

STUDI KELAYAKAN TEKNIS DAN EKONOMIS DEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID PLTD-PLTMH (Studi Kasus : Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar)

TUGAS AKHIR

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



Oleh :

ARUL ANWAR LUBIS

11850510426

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

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2022

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

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 PERSETUJUAN

**STUDI KELAYAKAN TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA *HYBRID* PLTD-PLTMH
(Studi Kasus : Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar)**

TUGAS AKHIR

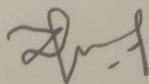
oleh:

ARUL ANWAR LUBIS

11850510426

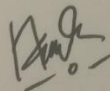
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 12 Desember 2022

Ketua Prodi Teknik Elektro



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

Pembimbing



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

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 PENGESAHAN

**STUDI KELAYAKAN TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA *HYBRID* PLTD-PLTMH
(Studi Kasus : Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar)**

TUGAS AKHIR

oleh:

ARUL ANWAR LUBIS
11850510426

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 12 Desember 2022

Pekanbaru, 12 Desember 2022
Mengesahkan,



Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

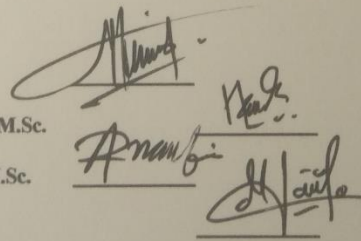
Dr. Hartono, M.Pd.
NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Prodi Teknik Elektro

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

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Ahmad Faizal, S.T.,M.T.
Sekretaris : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc.,M.Sc.
Anggota I : Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc.
Anggota II : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

Penggunaan 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, menyalin, atau seluruh atau sebagian isi 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.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Arul Anwar Lubis
NIM : 11850510426
Tempat, Tgl. Lahir : Pasir Baru, 20 September 2000
Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi
Prodi : Teknik Elektro
Judul Skripsi :

STUDI KELAYAKAN TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID PLTD-PLTMH (STUDI KASUS: PONDOK AFDELING IV PTPN 5 SEI PAGAR)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 01 Desember 2022
Yang membuat pernyataan



Arul Anwar Lubis
11850510426

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.

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, Ilahi Anta
Maqsudi Wa Ridhoka Mathlubi*

*Barangsiapa yang keluar untuk menuntut ilmu, maka ia berada di jalan Allah hingga ia
pulang”*

(HR Tirmidzi)

Puji syukur kehadiran Allah SWT, zat yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi saya sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro UIN Suska Riau.

Ku persembahkan karya ini untuk Ayah, sosok pejuang dalam hidup yang selalu mendukung tanpa mengenal rasa lelah apalagi mengeluh, serta Ibu tersayang yang saat ini berada di tempat paling nyaman dan paling indah di sisi Allah SWT, kemudian kepada adik tercinta dan seluruh keluarga besar Teknik Elektro, serta teman-teman terdekat yang sudah membantu dan mensupport serta mendo'akan dalam mengiring langkahku menuju kesuksesan.

Siapa yang menaati Allah dan Rasul, mereka itulah orang-orang yang (akan dikumpulkan bersama orang-orang yang dianugerahi nikmat oleh Allah, (yaitu) para Nabi, para pecinta kebenaran, orang-orang yang mati syahid, dan orang-orang saleh. Mereka itulah teman yang sebaik-baiknya”.

(QS: An-Nisa [4]:69).

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

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

STUDI KELAYAKAN TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID PLTD-PLTMH (Studi Kasus : Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar)

ARUL ANWAR LUBIS
11850510426

Tanggal Sidang : 01 Desember 2022

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
JL. Soebrantas No.155 Pekanbaru

ABSTRAK

Energi listrik sangat berperan penting dalam kehidupan. Distribusi listrik yang belum merata disetiap daerah menyebabkan terjadinya defisit energi, terutama didaerah terpencil yang sulit dijangkau jaringan PLN. Salah satu daerah yang mengalami defisit energi listrik adalah Pondok Afdeling IV PTPN 5 Si Pagar. Pembangkit listrik yang tersedia saat yaitu PLTD belum mampu memenuhi kebutuhan listrik di daerah ini. Pembangkit listrik *hybrid* adalah solusi untuk daerah yang mengalami defisit energi. Potensi energi yang paling besar dikembangkan adalah energi air. Metode yang digunakan dalam perhitungan debit air menggunakan metode apung. Penelitian ini menggunakan *software* HOMER Pro dalam menganalisis aspek teknis dan ekonomi pembangkit. Total kebutuhan listrik di Pondok Afdeling IV adalah 95.757,75 kWh/tahun. Hasil simulasi menunjukkan bahwa PLTMH berkontribusi sebesar 100% dan PLTD berkontribusi sebesar 0%, PLTH disusun secara seri. Produksi listrik yang dihasilkan sebesar 172.299 kWh/tahun sehingga mampu memenuhi kebutuhan listrik yang ada. Dalam aspek ekonomi, nilai LCOE sebesar Rp. 6.655,89, NPV bernilai positif sebesar Rp. 320.777.250,09, PBP 7 tahun 9 bulan, dan IRR sebesar 17,46%. Berdasarkan hasil analisis dari segi teknis dan ekonomi pada penelitian ini, pembangkit listrik ini bisa dikatakan layak dalam segi teknis dan ekonomi.

Kata Kunci : *Hybrid*, HOMER Pro, Defisit, Energi Air

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.
- 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.

STUDY OF TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF PLTD- PLTMH HYBRID POWER PLANT

(Case Study: Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar)

ARUL ANWAR LUBIS

NIM : 11850510426

Date of final exam :

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRACT

Electrical energy plays an important role in life. The uneven distribution of electricity in some region causes an energy deficit, especially in remote areas that are difficult to reach by the network. One of the areas that experiencing an electrical energy deficit is Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar. The currently available power plant there, namely PLTD, has not been able to cover the electricity demand of that area. Hybrid power plant are the solution for areas that experiencing energy deficits. The most potential energy to be developed is water energy. The method that used to calculate the water discharge, is the floating method. This research uses the HOMER Pro software to analyze the technical and economic aspect of the power plan. The total electricity demand in Pondok Afdeling IV is 95.757,75 kWh/year. The simulation results show that PLTMH contributes 100% and PLTD contributes 0%, PLTH arrange in series. The result of electricity production is 172.299 kWh/year so that is able to meet existing electricity needs. In the economic aspect, the LCOE value is Rp. 6.655,89, the NPV is positive at Rp. 320.777.250,09, PBP 7 years 9 month, and the IRR is 17,46%. Based on the result of the analysis in this research, this power plant can be said proficient in technical and economic terms.

Keyword : *Hybrid, HOMER Pro, Deficit, Water Energy*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin penulis ucapkan sebagai rasa syukur kepada Allah *Subhanahu Wata'ala* atas segala karunia, rahmat dan ilmu-Nya yang tak terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam terucap kepada jimpangan alam Nabi besar Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam Allahumma Sholli'ala Sayyidina Muhammad Wa'ala Ali Sayyidina Muhammad*, karena jasa beliau yang telah membawa manusia merasakan nikmatnya Islam seperti sekarang ini.

Banyak sekali pihak yang sudah membantu penulis dalam memperoleh ilmu pengetahuan dan pengalaman dalam penyusunan proposal ini, baik berupa bantuan materi atau pun berupa motivasi dan dukungan kepada penulis. Maka dari itu, Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Teristimewa Kedua Orang tua penulis, serta kakak, abang, adik - adik dan keluarga besar yang telah mendo'akan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar penulis dapat tawakal dan sabar sehingga sukses memperoleh kelancaran dalam menyelesaikan Laporan Kerja Praktek ini dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag. 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. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Dr. Liliana, ST., M.Eng selaku Pengampu TA 1 yang banyak membantu penulis dalam masalah penyusunan proposal.
6. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc Dosen Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau sebagai pembimbing TA 1 yang telah banyak membantu 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 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.

Seluruh Staff Dosen dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi, khususnya Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Seluruh Teman, Retno Sari Juwita, Muhammad Guido Randa, dan Teman-Teman Elektro Angkatan 18 yang begitu banyak membantu dan mendo'akan.

Seluruh pihak yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan proposal ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan laporan ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Pekanbaru, 01 Desember 2022

Penulis,

ARUL ANWAR LUBIS

11850510426

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR RUMUS.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1.Latar Belakang	I-1
1.2.Rumusan Masalah	I-6
1.3.Tujuan Penelitian.....	I-6
1.4.Batasan Masalah.....	I-6
1.5.Manfaat Penelitian.....	I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1

© Hak ciptaan milik UIN Suska Riau
 Statistic University of Sutarfa Syarif Kasim Riau
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumbernya
 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.

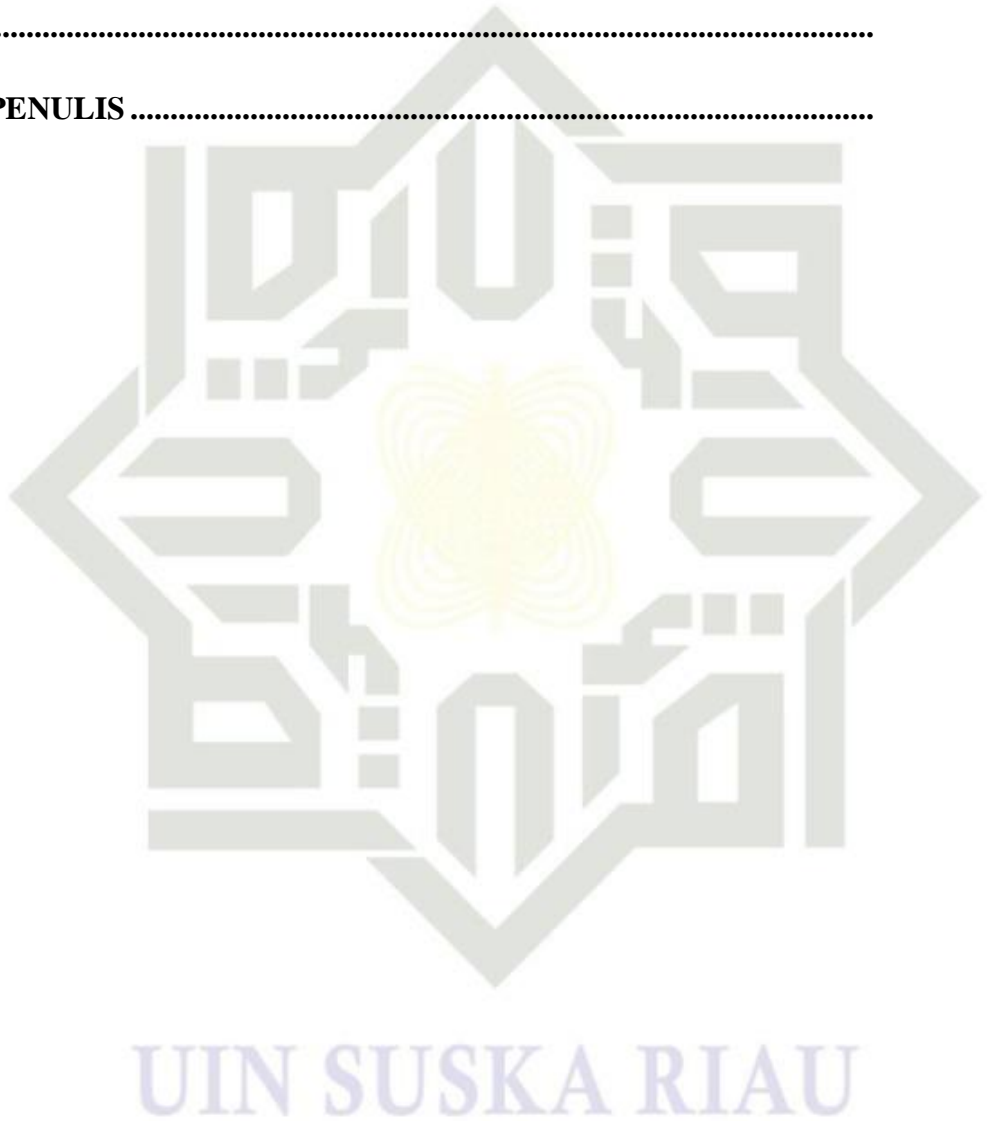
21. Penelitian Terkait.....	II-1
22. Profil Kabupaten Kampar.....	II-3
22.1 Kondisi Geografi dan Geologi Kabupaten Kampar.....	II-3
22.2 Kecamatan Perhentian Raja.....	II-5
23. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel.....	II-5
23.1 Pengertian PLTD.....	II-5
23.2 Prinsip Kerja PLTD.....	II-6
23.3 Komponen – Komponen PLTD.....	II-7
23.4 Paralel Generator.....	II-8
24. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).....	II-9
24.1 Pengertian PLTMH.....	II-9
24.2 Debit Air.....	II-10
24.3 Turbin Air.....	II-13
24.4 Klasifikasi Turbin Mikrohidro atau Hidrokinetik.....	II-17
24.5 Perencanaan Turbin Air.....	II-20
24.6 Generator Sinkron.....	II-23
24.7 Sistem Transmisi.....	II-24
25. Aspek Teknis.....	II-25
25.1 Studi Beban Listrik.....	II-25
25.2 Studi Hidrologi.....	II-27
25.3 Perencanaan Teknologi.....	II-28
26. Aspek Ekonomi.....	II-30
27. Homer Pro.....	II-34
27.1 <i>Input</i> Data HOMER Pro.....	II-35
27.2 <i>Output</i> Data HOMER Pro.....	II-36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1. Jenis Penelitian.....	III-1
3.2. Prosedur Penelitian.....	III-1
3.3. Tahap Perencanaan.....	III-3
3.3.1 Identifikasi Masalah.....	III-3

3.3.2	Penentuan Judul	III-3
3.3.3	Rumusan Masalah	III-3
3.3.4	Tujuan dan Manfaat	III-3
3.4	Studi Literatur	III-3
3.5	Pengumpulan Data.....	III-4
3.5.1	Data Primer	III-4
3.5.2	Data Sekunder	III-6
3.6	Pengolahan Data	III-6
3.6.1	Perhitungan Beban Listrik	III-7
3.6.2	Perhitungan Debit Air	III-7
3.6.3	Perhitungan Penentuan Ukuran dan Spesifikasi Komponen PLTH.....	III-8
3.6.4	Perhitungan Biaya Investasi.....	III-8
3.7	Simulasi Menggunakan <i>Software</i> HOMER Pro	III-9
3.7.1	Penentuan Lokasi	III-9
3.7.2	Data Profil Beban.....	III-9
3.7.3	Potensi Energi	III-10
3.7.4	Pemilihan Komponen.....	III-10
3.7.5	<i>Input</i> Ekonomi.....	III-11
3.7.6	Tahap Simulasi.....	III-11
3.8	Analisis Hasil Simulasi HOMER Pro.....	III-12
3.8.1	Aspek Teknis.....	III-12
3.8.2	Aspek Ekonomi.....	III-12
3.9	Penilaian Kelayakan Pembangkit	III-12
3.9.1	Penilaian Kelayakan Aspek Teknis.....	III-13
3.9.2	Penilaian Kelayakan Aspek Ekonomis	III-13
3.10	Kesimpulan dan Saran	III-13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		IV-1
4.1	Lokasi Penelitian	IV-1
4.2	Perhitungan Beban Listrik	IV-1
4.2.1	Pengambilan Sampel	IV-2

2.2.2	Pengumpulan Data Beban	IV-2
2.2.3	Perhitungan Beban Listrik	IV-4
4.3	Kapasitas PLTD.....	IV-5
4.4	Potensi Energi Air	IV-6
4.4.1	Perhitungan Debit Air.....	IV-6
4.4.2	Perhitungan Potensi Energi Kinetik dan Potensial Air.....	IV-9
4.5	Perhitungan Penentuan Ukuran dan Spesifikasi PLTH.....	IV-9
4.5.1	Penentuan Ukuran dan Spesifikasi PLTD	IV-9
4.5.2	Penentuan Ukuran dan Spesifikasi PLTMH.....	IV-10
4.6	Perhitungan Biaya Investasi	IV-20
4.6.1	Perhitungan <i>Initial Cost</i> PLT Hybrid	IV-21
4.6.2	Perhitungan Biaya Operasional dan <i>Maintenance</i> PLTH	IV-22
4.7	Simulasi Menggunakan <i>Software</i> HOMER Pro	IV-24
4.7.1	<i>Input</i> Lokasi Penelitian.....	IV-24
4.7.2	<i>Input</i> Beban Listrik.....	IV-24
4.7.3	<i>Input</i> Data Generator	IV-25
4.7.4	<i>Input</i> Data Mikrohidro.....	IV-26
4.7.5	<i>Input</i> Data Ekonomi	IV-26
4.7.6	<i>Input</i> Konfigurasi Sistem.....	IV-27
4.8	Analisis Data Simulasi HOMER Pro	IV-27
4.8.1	Analisis Aspek Teknis.....	IV-26
4.8.2	Analisis Aspek Ekonomis.....	IV-28
4.9	Perhitungan Kelayakan Investasi.....	IV-30
4.9.1	Manfaat Finansial	IV-30
4.9.2	<i>Present Worth Factor</i> (PWF)	IV-31
4.9.3	<i>Net Present Value</i> (NPV)	IV-33
4.9.4	<i>Payback Period</i> (PBP).....	IV-35
4.9.5	<i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	IV-35
4.10	Penilaian Kelayakan Pembangkit.....	IV-37
4.10.1	Penilaian Kelayakan Aspek Teknis	IV-37
4.10.2	Penilaian Kelayakan Aspek Ekonomis.....	IV-38

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIWAYAT HIDUP 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 suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

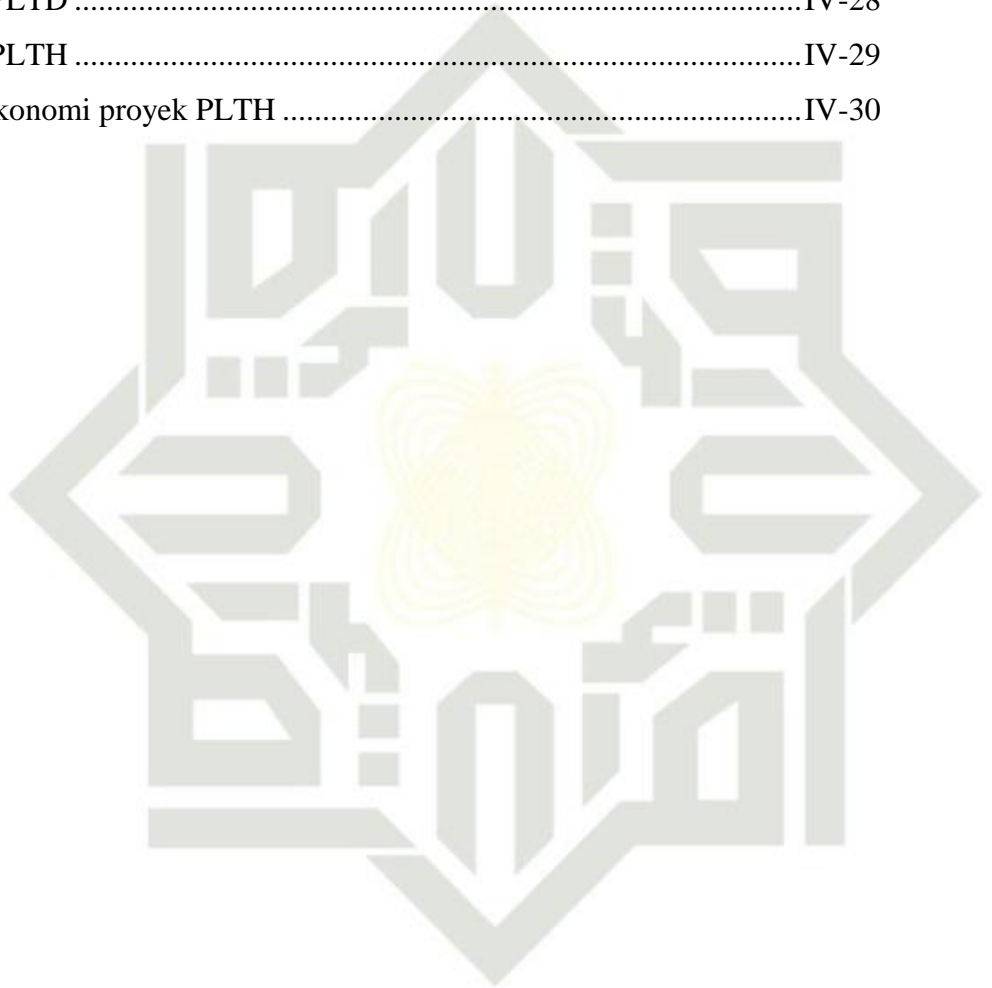
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Geografi Kabupaten Kampar	II-4
Gambar 2.2 Prinsip Kerja PLTD	II-6
Gambar 2.3 Turbin Pelton Tipe H-2.....	II-14
Gambar 2.4 Turbin <i>Crossflow</i>	II-15
Gambar 2.5 Turbin Francis.....	II-16
Gambar 2.6 Turbin Kaplan.....	II-16
Gambar 2.7 Turbin <i>Vortex</i>	II-17
Gambar 2.8 Klasifikasi Turbin Hidrokinetik.....	II-17
Gambar 2.9 Jenis Turbin <i>Axial Flow</i>	II-18
Gambar 2.10 Jenis Turbin <i>Cross Flow</i>	II-19
Gambar 2.11 Generator Sinkron.....	II-23
Gambar 2.12 <i>Input</i> dan <i>Output</i> HOMER Pro	II-35
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	III-2
Gambar 3.2 Penentuan Lokasi.....	III-9
Gambar 3.3 <i>Input</i> Profil Beban.....	III-9
Gambar 3.4 <i>Input</i> Potensi Energi	III-10
Gambar 3.5 Pemilihan Komponen Pembangkit	III-10
Gambar 3.6 <i>Input</i> Ekonomi	III-11
Gambar 3.7 Simulasi HOMER Pro	III-11
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	IV-1
Gambar 4.2 Grafik Estimasi Beban Listrik Harian	IV-4
Gambar 4.3 <i>Turbine Micro Hydro X-Flow T-15 D5000</i>	IV-16
Gambar 4.4 <i>Electric Load Controller</i> (ELC)	IV-15
Gambar 4.5 Pintu Air	IV-17
Gambar 4.6 Saringan Air.....	IV-18
Gambar 4.7 Pipa Pesat PLTMH	IV-19
Gambar 4.8 <i>Input</i> Lokasi Penelitian	IV-24
Gambar 4.9 <i>Input</i> Beban Listrik.....	IV-25

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Gambar 4.10	<i>Input</i> Generator.....	IV-25
Gambar 4.11	<i>Input</i> Data Mikrohidro.....	IV-26
Gambar 4.12	<i>Input</i> Data Ekonomi.....	IV-26
Gambar 4.13	Konfigurasi Sistem PLTH	IV-27
Gambar 4.14	Kinerja PLTMH.....	IV-28
Gambar 4.15	Kinerja PLTD	IV-28
Gambar 4.16	Kinerja PLTH	IV-29
Gambar 4.17	Aspek Ekonomi proyek PLTH	IV-30



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data Primer.....	III-4
Tabel 3.2 Beban Listrik	III-5
Tabel 3.3 Data Sekunder	III-6
Tabel 4.1 Beban Listrik Harian Rata-rata Selama 24 Jam	IV-2
Tabel 4.2 Data Curah Hujan.....	IV-6
Tabel 4.3 Pengukuran Kedalaman Sungai.....	IV-7
Tabel 4.4 Luas Penampang Sungai	IV-7
Tabel 4.5 Pengukuran Kecepatan Aliran Air.....	IV-8
Tabel 4.6 Data Kecepatan Aliran Air.....	IV-8
Tabel 4.7 Data Debit Air	IV-8
Tabel 4.8 Spesifikasi Teknik Diesel TIANLI R 185.....	IV-10
Tabel 4.9 Komponen <i>Mechanical Electrical</i>	IV-19
Tabel 4.10 Komponen Peralatan Sipil.....	IV-20
Tabel 4.11 Biaya Proyek PLTMH.....	IV-22
Tabel 4.12 Total Biaya Operasional dan <i>Maintenance</i> PLTD	IV-23
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan PWF	IV-31
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan <i>Cash Out Flow</i>	IV-31
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan CIF	IV-33
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan NPV	IV-34
Tabel 4.17 <i>Internal Rate of Return</i> Proyek.....	IV-35
Tabel 4.18 Kinerja PLTH	IV-37
Tabel 4.19 Kelayakan Aspek Ekonomi	IV-38

DAFTAR RUMUS

Halaman

Persamaan

1.	Debit Air	II-11
2.	Luas Penampang	II-11
3.	Kecepatan Aliran Air	II-12
4.	Daya Air	II-12
5.	Energi Potensial Air	II-12
6.	Daya Turbin	II-19
7.	Kecepatan Spesifik Turbin	II-19
8.	Kecepatan Turbin	II-19
9.	Diameter Luar <i>Runner</i>	II-20
10.	Diameter Dalam <i>Runner</i>	II-20
11.	Ketebalan Sudu	II-20
12.	Jarak Antar Sudu	II-20
13.	Lebar Sudu	II-21
14.	Jumlah Sudu	II-21
15.	Panjang Sudu	II-21
16.	Jari-jari Kelengkungan Sudu	II-22
17.	Torsi	II-22
18.	Daya Listrik	II-22
19.	Besar Putaran Generator	II-23
20.	Daya Generator	II-23
21.	Daya Transmisi Mekanis	II-24
22.	Konsumsi Listrik Perhari	II-25
23.	Kecepatan Aliran Dala Pipa	II-27
24.	Diameter Ekonomis Pipa Pesat	II-27
25.	Tinggi Tenggelamnya Pipa Pesat	II-27
26.	<i>Head Loss</i> Akibat Gesekan	II-28
27.	<i>Head Loss</i> Akibat Belokan	II-28

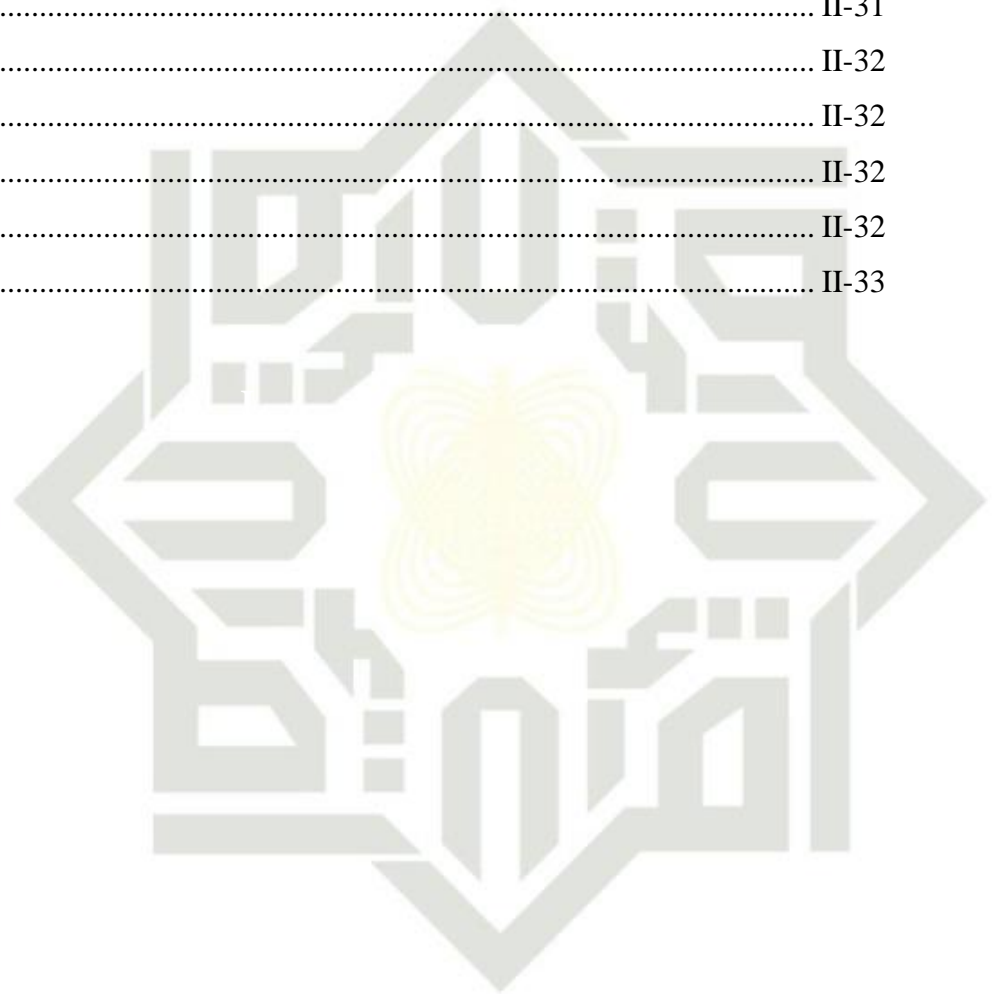
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

28) Head Bersih	II-28
29) Total NPC	II-29
30) CRF	II-29
31) Tingkat Bunga Riil Tahunan.....	II-30
32) LCOE	II-31
33) NPV	II-31
34) CFB	II-32
35) CFC	II-32
36) PWFF	II-32
37) PBP	II-32
38) IRR	II-33



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR SINGKATAN

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

BBM	: Bahan Bakar Minyak
BP	: Badan Pusat Statistik
CFB	: <i>Cash Flow Benefit</i>
CF	: <i>Cash Flow Cost</i>
EB	: Energi Baru Terbarukan
ELC	: <i>Electronic Load Controller</i>
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Mineral
FO	: <i>Fuel Oil</i>
HSD	: <i>High Speed Diesel</i>
IRR	: <i>Internal Rate of Return</i>
LCOE	: <i>Levelized Cost Of Energy</i>
NPC	: <i>Net Present Cost</i>
NPV	: <i>Net Present Value</i>
PBP	: <i>Payback Period</i>
PLTA	: Pembangkit Listrik Tenaga Air
PLTMH	: Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
PLTD	: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
PWF	: <i>Present Worth Factor</i>

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya serta diperbolehkan hanya untuk tujuan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi berperan penting dalam kehidupan dan merupakan hal yang tidak dapat dilepaskan. Tuntutan pasokan energi saat ini tidak lepas dari elektrifikasi dimana hal ini sangat vital dalam roda kehidupan, peningkatan jumlah penduduk, dan pertumbuhan ekonomi berbanding lurus dengan konsumsi energi [1]. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Indonesia menyebutkan bahwa ditahun 2021, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, produksi listrik nasional masih didominasi oleh penggunaan energi fosil (batubara, gas, BBM) sekitar 66% sampai dengan 80%. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa ketergantungan Indonesia pada energi konvensional dalam menghasilkan energi listrik dimana energi tersebut akan semakin terbatas jumlahnya dan harganya juga akan semakin meningkat, sisi lain penggunaannya juga berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain yaitu pengembangan potensi Energi Baru Terbarukan [2].

Energi baru terbarukan (EBT) merupakan sumber energi yang secara terus menerus dapat dibaharui oleh alam. Jenis energi terbarukan serta sumber daya yang ada dapat dimanfaatkan, seperti panas bumi yang memiliki potensi sebesar 29.544 MW dengan kapasitas terpasang sebesar 2.131 MW. Energi hydro memiliki potensi 94.370 MW dengan Potensi PLTA sebesar 75.000 MW dengan kapasitas terpasang sebesar 5.638,7 MW dan untuk mikro hydro potensinya sebesar 19.370 MW dengan kapasitas terpasang 126,4 MW. Untuk energi surya potensinya sebesar 207,8 GW dengan kapasitas terpasang 175,5 MW, sedangkan angin memiliki potensi 60,647 MW dengan kapasitas terpasang 135 MW. Dari data tersebut banyak energi terbarukan yang belum dimanfaatkan dengan optimal. Energi hydro atau yang biasa disebut air adalah salah satu energi terbarukan yang memiliki potensi paling besar diantara energi terbarukan lainnya dengan jumlah keseluruhan sebesar 94.370 MW [3].

Keadaan topografi yang memiliki gunung dan bukit serta adanya danau menjadikan Indonesia memiliki potensi energi air sebagai energi primer yang besar. selain PLTA, energi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya atau menerbitkan, mengumumkan atau menyebarkan secara publik dengan cara apa pun tanpa izin UIN Suska Riau.
a. Penguutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Penguutipan 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.

air yang dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan memanfaatkan aliran sungai atau irigasi [4]. Pemanfaatan potensi energi air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) masih berada diangka 5.765,1 MW dimana nilai ini masih sangat kecil dibandingkan dengan potensi yang ada sehingga diharapkan mampu memenuhi kebutuhan listrik yang merata di wilayah Indonesia [3].

Riau termasuk salah satu provinsi dari 34 provinsi yang terdapat di Indonesia. Total keseluruhan desa di provinsi Riau ada 1.835 desa. Tahun 2021 rasio elektrifikasi sebesar 99,99% di provinsi Riau. Dengan adanya daerah yang belum dialiri listrik di provinsi Riau maka Rasio elektrifikasi belum mencapai 100%, salah satunya adalah daerah Kabupaten Kampar [5]. Kampar terletak disebelah Utara Kota Pekanbaru dan Siak, sedangkan Kabupaten Kuantan Singingi merupakan daerah yang berbatasan disebelah Selatan, pada daerah barat berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatra Barat dan Kabupaten Rokan Hulu, dan Kabupaten Pelalawan merupakan daerah yang berbatasan disebelah Timur. Kabupaten Kampar terdapat pada koordinat 01° 00'40" Lintang Utara 00° 27'00" Lintang Selatan, dan 100° 28'30" - 101° 14'30" Bujur Timur [6]. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Riau, tercatat bahwa banyaknya pelanggan dengan didasarkan pada sumber pelanggan terdapat 91,26% listrik PLN di Kabupaten Kampar, 8,46% non PLN, serta yang tidak menggunakan listrik sebesar 0,27%. Adapun Desa yang ada di Kabupaten Kampar dan daerah nya masih kekurangan listrik adalah desa Hang Tuah [7].

Kecamatan Perhentian Raja merupakan kecamatan dari Desa Hang Tuah yang ada di Kabupaten Kampar dengan luas wilayah Desa sebesar 14,10 km². Wilayah Pemerintah Desa Hang Tuah cukup besar, terdapat 5 dusun dengan 43 RT dan 12 RW. Desa Hangtuah mempunyai batasan tertentu dengan Desa lainnya, adapun batasan Desa Hangtuah sebelah utara berbatasan dengan Desa Trantan Sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Sei. Simpang Dua Sebelah Barat berbatasan dengan Desa Sialang Kubang dan Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Pantai Raja [8]. Di Desa Hang Tuah terdapat sebuah Perumahan yang belum teraliri listrik tepatnya yaitu Pondok Afdeling IV Wilayah PTPN 5 Sei Pagar.

Distribusi energi listrik yang belum merata disetiap daerah tersebut menyebabkan permasalahan defisit energi yang mayoritas dialami pada daerah-daerah terpencil dengan kondisi geografis yang sulit dijangkau jaringan distribusi PLN. Pondok Afdeling IV Wilayah PTPN 5 Sei Pagar merupakan salah satu daerah yang belum mendapatkan distribusi energi listrik dari PLN dikarenakan letaknya di pedalaman yang cukup jauh dari pusat desa yaitu sekitar 20 km masuk ke perkebunan kelapa sawit PTPN 5 Sei Pagar. Pondok tersebut dihuni oleh sebanyak 40 KK dengan mata pencaharian masyarakat sebagai karyawan dan petani.

Berdasarkan wawancara dengan bapak Supangat selaku Mandor 1 Pondok Afdelling IV PTPN 5 Sei Pagar, Pondok ini memiliki masalah defisit energi listrik dikarenakan belum masuknya sumber listrik dari PLN. Berdasarkan wawancara dengan bapak Sanja Akbar selaku Supervisor PT.PLN ULP Kampar, belum masuknya jaringan PLN di Pondok Afdeling IV dikarenakan letaknya yang cukup jauh masuk dipedalaman, sehingga menyulitkan pemasangan jaringan serta memerlukan biaya yang cukup besar, sementara jumlah KK yang ada hanya sekitar 40 KK. masyarakat hanya bisa mendapatkan suplai listrik pada jam-jam tertentu yaitu pada pukul 18.00 hingga 24.00. Suplai energi listrik berasal dari PLTD dengan kapasitas 12 kW menggunakan bahan bakar solar. Penggunaan Diesel yang terbatas mengakibatkan masyarakat kesulitan dalam melakukan aktivitas sehari-hari dan memerlukan biaya yang cukup besar untuk memperoleh energi listrik melalui mesin diesel. Untuk pengoperasian mesin diesel dalam waktu 6 jam memerlukan bahan bakar sekitar 15 liter sehari, sehingga rumah tangga yang menggunakan diesel harus mengeluarkan dana sekitar Rp. 200.000 perbulan. Pendapatan masyarakat Pondok Afdelling IV tidak tetap. Sebagian besar sebagai petani, peternak dan sebagai karyawan dengan pendapatan rata-rata Rp. 2.000.000 per bulan.

Alternatif yang dapat dilakukan untuk memecahkan masalah diatas adalah dengan memanfaatkan potensi EBT yang tersedia di daerah tersebut. Potensi EBT yang tersedia di Pondok tersebut adalah energi matahari, biomassa, dan air. Potensi energi matahari tidak dimanfaatkan sebagai pembangkit karena Pondok Afdeling IV merupakan kawasan pelestarian alam sehingga sulit dibangun PLTS karena PLTS memerlukan lahan yang luas. Selain itu, Wilayah Pondok tersebut didominasi pohon sawit sehingga intensitas cahaya matahari terhalang pohon dan bisa menimbulkan shading yang dapat mengurangi daya yang

dihasilkan sel surya. Kemudian biaya pemasangan PLTS cukup besar sehingga menyulitkan warga. Sebagian besar warga berprofesi sebagai petani sehingga jarang yang memiliki ternak dengan skala besar, warga hanya berternak ayam dan kambing dalam skala kecil, potensi biomassa tidak dikembangkan didaerah ini.

Potensi EBT yang bisa dimanfaatkan di Pondok Afdeling IV adalah energi air. Berdasarkan data dari BPS rata – rata curah hujan desa Hang Tuah sebesar 200 – 300 mm/tahun karena kondisi geografisnya berada di daerah dataran tinggi. Jika dilihat dari data BMKG, curah hujan 200 – 300 mm/tahun ini termasuk dalam kategori curah hujan yang tinggi [8]. Suplai air yang baik ditandai dengan adanya sungai di daerah Pondok tersebut. Berdasarkan wawancara dengan Mandor 1 terdapat beberapa sungai dengan debit air cukup besar, bahkan disaat musin kemarau aliran sungai tidak pernah berhenti. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan menggunakan metode apung dari bulan maret hingga juni, debit air terukur sungai kuamang di pondok Afdeling IV memiliki potensi yang cukup besar yaitu sebesar $1,67 \text{ m}^3/\text{s}$. Dari hasil pengukuran tersebut, kecepatan air rata-rata yang didapatkan adalah sebesar $0,473 \text{ m/s}$. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus daya kinetik, dengan kecepatan aliran air tersebut dihasilkan daya sebesar 175,5 watt. Karena daya kinetik yang dihasilkan air kecil, maka pada penelitian ini akan menggunakan sumber energi potensial air.

Berdasarkan potensi tersebut, maka pembangunan PLTMH adalah solusi yang paling tepat untuk mengatasi masalah defisit energi di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar. Banyak penelitian sebelumnya tentang permasalahan defisit energi listrik didaerah pedalaman dengan memanfaatkan potensi energi air dengan Pembangkit PLTMH *stand-alone* ataupun *Hybrid* [9]. Perancangan PLTMH bisa dilakukan dengan memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air perdetik yang mengalir pada sungai tersebut[10].

Pada kasus di pondok Afdeling IV ini sudah ada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang digunakan untuk mensuplai energi listrik namun masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik di pondok tersebut. Potensi energi air di Pondok tersebut cukup mumpuni. Maka, dalam kasus ini Pembangkit listrik yang sesuai adalah Pembangkit Listrik

Tenaga Hibrid dengan sistem *Stand Alone Power System* (SAPS). System ini dipilih karena memang belum ada jaringan listrik utama seperti PLN yang mensuplai listrik di Pondok ini.

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) merupakan gabungan dari beberapa jenis pembangkit listrik berbasis BBM dengan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan yang digunakan untuk memikul beban [11]. Kelebihan dari Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid adalah untuk mengatasi krisisnya bahan bakar fosil didaerah pedalaman, Pulau-pulau kecil serta daerah perkotaan yang terdiri dari tenaga surya terintegrasi, turbin angin, baterai dan peralatan kontrol. Ini dapat menggabungkan keunggulan masing-masing pembangkit listrik sekaligus menutupi kelemahan masing-masing generator dalam kondisi tertentu, membuat keseluruhan sistem berjalan lebih hemat biaya. Mampu menghasilkan listrik secara efisien dalam berbagai kondisi beban [12].

Untuk mengatasi permasalahan diatas, penulis tertarik untuk melakukan kajian kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid PLTD-PLTMH. Kajian kelayakan dilakukan dengan bantuan *Software* yang mampu menganalisis aspek teknis dan ekonomi, salah satunya *Software* HOMERPro [13]. HOMERPro merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh laboratorium energi terbarukan nasional di Amerika Serikat. *Software* ini digunakan untuk merancang dan mengevaluasi secara teknis dan ekonomi. Konfigurasi sistem pembangkit PLTD-PLTMH terlebih dahulu dihitung sebelum studi kelayakan. Perhitungan konfigurasi sistem mencakup spesifikasi umum untuk sistem pembangkit listrik dan pemilihan ukuran komponen. Spesifikasi umum PLTMH menggunakan *Australian/New Zealand Standards* (AS/NZS) sedangkan untuk pembangkit listrik tenaga diesel diperlukan perhitungan manual di setiap perangkat yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan listrik [14].

Dalam aspek teknis, proyek PLT *Hybrid* diawali dengan perhitungan manual potensi PLTD serta potensi daya yang dibangkitkan PLTMH, kemudian menentukan ukuran dan spesifikasi komponen yang akan digunakan selama umur proyek yang akan disesuaikan dengan lokasi sungai [15].

Berdasarkan aspek ekonomi, parameter yang akan dianalisis adalah *Cost Of Energy* (COE), dimana pembangkit optimum adalah yang memiliki COE yang rendah. Dalam aspek ekonomi ini menggunakan bantuan dari *Software* HOMERPro, dimana kegunaan *software*

HOMER mampu menganalisis apakah system sudah optimal dari segi teknis selama umur proyek dan perhitungan ekonomi selama umur proyek [13]. Untuk menganalisis investasi jangka panjang tentu dipengaruhi oleh inflasi. Untuk menganalisis kelayakan investasi jangka panjang dilakukan dengan metode *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PBP), dan *Internal Rate of Return* (IRR) [16].

Dari permasalahan dan solusi yang telah dipaparkan, penelitian perlu dilakukan untuk menganalisis layak tidaknya pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* PLTD-PLTMH berdasarkan potensi yang tersedia, juga dilihat dari aspek teknis yang meliputi ukuran komponen dan energi listrik yang dihasilkan, serta aspek ekonomi yang meliputi pembiayaan dan kelayakan investasi proyek. Oleh karena itu penulis tertarik melakukan sebuah penelitian dengan judul “**Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD – PLTMH Studi Kasus (Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar Kec. Perhentian Raja)**”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah pada kajian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menganalisis profil beban di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar ?
2. Bagaimana kelayakan aspek teknis pembangkit listrik tenaga hibrid PLTD – PLTMH di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar ?
3. Bagaimana kelayakan aspek ekonomis pembangkit listrik tenaga hibrid PLTD – PLTMH di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis profil beban di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar
2. Menganalisis kelayakan aspek teknis pembangkit listrik tenaga hibrid PLTD – PLTMH di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar
3. Menganalisis kelayakan aspek ekonomis pembangkit listrik tenaga hibrid PLTD – PLTMH di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar

1.4. Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya mengkaji kajian secara simulasi, tidak membuat alat

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

1.5. Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan pemanfaatan potensi EBT dan mengusulkan desain PLTH (PLTD – PLTMH) yang lebih optimal untuk menghemat pemakaian BBM.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pemerintah setempat untuk melakukan pembangunan pembangkit listrik agar membantu meningkatkan rasio elektrifikasi Kabupaten Kampar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Dalam penelitian ini, telah dilakukan studi literature mengenai kajian yang relevan dengan permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian tugas akhir ini melalui jurnal, buku, maupun artikel yang berkaitan dengan penelitian ini.

Penelitian [17] mengkaji tentang potensi PV untuk mengurangi penggunaan generator diesel yang berlokasi di KM Barcelona 1 Pelabuhan Manado. Penelitian ini bertujuan membandingkan desain yang paling optimal dari 2 skenario yaitu skenario pertama dibuat sesuai kondisi sebenarnya dan skenario kedua dengan desain pembangkit hybrid yang menggunakan diesel dan PV. Penelitian ini menggunakan simulasi *Software HOMER*. Hasil dari penelitian ini adalah pada skenario 1 produksi listrik dari generator 200 kW sebesar 438.000 kWh/tahun dengan kelebihan listrik sebesar 314 kWh/tahun atau sekitar 71,7% dari total energi yang diproduksi. Pada skenario 2 berasal dari generator 10 kW dan PV 58,6 kW. Listrik yang dihasilkan Diesel 64.909 kWh/tahun atau 39,1% dan PV 100.943 kWh/tahun atau 60,9%. Dari analisa tersebut dapat disimpulkan skenario 2 adalah yang paling optimal dengan nilai NPC US\$833.174 dan COE US\$0,4028.

Penelitian [18] yang berlokasi di Desa Merden, Kebumen. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) yang ramah lingkungan berbasis energi terbarukan sebagai alternatif mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan *software HOMER* untuk perencanaan PLTH yaitu integrasi dari PLTMH dan PLTS. Metode penelitian menggunakan metode deskriptif. Hasil dari penelitian ini adalah produksi dari kedua pembangkit sebesar 1.301.169 kWh per tahun. total NPC terendah sebesar -\$941.597, biaya pembangkitan listrik (COE) sebesar -\$0,056/kWh dengan produksi energi dari PV penuh selama satu tahun.

Penelitian [19] yang berlokasi di PLTMH Parakandowo, Pekalongan. Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran apabila terjadi penurunan daya yang dihasilkan PLTMH di

ini harus kemarau sehingga menyambungkan dengan jaringan PLN. Metode pada penelitian ini adalah kuantitatif non eksperimental dengan menggunakan metode deskriptif dan metode pengukuran menggunakan metode apung. Hasil penelitian ini adalah debit air sungai sebesar 0,46 m³/detik, nilai rata-rata efisiensi PLTMH sebesar 65,33% sehingga menunjukkan ketidakefisienan, dan setelah di grid kan dengan jaringan PLN energi yang diproduksi sebesar 12.593 kW/tahun.

Penelitian [20] yang berlokasi di Kabupaten Muna. Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat potensi daya pembangkit pada PLTMH sungai Bone Kabupaten Muna. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran langsung dan analisis *manning*. Berdasarkan hasil analisis, debit aliran berdasarkan pengukuran *current meter* sebesar 6,4 m³/s – 8,4 m³/s dan dengan rumus *manning* sebesar 6,8 m³/s – 9,4 m³/s. Berdasarkan pengukuran *current meter* daya yang dapat dimanfaatkan sebesar 563,6 kW – 743,8 kW dan pada rumus *manning* sebesar 681,0 kW – 945,0 kW.

Penelitian [21] yang berlokasi di Kecamatan Minggir, Sleman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui layak atau tidaknya pembangunan PLTMH di saluran irigasi desa Sendangrejo Kecamatan Minggir, Sleman. Metode yang digunakan adalah metode ambang lebar dilengkapi dengan bagian pengendali berbentuk segi empat. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa debit air saluran irigasi sebesar 1,65 liter/detik dan potensi daya yang dapat dibangkitkan sebesar 23,54 kW sehingga memenuhi kriteria kelayakan pembangunan secara teknis.

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, penelitian [17] terfokus pada penurunan pemakaian generator diesel dengan pemanfaatan PV, namun penelitian ini tidak membahas kelayakan investasi sampai ke NPV, PBP, dan IRR. Penelitian [18] memiliki fokus pada perancangan pembangkit listrik PV-Mikrohidro. pada penelitian ini aspek ekonomi hanya membahas mengenai biaya saja, tidak sampai ke pembahasan mengenai kelayakan investasi. Penelitian [19] terfokus pada perancangan PLTH PLTMH-PLN on grid, hal ini dilakukan agar saat terjadi penurunan daya yang dihasilkan PLTMH, kondisi kelistrikan dapat di suplai oleh PLN. Penelitian ini hanya terfokus pada potensi daya yang dibangkitkan, tidak membahas sampai aspek ekonomi. Penelitian [20] terfokus pada potensi daya yang dapat

bangkitkan dari sungai Bone Kabupaten Muna. Penelitian ini hanya membahas potensi daya bangkit saja, tidak sampai aspek ekonomi. Penelitian [21] terfokus pada kelayakan pembangunan PLTMH di Kecamatan Minggir. Penelitian ini hanya membahas sampai potensi daya bangkit, tidak membahas sampai pada aspek ekonomi.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, maka pada penelitian ini akan melakukan pengembangan dalam aspek teknis, mencoba merancang pembangkit listrik tenaga *hybrid* PLTD-PLTMH untuk mengcover keseluruhan beban 24 jam, selain itu juga dilakukan pengembangan dalam aspek ekonominya, tidak hanya aspek pembiayaan saja, melainkan juga memperhatikan aspek kelayakan investasi yang meliputi NPV, PBP, dan IRR.

2.2. Profil Kabupaten Kampar

2.2.1. Kondisi Geografi dan Geologi Kabupaten Kampar

Kabupaten Kampar merupakan salah satu dari 12 Kabupaten yang ada di Provinsi Riau. Dalam Kabupaten Kampar terdapat 21 Kecamatan dan 250 desa/kelurahan. Kecamatan yang ada di Kabupaten kampar adalah XIII Koto Kampar, Bangkinang, Bangkinang Kota, Gunung Sahilan, Kampa, Kampar, Kampar kiri, Kampar Kiri Hilir, Kampar Kiri Hulu, Kampar Kiri Tengah, Kampar Utara, Koto Kampar Hulu, Kuok, Perhentian Raja, Rumbio Jaya, Salo, Siak Hulu, Tambang, Tapung, Tapung Hilir, dan Tapung Hulu. Luas wilayah Kabupaten Kampar ± 128.928 Ha dan terletak antara 01°00'40" lintang utara sampai 00°27'00" lintang selatan dan 100°28'30"-101°14'30" bujur timur [7]. Batas – batas wilayah Kabupaten Kampar sebagai berikut.

1. Sebelah utara berbatasan dengan Pekanbaru dan Siak
2. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kuantan Singingi
3. Sebelah Barat berbatasan dengan Rokan Hulu dan Sumatra Barat
4. Sebelah Timur berbatasan dengan Pelalawan dan Siak

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumbernya.
- 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 2.1 Geografi Kabupaten Kampar
Sumber : BPS Kabupaten Kampar, 2021

Kabupaten Kampar memiliki banyak sungai besar maupun sungai kecil, danau, dan rawa-rawa. Diantara sungai besar yang terdapat di Kabupaten Kampar adalah sungai Kampar. Sungai Kampar memiliki panjang ± 413,5 km dengan kedalaman rata – rata 7,7 m dan lebar rata-rata 143 m. Kemudian ada sungai Kampar kiri yang melalui kecamatan Kampar Kiri, Gunung Sahilan, Kampar Kiri Tengah, Kampar Kiri Hilir. Kemudian ada sungai sia yang bagian hulu ada di wilayah Kabupaten Kampar. Panjang Sungai Siak ±90 km dan memiliki kedalaman rata-rata 8-12 m yang melintasi kecamatan Tapung. Sungai sungai besar yang ada ini sebagian besar masih ada yang digunakan sebagai sumber air bersih, budidaya ikan, dan sumber energi listrik PLTA Koto Panjang. Kondisi iklim di Kabupaten Kampar beriklim tropis dan hanya terdapat 2 musim yaitu musim hujan dan musin kemarau. Musim hujan terjadi pada bulan September sampai dengan Januari. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Kampar, curah hujan pada tahun 2021 rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan November dengan rata-rata sebesar 308,50 mm³ [7].

2.2. Kecamatan Perhentian Raja

Kecamatan Perhentian Raja merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Kampar yang memiliki luas wilayah 171,46 km². Kecamatan Perhentian Raja terbagi menjadi 5 Desa, salah satunya adalah desa Hang Tuah dengan luas wilayahnya sebesar 14,10 km². Desa Hangtuah mempunyai batasan tertentu dengan Desa lainnya, adapun batasan Desa Hangtuah sebelah utara berbatasan dengan Desa Trantan Sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Sei, Simpang Dua Sebelah Barat berbatasan dengan Desa Sialang Kubang dan Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Pantai Raja. Desa Hang Tuah adalah desa dengan potensi perikanan budidaya perikanan yang sangat besar. Hal ini terbukti dengan banyaknya masyarakat yang membudidayakan ikan konsmsi, sebagian besar masyarakat membudidayakan dan melakukan pembenihan ikan lele sehingga dijuluki sebagai Kampung Lele [8].

Pondok Afdeling IV merupakan salah satu perumahan di kawasan PTPN 5 Sei Pagar yang termasuk kedalam wilayah desa Hang Tuah. Pondok ini berada di pedalaman masuk ke kawasan perkebunan PTPN 5 Sei Pagar dan jaraknya sekitar 20 km dari Pusat Desa. Mata pencaharian penduduk adalah sebagai karyawan dan petani. Pondok ini dihuni oleh 40 KK.

2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

2.3.1. Pengertian PLTD

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah jenis pembangkit listrik yang beroperasi dengan menggunakan bahan bakar solar sebagai penggerak mesin diesel dan memiliki kapasitas yang sangat kecil dibandingkan pembangkit listrik lain di Indonesia. Mesin diesel sebagai penggerak menghasilkan tenaga mekanis untuk memutar rotor. Motor diesel disebut juga sebagai Motor dengan penyalaan kompresi, dimana cara penyalaan bahan bakar yang digunakan dilakukan dengan cara menyemprotkan bahan bakar kedalam udara dengan tekanan dan dengan temperature tinggi, sebagai akibat dari di dalam ruang bakar silinder [22].

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*) dimana mesin ini adalah mesin yang memiliki fungsi menghasilkan energi mekanis yang dapat digunakan untuk memutar rotor generator. Pembangkit Listrik Tenaga

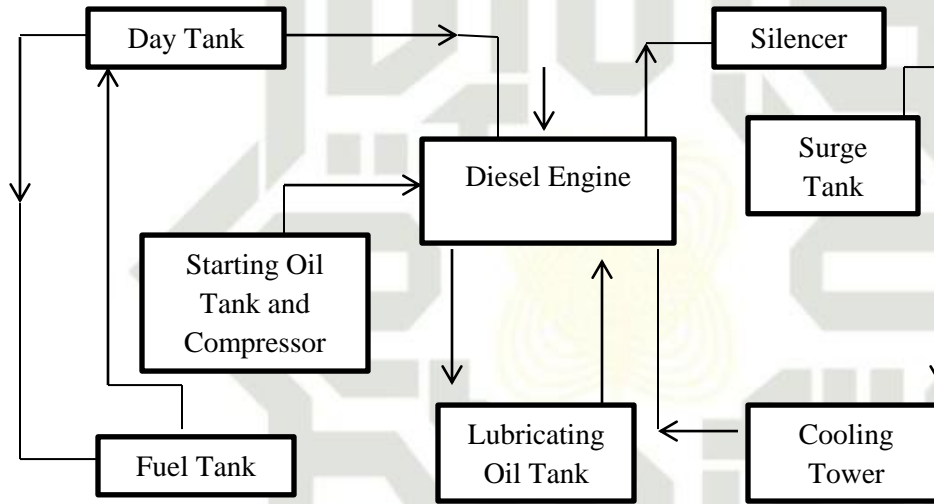
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

Diesel biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dengan jumlah beban kecil seperti di daerah baru yang terpencil, listrik pedesaan, dan kebutuhan di suatu pabrik [23].

2.3.2. Prinsip Kerja PLTD

PLTD memiliki ukuran berkisar antara 40 kW hingga puluhan MW. Dalam upaya pemadaaan listrik di daerah baru umumnya digunakan PLTD oleh PLN. Apabila pemakaian tenaga listrik melebihi 100 MW, penyediaan listrik yang menggunakan PLTD tidak ekonomis sehingga harus dibangun pembangkit listrik lainnya seperti PLTU atau PLTA. Dalam upaya melayani beban PLTD dengan kapasitas diatas 100 MW tidak ekonomis dikarenakan jumlah unitnya menjadi banyak, sedangkan unit PLTD paling besar di pasaran sekitar 12,5 MW [24].



Gambar 2.2 Prinsip Kerja PLTD [22]

PLTD memanfaatkan energi mekanik dari mesin dan mengubah menjadi energi listrik menggunakan generator. Peredarannya adalah bahan bakar dari tangki akan dialirkan masuk ke *injector* melalui bantuan *fuel pump*. *Injector* akan menyemburkan bahan bakar menjadi embun menuju ruang bakar (*combustion chamber*). Selanjutnya bahan bakar akan meledak karena tekanan piston yang kemudian menjadi energi mekanik. Sisa gas dari hasil pembakaran kemudian dibuang melalui sistem pembuangan (*exhaust system*). Dalam proses kerjanya, PLTD menggunakan prinsip hukum Charles, dimana ketika udara ditekan maka suhunya akan meningkat. Tingkat kompresi mesin diesel antara 15:1 sampai 22:1. Tingkat kompresi ini lebih tinggi dibandingkan mesin bensin yang hanya 1:8 sampai 1:12. Mesin diesel menghasilkan efisiensi sebesar 45% [22].

2.3.3. Komponen – komponen PLTD

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel terdapat berbagai komponen yang digunakan dalam bekerja, diantaranya sebagai berikut [22].

Bahan Bakar

Bahan bakar digolongkan dalam beberapa jenis dan dari setiap jenis memiliki tingkat kualitas yang berbeda. Kualitas dari solar dilihat dari kandungan *cetane* yang tinggi dan sulfur yang rendah. Berikut jenis bahan bakar diesel di Indonesia :

a) *High Speed Diesel* (HSD)

HSD adalah yang paling mudah dibeli dan biasa disebut bio solar atau biodiesel. HSD di formulasikan untuk penggunaan pada mesin diesel yang beroperasi pada kecepatan >1000 rpm. HSD memiliki kandungan *cetane* sebesar 48 dan sulfur 0,35% m/m.

b) Pertamina Dex (Pertadex)

Pertadex adalah salah satu bagian HSD tetapi memiliki kualitas terbaik dengan kandungan *cetane* 58 dan sulfur 0,05% m/m dan biasanya digunakan pada diesel yang beroperasi dengan kecepatan >2000 rpm.

c) *Marine Fuel Oil* (MFO)

MFO adalah bahan bakar berkualitas nomor 2. MFO di formulasikan pada diesel yang beroperasi pada 300 – 1000 rpm dan memiliki kandungan *cetane* 35 dan sulfur 1,5% m/m.

d) *Fuel Oil* (FO)

FO adalah bahan bakar yang di formulasikan untuk digunakan pada diesel dengan kecepatan <300 rpm dan memiliki kandungan *cetane* 41,57 dan sulfur 3,5 % m/m.

2. Tangki Bahan Bakar Utama

Tangki ini sebagai tempat penampungan bahan bakar. Dalam PLTD, tangki bahan bakar bisa disimpan dalam tanah atau permukaan tanah.

3. Tangki Bahan Bakar Sementara

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menjiplak 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 Yarif Kasim Riau

Mesin ini adalah penggerak utama dari PLTD. Mesin ini mengkonversi energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik. Prosesnya terjadi dalam *combustion chamber* yang kemudian energi mekanik diterima noken as dan selanjutnya diteruskan satu poros menuju generator.

Generator

Komponen ini merupakan alat yang bisa mengkonversi energi mekanik ke dalam bentuk energi listrik. Generator memiliki dua bagian, yang pertama adalah bagian bergerak (rotor) dan yang kedua adalah bagian diam (stator).

2.3.4. Paralel Generator

Paralel generator bisa diartikan sebagai menggabung dua buah generator atau lebih dan selanjutnya dioperasikan secara bersamaan atau bergantian. Pemakaian generator tidak bisa digabung langsung dengan panel induk, tetapi harus melalui proses sinkronisasi. Sinkronisasi generator adalah bentuk penggabungan dari dua atau lebih sumber listrik agar mendapatkan sumber listrik yang lebih besar. Dalam proses sinkronisasi yang sering ditemui adalah antara genset dengan genset baik yang memiliki kapasitas sama ataupun berbeda [25].

Komponen ini digunakan sebagai tangki sementara dan biasanya berada dekat mesin diesel. Hal ini sebagai indikator ketersediaan bahan bakar.

4. Injektor Bahan Bakar

Komponen ini digunakan untuk mengabutkan bahan bakar dari cair menjadi butir-butir kecil agar proses pembakaran menjadi lebih mudah. Komponen ini juga memiliki fungsi meningkatkan efisiensi mesin karena bahan bakar bisa terkompresi dengan secara sempurna.

5. Pompa Bahan Bakar

Komponen ini digunakan untuk memompa bahan bakar ke injektor. Pompa ini bisa difungsikan oleh putaran mesin itu sendiri atau dengan bantuan motor listrik.

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

Suatu generator dapat terhubung ke dalam sistem, namun terlebih dahulu harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut [26] :

Tegangan Terminal Harus Sama

Tegangan pada terminal harus sama bermaksud supaya tidak ada kerusakan dalam aspek mekanis generatror, karena dengan adanya perbedaan tegangan bisa mengakibatkan loncatan bunga api yang dapat merusak transformator.

Frekuensi Harus Sama

Generator harus diputar sedemikian rupa agar tegangan frekuensi outputnya sama dengan frekuensi sistem sebelum proses sinkronisasi dilakukan. Namun untuk memastikan fungsi kerja mesin tersebut adalah sebagai generator.

3. Urutan Fasanya Harus

Perbedaan fasa antara *busbar* dengan *incoming* generator harus sama dengan nol, karena apabila tidak terpenuhi maka akan terjadi kerusakan pada saat generator diparalelkan dengan jaringan.

2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

2.4.1. Pengertian PLTMH

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan aliran air untuk sumber penghasil energinya dan memiliki kapasitas kecil yaitu kurang dari 100 kW. PLTMH masuk dalam kategori sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan [27].

Potensi energi air di wilayah setempat bisa dimanfaatkan dengan teknologi mikrohidro dengan menggerakkan turbin yang bisa menghasilkan energi listrik. Mikrohidro memiliki tiga komponen utama secara teknis, yaitu air sebagai sumber energi, turbin, dan generator. Sumber air dapat berupa saluran irigasi, arus sungai, air terjun, dengan memanfaatkan tinggi terjunan air dan debit nya. Prospek pemanfaatan mikrohidro ini sangat baik, terlihat dari potensi sumber air yang cukup melimpah di daerah-daerah terpencil yang belum memperoleh pasokan listrik dari PLN. Akan tetapi, pemanfaatan mikrohidro masih kurang berkembang secara luas, ketersediaan alat dan mesin juga masih terbatas di pasaran. Hal ini menyulitkan pengelola

mikrohidro jika memerlukan perbaikan komponen, alat, atau suku cadang dalam upaya pemeliharaan [28].

Penerbangan paling umum untuk menjelaskan pemanfaatan energi air skala kecil adalah penggunaan aliran air sungai untuk menghasilkan energi listrik. Pemahaman ini digunakan untuk membedakan dengan pembangkit air skala besar seperti PLTA. Skala kecil terbagi dalam berbagai kategori, contohnya minihidro ukuran 500 kW – 2MW, mikrohidro dibawah 500 kW, dan pikohidro kapasitas di bawah 10 kW. Selain itu ada pemahaman tentang berbagai macam energi hidro [28], yaitu :

1. Pikohidro : memiliki ukuran sangat kecil < 5 kW dan biasanya diaplikasikan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga.
2. Mikrohidro : memiliki ukuran kecil dengan kapasitas 5 hingga 100 kW dan biasanya diaplikasikan dalam pemenuhan energi listrik untuk skala Desa.
3. Minihidro : memiliki ukuran sedang dengan kapasitas 100 kW sampai 5 MW dan aplikasinya untuk pemenuhan energi listrik beberapa desa, kemudian bisa dihubungkan dengan jaringan listrik skala besar
4. *Full scale hydropower plant* : memiliki ukuran besar (*full sized*) terkoneksi secara langsung dengan jaringan listrik yang memiliki kapasitas 5 MW.

2.4.2. Debit Air

Debit aliran merupakan jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah suatu koefisien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari sumber per satuan waktu. Pengukuran debit aliran air bisa dilakukan dengan metode apung dan media yang bisa digunakan adalah kayu, botol, atau gabus yang dapat mengapung. Langkah – langkahnya yaitu [19] :

1. Pilih bagian sungai yang lurus dan seragam penampangnya, setelah itu tentukan panjangnya.
2. Ukur luas penampang dari sungai tersebut.
3. Jatuhkan benda apung yang digunakan beberapa meter sebelum garis start.
4. Ukur waktu yang diperlukan benda apung dari start hingga jarak yang ditentukan.
5. Hitung kecepatannya

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.

Metode yang diterapkan dalam menetapkan debit air sungai adalah metode profil sungai (*cross section*), yaitu dengan rumus [29]:

$$Q = V \times A \tag{2.1}$$

Dimana :

A: Luas Penampang Vertikal (m²)

V: Kecepatan Aliran Air (m/s)

Q: Debit Aliran (m³/s)

Sebelum mengukur debit aliran air, terlebih dahulu menghitung profil sungai dan kecepatan aliran sungai:

1. Profil Sungai

Dengan cara membuat profil sungai, maka dapat mengukur luas penampang dari sungai tersebut. Luas penampang dapat diukur dengan meteran dan piskal (kayu). Untuk menghitung luas penampang digunakan rumus [29]:

$$A = L \times H \tag{2.2}$$

Dimana :

A : Luas Penampang (m²)

L : Lebar Saluran (m)

H : Kedalaman (m)

2. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam satu penampang tidak sama. Kecepatan aliran ditentukan oleh bentuk aliran, geometri saluran dan factor lainnya. Idealnya, kecepatan diukur dengan *current meter*, alat ini bisa mengetahui kecepatan berbagai penampang. Akan tetapi, jika alat tersebut tidak ada, maka kecepatan bisa diukur dengan metode apung. Pengukuran

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya.
- 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.

Kecepatan dengan cara mengapungkan benda yang dapat terapung pada lintasan tertentu dan sudah ditentukan jaraknya. Persamaan untuk menghitung kecepatan aliran adalah sebagai berikut [29] :

$$V = L/t \times c \tag{2.3}$$

Dimana :

- V : Kecepatan Aliran (m/s)
- L : Panjang Lintasan (m)
- T : Waktu Tempuh (s)
- C : Faktor Koreksi

Untuk factor koreksi pada tiap jenis saluran berbeda-beda, pada saluran beton dengan bentuk persegi panjang mulus factor koreksinya adalah 0,85, untuk saluran sungai yang luas, arusnya bebas dan memiliki $A > 10 \text{ m}^2$ faktor koreksinya 0,75, untuk sungai dangkal aliran bebas dengan $A < 10 \text{ m}^2$ faktor koreksinya 0,65, sungai dangkal dengan kedalaman $< 0,5 \text{ m}$ dan aliran turbulen factor koreksinya 0,45, dan sungai dangkal dengan kedalaman $< 0,2 \text{ m}$ dan aliran turbulen factor koreksinya 0,25.

Setelah didapatkan debit air, selanjutnya menghitung daya air (Pair) dengan persamaan :

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \tag{2.4}$$

Dimana :

- P : Daya yang dapat dibangkitkan (Watt)
- ρ : Massa Jenis Air (1000 Kg/m^3)
- A : Luas Penampang Vertikal
- V : Kecepatan Aliran Sungai (m/s)

Untuk menghitung energi potensial air yang dapat menggerakkan turbin bisa dilakukan dengan persamaan [29] :

$$P_w = \rho \times H_a \times Q \times g \quad (2.5)$$

Dimana :

- P_w : Daya Air
- ρ : Massa Jenis Air (Kg/m³)
- H_a : *head net* (*head* bersih) (m)
- Q : Debit Air (m³/s)

2.4.3. Turbin Air

Turbin air merupakan turbin yang berputar menghasilkan suatu energi yang berasal dari air itu sendiri, turbin sendiri pertama kali diperkenalkan oleh Claude Burdin, seorang insinyur Perancis diawal abad 19, berasal dari “*whirling*” atau “*vortex*” yang berarti putaran. Turbin air adalah suatu alat yang memiliki bentuk lingkaran dan sudu untuk mengubah energi air ke dalam bentuk energi mekanis (gerak). Turbin air dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis berdasarkan tekanan fluida, yaitu [30]:

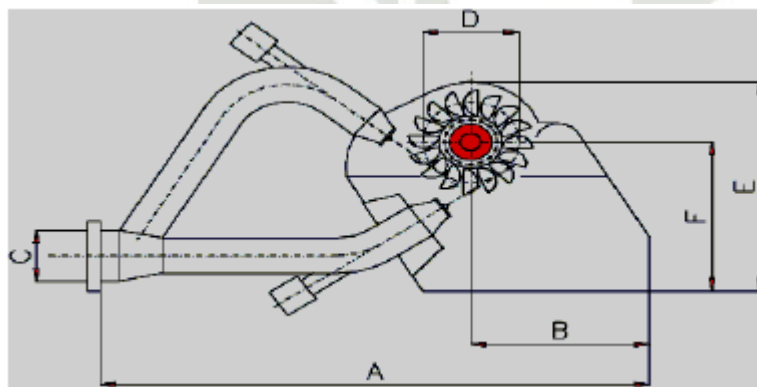
1. Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin yang memiliki tekanan yang sama antara tekanan yang keluar dari turbin dengan tekanan atmosfer di lingkungan atau tekanan air yang menghantam turbin. Dengan cara memanfaatkan elevasi maupun debit air, energi potensial air dapat diubah menjadi energi kinetik. Karena benturan air yang mengenai sudu turbin maka dapat terbentuk momentum impuls yang mengakibatkan turbin berputar. Semua energi pada air, seperti potensial, tekanan, dan kecepatan dimanfaatkan oleh turbin ini. Contoh dari turbin impuls yaitu turbin pelton, *crossflow*, dan lainnya [31].

A. Turbin Pelton

Turbin Pelton adalah turbin dalam kategori turbin impuls dimana perubahan energinya terjadi dalam *nozzle* lebih dari satu buah agar mendapatkan tenaga yang lebih besar, air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetik. *Nozzle* merupakan perangkat yang digunakan untuk mengontrol arah atau karakteristik dari aliran fluida saat keluar atau masuk ruang tertutup atau pipa. *Nozzle* sering digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan tekanan aliran berbentuk cair atau gas [30].

Turbin pelton sangat cocok digunakan untuk *head* yang tinggi juga penyempotan air ke sudu turbin dapat menggunakan jumlah *nozzle* lebih dari satu agar mendapatkan tenaga yang lebih besar. Turbin pelton adalah salah satu jenis turbin yang paling efisien. Turbin pelton mengubah seluruh energi air menjadi kecepatan sebelum masuk ke *runner* turbin. Perubahan energi dilakukan dalam *nozzle* dimana energi potensial diubah menjadi energi kinetik. Pancaran air dari *nozzle* akan membentur *runner* yang mengakibatkan *runner* berputar meneruskan energi kinetik menjadi energi mekanik untuk menghasilkan listrik dengan kecepatan pancaran bergantung pada tinggi air diatas *nozzle* serta efisiensinya[30].



Gambar 2.3 Turbin Pelton Tipe H-2 [30]

B. Turbin Crossflow

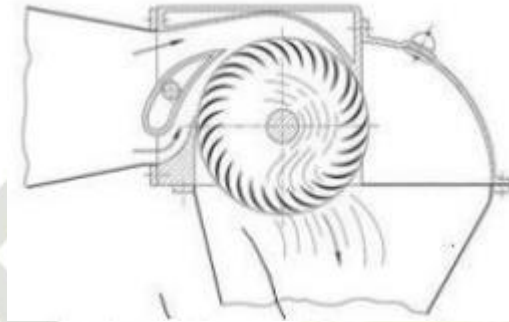
Turbin *crossflow* adalah turbin impuls aliran radial. Pengembangan awal turbin *crossflow* (turbin banki) didasarkan pada teori Banki, yang mematenkan konsep tersebut

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 mengumpukan 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.

sekitar tahun 1920. Turbin *crossflow* jarang digunakan saat ini dan digantikan oleh turbin yang lebih modern seperti turbin Pelton, Francis atau Kaplan. Namun, turbin *crossflow* memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan jenis turbin lainnya. Turbin *crossflow* dapat beroperasi pada aliran air dari 20 liter/detik hingga 10.000 liter/detik dan ketinggian dari 1 m hingga 200 m. Turbin *crossflow* menggunakan nozel persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar saluran aliran. Air jet memasuki turbin dan menyerang bilah, mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Air mengalir keluar dan mengenai sudu-sudu dan memberikan energi (lebih rendah dari saat masuk) sebelum meninggalkan turbin [32].



Gambar 2.4 Turbin *Crossflow* [32]

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi bekerja dengan mengubah semua energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin ini merupakan turbin yang paling banyak digunakan. Sudu-sudu pada turbin reaksi memiliki profil khusus sehingga tekanan air menurun saat melewati sudu-sudu. Perbedaan tekanan memberikan gaya pada baling-baling, memungkinkan *runner* akhirnya berputar [33].

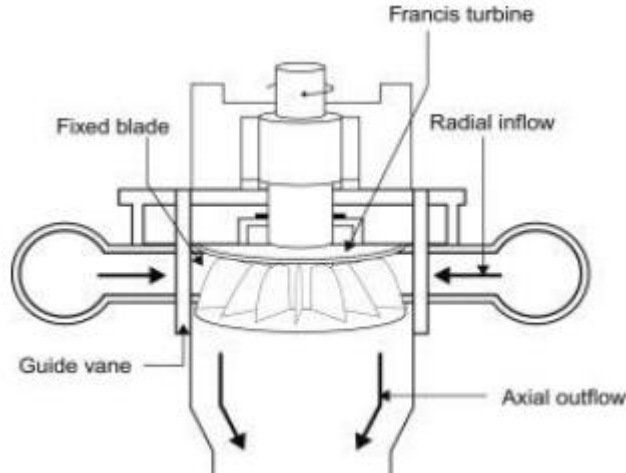
1. Turbin Francis

Turbin ini menggunakan baling – baling pengarah. Dengan menggunakan turbin dengan baling-baling pemandu, ia memandu air yang masuk secara tangensial. Baling-

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.

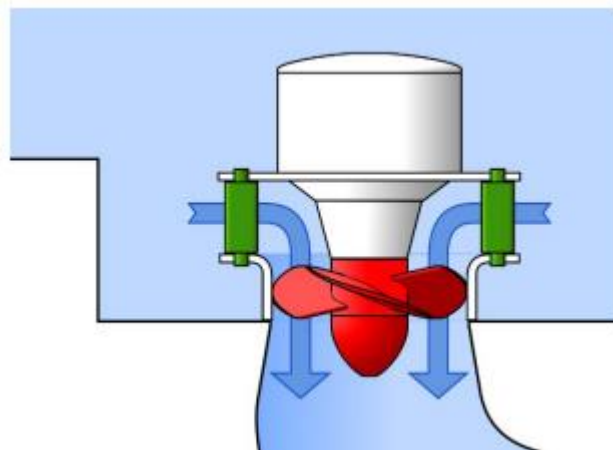
Baling-baling pada turbin Francis dapat berupa baling-baling pemandu sudut tetap atau baling-baling pemandu sudut yang dapat disesuaikan [33].



Gambar 2.5 Turbin Francis [33]

2. Turbin Kaplan

Turbin Kaplan bekerja menggunakan prinsip reaksi. Turbin ini memiliki roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Ketika baling-baling pesawat menghasilkan daya dorong, roda berjalan pada turbin Kaplan untuk menghasilkan energi kinetik [33].



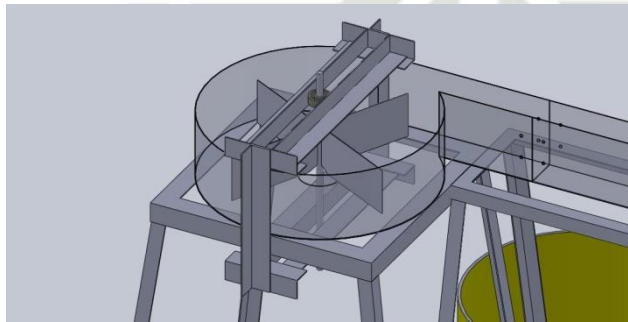
Gambar 2.6 Turbin Kaplan [33]

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.

Turbin Vortex

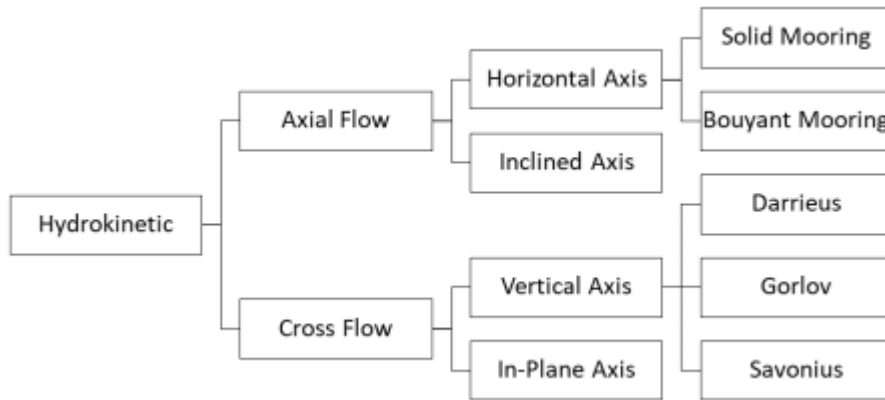
Turbin tersebut diberi nama Vortex Gravity Water oleh penemunya, Frans Zottlerter berkebangsaan Austria, tetapi turbin itu disebut turbin vortex. Seperti namanya, turbin jenis ini menggunakan vortisitas buatan untuk memutar sudu-sudu turbin, yang kemudian diubah menjadi energi putaran pada porosnya. Karena aksi saluran pembuangan, air akan membentuk aliran yang berputar-putar. Ketinggian air (head) yang dibutuhkan untuk turbin ini adalah 0,7–2 m dan debitnya sekitar 1000 liter per detik [33].



Gambar 2.7 Turbin Vortex [33]

2.4.4. Klasifikasi Turbin Mikrohidro atau Hidrokinetik

Berdasarkan pada susunan sumbu rotor dalam kaitannya dengan aliran air, turbin hidrokinetik dapat dibagi menjadi 2 kelompok, aksial dan aliran silang [34].



Gambar 2.8 Klasifikasi Turbin Hidrokinetik [15]

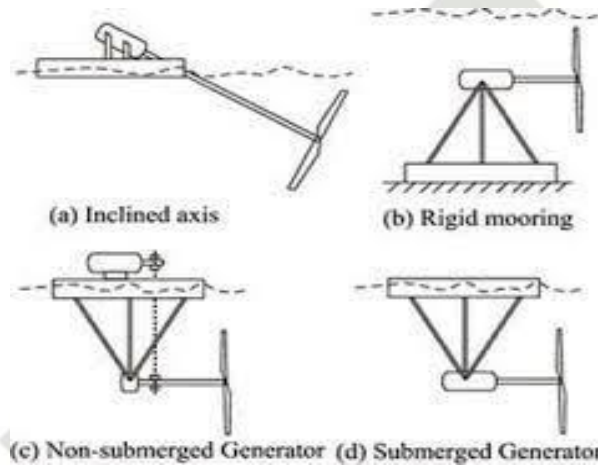
Hak Cipta dan Hak Moral UIN Suska Riau

1. Dilarang menyalin atau menjiplak 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.

Turbin *axial* adalah turbin yang sumbunya sejajar dengan aliran fluida dan menggunakan jenis sudu rotor. Pada saat yang sama, turbin aliran silang menghadap aliran air secara ortogonal terhadap sumbu rotor, dan sebagian besar memiliki struktur silinder yang berputar. Jenis turbin terutama dipelajari untuk konverter energi fluida. Namun, turbin dengan sumbu horizontal sering digunakan untuk mengubah energi pasang surut, dan mereka juga sangat mirip dengan turbin angin modern dari sudut pandang desain dan konstruksi[34].

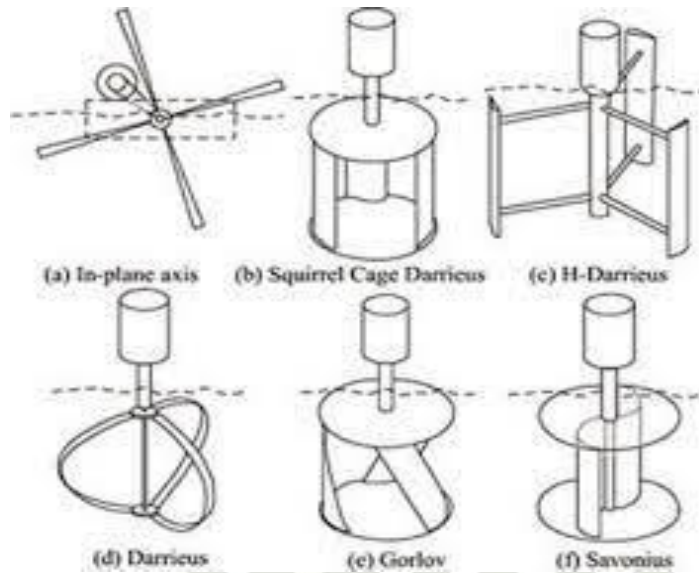


Gambar 2.9 Jenis Turbin *Axial Flow* [15]

Turbin *cross flow* merupakan turbin yang memutar searah ataupun berputar dengan aliran fluida 2 arah. Turbin *cross flow* dibagi kedalam 2 kelompok yaitu *vertical axis* (sumbu vertical ke pusat air) dan *in-plane axis* (sumbu pada bidang horizontal permukaan air). Turbin *in-plane* dikenal juga sebagai kincir air mengambang [34].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 2.10 Jenis Turbin *Cross Flow* [15]

Dalam sudut pandangnya, turbin hidrokinetik bisa digunakan baik di laut maupun sungai, akan tetapi perbedaannya turbin pasang surut biasanya memiliki ukuran yang lebih besar, sekitar 100 kW, sedangkan turbin sungai pada umumnya hanya sekitar 1 kW hingga 10 kW. Turbin sungai dijalankan dibawah pengaruh aliran air volumetric melalui objek alur sungai berbagai faktor eksternal seperti saluran potong melintang, curah hujan, dan insiden buatan [14].

Daya turbin adalah daya yang dapat dihasilkan oleh turbin tersebut dalam satuan tenaga kuda (HP). Untuk menghitung daya turbin dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut [35] :

$$P_t = \rho \times Q \times H_n \times g \times \eta \quad (2.6)$$

Dimana : P_t : Daya turbin (HP atau Watt)

ρ : Massa jenis air (1000 kg/m³)

Q : Debit air (m³/s)

H_n : *Head net* (m)

η : Efisiensi turbin (0,895)

2.4.5. Perencanaan Turbin Air

Dalam melakukan pemilihan turbin air yang akan digunakan perlu dilakukan perhitungan terhadap kecepatan spesifik turbin (N_s). Kecepatan spesifik turbin merupakan kecepatan putaran *runner* yang dapat dihasilkan daya efektif untuk setiap tingginya. Kecepatan spesifik turbin dapat dihitung dengan persamaan berikut [35] :

$$N_s = N \frac{\sqrt{P_t}}{H_n^{1,25}} \quad (2.7)$$

$$N = 513,25 \frac{H_n^{0,745}}{\sqrt{P_t}} \quad (2.8)$$

Dimana : N_s : Kecepatan spesifik turbin (rpm)

N : Kecepatan putaran turbin (rpm)

P_t : Daya Turbin

H_n : *Head net* (m)

Hal yang perlu dilakukan dalam perancangan turbin air ialah menetapkan diameter luar turbin. ketetapan tersebut didasarkan oleh jarak antara sisi bagian atas, ujung, dan bagian bawah turbin dengan saluran air. Volume air yang ditampung oleh sudu juga harus diperhatikan dalam merancang diameter[15].

Untuk menghitung Diameter luar *runner* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [35] :

$$D_o = 40 \frac{\sqrt{H_n}}{N} \quad (2.9)$$

Dimana : D_o : Diameter luar *runner* (m)

N : Kecepatan putaran turbin (rpm)

H_n : *Head net* (m)

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Untuk menghitung diameter dalam *runner* dapat menggunakan persamaan berikut [35] :

$$D_i = 2/3 \times D_o \quad (2.10)$$

Dimana : D_i : Diameter dalam *runner* (m)

D_o : Diameter luar *runner* (m)

Untuk menghitung jarak antar sudu pada turbin air (S_1, t) dapat menggunakan persamaan berikut [35] :

$$S_1 = k \times D_o \quad (2.11)$$

$$t = \frac{S_1}{\sin \beta_1} \quad (2.12)$$

Dimana : S_1 : Ketebalan sudu (m)

K : Konstanta (0,0087)

D_o : Diameter luar *runner* (m)

t : Jarak antar sudu pada turbin air (m)

β_1 : Sudut kecepatan air masuk bagian luar *runner*

Untuk menghitung lebar sudu (α) dapat dihitung dengan persamaan berikut [35] :

$$\alpha = 0,17 \times D_o \quad (2.13)$$

Dimana : D_o : Diameter luar *runner* (m)

α : Lebar sudu (m)

Untuk menghitung jumlah sudu pada turbin air dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [35] :

$$n = \frac{\pi \times D_o}{t} \quad (2.14)$$

Dimana : n : jumlah sudu pada turbin air

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.

D_o : Diameter luar *runner* (m)

t : Jarak antar sudu pada turbin air (m)

π : 3,14

Untuk menghitung panjang sudu (L) dapat dihitung dengan persamaan berikut [35] :

$$L = \frac{Q \times N}{50 \times H_n} \quad (2.15)$$

Dimana : L : Panjang sudu (m)

N : Kecepatan putaran pada turbin (rpm)

H_n : *Head net* (m)

Q : Debit air (m^3/s)

Untuk menghitung *Radius blade culvature* (jari-jari kelengkungan sudu) dapat dihitung dengan persamaan berikut [35] :

$$r_c = 0,163 \times D_o \quad (2.16)$$

Dimana : r_c : Jari-jari kelengkungan sudu (m)

D_o : Diameter luar *runner* (m)

Untuk menghitung besar torsi yang dihasilkan oleh turbin, dapat dihitung dengan persamaan berikut [35] :

$$T = \frac{P_t}{2\pi \frac{N}{60}} \quad (2.17)$$

Dimana : T : Torsi

P_t : Daya turbin (Watt)

N : Kecepatan putaran turbin

Untuk menghitung daya listrik yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [15]:

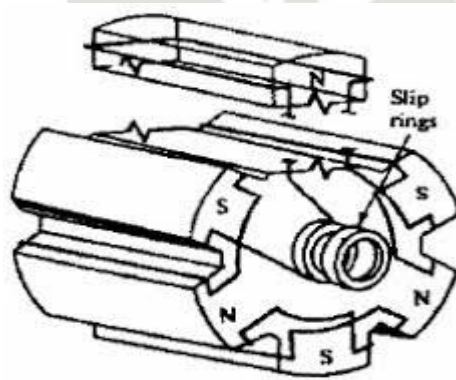
$$\text{Daya listrik} = P_w \times \eta \tag{2.18}$$

Dimana : P_w = daya turbin

η = efisiensi turbin (70 %)

2.4.6. Generator Sinkron

Generator listrik merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang berbasis pada induksi magnet. Prinsip kerja dari generator sesuai hukum Faraday ialah elektromagnetisme hubungan antara perubahan medan magnet terhadap suatu kumparan yang menciptakan Gaya Gerak Listrik. Pada umumnya generator sinkron dapat dikelompokkan dari bentuk rotor yaitu *salient pole* generator dan *cylindrical-rotor* generator atau generator turbo. Pada pembangkit listrik yang besar biasanya digunakan jenis generator turbo yang pengoperasiannya dapat dilakukan pada kecepatan tinggi dan dipasangkan dengan turbin uap dan gas. Adapun pembangkit listrik kecil dan menengah biasanya digunakan generator salient-pole[36].



Gambar 2.11 Generator sinkron [36]

Pada generator sinkron, arus DC mengalir melalui kumparan rotor, yang kemudian menghasilkan medan magnet rotor. Rotor generator akan diputar oleh penggerak utama, menciptakan medan magnet yang berputar di dalam mesin. Stator generator juga memiliki

Medan magnet yang berputar membuat medan magnet di sekitar kumparan stator terus berubah. Perubahan medan magnet yang terus menerus ini menginduksi tegangan pada belitan stator. Tegangan induksi ini akan berbentuk sinusoidal dan besarnya tergantung pada kekuatan medan magnet dan kecepatan putar rotor. pada umumnya generator sinkron terdapat dua komponen penyusun utama, yakni rotor dan stator. Rotor merupakan bagian dari generator sinkron yang bergerak dan memberikan arus searah pada kumparan dan Stator adalah bagian generator sinkron yang tidak bergerak dan tegangan induksi dapat dihasilkan dari stator[36].

Besarnya putaran pada generator perlu diperhatikan dalam perancangan turbin pembangkit listrik. Perhitungan persamaan untuk mengukur besarnya putaran pada generator dapat dihitung [37] :

$$ng = 60 \times f / p \tag{2.19}$$

Dimana : f : Frekuensi (50 Hz)

P : Jumlah Kutub Magnet Pada Generator

Untuk menghitung daya generator dapat digunakan persamaan [37]:

$$Pg = Ptm \times \eta_g \tag{2.20}$$

Dimana : Pg : daya generator

η_g : Efisiensi Generator

Ptm : Daya Transmisi Mekanis

2.4.7. Sistem Tranmisi

Sistem transmisi digunakan untuk menghasilkan listrik dengan kualitas tinggi (tegangan dan frekuensi stabil), sehingga generator harus bekerja pada kecepatan putaran (rpm) tertentu sesuai dengan rekomendasi pabrikan. Untuk dapat berputar, generator harus dihubungkan dengan mesin penggerak, yang dapat berupa mesin pembakaran dalam, turbin air, turbin uap, kincir angin, kincir air, atau sejenisnya. Oleh karena itu perlu dirancang gearbox agar mesin penggerak (dalam hal ini turbin dan generator) bekerja pada kecepatan yang diinginkan (peak

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber atau dengan cara lain.
 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.

speed). Untuk mencapai keadaan ideal ini, perlu dipilih jenis konektor yang sesuai dengan jenis kecepatan antara poros mesin penggerak, yaitu dalam bentuk turbin atau roda angin dan poros generator. [15].

Untuk menghitung besarnya daya transmisi mekanis dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [15] :

$$P_{tm} = P_t \times \eta_{tm} \tag{2.21}$$

Dimana : P_{tm} : Daya transmisi mekanis

P_t : Daya turbin

η_{tm} : Efisiensi transmisi mekanis

2.5. Aspek Teknis

Aspek teknis merupakan kajian identifikasi potensi dari parameter kuantitatif teknis dimana hal ini menentukan apakah potensi yang ada dalam lokasi tersebut memenuhi persyaratan berdasarkan kriteria-kriteria secara teknis. Berdasarkan kriteria persyaratan yang layak tersebut, rencana pembangunan pembangkit yang diajukan pihak terkait dapat dievaluasi sehingga dapat dinyatakan layak secara teknis [15].

2.5.1. Studi Beban Listrik

Studi beban listrik merupakan teori yang digunakan untuk mengetahui pemakaian listrik pada suatu daerah atau kawasan. Studi beban listrik ini bertujuan untuk mengetahui nilai dari konsumsi harian dan beban puncak, sehingga kemudian dapat ditentukan jenis peralatan dan komponen yang akan digunakan pada sistem pembangkit listrik. Dalam menentukan nilai konsumsi listrik tersebut, tidak perlu melakukan pendataan listrik secara menyeluruh pada setiap rumah, namun bisa dilakukan dengan pengambilan sampel [9].

2. Teori Sampel

a) Probability Sampling

Probability Sampling (Random Sampling) merupakan salah satu metode dalam pengambilan sampel. *Random sampling* merupakan metode sampling dimana setiap anggota populasi memiliki peluang spesifik dan bukan nol untuk terpilih sebagai sampel, metode ini memberikan kesempatan yang sama untuk diambil pada setiap elemen populasi [38].

b) Non-Probability Sampling

Non-Probability Sampling merupakan pengambilan sampel secara tidak acak. Populasi yang dipilih sebagai sampel didapatkan dari kebetulan atau karena faktor lain yang sudah direncanakan sebelumnya. pengambilan sampel dengan cara ini tidak dapat dilanjutkan sampai membuat suatu kesimpulan tentang populasi [38].

2. Pengambilan Ukuran Sampel Menurut Gay

Berdasarkan pendapat Gay, ukuran minimal sampel pada metode deskriptif minimal 10% dari ukuran populasi, untuk populasi yang relative kecil minimal diambil sebanyak 20%. Untuk penelitian deskriptif-korelasional diambil minimal 30 subyek, dan untuk penelitian eksperimental 15 subyek perkelompok [39].

3. Perhitungan Konsumsi Listrik

Dalam melakukan perhitungan jumlah konsumsi listrik setiap rumah, dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9] :

$$\text{Konsumsi listrik perhari} = \sum (P \times h) \tag{2.22}$$

- Dimana :
- Konsumsi listrik perhari (kWh)
 - P : Daya peralatan listrik (kW)
 - h : Lama pemakaian (hours / jam)

2.5. Studi Hidrologi

Dalam menentukan apakah debit air dan kecepatan aliran air yang tersedia mampu atau tidaknya menggerakkan turbin sesuai dengan daya yang diinginkan maka studi hidrologi ini perlu dilakukan. Dilakukannya studi ini agar dapat mengetahui debit minimum yang mengalir pada sungai, debit air pada saat banjir untuk mengetahui visual batas banjir, dan kecepatan aliran air yang tersedia serta pengukuran debit air secara time series [37].

1. Pengukur Debit Air

a. Pengukur debit secara langsung

Berikut adalah langkah pengukuran debit secara langsung [37] :

1. Profil Sungai

Luas penampang sungai dapat diketahui dengan melakukan pengukuran profil sungai. perkalian antara interval jarak horizontal dengan kedalaman air merupakan Luas penampang sungai yang dihasilkan dari penjumlahan seluruh bagian penampang sungai.

2. Pengukuran kecepatan aliran air

Untuk mengukur kecepatan aliran air dapat dilakukan dengan metode apung, dimana metode ini dilakukan dengan mengapungkan benda yang dapat terapung seperti botol ataupun bola tenis, kemudian tentukan jarak yang akan diukur. Dalam melakukan pengukuran ini memerlukan 3 orang yaitu yang pertama bertugas melepas mengapung dititik awal, selanjutnya mengamati di titik akhir lintasa, dan yang ketiga bertugas mengamati dan mencatat berapa waktu yang diperlukan benda apung dari titik awal hingga titik akhir yang telah ditentukan. Dalam metode ini kecepatan yang didapatkan adalah kecepatan maksimal, maka perlu dikalikan dengan faktor koreksi kecepatan terlebih dahulu. Faktor koreksi untuk sungai dengan dasar yang kasar adalah 0,75, sungai halus faktor koreksinya sebesar 0,85, namun umumnya faktor koreksi yang sering digunakan ialah 0,65.

b. Pengukur debit air tidak langsung

Pengukuran secara tidak langsung menetapkan debit air dari variasi curah hujan yang diamati pada daerah perairan dalam jangka panjang. Metode *Melchior, Haspers,*

Weduwen, Rational Jepang merupakan metode yang digunakan menghitung besar debit anjir.

2. Studi Topografi

Studi topografi adalah kajian yang meliputi pengumpulan data dan informasi mengenai:

- a. Kondisi kontur tanah
- b. Mendapatkan tempat yang memadai dan letak terbaik.

2.5.3. Perancangan Teknologi

Perancangan teknologi dapat digunakan dalam menentukan jenis turbin beserta komponen-komponen lainnya yang akan diperlukan dalam perencanaan PLTMH sehingga komponen yang digunakan sesuai dan dapat memaksimalkan kinerja dan efisiensi pembangkit.

Pengukuran Bak Penenang

Penentuan dimensi bak penenang merupakan hal yang perlu diperhatikan. pada penentuan dimensi bak penenang, yang perlu diperhatikan adalah tinggi tenggelamnya pipa pesat (S), kemudian pada penentuan lebar, dapat disesuaikan pada lebar saluran pembawa. Kecepatan aliran dalam pipa (V_p) juga perlu diperhatikan sebelum menentukan tinggi tenggelam pipa, V_p dapat dihitung dengan persamaan [15] :

$$V_p = 0,125 \sqrt{2 \times g \times h} \quad (2.23)$$

Dimana : V_p : Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g : Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

h : *Head* efektif yang digunakan (m)

Untuk mengukur diameter ekonomis pipa pesat (D_e) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [15] :

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_p}} \quad (2.24)$$

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

Dimana : De : Diameter ekonomis pipa pesat (m)
 Q : Debit air (m³/s).

Untuk menghitung tinggi tenggelamnya pipa pesat (S) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [15] :

$$S = 0,54 \times V \times De^{0,5} \tag{2.25}$$

Dimana : S : Tinggi tenggelamnya pipa pesat (m)
 V : Kecepatan aliran (m/s)
 De : Diameter ekonomis pipa pesat (m).

2. Perencanaan Pipa Pesat

Dalam perencanaan pipa pesat, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah perhitungan *head* bersih dan perhitungan kehilangan *head* (*Head loss*). Kehilangan *head* terjadi diakibatkan adanya gesekan (*Hf*) dan diakibatkan akibat belokan pipa pesat (*Hb*). Untuk menghitung *head loss* akibat gesekan (*Hf*) dapat dihitung dengan persamaan berikut [15] :

$$Hf = \frac{10 \times n^2 \times Q^2}{De^{5,3}} \times L \tag{2.26}$$

Dimana : *Hf* : *Head loss* akibat gesekan (m)
 n : Koefisien kekasaran permukaan plastic
 L : Panjang pipa (m)

Untuk menghitung kehilangan *head* akibat belokan (*Hb*) dapat dihitung dengan persamaan berikut [15] :

$$Hb = Kb \frac{Vp^2}{2 \times g} \tag{2.27}$$

Dimana : *Hb* : *Head loss* akibat belokan (m)
 K : Konstanta rugi-rugi akibat belokan (0,375)

V_p : Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

Untuk menghitung *head* bersih dapat dihitung dengan persamaan berikut [15] :

$$H_n = H - (H_f + H_b) \quad (2.28)$$

Dimana : H_n : Head bersih (m)

H_f : *Head loss* akibat gesekan (m)

H_b : *Head loss* akibat belokan (m)

2.6. Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi adalah kajian dalam meyakinkan bahwa biaya pembangunan (*cost*) memiliki nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan total *benefit*. Total *benefit* akan memberikan *capital asset* kepada masyarakat pengguna. Kajian ini dapat menginformasikan pengelola bahwa pengelola akan mampu mengelola, melakukan operasi, serta pemeliharaan. Kajian ini juga dapat memberikan informasi apakah pembangunan pembangkit bisa meningkatkan atau mengurangi penghasilan warga setempat. Aspek ekonomi terbagi menjadi aspek pembiayaan dan aspek kelayakan investasi.

2.6.1. Aspek Pembiayaan

1. Net Present Cost (NPC)

Total *Net Present Cost* (NPC) merupakan nilai dari semua biaya yang keluar dalam periode masa pakai, dikurangi nilai saat ini dari semua pendapatan yang didapat selama masa pakai. Biaya termasuk biaya modal, biaya O & M, biaya bahan bakar, biaya penggantian denda emisi, serta biaya pembelian daya dari jaringan listrik. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung total NPC adalah sebagai berikut [13] :

$$COST\ NPC = \frac{C_{ann,tot}}{CRF(i,Rproj)} \quad (2.29)$$

Dimana : $C_{ann,tot}$: Total biaya tahunan (\$/tahun)

CRF : Faktor penutupan modal

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

I : Suku bunga (%)

R_{proj} : Lama proyek (Tahun)

$$CRF(I, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (2.30)$$

Dimana : N = Tahun

Dalam hal ini diasumsikan bahwa semua harga meningkat pada tingkat yang sama, dan tingkat bunga riil tahunan dapat diperoleh berdasarkan tingkat bunga nominal dengan persamaan :

$$I = \frac{i' - f}{1 + f} \quad (2.31)$$

Dimana : i : Nominal tingkat suku bunga tahunan

f : Tingkat inflasin tahunan

2. Levelized Cost of Energy (LCOE)

Levelized Cost of Energy (LCOE) merupakan rata-rata biaya per kWh energi listrik yang berguna yang dihasilkan oleh sistem. LCOE dapat dihitung dengan membagi biaya tahunan menghasilkan listrik dengan total produksi listrik. LCOE dapat dihitung dengan persamaan [40]:

$$LCOE = \frac{Cann.tot}{E_{prim.AC} + E_{prim.DC} + E_{def} + E_{gridsales}} \quad (2.32)$$

Dimana : $Cann.tot$: Biaya total sistem tahunan

$E_{prim.AC}$: Beban AC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{prim.DC}$: Beban DC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)

E_{def} : Beban *Deferable I* yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{gridsales}$: Total penjualan jaringan listrik (kWh/tahun)

2.6.2. Aspek Kelayakan Investasi

Ada beberapa metoda yang dapat digunakan untuk menganalisis kelayakan investasi pada suatu proyek, yaitu sebagai berikut :

1. *Net Present Value* (NPV)

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). Untuk menentukan NPV menggunakan Persamaan sebagai berikut [16]:

$$NPV = \sum CFB - CFC \quad (2.33)$$

Dimana : CFB : *Cash Flow Benefit* (Rupiah)

CFC : *Cash Flow Cost*(Rupiah)

Jika

- a. NPV lebih besar dari 0, memiliki arti bahwa usaha layak untuk dilaksanakan
- b. NPV lebih kecil dari 0, memiliki arti bahwa usaha tidak layak untuk dilaksanakan
- c. NPV sama dengan 0, memiliki arti bahwa usaha yang dijalankan tidak untung dan tidak rugi.

Pada sistem operasi suatu proyek akan memunculkan pendapatan maupun pengeluaran yang disebut *cash*. Pada biaya pendapatan disebut dengan *cash flow benefit*, sementara pada pengeluaran disebut dengan *cash flow cost*.

a) *Cash Flow Benefit* (CFB)

Cash Flow Benefit merupakan aliran uang masuk selama sistem berjalan pada setiap tahun. CFB dihitung didasarkan pada nilai suku bunga dalam tahun tersebut. Untuk menghitung nilai CFB dengan Persamaan [16] :

$$CFB (Rp) = \sum_{t=0}^n Cost (1+i) \quad (2.34)$$

b) *Cash Flow Cost* (CFC)

Cash Flow Cost merupakan aliran uang keluar selama sistem bekerja dalam setiap tahun. aliran uang ini terdiri dari total investasi sistem selama n tahun. Apabila selama waktu yang ditentukan ada pembayaran berulang yang memiliki nilai yang sama, maka

CFC dihitung menggunakan faktor bobot sekarang (PWF). Nilai CFC dapat dihitung menggunakan Persamaan [16] :

$$CFC (Rp) = \sum_{t=0}^n \text{Investasi} - PWF \quad (2.35)$$

$$PWF = \left(\frac{1+a}{1+i} \right)^n \quad (2.36)$$

2. Waktu Pengembalian Investasi (*Payback Period*)

Payback Period merupakan lama waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal atau investasi awal saat proyek dibangun. Dengan menghitung nilai bersih sekarang dan pemasukan selama proyek bekerja dapat dilakukan untuk mencari *payback period*. Pada *payback period*, rencana investasi dikatakan layak (*feasible*) jika $k \leq n$, begitu juga sebaliknya, (dimana k merupakan jumlah periode pengembalian, dan n adalah umur investasi). Waktu pengembalian investasi dapat dihitung dengan persamaan [16] :

$$PBP \text{ (tahun)} = \frac{\text{INV cost}}{\text{CFB Average}} \quad (2.37)$$

Dimana : *INV Cost* : Biaya investasi awal (Rupiah)

CFB Average : Rata-rata Pendapatan Pertahun (Rupiah)

3. *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR merupakan metode perhitungan investasi dengan menghitung nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di waktu mendatang dengan tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan. Hal ini dapat diketahui apabila [16]:

- a. $IRR >$ dari pada suku bunga Bank, proyek layak dilaksanakan.
- b. $IRR <$ dari pada suku bunga Bank, proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

Dalam menghitung IRR dapat menggunakan persamaan [16] :

$$IRR (\%) = i_1 + \left\{ \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_2 - i_1) \right\} \quad (2.38)$$

Dimana : *IRR* : *Internal Rate of Return* (IRR)

NPV 1 : *Net Present Value* dengan tingkat bunga rendah (Rp)

NPV 2 : *Net Present Value* dengan tingkat bunga tinggi (Rp)

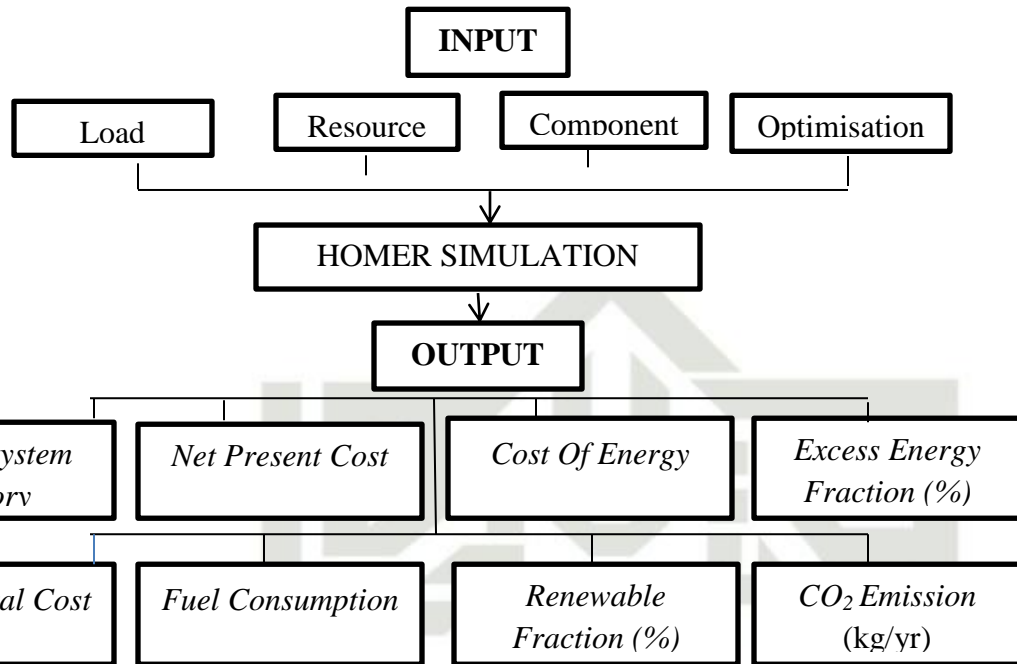
i1 : Tingkat bunga pertama (%)

i2 : Tingkat bunga kedua (%)

2.7 HOMER Pro

HOMERPro merupakan *software* yang dikembangkan di Amerika Serikat oleh laboratorium energi terbarukan nasional. *Software* ini berguna dalam merancang dan mengevaluasi secara teknis maupun finansial. HOMER merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk optimal model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*), *software* ini memudahkan dalam evaluasi desain sistem pembangkit listrik. *Software* ini juga berguna dalam memudahkan model dalam merancang dan menganalisa berbagai macam aplikasi sistem tenaga listrik, dari yang terhubung ke *grid* maupun tidak. Homer memberikan izin penggunaan dalam membandingkan beberapa rancangan sistem yang berbeda berdasarkan faktor sumber daya alam, komponen yang digunakan, serta ekonomi [20].

Perangkat lunak ini dapat memudahkan para peneliti untuk melakukan analisis teknis dan ekonomi dalam proyek yang berumur panjang. Dari sisi teknis, peneliti dapat menganalisis kinerja sistem pembangkit listrik dan output energi yang dihasilkan oleh sistem. Dari sisi ekonomi, peneliti dapat mengetahui nilai *Net Present Value* (NPC) selama umur proyek berdasarkan nilai moneter proyek dan nilai penjualan energi atau *levelized cost of energy* (LCOE). proyek. Hasil dari simulasi perangkat lunak ini merekomendasikan komponen yang paling efisien untuk sistem pembangkit tenaga listrik, baik dari segi aspek teknis dan ekonomis [41].



Gambar 2.12 Input dan Output HOMER Pro [41]

2.7.1. Input Data Homer Pro

Dalam perangkat lunak HOMER Pro, *input* data sangat diperlukan sebelum melakukan simulasi sebagai bahan. *Input* data dalam HOMER Pro adalah sebagai berikut.

1. *Input* beban (*load*)

Berdasarkan bebannya, beban terbagi 2 yaitu beban listrik dan beban termal, kedua beban ini disajikan dengan bentuk per jam, per hari, dan perbulan disesuaikan dengan profil beban yang ada dalam lokasi penelitian.

2. *Input* Sumber Daya (*Resource*)

Dalam *input resource* ini akan dimasukkan data potensi energi yang meliputi potensi angin, bahan bakar, potensi suhu, potensi biomassa, dan lain-lain.

3. *Input* Komponen

Input dari komponen ini meliputi komponen apa saja yang digunakan, komponen tersebut antara lain baterai, photovoltaic, converter, boiler, genset, tangki air. Hidrogen dll. Pemilihan komponen tersebut secara teknis dan ekonomis disesuaikan dengan spesifikasi komponen. Aspek teknis termasuk kekuatan Performa komponen dan sistem yang maksimal, sedangkan aspek ekonomis meliputi harga komponen, biaya perawatan dan pengoperasian komponen tersebut.

4. *Input* Ekonomi

Parameter *input* ini mencakup semua parameter ekonomi selain komponen sistem. Parameter ini termasuk tingkat inflasi, suku bunga dan biaya komponen lain dari sistem pembangkit listrik.

2.7.2. *Output* HOMER Pro

Output atau keluaran dari Simulasi HOMER Pro ini menunjukkan kinerja dari perangkat lunak ini setelah sebelumnya kita masukkan parameter *input*. *Output* dari HOMER Pro adalah sebagai berikut :

1. Simulasi

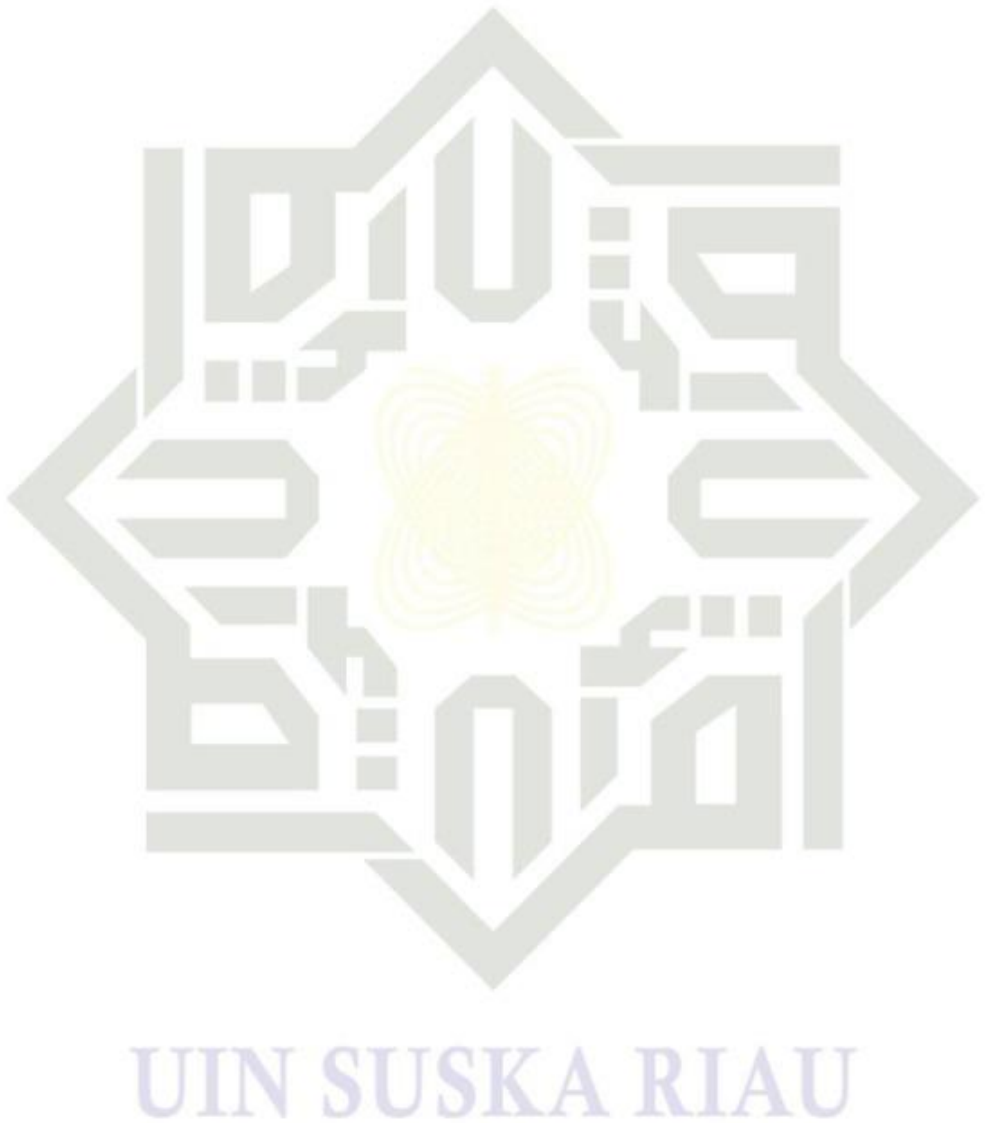
Simulasi menentukan kelayakan ekonomi pembangkit listrik berdasarkan nilai LCOE dan NPC. Nilai-nilai ini dianalisis berdasarkan data input seperti sumber daya, komponen, dan beban. Di sisi ekonomi, tingkat inflasi suatu negara, tingkat diskonto, dan parameter ekonomi lainnya juga diperlukan.

2. Optimalisasi

Optimalisasi akan memilih sistem konfigurasi terbaik, yaitu konfigurasi sistem dengan NPC dan LCOE terendah, yang akan dipertimbangkan oleh HOMER Pro Dan pilih sesuai dengan sistem pembangkit listrik yang dioptimalkan.

3. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah parameter yang menampilkan hasil konfigurasi menggunakan parameter input yang berbeda pada variabel yang sama. Misalnya, pengguna dapat memasukkan beberapa kemungkinan harga untuk suatu komponen, sehingga pengguna dapat lebih mudah menemukan hasil dalam produk Berbagai kondisi untuk variabel.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

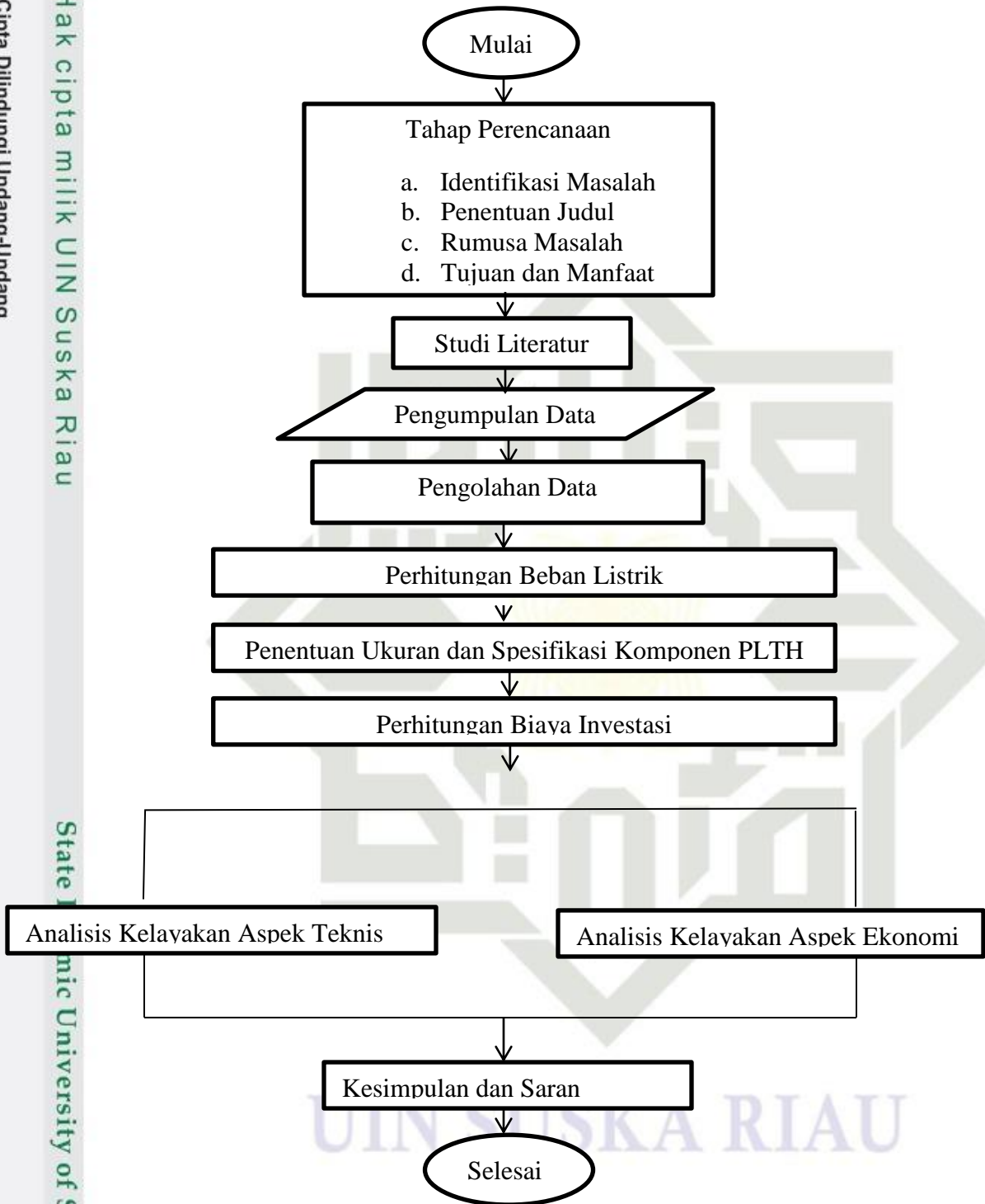
Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif. Aspek kuantitatif dari penelitian ini adalah mengumpulkan data mentah kebutuhan energi listrik harian dan beban puncak kabin A feeling TV dengan menggunakan teknik wawancara dan kuesioner.

3.2. Prosedur Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian ini akan dilakukan serangkaian kegiatan tahap perencanaan penelitian yang meliputi identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Tahap kedua penelitian ini adalah penelitian kepustakaan, dari referensi yang relevan dengan pertanyaan penelitian, dari jurnal, buku, BPS, dll. Setelah melakukan tinjauan pustaka dan kemudian mengumpulkan data untuk mendukung penelitian ini, studi kelayakan pembangkit listrik hybrid PLMMH dan PLTD mencakup aspek teknis dan ekonomi. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.3. Tahap Perencanaan

3.3.1. Identifikasi Masalah

Penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan yang telah diangkat sebagai latar belakang. Permasalahan utama yang terjadi yaitu kekurangan daya pasokan listrik dari PLN di Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar Desa Hang Tuah Kecamatan Perhentian Raja. Disisi lain terdapat potensi energi terbarukan di pondok tersebut yaitu energi air untuk dimanfaatkan secara optimal. Dengan adanya permasalahan tersebut maka potensi energi air yang ada dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik untuk mencukupi kebutuhan listrik di daerah tersebut.

3.3.2. Penentuan Judul

Berdasarkan masalah yang ada, penulis akan melakukan penelitian yang berjudul Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD – PLTMH Studi Kasus (Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar Kec. Perhentian Raja).

3.3.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengatasi permasalahan defisit energi listrik pada pondok Afdeling IV dengan memanfaatkan potensi energi air yang tersedia dengan sistem Hybrid dengan PLTD *off-grid system*. Kemudian bagaimana menganalisa dan melakukan penilaian kelayakan berdasarkan aspek teknis dan ekonomi pembangkit.

3.3.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi permasalahan defisit energi listrik di pondok Afdeling IV dengan memanfaatkan potensi energi air yang tersedia dan kemudian melakukan analisis teknis mengenai produksi listrik dari sistem hibrid PLTD-PLTMH serta melakukan analisis ekonomi biaya produksi listrik (NPC dan LCOE). Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menjadi acuan untuk melakukan pembangunan pembangkit listrik ataupun dapat menjadi acuan untuk penelitian lanjutan.

3.4. Studi Literatur

Sebelum melakukan penelitian, Penulis melakukan studi literatur melalui penelitian terkait berupa jurnal-jurnal terdahulu maupun buku-buku yang telah dipublikasi mengenai pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), sistem pembangkit Hybrid, dan teori serta penjelasan mengenai perhitungan matematis pembangkit listrik serta teori mengenai analisis teknis maupun ekonomi dari pembangkit listrik.

3.5. Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini, penulis menggunakan data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian, data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak-pihak tertentu yang mana sudah diolah terlebih dahulu dalam bentuk arsip atau laporan. Data primer yang dikumpulkan adalah data beban listrik dan perhitungan debit air. Data sekunder yang didapatkan dari internet adalah data lokasi penelitian, spesifikasi komponen yang digunakan, curah hujan, dan suhu bunga.

3.5.1. Data Primer

Dalam penelitian ini, data primer yang digunakan adalah data kondisi kelistrikan, beban listrik, serta data potensi energi air. Sumber data primer dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Data Primer

No	Data	Sumber Data
1	Kondisi kelistrikan, jenis pembangkit yang tersedia dan kapasitasnya, lama pengoperasian, kebutuhan bahan bakar, biaya perbulan	Wawancara dengan Mandor 1 pondok Afdeling IV
2	Beban listrik keadaan eksisting dan beban saat kondisi listrik dapat dipenuhi selama 24 jam	Wawancara langsung ke setiap rumah warga
3	Data debit air	Pengukuran langsung dengan metode apung

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

1. Data Kondisi Kelistrikan

Data kondisi kelistrikan didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak berwenang, dalam hal ini adalah bapak Supangat selaku Mandor 1 pondok Afdeling IV. Wawancara dilakukan secara langsung dengan mengajukan pertanyaan terkait kondisi kelistrikan pondok Afdeling IV.

2. Data Beban Listrik

Data beban listrik ini diperoleh melalui wawancara secara langsung dengan warga sekitar dengan mengambil sampel pada beberapa rumah. Wawancara yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui peralatan listrik yang digunakan pada saat kondisi listrik di suplai selama 6 jam dan kondisi listrik saat mendapat suplai 24 jam. Kemudian hasil dari wawancara akan dimasukkan dalam tabel berikut.

Tabel 3.2 Beban listrik

NO	Nama Responden	Nama Peralatan	Jumlah	Daya Peralatan (watt)	Waktu Penggunaan (jam)	Daya per hari (watt-hour)
1						
2						
3						
Total						

3. Data Debit Air

Sebelum melakukan perhitungan debit air, terlebih dahulu harus melakukan analisis terhadap curah hujan yang ada dilokasi penelitian. Data curah hujan didapatkan dari Stasiun BMKG terdekat.

Pengukuran debit air dilakukan dengan pengukuran langsung dengan menggunakan metode apung (*floating*). Besaran yang diukur pada metode ini adalah luas penampang sungai, kedalaman, dan kecepatan aliran. Pengukuran diawali dengan membuat profil penampang. Kemudian melakukan pengukuran kecepatan aliran air dengan mengalirkan botol terapung dengan jarak yang sudah ditentukan kemudian catat waktu yang diperlukan dari start hingga garis finish yang telah ditentukan. Setelah didapatkan data dari besaran yang diperlukan, maka debit air dapat dihitung. Pengukuran debit air ini dilakukan dari bulan maret hingga juni dalam kondisi pasang, standar, dan surut, kemudian diambil rata-ratanya.

3.5.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari data oalahan yang sudah dipublikasikan dalam buku, jurnal, dan sumber ilmiah lainnya. Data sekunder yang diperlukan ditunjukkan pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Data Sekunder

NO	Data	Sumber
1	Lokasi Penelitian	Internet
2	Harga dan Spesifikasi Komponen	Internet
3	Data Curah Hujan	BMKG
4	Discount Rate Inflasi	Bank Indonesia

3.6. Pengolahan Data

Setelah data – data yang diperlukan dalam penelitian sudah didapatkan, maka selanjutnya dilakukan pengolahan terhadap data-data mentah tersebut dengan tujuan agar menghasilkan informasi atau pengetahuan. Berikut adalah rangkaian pengolahan data yang akan dilakukan.

2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengantarkan 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.

3.6.1. Perhitungan Beban Listrik

Dalam tahapan ini perhitungan beban listrik dilakukan menggunakan data beban listrik yang diperoleh pada pengumpulan data yang dilakukan secara langsung melalui wawancara pada rumah mana yang akan dijadikan sebagai sampel. Pengambilan data tersebut memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan teori Guy, dimana teori tersebut menyebutkan bahwa ukuran minimal sampel pada metode deskriptif minimal 10 % dari ukuran populasi, untuk populasi yang relative kecil minimal diambil sebanyak 20%. Jumlah populasi yang ada di Pondok Afdeling adalah 40, maka 20% dari 40 adalah 8. Maka, jumlah sampel yang akan diambil pada penelitian ini sebanyak 8 sampel.

2. Pengumpulan data beban

Pengumpulan data beban merupakan pengumpulan data peralatan yang digunakan setiap rumah dan waktu penggunaan peralatan tersebut pada kondisi jika energi listrik dapat dipenuhi selama 24 jam.

3. Perhitungan beban listrik

Perhitungan beban listrik per-hari didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.22) yang mana perhitungan beban ini pada kondisi jika energi listrik dapat dipenuhi selama 24 jam.

3.6.2. Perhitungan Debit Air

Perhitungan debit air didapatkan setelah diperoleh data mengenai luas penampang sungai, kedalaman sungai, dan kecepatan aliran sungai. Pengukuran ini dilakukan secara langsung menggunakan metode apung (*floating*). setelah data – data tersebut didapatkan, barulah kemudian debit air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1).

3.6.3. Perhitungan Penentuan Ukuran dan Spesifikasi Komponen PLTH

Pada tahap ini, pemilihan komponen merupakan hal yang diperlukan agar sistem dapat bekerja dengan optimal. Untuk spesifikasi dari PLTH disesuaikan dengan PLTH yang sudah ada. Dalam penentuan spesifikasi dan komponen PLTH, ada beberapa perencanaan yang akan dilakukan, yaitu :

1. Perencanaan bak penenang : dalam perencanaan bak penenang ini perlu dilakukan perhitungan kecepatan aliran dalam pipa (V_p) yang dapat dihitung dengan persamaan (2.22), perhitungan diameter ekonomis pipa pesat dengan persamaan (2.23), dan tinggi tenggelamnya pipa pesat dengan persamaan (2.24).
2. Perencanaan pipa pesat : dalam perencanaan pipa pesat yang harus dihitung adalah kehilangan *head* akibat gesekan (H_f) yang dapat dihitung dengan persamaan (2.25), dan kehilangan *head* akibat belokan (H_b) yang dapat dihitung dengan persamaan (2.26). setelah H_f dan H_b didapatkan, maka selanjutnya dihitung *head* bersih nya (H_n) dengan persamaan (2.27).
3. Perencanaan turbin : dalam perencanaan turbin ada beberapa hal yang harus dihitung, diantaranya yaitu daya keluaran turbin (P_t) yang dihitung dengan persamaan (2.6), kecepatan turbin (N) dihitung dengan persamaan (2.8), diameter luar *runner* dihitung dengan persamaan (2.9), diameter dalam *runner* dihitung dengan persamaan (2.10), jarak antar sudu (S_1) dihitung dengan persamaan (2.11), lebar sudu (a) dihitung dengan persamaan (2.13), jumlah sudu (n) dihitung dengan persamaan (2.14), panjang sudu (L) dihitung dengan persamaan (2.15), jari-jari kelengkungan sudu (r_c) dihitung dengan persamaan (2.16), dan torsi turbin (T) dihitung dengan persamaan (2.17).

3.6.4. Perhitungan Biaya Investasi

Perhitungan biaya investasi ini adalah perhitungan seluruh biaya yang dikeluarkan mulai dari awal untuk investasi proyek. Biaya ini merupakan modal awal yang meliputi biaya pembelian komponen, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan yang dikeluarkan setiap tahunnya. Data – data yang akan diolah didapatkan dari lapangan, data internet, dan data dari referensi terkait.

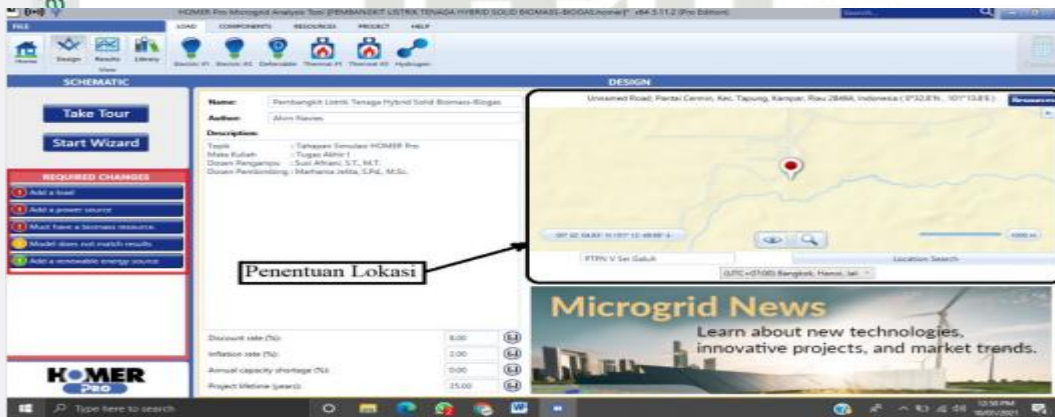
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang menyalin, mengutip, atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan 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.

3.7 Simulasi Menggunakan *Software* HOMER Pro

Setelah semua data yang akan digunakan sebagai parameter telah didapatkan, maka selanjutnya data tersebut diolah menggunakan *software* HOMER Pro. Adapun tahapan – tahapan pengoperasian *software* HOMER Pro adalah sebagai berikut.

3.7.1. Penentuan Lokasi

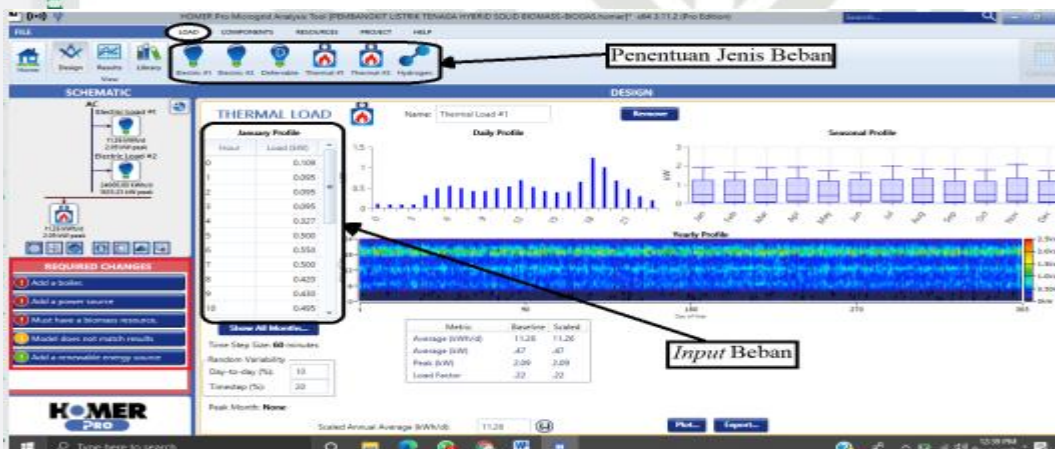
Pada tahapan ini penulis memilih lokasi yang ingin dipasang suatu pembangkit. Pada Homer akan menampilkan peta dan input koordinat lokasi.



Gambar 3.2 Penentuan Lokasi

3.7.2. Data Profil Beban

Menampilkan grafik beban yang dimasukkan sesuai data yang diperoleh.



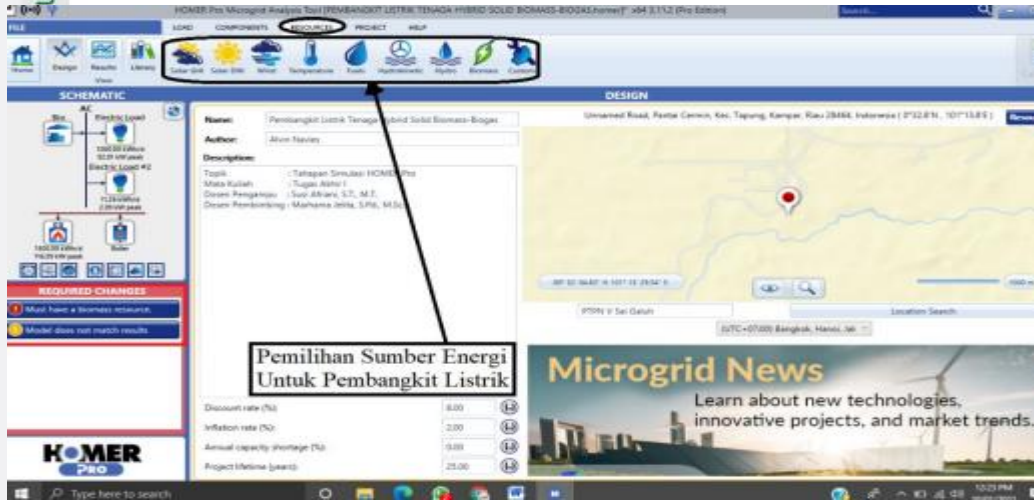
Gambar 3.3 *Input* Profil Beban

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

3.7.3. Potensi Energi

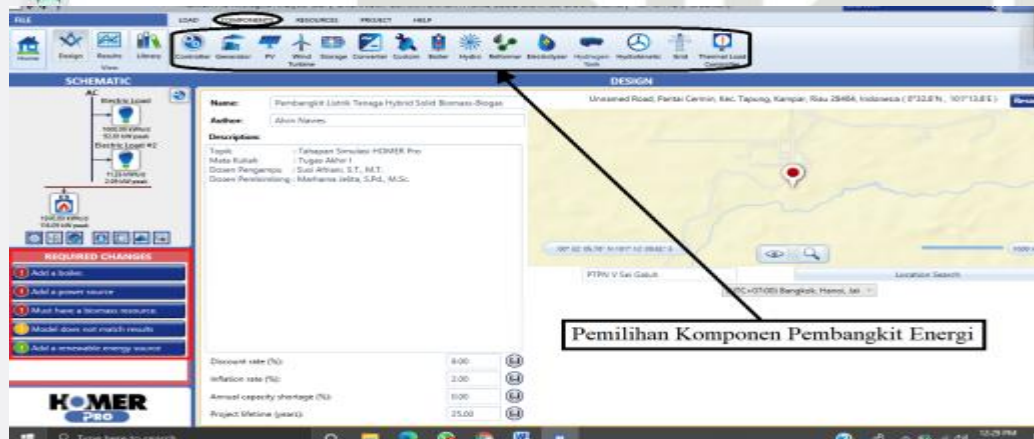
Masukkan parameter dari PLTD dan PLTMH untuk mengetahui potensi energi yang dihasilkan



Gambar 3.4 Input Potensi Energi

3.7.4. Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen yang akan dipilih menyesuaikan dengan profil beban dan sumber energi yang tersedia pada lokasi penelitian. Dalam pemilihan komponen ini penulis juga akan memasukkan harga yang sesuai dengan komponen aslisnya.

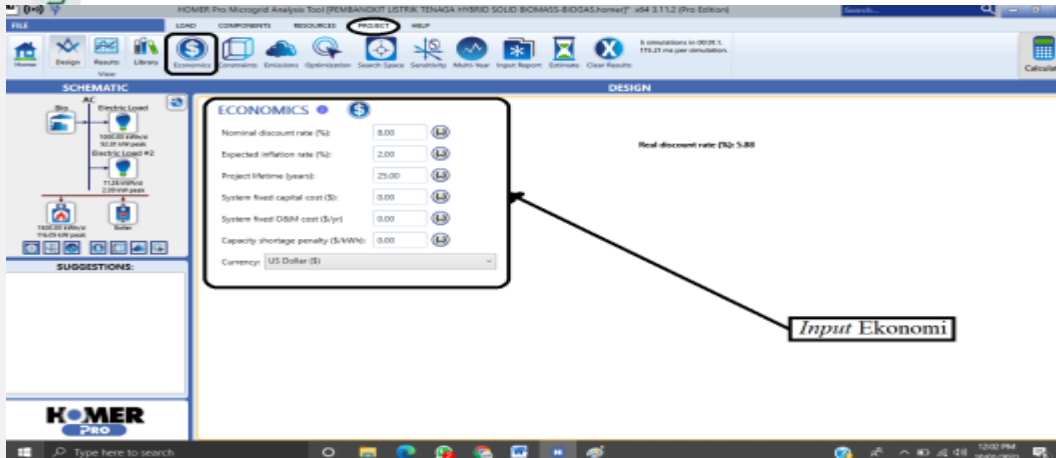


Gambar 3.5 Pemilihan Komponen Pembangkit

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang menyalin 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.

3.7.5. Input Ekonomi

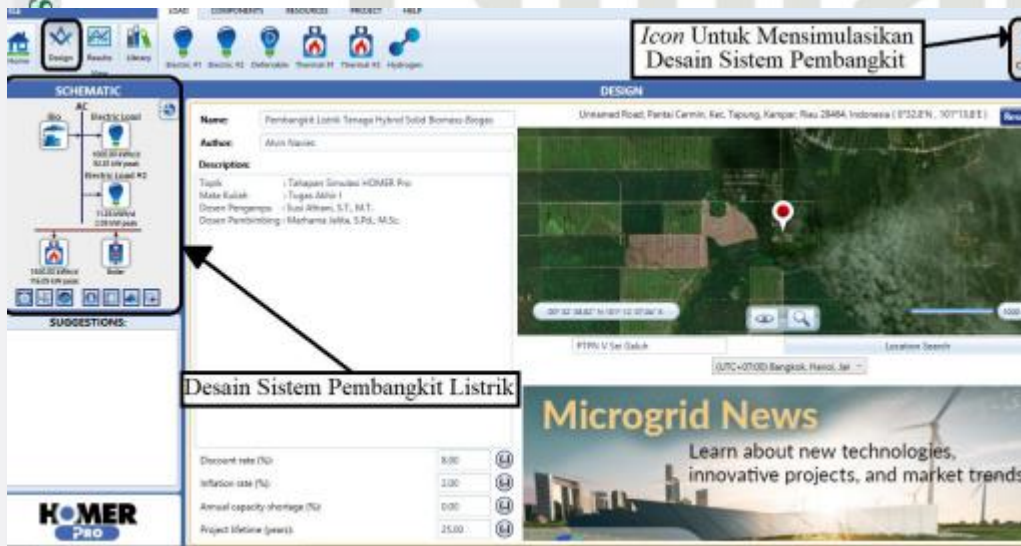
Pada tahap ini penulis mengisi data suku bunga, usia proyek, inflasi tahunan, biaya O&M dan pembangkit listrik dan initial cost.



Gambar 3.6 Input Ekonomi

3.7.6. Tahap Simulasi

Pada tahap ini didapatkan pemodelan, kemudian menjalankan simulasi dengan memilih ikon "Calculate", setelah itu akan diperoleh rekomendasi pembangkit yang optimal.



Gambar 3.7 Simulasi Sistem HOMER Pro

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang menyalin 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.

3.8. Analisis Hasil Simulasi HOMER Pro

Setelah semua data *input* dimasukkan dan disimulasikan, maka keluaran dari *software* HOMER Pro akan terlihat. Hasil keluaran ini terbagi kedalam 2 aspek, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomi.

3.8.1. Aspek Teknis

Penilaian dalam aspek teknis ini adalah bagaimana performa sistem dan kemampuan pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik. Dalam hal ini pembangkit dikatakan layak apabila mampu memenuhi kebutuhan listrik selama 24 jam. Hal ini berkaitan dengan potensi energi air dan Diesel, profil beban, dan konfigurasi.

3.8.2. Aspek Ekonomi

Analisis ekonomi diperlukan untuk menentukan kelayakan proyek pembangkit listrik berdasarkan parameter-parameter perhitungan yang mencakup analisis biaya yang timbul selama umur proyek *Net Present Cost* (NPC) dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE).

3.8.2.1. Perhitungan Kelayakan Investasi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan manual mengenai kelayakan investasi yang Pada tahap ini dilakukan perhitungan manual dan analisis aspek ekonomi sistem pembangkit listrik tenaga hybrid PLTD-PLTMH. Perhitungan manual analisis ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah proyek yang akan dibangun memang memberikan manfaat yang lebih besar daripada biaya yang akan dikeluarkan atau sebaliknya, sehingga dapat diketahui layak atau tidaknya investasi proyek yang akan dijalankan dari segi ekonominya. Adapun parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Net Present Value* (NPV), *Payback Periode* (PBP) dan *Internal Rate Of Return* (IRR) [16]. Tahapan yang dilakukan adalah :

1. Menghitung manfaat finansial pada perencanaan pembangunan proyek berupa penghematan konsumsi bahan bakar diesel.
2. Menghitung *Present Worth Factor* untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan pada tahun ke-sekian yang didasarkan pada suku bunga dengan persamaan (2.36).

3. Metode *Net Present Value* (NPV), yang merupakan selisih antara nilai pemasukan PV dengan pengeluaran PV dengan perhitungan menggunakan Persamaan (2.33) *Cash Flow Benefit* (CFB) menggunakan Persamaan (2.34), dan *Cash Flow Cost* (CFC) menggunakan Persamaan (2.35).
4. *Payback Period* (PBP), berguna untuk mengetahui berapa lama waktu pengembalian biaya investasi. Menghitung nilai PBP digunakan persamaan (2.37).
5. *Internal Rate of Return* (IRR), parameter ini berguna menghitung tingkat bunga yang dapat menyamakan antara *present value* dari semua aliran kas dari suatu investasi proyek. Menghitung nilai IRR digunakan persamaan (2.37).

3.9. Penilaian Kelayakan Pembangkit

Pada tahap ini akan dilakukan penilaian terhadap rancangan pembangkit yang telah selesai dirancang dalam segi teknis maupun segi ekonomisnya.

3.9.1. Penilaian Kelayakan Aspek Teknis

Dalam aspek teknis pembangkit, penilaian kelayakan didasarkan pada produksi listrik yang dihasilkan apakah mampu atau tidak untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada selama umur proyek.

3.9.2. Penilaian Kelayakan Aspek Ekonomis

Dalam aspek ekonomi, penilaian kelayakan didasarkan pada nilai dalam segi pembiayaan dan segi kelayakan investasi. dalam segi pembiayaan mengacu pada nilai NPC dan LCOE hasil keluaran *software* HOMER Pro dan dalam segi kelayakan investasi didasarkan pada nilai NPV, PBP, dan IRR.

3.10. Kesimpulan dan Saran

Dalam tahap ini, akan disimpulkan secara ringkas hasil dari penelitian yang bertujuan untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian. Kemudian saran pada penelitian ini dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar dalam hal aspek teknis dan ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTD-PLTMH), dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kebutuhan listrik total tahunan Pondok Afdeling IV adalah sebesar 95.757,75 kWh/tahun, sedangkan rata-rata beban hariannya adalah sebesar 262,35 kWh/hari. Estimasi beban puncak terjadi pada pukul 18:00 – 19:00 sebesar 15,951 kW.
2. Dalam aspek teknis nya, Hasil keluaran simulasi PLTH menunjukkan bahwa PLTMH memiliki kinerja sebesar 100%, sedangkan PLTD memiliki kinerja 0%. Hal ini diakibatkan karena beban yang ada sekarang sudah mampu di cover oleh PLTMH saja sehingga PLTD dalam kondisi mati. Namun, apabila kondisi beban bertambah dan produksi listrik dari PLTMH tidak bisa memenuhi kebutuhan beban, dan apabila pada musim kemarau panjang debit air yang tersedia menurun sehingga performa PLTMH menurun, maka PLTD dapat dioperasikan. Proyek ini dikatakan layak karena mampu memproduksi listrik sebesar 172.299 kWh/tahun dimana produksi ini mampu mencukupi kebutuhan beban Pondok Afdeling IV sebesar 95.757,75 kWh/tahun.
3. Dalam aspek ekonomi, nilai *Net Present Cost* (NPC) sebesar Rp. 470.587.100,00,. Nilai *Levelized Cost Of Energy* (LCOE) sebesar Rp. 6.655,89, biaya investasi tidak perlu dimasukkan dengan pertimbangan proyek ini adalah proyek hibah agar nilai penjualan listrik lebih rendah. *Net Present Value* (NPV) bernilai positif yaitu sebesar Rp. 320.777.250,09, *Payback Period* (PBP) lebih kecil dari umur proyek yaitu 7 tahun 9 bulan, dan *Internal Rate of Return* (IRR) lebih besar dari suku bunga pertama yaitu sebesar 17,46%. Maka, perencanaan pembangkit listrik bisa dikatakan layak untuk dibangun.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran agar dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya disarankan dapat melakukan penelitian hingga menjadi dokumen proyek.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisis kelayakan dalam aspek lainnya seperti aspek lingkungan dan social yang bisa terdampak langsung oleh pembangunan PLTH.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin 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 PUSTAKA

Mohammad Ghiyast Fathurrachman, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Wilayah Daerah Pantai Tasikmalaya Selatan Menggunakan Aplikasi HOMER,” vol. 03, no. 02, 2022.

Agency for the Assessment and Application of Technology, *Outlook Energi Indonesia 2021 Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station*. 2021.

Laporan Hasil Sekjen Dewan Energi Nasional, “Analisis Neraca Energi Nasional”, 2021.

A. Taufiqurrahman and J. Windarta, “Overview Potensi Dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air Di Indonesia,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 3, pp. 70–78, 2021, doi: 10.14710/jebt.2020.10036.

D. J. Ketenagalistrikan, “Bahan Ditjen Ketenagalistrikan Subsektor Ketenagalistrikan,” 2022.

Kabupaten Kampar, "Profil Kabupaten Kampar," kampar.go.id, 2022

“Badan pusat statistik kabupaten kampar bps-statistics of kampar regency”, 2022.

Badan Pusat Statistik Kecamatan Perhentian Raja, 2022.

“R. Kurniasyam, " Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Off Grid System,"Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021.

[10] E. K. Sari, Y. Ermawati, “Potensi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Niagara Desa Rantau Nipis Kecamatan Banding Agung Ogan Komering Ulu Selatan,” vol. 6, pp. 70–79, 2021.

[11] P. G. Chamdareno and H. Hilal, “Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten,” vol. 1, no. 1, pp. 37–44, 2000.

[12] Z. Tharo and M. Andriana, “Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Angin Energi Fosil di Sumatra,” pp. 141–144.

[13] Jaka Windarta, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Homer di SMA Negeri 6 Surakarta,” pp. 21–36, 2019.

[14] Nurul Hiron, “Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Dengan Sumber Energi Terbarukan (HOMER) di Daerah Pesisir Pantai Pangandara,” vol. 01, no. 01, pp. 12–18, 2019.

[15] E. Pratama *et al.*, “Analisis teknis dan ekonomis pembangkit listrik hybrid mikro hydro biogas,” 2021.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis atau tanpa menunjukkan 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
 UIN SUSKA RIAU
 Satek Kasim Riau
- M. Giatman, 2011. *Ekonomi Teknik*, Jakarta, PT RajaGrafindo Persada .
- O. Ang, H. Stevy, and V. Albert, “Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Diesel Generator-PV Menggunakan Software HOMER (Studi Kasus : KM Barcelona 1 di Pelabuhan Manado),” vol. 8, no. 2, pp. 63–66, 2019.
- A. N. Azizah, S. Purbawanto, J. T. Elektro, and U. N. Semarang, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PV DAN MIKROHIDRO) Terhubung Grid (Studi Kasus : Desa Merden , Kecamatan Padureso , Kebumen),” vol. 2, no. 1, pp. 6–10, 2021.
- S. Murni, and A. Suryanto, “MIKROHIDRO MENGGUNAKAN HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan),” vol. 1, no. 2, pp. 34–38, 2020.
- A. Bachtiar and W. Hayattul, “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin,” vol. 7, no. 1, pp. 35–45, 2018.
- A. Purnama, “Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Tinjauan Teknis,” *J. Ris. Kaji. Teknol. dan Lingkung.*, vol. I, no. 2, pp. 124–130, 2018.
- Ilha Wisnu Aji, 2019. “Modul Pembelajaran Pembangkit Listrik”, Yogyakarta, Universitas Negeri Yogyakarta
- Indra Susanto, “Analisis Pembangkit Tenaga Diesel di Pulau Cilagen”, *Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Ramah Lingkungan*, vol.3, 2019.
- Supari Muslim, 2008. *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*, Jakarta, Departemen Pendidikan Nasional.
- A. T. Witjaksono, P. Studi, and T. Elektro, “Unjuk Kerja Sistem Kontrol Sinkron Genset,” pp. 11–16, 2015.
- M. V. A. Pada, P. Ubp, C. Teguh, W. Aji, I. M. Suyanto, and S. T. Mt, “34 , Aji , Studi Tentang Sistem Kerja Paralel Generator Sinkron 471 Mva Pada Pltu Ubp,” vol. 1, no. 2, pp. 33–43, 2014.
- R. Bangun, P. Pembangkit, and L. Tenaga, “Rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh),” vol. 1, no. 2, pp. 7–14, 2020.
- Purwanto, 2017. *Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH)*, Subang, LIPI Press, Cetakan Pertama
- S. Ointu, “Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu,” vol. 2, pp. 30–38, 2020.
- D. Irawan, E. Nugroho, and E. Widiyanto, “Pengaruh jumlah nozzle terhadap kinerja turbin pelton sebagai pembangkit listrik di Desa Sumber Agung Kecamatan Suoh Kabupaten Lampung Barat,” vol. 9, no. 2, pp. 265–269, 2020.
- O. A. Saputra, “Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin Analisa Pengaruh Diameter

- Sudu dan Debit Terhadap Performa Turbin Kaplan,” vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- Y. Apriani, U. M. Palembang, F. Ardianto, and U. Sriwijaya, “Analisis Karakteristik Turbin Cross Flow Kapasitas 5 kW,” no. April, 2019, doi: 10.32502/jse.v3i2.1484.
- C. Insani, A. Maulana, and O. W. Irawan, “Rancang Bangun Turbin Reaksi pada Sungai Taman Kota 2 dengan Model Aliran Vortex,” vol. 5, no. 2, pp. 79–88, 2021.
- D. Runner, D. A. N. Jumlah, and D. A. N. Menggunakan, “Analisa Performa Hydro-Turbin Cross-flow,” no. March, 2021, doi: 10.31002/jom.v5i1.3943.
- D. Putu *et al.*, “Redesain Turbin 175 KW Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Desa Mekar Sari Buleleng Bali,” vol. 19, no. 2, 2020.
- D. G. Ramdhany, N. Hiron, and N. Busaeri, “Modifikasi Motor Brushless Dc Menjadi Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Radial Putaran Rendah,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–33, 2021, doi: 10.37058/jeee.v3i1.3447.
- IMIDAP, “Pedoman Studi Kelayakan PLTMH,” *ESDM, Kementeri.*, pp. 1–23, 2009, Cetakan Kedua.
- D. R. Ekonomi and D. A. N. Perbankan, “Menentukan Populasi dan Sampel puteri 2020,” no. April, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.28776.01285.
- I. Isfarudi *et al.*, *Metode Samplint, Universitas Terbuka Jalan Cabe Raya , Pondok Cabe , Pamulang , Tangerang Selatan - 15418 Banten – Indonesia Edisi kedua Cetakan pertama*
- Humaidi, Yandri, and I. Arsyad, “Studi teknis dan ekonomis sistem energi hibrida diesel-surya-angin di pulau lemukutan kabupaten bengkayang,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, 2021.
- Kunaifi, “Program HOMER untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida di Propinsi Riau,” *Semin. Nas. Infomatika 2010 (SemnasIF 2010)*, vol. B, no. semnasIF, pp. B18–B27, 2010.
- <https://m.alibaba.com/amp/product/html>. [Accessed : 11 Oktober 2022]
- <https://www.arthamuliabeton.com>. [accessed : 9 Oktober 2022]
- <https://www.indotrading.com/arsyaindo>. [accessed : 9 Oktober 2022]
- Konnelius Hendra, *Studi Ekonomis Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Genset Sebagai Sumber Energi Alternatif Pada Gedung Perkantoran, Universitas Tanjungpura*, pp. 1-11
- “<https://www.bi.go.id/id/default.aspx> Bank Indonesia. [accessed 9 Oktober 2022].
- <Http://Earth.Google.Com/Web/Search/PTPN+V+Kebun+Dan+PKS+Sei+Pagar>.

LAMPIRAN A

KUISIONER PENGUMPULAN DATA BEBAN DAN DATA POTENSI ENERGI AIR PONDOK AFDELING IV PTPN 5 SEI PAGAR



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Ditinjau dari Undang-Undang

1. Dilarang menjiplak 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.

No.

Tanggal : 07/05/2022

Kuisisioner Beban Listrik Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar

Nama Responden : umi
 Umur : 37 tahun
 Jenis Kelain : Peranpuan

A. Beban Listrik Kondisi Eksisting

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	2	15 watt	5 jam
2				
3				
4				
5				
6				
7				
Total				

B. Beban Listrik 24 Jam

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Kulkas	1	115 watt	24 jam
2	Blender	1	130 watt	1 jam
3	Kipas angin	1	110 watt	3 jam
4	Lampu	4	15 watt	12 jam
5	TV	1	100 watt	4 jam
6	Rice cooker	1	350 watt	12 jam
7				
Total				

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

- 1.0
 - 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.

No.

Tanggal : 07/05/2022

Kuisisioner Beban Listrik Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar

Nama Responden : Rika Simanjuntak

Umur : 26 tahun

Jenis Kelain : Perempuan

28
[Signature]

A. Beban Listrik Kondisi Eksisting

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	2	15 watt	5 jam
2	TV	1	100	2 jam
3	Sonyo	1	125	1 jam
4				
5				
6				
7				
Total				

B. Beban Listrik 24 Jam

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	4	15 watt	12 jam
2	Blender	1	130 watt	1 jam
3	Setrika	1	300 watt	2 jam
4	TV	1	100 watt	4 jam
5	Pompa air	1	125 watt	2 jam
6	Rice cooker	1	350 watt	12 jam
7				
Total				

1. 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.

No.

Tanggal : 07 05 / 2022

Kuisiner Beban Listrik Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar

Nama Responden : Riyani
Umur : 25 tahun
Jenis Kelain : Perempuan



A. Beban Listrik Kondisi Eksisting

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	2	18 watt	6 jam
2	TV	1	100 watt	3 jam
3				
4				
5				
6				
7				
Total				

B. Beban Listrik 24 Jam

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	4	12 watt	12 jam
2	TV	1	100 watt	4 jam
3	Rice cooker	1	350 watt	12 jam
4				
5				
6				
7				
Total				

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

No.

Tanggal : 07/05/2022

Kuisisioner Beban Listrik Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar

Nama Responden : SAIFUL BAKHTAR

Umur : 50 tahun

Jenis Kelain : laki-laki

A. Beban Listrik Kondisi Eksisting

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	3	15 watt	5 jam
2				
3				
4				
5				
6				
7				
Total				

B. Beban Listrik 24 Jam

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	4	15 watt	12 jam
2	TV	1	100 watt	5 jam
3	Setrika	1	300 watt	2 jam
4	Pompa air	1	125 watt	3 jam
5	Rice cooker	1	350 watt	12 jam
6				
7				
Total				

No.

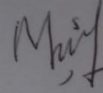
Tanggal : 07/05/2022

Kuisisioner Beban Listrik Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar

Nama Responden : MANAU

Umur : 55 tahun

Jenis Kelain : laki-laki



A. Beban Listrik Kondisi Eksisting

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	2	12 watt	6 jam
2	TV	1	100 watt	2 jam
3				
4				
5				
6				
7				
Total				

B. Beban Listrik 24 Jam

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	5	15 watt	12 jam
2	Kulkas	1	115 watt	24 jam
3	TV	1	100 watt	5 jam
4	Setrika	1	300 watt	2 jam
5	Kipas angin	1	110 watt	3 jam
6				
7				
Total				

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

1.
 - 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.

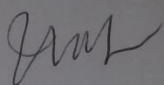
Tanggal : 07/05/2022

No. _____

Kuisiener Beban Listrik Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar

Nama Responden : Erwin

Umur : 45 tahun

Jenis Kelain : laki-laki 

A. Beban Listrik Kondisi Eksisting

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	2	18 watt	5 jam
2	TV	1	100 watt	3 jam
3				
4				
5				
6				
7				
		Total		

B. Beban Listrik 24 Jam

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	5	15 watt	12 jam
2	TV	1	100 watt	4 jam
3	Sekotak	1	300 watt	1 jam
4	Rice cooker	1	350 watt	12 jam
5				
6				
7				
		Total		

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

No.

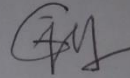
Tanggal : 07/05/2022

Kuisisioner Beban Listrik Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar

Nama Responden : Gultom

Umur : 47 tahun

Jenis Kelain : laki-laki



A. Beban Listrik Kondisi Eksisting

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	4	15 watt	5 jam
2	TV	1	100 watt	3 jam
3	blender	1	130 watt	1 jam
4	Serrika	1	300 watt	1 jam
5				
6				
7				
Total				

B. Beban Listrik 24 Jam

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	5	15 watt	12 jam
2	TV	1	100 watt	5 jam
3	Kulkas	1	115 watt	24 jam
4	Rice cooker	1	350 watt	12 jam
5	Serrika	1	300 watt	1 jam
6	blender	1	130 watt	3 jam
7				
Total				

1.
 - 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.

Tanggal : 07/05/2022

Kuisisioner Beban Listrik Pondok Afdeling IV PTPN V Sei Pagar

Nama Responden : Firdiati
 Umur : 51 tahun
 Jenis Kelain : Perempuan

[Signature]

A. Beban Listrik Kondisi Eksisting

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	4	25 watt	5 jam
2	TV	1	100 watt	2 jam
3				
4				
5				
6				
7				
Total				

B. Beban Listrik 24 Jam

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Pemakaian
1	Lampu	5	15 watt	12 jam
2	TV	1	100 watt	5 jam
3	Rice Cooker	1	350 watt	12 jam
4	Setrika	1	300 watt	1 jam
5	Kipas angin	1	110 watt	2 jam
6				
7				
Total				



of Sultan Syarif Kasim Riau



Hak

1. C

- 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

ESTIMASI BEBAN LISTRIK HARIAN PONDOK AFDELING IV

Pukul	Beban (Watt)	Persen dari total beban (%)
00:00 – 01:00	10.389,25	3,96
01:00 – 02:00	9.917,01	3,78
02:00 – 03:00	9.575,95	3,65
03:00 – 04:00	9.182,41	3,5
04:00 – 05:00	8.290,06	3,4
05:00 – 06:00	9.838,30	3,75
06:00 – 07:00	10.756,54	4,1
07:00 – 08:00	9.051,24	3,45
08:00 – 09:00	9.129,94	3,48
09:00 – 10:00	9.838,30	3,75
10:00 – 11:00	10.021,95	3,82
11:00 – 12:00	10.494,19	4
12:00 – 13:00	10.756,54	4,1
13:00 – 14:00	10.756,54	4,1
14:00 – 15:00	10.126,89	3,86
15:00 – 16:00	10.284,30	3,92
16:00 – 17:00	10.284,30	3,92
17:00 – 18:00	11.018,90	4,2
18:00 – 19:00	15.951,17	6,08
19:00 – 20:00	15.557,63	5,93
20:00 – 21:00	15.032,93	5,73
21:00 – 22:00	13.642,44	5,20
22:00 – 23:00	11.989,61	4,57
23:00 – 24:00	9.838,30	3,75

© Hak cipta milik UIN Suska Riau. Site: www.uin-suska-riau.ac.id | Email: info@uin-suska-riau.ac.id | UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip 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.

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN *PRESENT WORTH FACTOR* (PWF)

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

$$PWF \text{ Tahun ke } 0 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^0 = 1$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 1 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^1 = 0,985$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 2 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^2 = 0,971$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 3 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^3 = 0,956$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 4 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^4 = 0,942$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 5 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^5 = 0,929$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 6 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^6 = 0,915$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 7 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^7 = 0,902$$

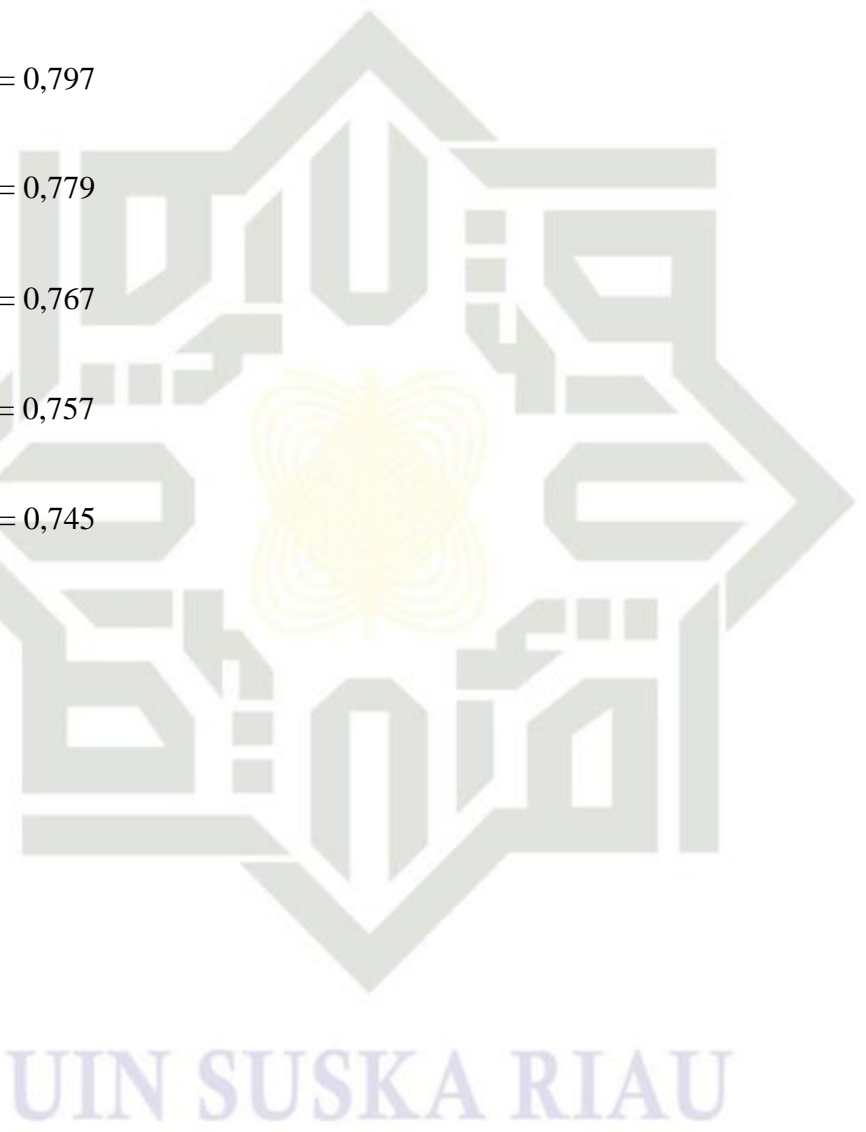
$$PWF \text{ Tahun ke } 8 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^8 = 0,889$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 9 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^9 = 0,876$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 10 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^{10} = 0,863$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 11 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^{11} = 0,850$$

$$PWF \text{ Tahun ke } 12 = \left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%} \right)^{12} = 0,838$$



PWF Tahun ke 13 = $\left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%}\right)^{13} = 0,826$

PWF Tahun ke 14 = $\left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%}\right)^{14} = 0,814$

PWF Tahun ke 15 = $\left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%}\right)^{15} = 0,802$

PWF Tahun ke 16 = $\left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%}\right)^{16} = 0,797$

PWF Tahun ke 17 = $\left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%}\right)^{17} = 0,779$

PWF Tahun ke 18 = $\left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%}\right)^{18} = 0,767$

PWF Tahun ke 19 = $\left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%}\right)^{19} = 0,757$

PWF Tahun ke 20 = $\left(\frac{1+1,5\%}{1+3\%}\right)^{20} = 0,745$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan 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.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



ARUL ANWAR LUBIS, lahir di Pasir Baru 20 September 2000. Anak ke-2 dari 2 bersaudara, dari pasangan ayahanda Yurizal Edi dan ibunda Sarbini (Almh). Pendidikan formal yang ditempuh oleh penulis diawali pada tahun 2006 di SDN 013 Rambah, selesai pada tahun 2012. Lalu penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 6 Rambah, lulus pada tahun 2015. Setelah itu, penulis melanjutkan ke SMAN 2 Rambah Hilir (Berwawasan Keunggulan) dengan Jurusan IPA, lulus pada tahun 2018. Kemudian pada tahun 2018 melanjutkan studi ke Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis melaksanakan penelitian pada bulan Maret 2021 di Pondok Afdeling IV PTPN 5 Sei Pagar dengan judul “Studi Kelayakan Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTMH”. Penulis lulus bergelar Sarjana Teknik (S.T) dengan predikat Kelulusan Memuaskan pada tahun 2022.

© Hak Cipta

Hak Cipta D

1. Dilarang

- 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.

Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU