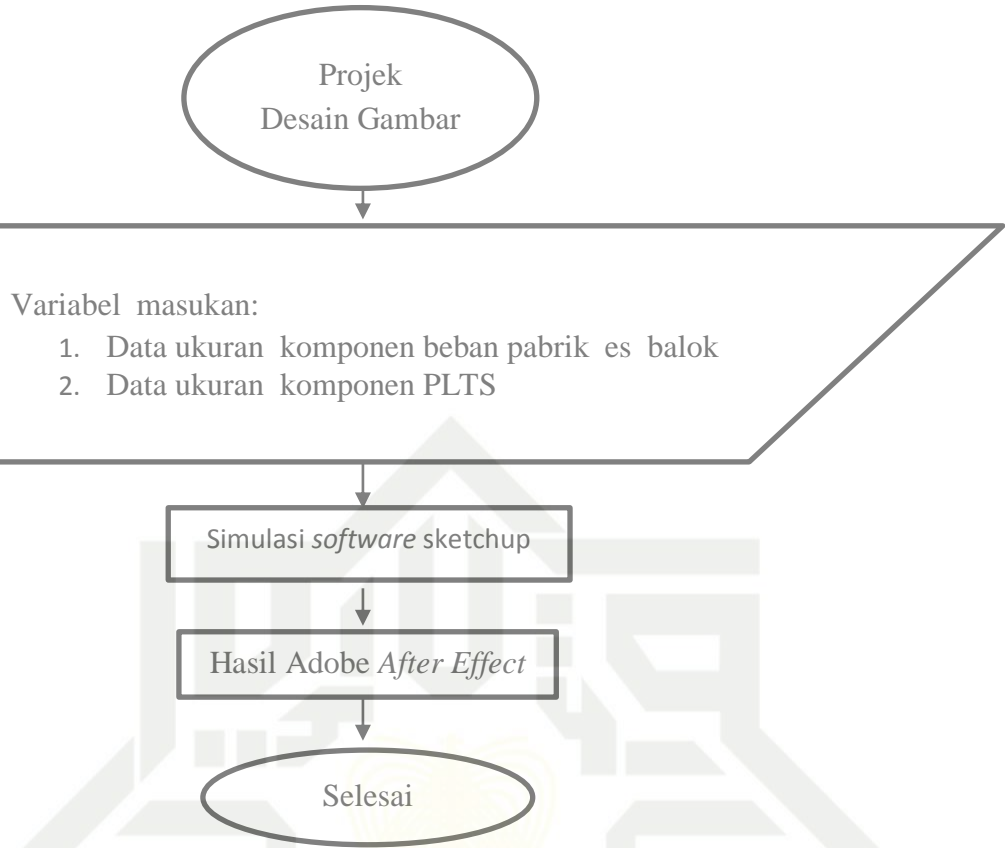
Merupakan cara yang dipakai untuk membagi nilai bersih pada durasi dikala ini.

#### 7. Waktu Pengembalian Investasi (*Payback Period*)

Merupakan jumlah lama periode yang dibutuhkan buat memulangkan lagi modal ataupun pendanaan awal sehabis proyek perancangan di bangun.

### 3.10. Desain Gambar Perancangan Pabrik Es Balok Tenaga Surya

Desain gambar pada perancangan pabrik es balok tenaga surya menggunakan software sketchup untuk menggambarkan bagaimana bentuk bangunan yang akan didirikan terdapat pula mesin penghasil es balok merk Koller dan termasuk komponen-komponen PLTS yang terdiri dari *inverters*, *SCC*, *battery* dan panel surya. Dapat dilihat pada gambar 3.2 *flowchart* berikut ini:



Gambar 3.2 *flowchart* Simulasi Layout

1. menentukan variabel masukan merupakan data ukuran setiap komponen yang ada pada pabrik es balok tenaga surya  
 menentukan konsep projek menggunakan google sketchup merupakan layout dari perancangan pabrik es balok tenaga surya  
 Adobe After Effect  
 Hasil dari layout perancangan pabrik es balok menggunakan google sketchup pengolahan gambar lebih 3 dimensi agar lebih baik.

### 3.11. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan adalah perihal inti dari ringkasan keseluruhan tugas akhir yang dilakukan sesuai dengan permasalahan yang diangkat, bertujuan guna apakah riset ini berhasil ataupun tidak. Berikutnya saran yang mengandung masukan-masukan dari peneliti riset ini ataupun anjuran pada peneliti selanjutnya yang ingin mengangkat judul ataupun selaku materi rujukan riset pada penelitian kedepannya.

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 V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1. Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian dan pembahasan yang dilakukan pada perancangan pabrik es balok tenaga surya dapat disimpulkan sebagai berikut ini:

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau berkoordinat lintang 2.5252 dan koordinat bujur 100.3191.
2. Profil beban perancangan pabrik es balok tenaga surya terdiri dari 1 unit mesin es balok DK50 merek Koller kapasitas daya sebesar 125 watt yang beroperasi selama 12 jam per hari, 1 unit mesin pompa air merk Sanyo 24 watt beroperasi selama 4 jam per hari, dan 6 unit bola lampu merk philips daya 15 watt yang beroperasi selama 12 jam per hari. Jumlah total keseluruhan daya dalam satu hari pada pabrik es balok tenaga surya dengan potensi rata-rata radiasi matahari 4.79 kWh/m<sup>2</sup>/hari.
3. Dari aspek teknis, berdasarkan perhitungan sesuai dengan standar *standard Australian/New Zealand Standard TM 4509.2:2010 - Stand Alone Power Systems Part 2: System Design*. aspek teknis pada penelitian ini membutuhkan panel surya sebanyak 300 unit ber merk Jembo PV JB Series JPV-330P-72N1 dengan *losses module* sebesar 3,43%. 184 unit *battery* 12V 200Ah dengan total kapasitas baterai 48V 1000Ah. SCC dengan karakteristik tegangan kerja 48Vdc dengan total arus 1000A dan *inverters* 33 kW yang mampu mengubah tegangan 550Vdc menjadi 380Vac. Perencanaan yang dilakukan dapat menghasilkan total daya 99.000 Wp atau 758,4 Ah dan dengan kebutuhan energi listrik pabrik es balok tenaga surya membutuhkan daya sebesar 337,87 kWh per hari, dari perhitungan yang telah dilakukan mampu menyuplai penyediaan energi listrik tersebut, terlebih lagi PLTS yang dirancang mampu tetap mensuplai energi listrik selama satu hari tanpa menerima energi input dari panel surya.
4. Dari Aspek Ekonomi, kebutuhan biaya investasi awal dalam perencanaan pabrik es balok tenaga surya ini adalah sebesar Rp. 6.642.274.300. Berdasarkan hasil perhitungan, biaya investasi akan kembali pada tahun ke 4 dan mendapat laba pada tahun selanjutnya dengan total keuntungan yang dihasilkan selama 20 tahun sejumlah Rp. 55.845.980.166. Berdasarkan hasil perancangan teknis dan ekonomis yang telah menunjukkan bawah perancangan pabrik es balok tenaga surya dapat realisasikan.



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.

5. Berdasarkan aspek teknis perancangan pabrik es balok tenaga surya dengan jumlah 300 panel surya dengan dimensi 1,95 x 0,9 x 0,1 meter yang dihubungkan secara seri sebanyak 12 panel surya dan paralel sebanyak 25 panel surya di butuhkan luas bangunan 14 x 52 meter atau seluas 728 m<sup>2</sup> .

#### 2. Saran

1. Semoga penelitian yang dilakukan ini dapat direalisasikan oleh pemerintah atau investor untuk meningkatkan kesejahteraan nelayan tradisional di Desa Pulau Jemur Kabupaten Rokan Hilir meskipun daerah lain di Indonesia yang potensi daerah dan masyarakatnya bermata pencaharian sektor nelayan tradisional/modern.
2. Penelitian lebih lanjut dimasa mendatang disarankan untuk meneliti mengapa perancangan menggunakan PLTS sering gagal atau bisa gagal berdasarkan faktor-faktor dan kajian. Supaya perancangan menggunakan PLTS selanjutnya dapat disimpulkan sangat layak untuk diimplementasikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Studi *et al.*, “Analisis teknis dan ekonomis pembangunan plts di kabupaten bengkalis provinsi riau,” 2020.
- [2] Badan Pusat Statistik Kabupaten Rokan Hilir, “Statistik Daerah,” 2021.
- [3] BPS.co.id, “Kecamatan Pasir Limau Kapas Dalam Angka 2019,” *Badan Pusat Statistik Kabupaten Rokan Hilir*.  
<https://rohilkab.bps.go.id/publication/2019/09/26/f73ae36609cefd5770d2dd1e/kecamatan-pasir-limau-kapas-dalam-angka-2019> (accessed Apr. 01, 2022).
- [4] Global Wind Atlas, “Mean Power Density,” *globalwindatlas.info*, 2022.  
<https://globalwindatlas.info/en> (accessed Nov. 11, 2022).
- [5] Global Solar Atlas, “PV system configuration,” *globalsolaratlas.info*, 2022.  
<https://globalsolaratlas.info/detail?c=2.520635,100.323029,13&s=2.526551,100.323372&m=site&pv=medium,180,3,100> (accessed Nov. 11, 2022).
- [6] G. T. Setiadanu, A. I. Firmansyah, and A. Hadiyono, “DI PULAU TERLUAR ( Studi Kasus Sentra Pengolahan Ikan di Pulau Morotai ) ( Case Study : Morotai Island Fish Processing Center ),” vol. 17, no. 2, pp. 35–46, 2018.
- [7] M. Ali and H. S. Wibowo, “PERANCANGAN SISTEM MIKROGRID CERDAS BERBASIS ENERGI TERBARUKAN UNTUK PABRIK ES NELAYAN KAPASITAS 4 KW DESIGN OF SMART MICROGRID SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY FOR FISHERMEN ’ S ICE FACTORY 4 KW CAPACITY,” pp. 55–62, 2019.
- [8] V. R. Kossi, “Perencanaan PLTS Terpusat ( Off-Grid ) Di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah,” *J. SI Tek. Elektro UNTAN*, 2018.
- [9] “Pembangkit listrik tenaga surya (plts) terpusat off-grid di desa terpencil kabupaten indragiri hulu tugas akhir,” 2022.
- [10] M. A. AKBAR, *Analisis Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terintegrasi Vertical Indoor Farming*. 2022.
- [11] U. Y. Sari *et al.*, “SISTEM PENGOLAHAN DATA PRODUKSI DAN PENJUALAN ES BALOK PADA UPT PPI KOTA DUMAI,” vol. 9, no. 2, pp. 51–59, 2017.
- [12] L. I. Tarigan *et al.*, “Rancang Bangun Mesin Pompa Air Otomatis Untuk Penyaluran Air Dari Tangki Ke Kran Pengambilan Air Di Desa Regaji Menggunakan Teknik Counter Berbasis Mikrokontroler,” vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2018.
- [13] A. Rizki, A. Lathifah, and D. A. Widyastuti, “PENGARUH GREEN PRODUCT TERHADAP MINAT PEMBELIAN ULANG ( Studi pada Produk Lampu LED Merek PHILIPS ),” vol. 1, no. 01, pp. 16–28, 2018.
- [14] Philips, “Philips Bolam 20W,” *lighting.philips.co.id*, 2022.

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

Hak Cipta Dihindangi 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© <https://www.lighting.philips.co.id/id/consumer/p/led-bohlam/8719514252653/spesifikasi>.

[15] Hardani, *Dye-Sensitized Solar Cell: Teori dan Aplikasi*, 2nd ed. Yogyakarta: Pustaka Ilmu, 2020.

[16] R. R. Ramadhana, M. I. M, and A. Hafid, "ANALISIS PLTS ON GRID," vol. 14, pp. 12–25, 2022.

[17] S. Kelayakan and P. Listrik, "Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga surya (plts) terpusat," no. November, 2018.

[18] Bayuaji Kencana *et al.*, *Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, no. November. Jakarta Selatan: USAID, 2018.

[19] T. C. EL-042, *Australian/New Zealan Standard Stand-alone power systems Part 2: System design*. Sydney: Standards Australia Limited/ Standards New Zealand, 2010.

[20] A. A. Lazou and A. D. Papatsoris, "Economics of photovoltaic stand-alone residential households: A case study for various European and Mediterranean locations," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 62, no. 4, pp. 411–427, 2000, doi: 10.1016/S0927-0248(00)00005-2.

[21] K. Yonata, "Analisis Tekno-Ekonomi Terhadap Desain Sistem PLTS pada Bangunan Komersial di Surabaya, Indonesia," *Dep. Tek. Fis. Fak. Teknol. Ind. Inst. Teknol. Sepuluh Nop. Surabaya*, p. 51, 2017.

[22] S. Kelayakan and P. Listrik, "Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga surya (plts) terpusat," no. November, 2018.

[23] J. Energindo, "Jembo PV JB Series," [www.jembo-energindo.com](http://www.jembo-energindo.com), 2022. <https://www.jembo-energindo.com/jembo-pv-330p/>.

[24] R. Evan, "Tugas Akhir," 175.45.187.195, P. 31124, 2019, [Online]. Available: [Ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/Bahan Wisuda Periode V 18 Mei 2013/Full Text/Pd/Lovita Meika Savitri \(0710710019\).Pdf](Ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/Bahan%20Wisuda%20Periode%20V%2018%20Mei%202013/Full%20Text/Pd/Lovita%20Meika%20Savitri%20(0710710019).Pdf).

[25] T. C. EL-042, *Australian/New Zealand Standard Stand-alone power systems Part 2: System design*. Sydney: Standards Australia Limited/ Standards New Zealand, 2010.

[26] J. Wang, "Solar Power System Modeling and Performance Analysis," *Electron. Theses Diss.*, p. 148, 2011.

[27] Gesheva, K., A. Szekeres, and T. Ivanova. "Optical properties of chemical vapor deposited thin films of molybdenum and tungsten based metal oxides." *Solar energy Materials and Solar cells* 76.4 (2003): 563-576.

[28] Yonata, Kiki. *Analisis Tekno-Ekonomi Terhadap Desain Sistem PLTS Pada Bangunan Komersial Di Surabaya, Indonesia*. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.







- 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.

## LAMPIRAN B

### Form Wawancara dan Dokumentasi

Nama Narasumber : **Ns. Darwis, S.Kep** (Kepala Desa Pulau Jemur)  
 Tempat : Kantor Desa Pulau Jemur  
 Tanggal : 27 Januari 2023

Profil Desa	Jawaban
Sejak kapan Bapak menjabat menjadi kepala Desa Pulau Jemur	Dipilih oleh bupati rokan hilir sebagai Kepala Desa sementara dihitung dari 30 September 2022
Pendapatan utama apa yang ada di Desa Pulau Jemur	Pertanian, perkebunan dan nelayan
Berapa luas wilayah di Desa Pulau Jemur	1250 hektar
Berapa banyak jumlah penduduk di Desa Pulau jemur yang belum mempunyai listrik.	204 Rumah tangga
Kendala apa saja yang ada di Desa Pulau Jemur	Keterbatasan energi listrik sebagai kendala untuk menghidupkan perangkat elektronik dalam memproduksi es.
Identifikasi	Jawaban
Berapa jumlah nelayan yang ada di pulau jemur	
Nelayan apa saja yang ada di pulau jemur	Nelayan pasang surut, nelayan tuamang air dangkal dan nelayan tuamang air dalam dan lain-lain.
Bagaimana cara nelayan mengawetkan ikan?	Salah satu media pengawet ikan segar adalah es balok tidak ada cara lain.
Penjualan ikan dari nelayan kemana saja?	Tengkulak dan pemborong ikan yang ada di desa Pulau Jemur atau pada penduduk sekitar
Berapa banyak yang dapat dihasilkan ikan dari satu nelayan?	40kg – 120 kg



2. 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.

Berapa jarak yang tempuh nelayan untuk mendapatkan es sebagai pengawet alami ikan?	9 km dari Desa Pulau Jemur
Berapa jumlah es yang diperlukan satu kapal nelayan untuk mengawetkan ikan	10 - 15 balok es selama 3- 4hari
<b>Permasalahan</b>	
<b>Jawaban</b>	
Berapa rata-rata penghasilan bersih setiap nelayan setiap menjual ikan?	Rp. 300.000 – Rp. 1.200.000
Berapa biaya sekali turun ke laut mencari ikan? Solar, Makanan, Upah, dll.	Rp. 300.000. – Rp. 650.000 BB solar = Rp. 7.500 x 15 liter = Rp. 112.500 Makanan = Rp. 150.000 Bahan Baku Lainnya = Rp. 200.000
Berapa kali rata-rata setiap nelayan menjual ikan setiap bulan?	Rp. 2.000. 000 – Rp. 6.500.000
Bulan berapa dalam setahun pendapatan nelayan paling tinggi?	Di awal tahun dan di akhir tahun sesuai musiman ikan yang terjadi di Kecamatan Pasir Limau Kapas
Bulan berapa dalam setahun pendapatan nelayan paling rendah?	Di pertengahan tahun diantar bulan 4 – 8.
Apakah nelayan ingin meningkatkan pendapatannya?	Iya.
Apa yang saat ini menghalangi nelayan meningkatkan pendapatan?	Kebutuhan untuk nelayan hanya 2 yaitu bahan bakar solar dan es batu sebagai media pengawet ikan agar cepat membusuk.
Apa yang ingin dilakukan oleh nelayan untuk meningkatkan pendapatan?	Agar bisa melaut lebih lama lagi jika biasa nelayan berangkat dalam 1 hari jika kebutuhan es dan bahan bakar tersedia



2. Dilarang mengemukakan 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.

<p>1. Ditarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:</p>	<p>maka nelayan bisa melaut 2 – 4 hari di laut.</p>
<p>1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang                  © Hak cipta milik UIN Suska Riau                  Apakah nelayan butuh pabrik es di Pulau Jemur? Mengapa?</p>	<p>Sangat dibutuhkan bagi nelayan. Untuk lebih lama lagi berada di laut untuk menghasil tangkapan sesuai kapasitas kapal nelayan.</p>
<p>Jika ada pabrik es baru di Pulau Jemur, apakah akan meningkatkan pendapatan nelayan? Jelaskan alasannya</p>	<p>Jelas akan meningkat dikarenakan nelayan biasanya 1 hari di laut. Apabila kebutuhan es terpenuhi nelayan bisa lebih lama lagi berada di laut.</p>
<p>Jika ada pabrik es baru di Pulau Jemur, apa untungnya untuk nelayan?</p>	<p>Meningkatkan hasil tangkapan dan penghasilan nelayan.</p>
<p>Jika tidak ada pabrik es di Pulau Jemur, apa pengaruhnya pada nelayan?</p>	<p>Pendapatan nelayan tidak ada peningkatan dikarenakan kekurangan kebutuhan es sebagai media pengawet ikan.</p>
<p><b>Pendapat Tentang PLTS</b></p>	<p><b>Jawaban</b></p>
<p>Setelah dijelaskan tentang PLTS, bagaimana pendapat Kepala Desa Pulau Jemur tentang sistem tersebut.</p>	<p>Sangat bagus, selain dapat membangun pabrik es dan dapat memproduksi es balok dengan tenaga listrik PLTS, dapat pula membuka lowongan pekerjaan di Desa Pulau Jemur.</p>



Desa Pulau Jemur 26 Januari 2023  
 Kepala Desa Pulau Jemur



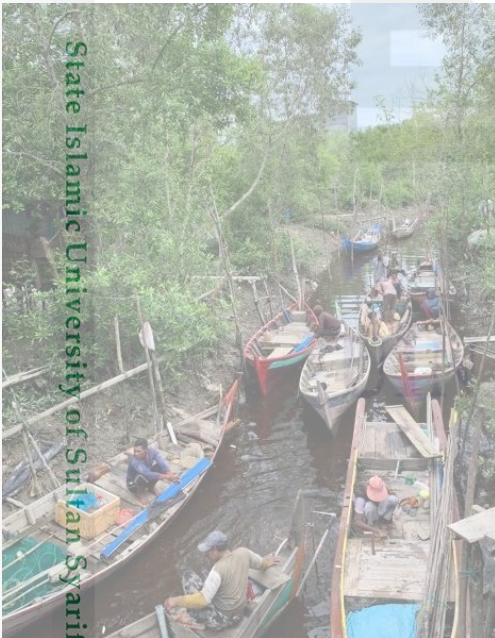
Ns. Darwis, S.Kep  
 NIP. 19790523 200801 1 002

## LAMPIRAN C

### Kantor Desa Pulau Jemur



### Nelayan Tradisional Desa Pulau Jemur



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.





**Nelayan pulang pada malam hari**



**Ibu rumah tangga yang menyimpan hasil tangkapan**

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.