



UIN SUSKA RIAU

ANALISIS STUDI KELAYAKAN DAN EMISI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Elektro



Oleh :

BANGUN KURNIADI

11850510452

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU

2024

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 masa

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



LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS STUDI KELAYAKAN DAN EMISI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

TUGAS AKHIR

oleh:

BANGUN KURNIADI
11850510452

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 25 April 2025

Ketua Prodi Teknik Elektro

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

Pembimbing I

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



DIN SUSAKA RIAU

© HAK CIPTA

MILIK UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulis karya ilmiah dan 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

ANALISIS STUDI KELAYAKAN DAN EMISI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

TUGAS AKHIR

Oleh:

BANGUN KURNIADI

11850510452

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 25 April 2025

Pekanbaru, 25 April 2025

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Hartono, M.Pd.

NIP. 19640301 199203 1 003

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

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Dr. Fitri Amilia, S.T., M.T.

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

Anggota 1 : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.

Anggota 2 : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.



Lampiran Surat :
Nomor : Nomor 25/2021
Tanggal : 10 September 2021

SURAT PERNYATAAN

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Nama : Bangun Kurniadi
NIM : 118C0C104C2
Tempat/Tgl. Lahir : Bagan Bhakti, 09 November 2025
Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi / S1
Prodi : Teknik Elektro

Judul Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya*:
Analis Studi Kelayahan Pelabuhan dan Emisi Pembangkit Listrik terhadap Kehidupan

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

- Penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya* dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
- Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
- Oleh karena itu Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya* saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
- Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/(Karya Ilmiah lainnya)* saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesua peraturan perundang-undangan.

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

Pekanbaru, 25 April 2025
Yang membuat pernyataan


NIM : 118C0C104C2

* *pilihan salah satu sasaran jenis karya tulis*

UIN SUSKA RIAU
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



LEMBAR KEKAYAAN INTELEKTUAL

© Hak Cipta Ilmuni Undang-Undang
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Ilmuni Undang-Undang
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

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

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

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

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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU



LEMBAR PERSEMBAHAN

© Makarif

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Universitas Sultan Syarif Kasim Riau

“Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robbmolah hendaknya kamu berharap”.

(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

Alhamdulillahirobbil' alamin....

Terima kasih ku ucapan kepada Allah tuhan semesta alam, sujud syukur ku kusembahkan kepada-Mu ya Rabb Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdir mu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu,beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha membuat hasil berupa desain dan karya tulis yang menghantarkan ku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran.

“Bukankah Dia (Allah) yang memperkenankan (do'a) orang yang dalam kesulitan apabila dia berdoa kepada-Nya, dan menghilangkan kesusahan dan menjadikan kamu manusia sebagai khalifah (pemimpin) di Bumi? Apakah di samping Allah ada Tuhan (yang lain)? Sedikit sekali (nikmat Allah) yang kamu ingat”.

(Q.S An-Naml ayat: 62)

Teruntuk....

Kedua orang tuaku tercinta, terima kasih atas kesabaran mu selama ini, terima kasih atas do'a, semangat, motivasi, lidah, dan mulut yang tak pernah lelah menasihati ku walau terkadang nasihat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah ananda lakukan sehingga membuat hati Ayah dan Ibu terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang ananda jalani selama masa perkuliahan.



ANALISIS STUDI KELAYAKAN DAN EMISI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mendapat persetujuan dari penulis dan penerbit.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerapan ilmu, penyusunan laporan, penulisan kritis 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.

BANGUN KURNIADI

11850514873

Tanggal Sidang: 17 Januari 2024

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan salah satu bentuk pembangkit yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran udara, air maupun tanah. Potensi PLTMH pada desa sungai Paku cukup besar karena terdapat waduk Sungai Paku yang belum dimanfaatkan secara efektif untuk memenuhi kebutuhan listrik budidaya ikan nila. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode luas dan kecepatan untuk menghitung debit, menggunakan formula potensial energi untuk menghitung energi terbangkit, menggunakan software *HomerPro* yang di *hybrid* ke jaringan PLN untuk menghitung kelayakan ekonominya dan terakhir yaitu menggunakan *tools g-res* untuk menghitung emisi karbon yang dihasilkan dari PLTMH tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui analisis potensi daya, kelayakan teknis dan ekonomis, serta emisi karbon yang dihasilkan dari PLTMH tersebut. Hasil dari penelitian ini yaitu potensi terbangkit rata rata pertahun 99,14 kW dengan debit rata rata 1,373525 m^3/s . Kelayakan ekonomi yaitu meliputi NVP sebesar Rp 825.892.532,00, IRR sebesar 19 %, BCR sebesar 4,05, Payback Period 5 tahun 2 bulan, LCC Rp 2.636.696.015,00, biaya modal sebesar Rp 359.845.000,00, biaya operasional dan perawatan Rp 115.825.300,00 per tahun, NPC sebesar Rp -466.047.500,00, LCoE sebesar Rp -122,24. Produksi listrik 181,668 kWh/yr, keuntungan Rp 175.574.000,00 dari penjualan energi. Emisi karbon yaitu Karbon Dioksida sebesar -1189 gCO₂e/m²/yr, untuk emisi Metana 427 gCH₄e/m²/yr, dan untuk emisi Nitrogen Dioksida 0. Dan disimpulkan dari PLTMH ini “Layak”.

Kata kunci: : Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), Teknis dan ekonomis, Emisi dan Kelayakan.



ANALYSIS OF TECHNICAL AND EMISSIONS FEASIBILITY STUDY FOR MICROHIDRO POWER PLANT BY USING HOMER PRO SOFTWARE, GRES TOOLS

BANGUN KURNIADI

11850514873

Date of Hearing : 16 Januari 2025

Electrical Engineering Study Programme, Faculty of Science and Technology

Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Microhydro Power Plant (MHP) is a form of power plant that is environmentally friendly and does not cause air, water or soil pollution. The potential of MHP in Sungai Paku village is quite large because there is a reservoir that has not been utilised effectively to meet the electricity needs of tilapia fish farming. The methodology used in this research is the area and velocity method to calculate the discharge, using the potential energy formula to calculate the generated energy, using HomerPro software hybridised to the PLN network to calculate its economic feasibility and finally using the g-res tool to calculate the carbon emissions generated from the MHP. The purpose of this study is to determine the analysis of power potential, technical and economic feasibility, and carbon emissions generated from the MHP. The results of this study are the average annual generated potential of 99.14 kW with an average discharge of 1.373525 m³/s. The economic feasibility includes NVP of Rp 825,892,532.00, IRR of 19%, BCR of 4,05, Payback Period of 5 years 2 months, LCC of Rp 2,636,696,015.00, capital costs of Rp 359,845,000.00, operational and maintenance costs of Rp 115,825,300.00 per year, NPC of Rp - 466,047,500.00, LCoE of Rp -122.24. Electricity production of 181,668 kWh/yr, profit of IDR 175,574,000.00 from energy sales. Carbon emissions are Carbon Dioxide of -1189 gCO₂e/m²/yr, for Methane emissions of 427 gCH₄e/m²/yr, and for Nitrogen Dioxide emissions 0. And it is concluded that this MHP is „Feasible“.

Keywords : Microhydro Power Plant (MHP), Technical and economic aspects, Emissions and Feasibility.



KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillahi Rabbil Alamin, Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, berkat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir yang berjudul “**Analisis Studi Kelayakan Dan Emisi Pembangkit Listrik Tenaga hidro**”. Shalawat beriringan salam penulis hadiahkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk umatnya yang kelak mendapatkan syafa’at beliau.

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

1. Bapak Saimin dan Ibu Marikem, selaku kedua orang tua penulis dan Kakak kandung, Suryati dan abang ipar, Indra yang telah mendo“akan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
 2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
 3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
 4. 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, sekaligus Dosen Penguji 1 yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.
 5. Bapak Sutoyo, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.



6. Bapak Ahmad Faizal S.T, M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan syarif Kasim Riau. Mulyono, S.T., M.T, selaku pembimbing akademik Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc, selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing serta selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini maupun dalam proses pendidikan Strata 1 (S1) penulis.
8. Ibu Dr. Fitri Amilia, S.T., M.T, selaku ketua sidang Tugas Akhir yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.
9. Nanda Putri Miefthawati, M.Sc., B.Sc, selaku Dosen penguji I yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.
10. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat bermanfaat.
11. Pimpinan, staff, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
12. Rekan-rekan seperjuangan yang telah memberikan dukungan semangat dan motivasi selama penulis menempuh perkuliahan.

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

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

Amin.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Pekanbaru, 16 Januari 2025

Bangun Kurniadi



DAFTAR ISI

COVER

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

LEMBAR PERSEMBAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABLE

DAFTAR RUMUS

DAFTAR SINGKATAN

DAFTAR LAMPIRAN

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Rumusan Masalah.....	I-5
1.3. Tujuan penelitian	I-5
1.4. Batasan Masalah	I-5
1.5. Manfaat Penelitian	I-6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Landasan Teori.....	II-3
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.....	II-3
2.2.2 Mekanisme Prinsip Kerja PLTMH.....	II-4
2.2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	II-5
2.2.4 Turbin	II-6

Hak cipta dilindungi undang-undang.
1. Dilarang memperluas penerbitan dan menyebarluaskan kecuali dengan persetujuan.
a. Pengutipan hanya untuk keperluan ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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



2.2.5	Potensi Air	I-9
2.2.6	Analisa Tekni	II-10
2.2.7	Analisa Ekonomi	II-11
2.2.8	Emisi Karbon	II-14
2.2.9	Software Homer.....	II-14
2.2.10	Tools G-res	II-15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian.....	III-1
3.2	Tahapan Penelitian	III-1
3.3	Menentukan Pendahuluan	III-3
3.4	Studi Literatur	III-3
3.5	Pengumpulan Data	III-4
3.6	Perhitungan Teknis dan Ekonomis	III-10
3.7	Perhitungan Emisi	III-15
3.8	Kelayakan	III-16

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Potensi Wasuk.....	IV-1
4.2	Perhitungan Aspek Teknik Dan Ekonomis PLTMH.....	IV-4
4.3	Analisi Teknis dan Ekonomis	IV-15
4.4	Optimization PLTMH	IV-17
4.5	Uji Emisi	IV-19
4.6	Kelayakan.....	IV-26

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	IV-1
5.1	Saran	IV-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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



DAFTAR GAMBAR

1. Dilarang	Mekanisme Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	I-5
2.2	Turbin Pelton	II-7
2.3	Turbin Closs Flow	II-7
2.4	Turbin Francis	II-8
2.5	Turbin Kaplan	II-9
2.6	Emisi Karbon	II-14
3.1	Lokasi Rencana Pembangunan PLTMH	III-4
3.2	Penentuan Lokasi PLTMH	III-11
3.3	Penentuan Proses penginputan Load	III-11
3.4	Profile Penginputan Beban Bulanan	III-12
3.5	Pemilihan Grid	III-12
3.6	Pemilihan Generator	III-13
3.7	Pemilihan Turbin	III-13
3.8	Penginputan Debit	III-14
3.9	Pemilihan Tools Calculate	III-15
4.1	Penginputan nama, <i>discount rate</i> dan lokasi PLTMH	IV-5
4.2	Penginputan dan pemilihan <i>average daily load, peak month</i> dan <i>profile</i>	IV-5
4.3	Pemilihan grid serta penginputan <i>power price</i> dan <i>sellback rate</i>	IV-6
4.4	Penginputan harga generator listrik	IV-6
4.5	Penginputan spesifikasi jenis turbin air dan ekonomi.....	IV-7
4.6	Penginputan data beban selama 24 jam	IV-8
4.7	Pemilihan spesifikasi grid dan mengklik <i>menu calculate</i>	IV-9
4.8	Hasil simulasi <i>software homerpro</i>	IV-9
4.9	Pengiputan Data Debit	IV-14
4.10	Grafik Debit Air	IV-14
4.11	Hasil Optimalisasi PLTMH	IV-17
4.12	Grafik Hasil Simulasi.....	IV-18
4.13	Penginputan data <i>reservoir</i>	IV-19
4.14	Pengiputan Lancape Data	IV-20



UN SUSKA RIAU

4.15 Pengiputan Data <i>reservoir</i>	V-21
4.16 Pemilihan data layanan <i>reservoir</i>	IV-22
4.17 Hasil Stimulasi dalam bentuk <i>GHG</i>	IV-23
4.18 Hasil simulasi dalam <i>reservoir emissions by pathway</i>	IV-24
4.19 Hasil grafik emisi dalam <i>temporal emissions</i>	IV-25

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
4.19 Dilarang

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

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 TABLE

© Hak Cipta Ilmiah Universitas Sultan Syarif Kasim Riau	Hak Cipta Ilmiah Universitas Sultan Syarif Kasim Riau
1. Dilarang mengambil sisa-sisa penelitian dan menyebutkan sumber:	
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa	
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.	
Pengukuran Hasil Data Luas dan Kecepatan.....	I-5
Hasil Perhitungan Debit Air Dengan Metode Mock	III-6
Hasil Pengumpulan Data Beban Perjam	III-7
Data Luas <i>Catchement Area</i>	III-8
Data Persentasi Kandungan Jenis Tanah Pada <i>Catchement Area</i>	III-9
Data Suhu Rata rata Kabupaten Kampar	III-9
Perhitungan Validasi data debit hasil pengukuran dan hasil penelitian 6	IV-1
Perhitungan Potensi daya	IV-3
Perhitungan validasi data debit hasil pengukuran dan hasil penelitian.....	IV-4
Spesifikasi Komponen Turbin Kaplan.....	IV-10
Perhitungan Teknis Potensi Daya	IV-11
Hasil <i>NPV</i>	IV-12
Hasil Perhitungan Kelayakan Ekonomi	IV-13
Spesifikasi Komponen Turbin Kaplan.....	IV-15
Hasil Perhitungan Variabel NVP dan BCR	IV-16
Hasil Analisis Kelayakan Ekonomi	IV-16
Konfigurasi Sistem PLTMH	IV-18
Hasil Emisi pada Reservoir	IV-26



DAFTAR RUMUS

Potensi Aliran Air.....	I-9
Kecepatan Aliran	II-10
Luas Penampang	II-10
Debit Aliran	II-10
<i>Relative Error</i>	II-11
<i>Internal Rate of Return</i>	II-11
<i>Benefit Cost Ratio</i>	II-12
<i>Net Present Value</i>	II-12
<i>Payback Period</i>	II-12
<i>Levelized Cost of Electricity</i>	II-13
<i>Life Cycle Cost</i>	II-13



DAFTAR SINGKATAN

PLTMH : Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

EET: Energi Baru Terbarukan

BBM: Bahan Bakar Minyak

PLN: Perusahaan Listrik Negara

PLTS: Pembangkit Listrik Tenaga Surya

IRR: *Internal Rate of Return*

BCR: *Benefit Cost Ratio*

NPV: *Net Present Value*

PP: *Payback Priode*

LCOE: *Levelized Cost of Electricity*

LCC: *Life Cycle Cost*

Homer

GRK : Gas Rumah Kaca

GRK



UN SUSKA RIAU

DAFTAR LAMPIRAN

Pengelolaan Data Dengan Menggunakan Persamaan	A-1
Pengambilan Data Pengukuran	B-1
C Hasil Penelitian Dengan Menggunakan Software Homerpro dan Tools Gress.....	C-1



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan sebuah negara yang memiliki potensi sumber daya Energi Baru Terbarukan (EBT) yang sangat melimpah dengan total potensi energi mencapai 7.879,4 Gigawatt. Sumber energi tersebut meliputi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebesar 7.714,6 Gigawatt, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebesar 28,1 Gigawatt, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) 19,8 hingga 106 Gigawatt dan yang terakhir Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) sebesar 30,73 Gigawatt [1].

Riau adalah salah satu Provinsi yang ada di Indonesia yang terletak di pulau Sumatera dengan luas mencapai 87.023,66 km² yang membentang dari lereng Bukit Barisan hingga Selat Malaka [2]. Provinsi Riau memiliki sumberdaya alam yang melimpah baik yang ada didalam perut bumi maupun yang berada di luar perut bumi. Sumber daya alam yang terletak didalam perut bumi berupa minyak bumi, gas alam, emas dan batu bara. Sementara sumber daya yang berasal dari luar perut bumi seperti sungai, danau, hutan gambut perkebunan kelapa sawit dan lain lain. Sumber daya alam tersebut dapat di manfaatkan untuk sebuah pembangkit baik yang berupa energi fosil dan energi baru terbarukan (EBT).

EBT merupakan sebuah energi yang berasal dari proses alam yang diisi ulang secara terus menerus dan secara dapat terus diproduksi tanpa harus menunggu jutaan tahun layaknya energi fosil [3]. EBT adalah energi yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan zat buang berupa emisi karbon [3]. Pada dasarnya emisi karbon dalam jumlah yang sangat besar dapat menyebabkan efek rumah kaca pada lapisan atmosfer yang dapat menyebabkan pemanasan global. Jika tidak ditangani lebih lanjut dampak tersebut akan menyebabkan cairnya es dikutub Selatan dan Utara dan pada akhirnya dapat menaikkan permukaan air laut, dan menenggelamkan daerah pesisir dan daratan yang berada di berada dibawah permukaan air laut khususnya Riau dan lebih spesifik kabupaten Kampar.



Kabupaten Kampar merupakan sebuah wilayah yang berada di provinsi Riau. Kabupaten

ini juga dilewati oleh garis Khatulistiwa. Luas kabupaten Kampar $\pm 10.352,80$ km [4]. Kampar dilewati dua sungai besar dan beberapa sungai kecil, yaitu Sungai Kampar dengan panjang $\pm 413,5$ km dengan kedalaman ± 143 m. Sungai Kampar melewati beberapa kecamatan meliputi kecamatan XIII Koto Kampar, Bangkinang, Kuok, Kampar, Siak Hulu, dan Kampar Kiri. Kemudian sungai Siak dibagian hulu dengan panjang ± 90 km dengan kedalaman ± 8 m – 12 m. Sungai Siak melewati satu kecamatan yaitu kecamatan Tapung[5].

Sungai besar yang berada di wilayah kabupaten Kampar ini memiliki peran penting dalam masyarakat yaitu sebagai sarana penghubung, sumber air bersih, budidaya ikan, maupun sebagai sumber energi listrik. Kampar beriklim tropis dengan suhu minimum di bulan November dan Desember yaitu ± 21 °C dan suhu maksimal dibulan Juli ± 35 °C. Kabupaten Kampar memiliki 21 kecamatan, dan 250 desa/kelurahan [5]. Salah satu desa yang berada dikabupaten Kampar adalah desa Sungai Paku. Desa Sungai Paku sendiri masuk dalam administrasi kecamatan Kampar Kiri. Desa ini memiliki sebuah potensi sumber energi listrik berupa waduk Sungai Paku yang belum termanfaatkan dan ditambah keresahan masyarakat yang bermata pencarian sebagai peternakan ikan terkait dengan isu naiknya harga listrik yang berawal dari kenaikan harga bahan bakar minyak.

Kenaikan harga bahan bakar minyak atau biasa disebut BBM di tahun 2022 menyebabkan inflasi sebesar 1,1%[6]. Inflasi ini dapat memicu dampak lanjutan atau biasa disebut *second round effect* yang dapat berupa kenaikan harga barang dan jasa dalam beberapa waktu kedepan seperti kebutuhan pokok berupa beras, sayuran, ikan dan lain sebagainya. Selain itu juga inflasi ini menyebabkan kenaikan harga tarif listrik dan akan berdampak kepada para peternak ikan yang berada di desa Sungai Paku selain dari harga pakan yang semakin mahal.

Hasil wawancara dengan pemilik budidaya ikan tersebut dimana data beban diperoleh dari hasil menanyakan peralatan yang dipakai untuk penunjang peternakan ikan tersebut seperti lampu penerangan, peralatan elektronik rumah tangga seperti kulkas, mesin cuci, pemasak nasi, strika listrik, dan televisi selain itu juga peralatan listrik otomatis untuk kebutuhan perikanan seperti mesin pakan ikan otomatis sebanyak 6 buah dengan daya 40 watt dan 1 watt dalam kondisi siaga. Kemudian data dari penggunaan listrik tersebut dijumlahkan berdasarkan pemakaian listrik perjamnya dan didapatkanlah data kebutuhan beban listrik selama 24 jam sebesar 1750 kWh. Untuk tarif listrik yang dipakai untuk peternakan ikan yaitu jenis tarif golongan rumah tangga menengah (R-2/TR) dengan daya 3.500-5.500 VA sebesar Rp

1.699,53/kWh. Jadi pemakaian listrik dari petani ikan tersebut sebesar Rp 2.974.177,5 dengan catatan tarif ini belum mengalami kenaikan.

Berdasarkan beban biaya peternakan ikan didesa Sungai Paku, maka yang dilakukan yaitu dengan mengurangi pemakaian listrik dengan cara memanfaatkan potensi energi terbarukan didesa Sungai Paku. Potensi energi yang ada didesa Sungai Paku adalah potensi energi matahari dan potensi energi air. Berdasarkan data intensitas radiasi penyinaran matahari sebesar $4,35 \text{ kWh/m}^2$ [7]. Dari hasil data radiasi penyinaran matahari termasuk berpotensi, tetapi permasalahannya untuk

PLTS memerlukan daerah luas untuk pemasangan PLTS sehingga tidak bisa dimanfaatkan.

Potensi air termasuk besar karena terdapat waduk, selain itu juga dapat dilihat dari intensitas curah hujan rata rata sebesar 274,44 mm, dengan intensitas tertinggi pada bulan Desember sebesar 825,2 mm, sedangkan curah hujan paling rendah terjadi pada bulan September sebesar 113,3 mm [8].

Dari data diatas maka dapat disimpulkan yang paling efisien adalah jenis pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan sebuah sistem pembangkit yang menggunakan energi air untuk memutar turbin dan hasil akhir berupa energi listrik hingga 100 kW [9]. Pembangkit tenaga mikrohidro ini merupakan salah satu bentuk pembangkit yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran baik udara, air maupun tanah. Hal itu terjadi karena pembangkit ini menggunakan air sebagai energi penggeraknya. PLTMH memiliki banyak jenis sesuai dengan kapasitas listrik yang dihasilkan.

Berdasarkan permasalahan sungai Paku, maka penelitian ini akan memanfaatkan waduk sungai Paku menjadi pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Kajian penelitian ini akan melakukan kajian kelayakan yang meliputi aspek teknis dan ekonomis dengan menggunakan Software Homerpro. Kemudian penelitian juga mengkaji emisi yang dihasilkan resevoir/waduk ketika dimanfaatkan menjadi PLTMH dengan menggunakan Tools Gres.

Berdasarkan permasalahan sungai Paku, maka penelitian ini akan memanfaatkan waduk sungai Paku menjadi pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Kajian penelitian ini akan melakukan kajian kelayakan yang meliputi aspek teknis dan ekonomis dengan menggunakan Software Homerpro. Kemudian penelitian juga mengkaji emisi yang dihasilkan resevoir/waduk ketika dimanfaatkan menjadi PLTMH dengan menggunakan Tools Gres.

Kajian potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, kajian awal yang dilakukan yaitu mengkaji potensi air waduk. Kajian potensi waduk ini menggunakan metode luas penampang. Metode luas dan kecepatan digunakan untuk menghitung debit, kemudian debit ini digunakan

untuk menghitung potensi air waduk sungai paku. Alasan kenapa penulis menggunakan metode ini adalah karena metode ini merupakan metode sederhana karna menggunakan alat sederhana seperti pelampung, meteran dan stopwach. Selain itu juga metode ini digunakan pada tempat yang dangkal sehingga tak membahayakan penulis ketika sedang mengambil data dilapangan, serta metode ini memiliki tingkat hasil yang akurat. Hasil dari penggunaan metode ini berupa data seperti luas penampang dan laju aliran air, dimana data tersebut untuk menghitung debit.

Kelayakan teknis dan ekonomi, kajian ini diperuntukkan untuk menentukan sebuah PLTMH itu layak atau tidak secara teknis dan ekonomis. Kelayakan teknis meliputi dari pengujian hidrologi untuk mengetahui potensi dan daya yang dihasilkan oleh waduk tersebut, kemudian pengujian sipil untuk mengetahui keadaan topografi tempat dimana pembangunan pembangkit tersebut dan yang terakhir yaitu pengujian mekanika elektrikal untuk mengetahui jenis turbin dan komponen elektrik mana yang sesuai dengan jenis pembangkit tersebut.

Kelayakan ekonomis bertujuan Untuk meyakinkan bahwa biaya pembangunan PLTMH yang dimaksud masih lebih kecil bila dibandingan dengan total benefit, dimana Total Benefit ini akan memberikan “*Capital Asset* ” kepada masyarakat pemilik/ pengguna. Kelayakan ekonomis meliputi pengujian *internal Rate of Return* (IRR), *Benefit Cost Ratio* (B/C ratio), *Net Present Value* (NPV), dan *Payback Priode* (PP). Selain itu kajian PLTMH ini menggunakan jaringan yang terhubung dengan PLN secara ongrid dengan tujuan untuk mengurangi biaya penggunaan listrik PLN. Untuk kajian kelayakan ekonomi ini menggunakan software Homerpro. Software Homerpro merupakan perangkat lunak Mikrogrid untuk mendesain mikrogrid hibrida yang dioptimalkan disemua sektor, mulai dari listrik desa yang terhubung dengan jaringan listrik. Homer memadukan tiga alat canggih dalam satu produk perangkat lunak, sehingga teknik dan ekonomi bekerja berdampingan.

Kajian emisi, kajian ini diperuntukkan untuk menguji berapa emisi yang dihasilkan dari sebuah waduk yang didalamnya terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Untuk kajian emisi ini peneliti hanya menghitung 3 gas utama yaitu berupa Karbon Dioksida (CO₂), Metana dan Nitrogen Dioksida. Perhitungan emisi karbon dihitung dengan menggunakan *Tools Gres*. Alat Gres bertujuan untuk memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik selama proses pengembangan pembuatan *reservoir* atau waduk. Kemudian, alat ini dapat memperkirakan jejak bersih GRK dari pembuatan *resevoir* atau waduk. Selain itu, alat ini juga mempertimbangkan kemungkinan bahwa sejumlah emisi reservoir atau waduk yang disebabkan oleh aktivitas manusia yang tidak terkait dengan pembuatan *reservoir* itu sendiri perlu

1. Dilarang sepihak mengutip sebagian atau seluruhnya tulisannya tanpa izin dan mencantumkan sumbernya.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



diperhitungkan. Alat ini mencakup emisi GRK tidak langsung seperti manufaktur, trasportasi, dan pemasangan konstruksi infrastruktur resevoir atau waduk tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, judul Tugas Akhir ini adalah “**Analisis Studi Kelayakan Dan Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro**” dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
3. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
4. Penulis tidak bertanggung jawab atas kesalahan dalam penulisan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Apakah waduk Sungai Paku tersebut berpotensi ?
- b. Bagaimana kelayakan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dari aspek teknis dan ekonomis di waduk sungai paku?
- c. Barapa emisi yang dihasilkan PLTMH di waduk sungai paku?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini merupakan tujuan dari penulisan penelitian ini:

- a. Mengetahui potensi waduk sungai paku tersebut.
- b. Mengetahui kelayakan dari aspek teknis dan aspek ekonomis.
- c. Mengetahui emisi yang dihasilkan PLTMH tersebut

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Penelitian ini menggunakan data sekunder, dimana data tersebut diambil dari penelitian sebelumnya pada tahun 2015, kemudian data tersebut di uji kevalidannya dengan data primer.
- b. PLTMH yang dibangkitkan adalah jenis PLTMH yang terhubung ke jaringan PLN secara Ongrid.
- c. Untuk kajian ekonomi dihitung menggunakan software HomerPro
- d. Untuk perhitungan emisi alat yang digunakan adalah Tools Gres, dimana hasil yang akan ditampilkan adalah gas metana, karbon dioksida dan dinitrogen oksida.

**1.5****Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai sarana untuk memberikan sumbangsih pengetahuan terhadap potensi energi terbarukan khususnya pada bidang pemanfaatan potensi air serta dampak dari pemanfaatan potensi air seperti Emisi Karbon yang dihasilkan.

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

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 mas-

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

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



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait PLTMH yaitu penelitian [10] melakukan kajian potensi energi listrik dari aliran anak Sungai untuk daerah terisolir dengan menggunakan PLTMH *offgrid system*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besar potensi air yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik sebagai penunjang elektrifikasi di Desa Pinogu Kecamatan Pinogu Kabupaten Bone Bolango. Penelitian ini menggunakan metode apung dan pengukuran menggunakan stopwatch. Berdasarkan hasil dari penelitian ini yaitu menghasilkan potensi air dengan debit air maksimum sebesar $1,67 \text{ m}^3/\text{detik}$, dengan ketinggian terjun air 3,57 m, oleh sebab itu total daya maksimal yang dihasilkan dari pembangkit tersebut yaitu sebesar 29,83 KW dan hasil produksi listrik tersebut dapat melayani 99 rumah dengan daya masing-masing rumah sebesar 300 Watt.

Penelitian terkait PLTM yaitu penelitian [11] melakukan kelayakan teknis dan ekonomis yang dilakukan didesa Karang Tengah, Kecamatan Cilongok, Kabupaten Banyumas, Purwokerto.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi energi air. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan F.J Mock, Nreca, dan Debit andalan. Hasil dari penelitian ini yaitu menunjukkan debit desain sebesar $1.198 \text{ m}^3/\text{dt}$ (alternatif 65%) dapat membangkitkan energi harian 20.882.79 kWh dengan hasil daya turbin 907 kW. Dari perencanaan pembangkit tersebut menghasilkan biaya pembangunan sebesar 33.98 miliar rupiah dengan nilai Benefit Cost Ratio: 2,61, Net Present Value: Rp 54.92 miliar rupiah, Internal Rate of Return 18,69 % dan Pay Back Period 4,54 tahun, sehingga analisis pembangunan PLTM layak secara aspek teknis dan aspek ekonomi.

Penelitian [12] melakukan kajian tentang evaluasi sistem pembangkit hibrid PLN dan PLTMH menggunakan aplikasi homer. Penelitian ini bertujuan untuk untuk menganalisis potensi daya dan optimasi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada aliran air yang berada di wilayah perkebunan Sentool Desa Suci. Penelitian ini menggunakan metode yaitu dengan perhitungan potensi daya secara teoritis dan simulasi menggunakan *software HOMER Energy*. Hasil dari penelitian ini yaitu Potensi daya terbangkitkan paling besar adalah 53,12 kWh dengan debit $0,398 \text{ m}^3/\text{s}$ dan paling kecil yaitu 18,05 kWh dengan debit $0,135 \text{ m}^3/\text{s}$. Simulasi

menggunakan *software HOMER Energy* menghasilkan konfigurasi sistem PLTMH dengan estimasi biaya modal sebesar Rp 48.600.000, biaya operasional dan perawatan 42.900.000 per tahun, *NPC* sebesar Rp -2.557.215.000, *LCoE* sebesar Rp -573,63. PLTMH berkapasitas 37,1 kW dengan produksi per tahun 290.573 kW, mendapatkan keuntungan Rp 212.747.987,50 dari penjualan energi. Hasil dari perhitungan debit air, tinggi jatuh air dan daya yang terbangkitkan yang cukup tinggi , maka aliran air di Perkebunan Sentool secara teknis layak untuk dibangun pembangkit tenaga listrik mikrohidro (PLTMH).

Penelitian [13] melakukan kajian tentang pembangkit listrik tenaga air berskala kecil sebagai sumber energi bersih dan lokal di Negeria : prospek dan tantangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tantangan dan prospek pemanfaatan dan peningkatan tenaga air skala kecil yang sangat besar di Nigeria, dengan tujuan untuk mengungkap potensi, keuntungan lingkungan dan ekonomi dibandingkan sumber energi alam lainnya. penelitian ini menggunakan metode skema multi guna yang di integrasikan dengan skema SHP. SHP mampu mengisi kesenjangan yang tercipta akibat meningkatnya permintaan energi di Nigeria. Akibatnya, ada kebutuhan mendesak bagi pemerintah Nigeria, secara mandiri atau bermitra dengan investor asing dan swasta, untuk lebih fokus dan mengembangkan potensi SHP yang luar biasa. Hal ini dapat dicapai dengan memanfaatkan peluang yang diciptakan oleh beberapa lembaga keuangan seperti Bank Dunia dan Bank Pembangunan Inter-Amerika. Lembaga keuangan ini dapat memberikan pinjaman untuk proyek elektrifikasi pedesaan seperti pengembangan SHP. Selain itu, Nigeria juga dapat merestrukturisasi sektor kelistrikan mereka dengan mendorong pembangkitan sendiri oleh konsumen skala kecil.

Penelitian [14] melakukan kajian tentang meningkatkan akurasi jejak karbon listrik; estimasi emisi gas rumah kaca dari resevoir hidroelektrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan berbagai pendekatan untuk memperkirakan emisi reservoir tenaga air di LCA, untuk memilih yang paling tepat, dan menerapkannya pada perhitungan jejak karbon listrik yang didistribusikan di provinsi Québec, Kanada. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metodelogi penilaian siklus hidup (LCA) digunakan secara luas untuk menghitung dan membandingkan jejak karbon dari berbagai jalur produksi listrik, sambil mempertimbangkan semua tahap siklus hidup. Penelitian ini memiliki hasil yaitu Emisi gas rumah kaca biogenik bersih dari semua reservoir tenaga air di provinsi tersebut (dengan interval kepercayaan 2,5 dan 97,5%), sebagaimana diperkirakan menggunakan model G-res, adalah 16,5 (14,7–18,6) $\text{gCO}_2 \cdot \text{kWh}^{-1}$ dan 0,29 (0,23–0,35) $\text{gCH}_4 \cdot \text{kWh}^{-1}$. Dikombinasikan dengan data *ecoinvent*

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

untuk emisi siklus hidup lainnya, jejak karbon listrik yang didistribusikan di provinsi tersebut pada tahun 2017 adalah $34,5 \text{ gCO}_2 \text{ eq} \cdot \text{kWh}^{-1}$.

Berdasarkan dari penelitian [10][11][12][13][14], dimana penelitian [10] mengkaji tentang potensi energi listrik, penelitian [11] mengkaji tentang kelayakan teknis dan ekonomis, penelitian [12] mengkaji tentang evaluasi sistem pembangkit hibrid PLN dan PLTMH menggunakan aplikasi Homer, penelitian [13] mengkaji tentang pembangkit listrik tenaga air berskala kecil sebagai energi bersih dan lokal dinigeria dan penelitian [14] mengkaji tentang meningkatkan akurasi jejak karbon listrik; estimasi emisi gas rumah kaca dari resevoir hidroelektrik. Maka penelitian yang penulis lakukan merupakan gabungan dari penelitian penelitian [10][11][12][13][14]. Sehingga keterbaruan dari penelitian yang penulis lakukan yaitu pada Emisi.

Penelitian yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan kajian potensi energi air dengan mengambil referensi metode dari 2 penelitian terkait [6] [7], dan ditemukan metode yang cocok yaitu metode luas dan kecepatan. Kemudian setelah mencari metode yang cocok untuk menentukan potensi maka selanjutnya yaitu melakukan pengambilan sampel data untuk mencocokan data debit aliran air apakah cocok dengan penelitian sebelumnya yaitu penelitian [6] dan kemudian didapatkan hasil dari debit aliran air tersebut yaitu sama dengan data debit penelitian awal. Setelah hasil debit aliran air diperoleh, selanjutnya menentukan daya yang dihasilkan dari waduk tersebut dengan metode teoritis, setelah itu merancang pembangunan

PLTMH dengan menggunakan *Software Homer Pro* yang di hybrid dengan PLN secara on grid sehingga dapat mengetahui apakah waduk tersebut layak atau tidak dibangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Kemudian dalam perkembangannya selain tiga aspek yang diutamakan dalam penelitian ini yaitu aspek teknis, ekonomis, dan ditambah dengan variabel emisi. Variabel emisi ini ditambahkan untuk mengetahui seberapa besar dampak emisi yang dihasilkan oleh pembangkit tersebut. Untuk mencari variabel emisi yaitu menggunakan metode G-res. Kemudian penggunaan *software homepro* dan tools G-res dimaksudkan untuk mempermudah dalam menghitung dan memproyeksikan pembangkit listrik tenaga mikrohidro terhubung secara ongrid ke jaringan PLN tersebut.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah sebuah sistem yang menggunakan energi air untuk meproduksi energi listrik hingga 100 kW [9]. PLTMH setiap teknik, terdapat tiga elemen



utama yaitu[15] :

1. Air merupakan sumber energi.
2. Turbin (pengubah energi potensial menjadi energi gerak / mekanis).
3. Generator (pengubah energi mekanis menjadi energi listrik).

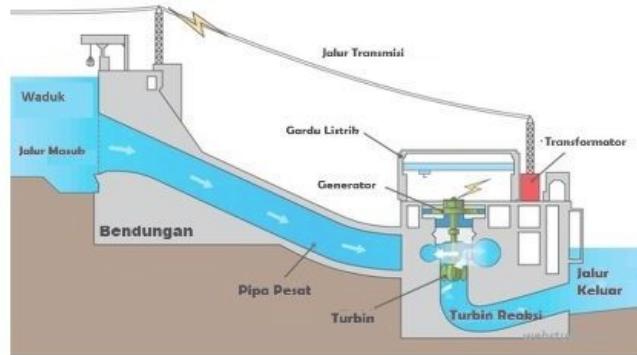
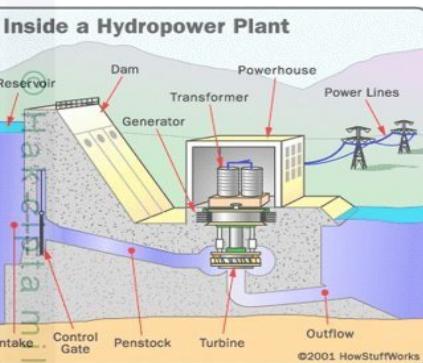
Dasar utama yang dipakai dalam pembangkit listrik tenaga mikrohidro yaitu dengan menggunakan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian yang telah ditetapkan, dari lokasi dimana pemasangan pembangkit listrik tersebut akan dibangun. Pada sebuah skema mikrohidro terdapat dua aspek yang dibutuhkan, diantaranya debit air dan *head* (ketinggian jatuh) dalam memproduksi sebuah energi yang bisa digunakan sebagai penggerak turbin. Ini merupakan suatu sistem perubahan energi potensial yang dipengaruhi oleh ketinggian dan debit alirannya menjadi energi mekanik dan energi listrik. Dibawah adalah keuntungan pembangkit listrik tenaga mikrohidro [15] :

1. Jika bandingkan dengan jenis pembangkit lain, PLTMH ini terjangkau dan Efisien sebab memanfaatkan energi alam.
2. Struktur yang digunakan dalam PLTMH ini cukup sederhana berdasarkan kontur anak sungai atau parit serta bisa dijalankan didaerah terisolasi dengan tenaga ahli dari masyarakat lokal yang telah terlatih.
3. Tidak berdampak pada polusi baik udara, air maupun tanah.
4. Bisa disisip dengan program lain misalnya pengairan.

2.2.2 Mekanisme Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pada dasarnya mekanisme pedoman kerja pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yaitu dengan memanfaarkan sebuah Ketinggian atau *Head* dan juga memanfaatkan debit air pada sebuah saluran sungai, parit, irigasi atau yang lainnya. Kemudian dari ketinggian dan debit tersebut menghasilkan energi potensial yang digunakan untuk memutar turbin. Kemudian turbin tersebut menghasilkan listrik. Dibawah ini merupakan gambar mekanisme pedoman kinerja pembangkit listrik tenaga mikrohidro:

UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.1 Mekanisme Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro [13].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis iktisadiyah, pendidikan, penelitian, pengembangan, penyusunan laporan, penulisan kritisik atau menjauhan suatu mas

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pengembangan, penyusunan laporan, penulisan kritisik atau menjauhan suatu mas

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.

Pedoman kerja dalam pembangkit listrik tenaga mikrohidro memiliki prinsip yang sangat sederhana yaitu turbin di gerakan dengan memanfaatkan tenaga air baik itu dari jenis aliran air, ketinggian dan debit. Agar turbin dapat bergerak maka di perlukan energi pontensial ideal yang pada aliran air, debit air dan ketinggian. Apabila energi potensialnya terlalu besar sedangkan turbinnya terlalu kecil akan menyebabkan kerusakan pada turbin itu sendiri, karena energi potensialnya melebihi kapasitas potensial yang dapat di terima turbin, dan sebaliknya apabila potensial dari energi air tersebut terlalu kecil dan turbin terpasang terlalu besar akan menyebabkan turbin itu tidak beputar sehingga energi listrik tidak dapat dihasilkan. Oleh sebab itu diperlukan energi potensial yang ideal dan turbin yang cocok dalam pembangkit tersebut. Ada beberapa cara yang digunakan untuk menentukan debit air, laju kecepatan aliran air, dan energi potensial yang terkandung dalam air tersebut.

2.2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Secara umum komponen pembangkit listrik tenaga Mikrohidro yaitu [15]:

a. Bendungan

Bendungan atau Dam adalah struktur yang didirikan dengan tujuan dalam mempertahankan kecepatan aliran sungai dijadikan waduk, dan lainnya, yang berfungsi untuk mengalirkan air keseluruhan PLTMH. Selain itu fungsi sebuah mendungan yaitu untuk mempertahankan aliran sungai pada tingkat debit yang stabil

b. Saringan

Saringan Berfungsi sebagai penyaring limbah atau material sisa yang terbawa oleh air sehingga air yang masuk menjadi jernih. Saringan ini biasanya ditempatkan disaluran air, saluran pengambilan air (intake) digunakan sebatas untuk melaksanakan pembersihan pipa atau perbaikan.



c. Pipa Pesat

Pipa pesat berfungsi sebagai penyaluran air dari sungai/waduk sebagai jalur pengantar kearah turbin. Pipa ini dipasang dengan letak yang condong ini dilakukan dalam memaksimalkan laju arus air, agar dapat memproduksi putaran turbin yang cepat. Pipa ini juga mempunyai konstruksi yang mendapatkan tekanan supaya bisa menampung debit air maka dari itu harus diflakukan pemilihan tipe pipa yang akurat

d. Katub Utama

Pemasangan katub utamanya adalah supaya arus air terbuka supaya dapat merestrat turbin.

Katub utama adalah penontrol tekanan air yang menerapkan pedoman pompa hidrolik.

e. Power House

Power House terdiri dari beberapa komponen yaitu ; generator, turbin, sabuk puli dan roda gigi pengubung sabuk puli dengan poros turbin.

2.2.4 Turbin

Turbin yaitu sebuah mesin rotasi yang bertugas sebagai pengubah energi gerak keenergi listrik. Turbin biasanya dipakai pada semua jenis pembangkit baik itu jenis pembangkit dengan menggunakan air, angin dan uap air. Dibawah ini merupakan jenis jenis tipe turbin yaitu sebagai berikut[18] :

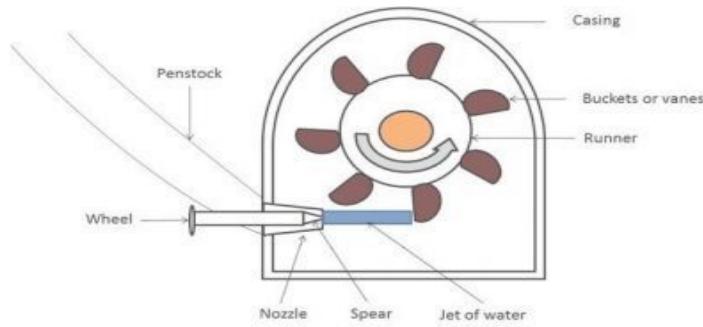
a. Turbin Implus

Turbin tipe implus merupakan turbin yang putaran rotor diakibatkan oleh benturan fluida bertekanan yang diarahkan ke rotor [16]. Selain itu juga turbin tipe implus ini memiliki tekanan pada arus air yang keluar pada *nozzle*, dimana penekanan adalah sesuai dengan penekanan yang berada di atmosfer. Ada 2 contoh jenis yang termasuk dalam jenis turbin tipe implus yaitu turbin pelton dan turbin *Cross-Flow*. Turbin pelton adalah kategori turbin implus, hal itu disebabkan karena turbin peton puntiran diakibatkan dari pengelahan sumber air dari mangkok ganda *runner*. Biasanya jenis turbin ini dikenal dengan turbin semburan lepas [17]. Berikut ini merupakan gambar turbin pelton

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

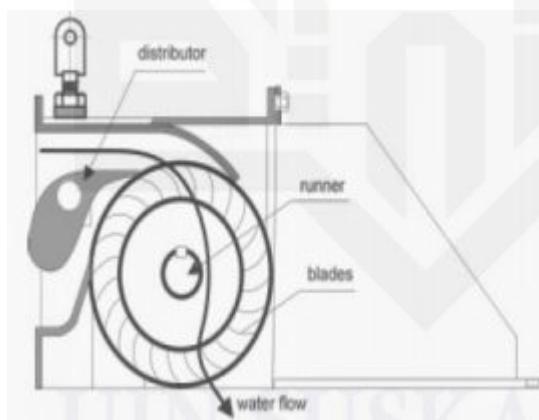
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh tulisan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan penelitian, perbelanjaan, penyusunan laporan, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang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

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



Gambar 2.2 Turbin Pelton[21]

Turbin cross-flow adalah kategori turbin yang tergolong dalam jenis tipe turbin implus yang paling banyak dimanfaatkan pada jenis pembangkit PLTMH. Nama *Cross Flow* diambil dari prinsip kerja turbin tersebut yaitu bahwa air melintasi ke dua sudut gerak atau runner dalam arah yang berlawanan dengan arah putaran [18]. Turbin ini memiliki arah arus radial atau perpendicular terhadap sumbu putaran. Turbin ini juga dilengkapi dengan pipa hisap sehingga kinerja turbin tersebut menjadi lebih baik. Turbin *cross-flow* mencangkup tiga elemen inti, yaitu roda penggerak, perangkat pengarah, dan kerangka turbin [19]. Pada pengaplikasiannya turbin *cross-flow* ini, sangat akurat dipakai pada sumber tenaga air berukuran kecil dengan kapasitas yang dihasilkan lebih kurang 750 kW dan elevasi air terjun yang dapat dimanfaatkan adalah 1 m hingga 200 m dengan kapasitas antara 0.02 m^3/s sampai 7 m^3/s [19]. Berikut adalah ilustrasi turbin *cross-flow*:



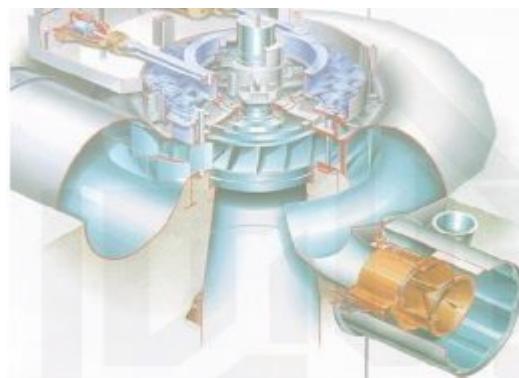
Gambar 2.3 Turbin Cross-Flow[15]

b. Turbin reaksi

Turbin reaksi yaitu turbin air yang bekerja dengan mengonversi seluruh energi air menjadi

energi putar [20]. Turbin reaksi terbagi atas tiga kategori yaitu Turbin Francis, Turbin *Kaplan* serta

Turbin *Propeller*. Turbin *Francis* adalah turbin kategori reaksi yang beroperasi akibat adanya penekanan pada roda turbin yang berakibat roda turbin berputar saat air mengalir lewat rumah keong yang dialirkan menuju sudu jalan dari roda turbin[20]. Dibawah ini merupakan gambar dari turbin *Francis*.



Gambar 2.4 Turbin Francis[21]

Turbin *Kaplan* merupakan turbin yang memanfaatkan air sebagai media operasionalnya,

mekanisme kerja dari turbin ini yaitu dengan mengoptimalkan energi air yang bisa diserap dengan komponen utamanya adalah roda penggerak untuk mengoptimalkan generator[20].

Keuntungan pada menggunakan turbin *Kaplan* ini yaitu kecepatan rotasinya dapat disesuaikan lebih tinggi, sehingga roda turbin dapat langsung dihubungkan dengan generator, dan ukurannya

pun lebih kecil selain itu juga turbin *Kaplan* ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis turbin lainnya. Turbin *Kaplan* ini mampu menjaga efisiensi yang

optimal karena mempunyai *runner* yang mampu membuka atau menutup, selain sudu pengarahan yang juga dapat berputar untuk membuka atau menutup[21]. Dibawah ini merupakan gambar

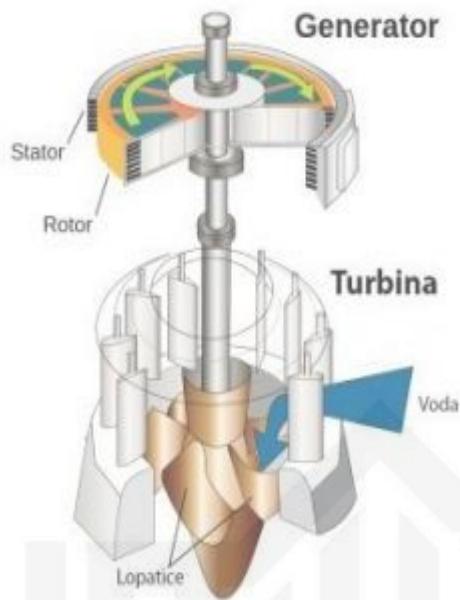
Turbin *Kaplan*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini pada digunakan dalam dapa

 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisaan
 - Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau

2. Dilarang mengumumkan dan memperbarui sebagian atau seluruh karya



Gambar 2.5 Turbin Kaplan[21].

Jenis turbin Kaplan ini memiliki efisiensi sampai 93 % dan jenis terbin ini dapat digunakan debit yang kecil dan juga pada ketinggian yang rendah sehingga turbin tersebut cocok akan pada segala kondisi[21]. Selain itu juga pedoman kerja pada turbin ini yaitu dengan optimalkan energy air yang bisa diresap oleh komponen utamanya berupa roda jalan yang dipakai untuk menggerakkan generator[21].

2.2.5 Potensial air

Untuk menentukan potensi air pada waduk sungai paku yaitu berbanding lurus dengan jenis air , gravitasi bumi, debit dan ketinggian. Ketinggian jatuhnya air sangat berpengaruh terhadap besarnya potensi air. Semakin tinggi ketinggian jatuh air maka semakin besar juga energi yang dihasilkan. Pernyataan tersebut bisa diformulasikan sebagai berikut [9] :

$$P_g = \rho g Q H_{\text{C}0} \quad (2.1)$$

Dimana P_T adalah daya teoritis dengan satuan watt (w), ρ adalah densitas air yang setara dengan 1000 kg/m^3 , Q yaitu variabel Debit air dengan satuan m^3/detik , H yaitu ketinggian jatuh air dengan satuan m, dan g yaitu gravitasi bumi dengan nilai $9,81 \text{ m/s}^2$.

2.2.6 Analisis Teknis

Analisis teknis meliputi tiga aspek yaitu Hidrologi, Sipil dan Mekanikal elektrikal. Aspek hidrologi dengan tujuan untuk memastikan debit air dan ketinggian jatuh yang tersedia cukup menggerakkan turbin sesuai dengan kebutuhan daya. Berikut merupakan perhitungan aspek hidrologi meliputi :

1. Pengukuran Kecepatan Aliran

Mengukur laju arus air dengan memakai metode apung yang dapat dilakukan memalui metode pengapungan pelampung kemudian dihitung waktu pelampung sampai mencapai titik yang telah ditentukan kemudian dibagi dengan jarak awal pelampung ke titik tersebut. Formula tersebut bisa dirumuskan sebagai berikut [16] :

Dimana : V adalah variabel kelajuan suatu pelampung (m/s), s adalah jarak titik awal ketitik kuran (m) dan t adalah waktu yang ditempuh pelampung (detik).

2. Pengukuran Luas Penampang

Luas penampang diukur menggunakan meteran dan piskal (seperti tongkat kayu dan) sedangkan kecepatan aliran diukur dengan current meter atau metode apung. Perhitungan penampang dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

Dimana: A adalah Luas penampang basah (m^2), L adalah Lebar saluran (m) dan H Ketinggian/kedalaman saluran (m).

3. Pengukuran Debit Aliran

Debit air adalah volume air yang bergerak didalam saluran atau saluran per satuan waktu.

Metode yang sering digunakan, seperti persamaan 1 untuk menentukan debit sungai, adalah teknik yang dapat di rumuskan sebagai berikut [16] :

Dimana: Q adalah Debit Aliran [m^3/s], A adalah Luas Penampang Vertikal [m^2] dan V

adalah Kecepatan Aliran Sungai [m/s].

4. Pengukuran *Relative Error (RE)*

Relative Error atau kesalahan relatif adalah ukuran kesalahan antara hasil pengukuran atau perkiraan dengan nilai sebenarnya [22]. *RE* digunakan untuk mengukur akurasi pengukuran, menilai kualitas data, mengidentifikasi kesalahan pengukuran, membantu kalibrasi instrumen pengukuran dan untuk mengoptimalkan model matematika. Selain itu juga pengaplikasian dan pemanfaatan *RE* pada bidang teknik dan rekayasa, penelitian ilmiah, pengembangan model, analisis data dan pada bidang kedokteran. Perhitungan *Relative Error* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut [23].

Dimana : RE adalah relative error, x adalah hasil pengukuran dan \bar{x} adalah nilainya.

2.2.7 Analisi Ekonomi

Analisis ekonomi PLTMH sangat penting karna untuk menganalisis kelayakan pembangkit tersebut dari segi ekonomi investasi yang meliputi *Internal Rate of Return (IRR)*; *Benefit Cost Ratio (B/C ratio)*; *Net Present Value (NPV)* dan *Payback Period*.

a. *Internal Rate of Return (IRR)*

Jika diperoleh hasil *IRR* lebih besar dari suku bunga yang ditentukan oleh Bank Indonesia atau lembaga donor, sehingga kontruksi PLTMH layak untuk dilaksanakan. Dan apabila *IRR* lebih kecil dari suku bunga yang berlaku, maka konstruksi PLTMH tersebut perlu diberhentikan ataupun perlu dilakukan modifikasi agar memperoleh kesesuaian yang diharapkan. Secara umum jumlah suku bunga yang dipakai pada analisa ekonomi pada proyek yang ditetapkan oleh lembaga keuangan Internasional dengan kisaran antara 8 % sampai dengan 12 %. *IRR* dihitung menggunakan rumus yang ditunjukkan sebagai Persamaan berikut [24] :

$$IRR = i_1 + \frac{NPV(+)}{(NPV(+)-NPV(-))} * (i_2 - i_1) \dots \quad (2.6)$$



jumlah suku bunga yang memberi nilai NPV positif dan i2 adalah jumlah suku bunga yang memberi nilai NPV negatif.

b. *Benefit Cost Ratio*

Apabila didapatkan hasil BCR lebih besar dari 1, maka proyek dapat dikatakan “layak”, dan apabila BCR lebih kecil dari 1, maka proyek “tidak layak” dan harus dibatalkan. BCR dihitung menggunakan rumus yang ditunjukkan sebagai Persamaan berikut [24] :

dimana : BCR adalah *Benefit Cost Ratio*, NPV adalah *Net Present Value*, dan *Investment* adalah besar biaya investasi.

c. *Net Present Value*

Apabila didapatkan hasil NPV lebih besar dari 0, maka proyek tersebut “layak” untuk dilaksanakan, dan apabila NPV lebih kecil dari 0, maka proyek tersebut “tidak layak” dan harus dibatalkan atau dilakukan rekayasa agar proyek tersebut mendapatkan kelayakan yang sesuai analisis. NPV dapat dirumuskan dalam formula berikut [24] :

dimana : k = Discount rate yang digunakan COF_t = Cash ou tflow/Investasi CIF_t = Cash in flow pada periode t n = Periode terakhir cash flow diharapkan.

d. **Payback Period**

Payback period (PP) adalah durasi yang diperlukan untuk mengembalikan investasi, dimana total keuntungan dari suatu proyek sama dengan total investasi yang ditanamka setelah sesuai dengan nilai waktu uang. Investasi dianggap berhasil jika periode pengembalinya singkat.

PP dihitung menggunakan rumus yang ditunjukkan sebagai persamaan berikut [24]:

Dimana : PP adalah *Payback Period*, n adalah tahun terakhir jumlah arus kas masih

belum mampu mencukupi untuk menutupi modal investasi, a adalah *Inical Cost*, b adalah jumlah arus kas hingga tahun ke $-n$ dan c adalah jumlah arus kas hingga tahun ke $-n+1$. Investasi yang optimal adalah investasi dengan periode pengembalian paling singkat.

e. *Levelized Cost Of Electric*

LCOE digunakan untuk menghitung dan membandikan biaya dari satu uni listrik yang dihasilkan. *LCOE* disajikan dalam satuan sen per kWh atau dolar per MWh dan digunakan dalam literatur untuk membandingkan biaya pembangkitan listrik dari teknologi terbarukan dengan sistem konvensional berdasarkan basis kWh atau MWh. *COE* terutama digunakan untuk memperkirakan keseluruhan biaya transisi sistem energi dari pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil ke teknologi terbarukan. *LCOE* dihitung menggunakan rumus yang ditunjukkan sebagai Persamaan [12].

$$LCOE = \sum_{t=n}^n \frac{\frac{LCC}{Et}}{(1+r)^t} \dots \dots \dots \quad (2.10)$$

Dimana : $LCOE$ adalah harga energi listrik (per kWh), LCC adalah biaya sistem ruhan, E_t adalah total pembangkitan energi listrik, r adalah tingkat suku bunga (%) dan t adalah usia pakai sistem (tahun).

f. Life Cycle Cost

Life cycle cost (LCC) merupakan sebuah konsep pemodelan untuk menghitung biaya dari tahap awal hingga pembongkaran aset dalam sebuah proyek, yang digunakan sebagai alat pengambilan keputusan berdasarkan analisis dan perhitungan total biaya sepanjang siklusnya hidupnya. LCC dihitung menggunakan rumus yang ditunjukkan sebagai persamaan berikut [24] :

Dimana : LCC adalah *life cycle cost*, C adalah initial cost, C_e adalah biaya energi (bahan bakar), C_{op} adalah biaya operasional dan *maintenance*, dan C_d adalah biaya pembuangan aset (*disposal*).

2.2.8 Emisi Karbon

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, Emisi merupakan pencemar udara yang dihasilkan oleh aktifitas manusia yang masuk atau dilepaskan kedalam atmosfer, mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi Pencemaran Udara [25]. Selain itu emisi menurut *Cambridge Dictionary*, Emisi yaitu pelepasan zat sisa berupa gas, panas, atau cahaya yang dihasilkan dari suatu senyawa atau objek.

Emisi karbon merujuk pada pengeluaran gas rumah kaca yang terdiri dari Karbon Dioksida (CO_2), Metana (CH_4), dan Nitrogen Dioksida (NO_2). Emisi karbon juga dapat dihasilkan dari aktifitas manusia lainnya seperti deforestasi, industry serta transportasi. Pembakaran bahan bakar fosil untuk energi dan kendaraan bermotor menjadi penyumbang utama emisi karbon. Kelebihan emisi karbon di atmosfer menyebabkan penumpukan gas rumah kaca yang memerangkap panas, yang pada gilirannya meningkatkan suhu global dan mempercepat perubahan iklim, selain itu juga gas tersebut dapat dihasilkan dari proses alam seperti proses penguraian materi organik oleh bakteri.



Gambar 2.6. Emisi Karbon [26]

Dampak buruk emisi karbon secara umum yaitu dapat menimbulkan pemanasan global, perubahan iklim akibat dari banyaknya pelepasan gas rumah kaca ke atmosfer.

2.2.9 Software Homer

Dalam penggunaan *HOMER*, Anda memberikan Model dengan input ini menjelaskan pilihan teknologi, biaya komponen, dan ketersediaan sumber daya. *HOMER* memanfaatkan input ini untuk mensimulasikan berbagai konfigurasi sistem atau kombinasi komponen, kemudian

menghasilkan daftar konfigurasi yang layak yang diurutkan berdasarkan biaya bersih saat ini.

HOMER juga menyajikan hasil simulasi dalam berbagai tabel dan grafik yang memudahkan Anda untuk membandingkan konfigurasi dan mengevaluasi berdasarkan manfaat ekonomi dan teknis.

Tabel dan grafik ini dapat diekspor untuk digunakan dalam laporan dan presentasi.

HOMER Pro merupakan sebuah aplikasi untuk merancang jaringan mikro yang hemat biaya dan andal atau sumber daya energi terdistribusi yang menggabungkan energi konvensional dan terbarukan, penyimpanan, dan manajemen beban[27]. Melalui simulasi kelayakan teknik dan ekonomi dalam satu kali proses, Anda dapat membuat keputusan yang tepat dan merancang sistem dengan biaya paling rendah dengan percaya diri. *HOMER Pro* memungkinkan pengoptimalan aplikasi jaringan mikro hibrida mandiri di semua sektora listrik desa hingga utilitas pulau.

2.2.10 Tools Gres

Tools Gres merupakan alat yang digunakan untuk memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik selama proses pengembangan pembuatan reservoir. Selain itu, alat ini juga bertujuan untuk meningkatkan kemampuan mengkomunikasikan dampak potensial dan mengidentifikasi proyek-proyek yang mungkin memerlukan mitigasi. Untuk meningkatkan penerapannya, alat Gres menggunakan data masukan yang tidak memerlukan pengukuran di lokasi baik untuk kondisi sebelum atau sesudah penampungan; sebaliknya, pendekatan ini menggunakan parameter dan data yang harus diketahui oleh pengembang proyek dan profesional lingkungan hidup; misalnya, ketika merencanakan waduk baru atau menilai waduk yang sudah ada.

Alat Gres memperkirakan 'jejak bersih GRK' dari pembuatan reservoir. Pendekatan ini didasarkan pada rekomendasi dari Panel antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim [28] bahwa emisi bersih harus dievaluasi dalam menentukan dampak sistem *reservoir*. Oleh karena itu, gambaran realistik mengenai dampak bersih suatu *reservoir* harus mempertimbangkan keseimbangan GRK di area sebelum penampung dan menghilangkan, atau menambahkan, ke saldo GRK di *reservoir* itu sendiri setelah penampung.

Selain itu, alat Gres mempertimbangkan kemungkinan bahwa sejumlah emisi reservoir yang disebabkan oleh aktivitas manusia yang tidak terkait dengan pembuatan reservoir itu sendiri perlu diperhitungkan. Alat ini juga mencakup emisi GRK tidak langsung yang disebabkan oleh manufaktur, transportasi, dan pemasangan konstruksi infrastruktur reservoir. Hal ini memberikan estimasi yang lebih komprehensif mengenai keseluruhan emisi yang terkait



dengan *reservoir*. Alat Gres memodelkan emisi GRK menggunakan serangkaian modul yang memperkirakan emisi berdasarkan masukan pengguna dan menghitung parameter berdasarkan masukan tersebut. Modul-modul ini membahas setiap bagian penghitungan jejak bersih GRK, yaitu sebelum penimbunan pasca penimbunan, UAS, dan konstruksi. Masing-masing modul ini dapat diringkas sebagai[28]:

- a. Pra-impoundment – keseimbangan GRK yang terkait dengan area yang kemudian ditempati oleh reservoir, yang dihitung berdasarkan tutupan lahan dan serangkaian faktor emisi yang mewakili fluks emisi tutupan lahan di lokasi reservoir.
- b. Pasca penimbunan – keseimbangan GRK yang terkait dengan reservoir setelah penggenangan, yang dihitung menggunakan model semi-empiris berdasarkan kumpulan data komprehensif yang dikumpulkan dari literatur tinjauan sejauh yang diterbitkan mengenai pengukuran fluks GRK untuk jalur emisi difusif, penggelembungan, dan degassing.
- c. Sumber antropogenik yang tidak terkait – emisi GRK yang dapat dikaitkan dengan aktivitas di dalam daerah tangkapan air dihitung berdasarkan proporsi sumber nutrisi dan karbon yang mengalir ke dalam reservoir (Alokasi Opsional).
- d. Konstruksi – emisi GRK yang terkait dengan material, pembangkit listrik, dan transportasi yang diperlukan untuk membangun bendungan dan infrastruktur lainnya untuk membentuk reservoir, dihitung berdasarkan penggunaan material dan faktor emisi (Opsional).

Hasil setiap modul disajikan dalam bentuk emisi tahunan, total emisi, dan emisi areal. Selain itu, alat Gres mencakup metodologi untuk membagi emisi tersebut ke dalam jasa ekonomi, sosial, dan lingkungan yang disediakan oleh reservoir. Hal ini memberikan indikasi kontribusi relatif terhadap dampak bersih GRK dari masing-masing jasa.

Selain itu, alat Gres mencakup metodologi untuk membagi emisi tersebut ke dalam jasa ekonomi, sosial, dan lingkungan yang disediakan oleh reservoir. Hal ini memberikan indikasi kontribusi relatif terhadap dampak bersih GRK dari masing-masing jasa.

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

BAB III

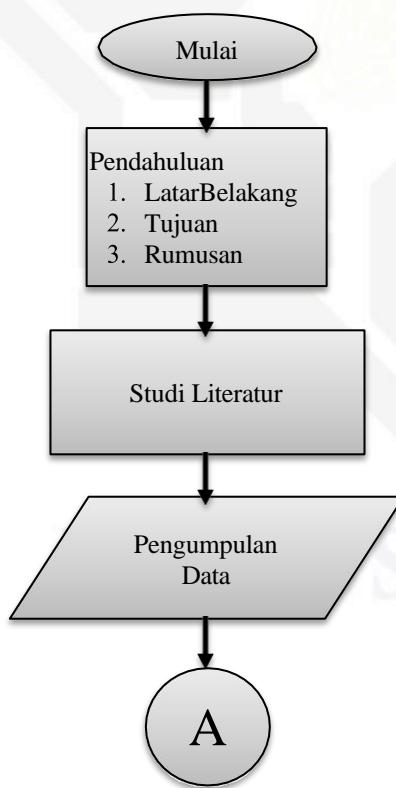
METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh penulis merupakan jenis penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang memakai data berupa angka-angka yang ditambahkan penekanan terhadap pengukuran hasil yang objektif disertai analisis statistik. Metode ini digunakan untuk menjawab masalah penelitian yang berkaitan dengan data berupa angka dan program statistik. Penelitian kuantitatif mengandalkan pengukuran objektif dan analisis matematis (statistik) terhadap sampel data yang diperoleh melalui kuesioner, jejak pendapat, tes, atau instrumen penelitian lainnya untuk membuktikan atau menguji hipotesis (dugaan sementara) yang diajukan dalam penelitian.

Tahapan Penelitian

Ada beberapa tahapan dalam melakukan penelitian ini yang dapat digambarkan dalam flowchart berikut ini :

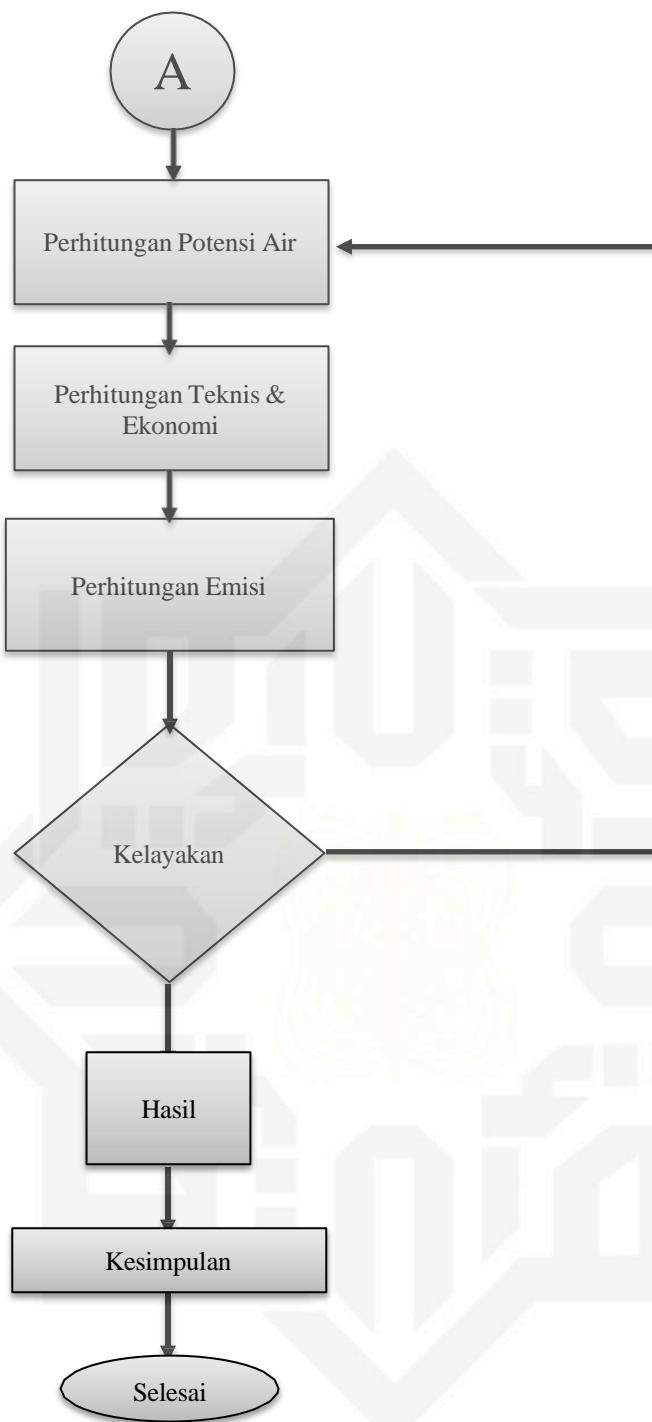


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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





3.3 Menentukan Pendahuluan

Dalam menentukan sebuah pendahuluan dilakukan beberapa tahapan yaitu :

3.3.1 Menentukan Latar Belakang Apa Yang Akan Diangkat

Latar belakang merupakan halaman yang berisi gambaran keseluruhan dari suatu penelitian/jurnal yang memberikan pemahaman kepada pembaca terkait dengan tujuan dan keinginan penulis. Dalam persefektif lain, latar belakang yaitu sebagai dasar utama bagi penulis memberikan pemahaman kepada pembaca. Nah yang melatar belakangi dari penelitian ini adalah harga listrik yang mahal akibat dampak dari kenaikan harga BBM membuat para peternakan ikan nila cukup kesusahan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik untuk peternakan ikan nila tersebut.

3.3.2 Menentukan Tujuan Dari Penelitian Tersebut

Menurut KBBI (kamus besar bahasa Indonesia), tujuan bermakna arahan atau haluan, sesuatu yang dituju, maksud, dan tuntutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi daya terbangkit, studi kelayakan yang meliputi aspek teknis dan ekonomis, dan yang terakhir yaitu emisi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikrohidro tersebut.

3.3.3 Menentukan Rumusan Masalah

Rumusan masalah merupakan bagian dari rangkaian untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada penelitian tersebut. Biasanya rumusan masalah berupa pertanyaan pertanyaan.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana potensi daya terbangkit, apakah pembangkit listrik tenaga mikrohidro tersebut dapat dikatakan layak baik itu dari aspek teknis dan ekonomis, dan yang terakhir yaitu apakah pembangkit listrik tenaga mikrohidro tersebut merupakan energi yang ramah lingkungan, jika dilihat dari emisi yang dihasilkan oleh pembangkit tersebut.

3.4 Studi Literatur

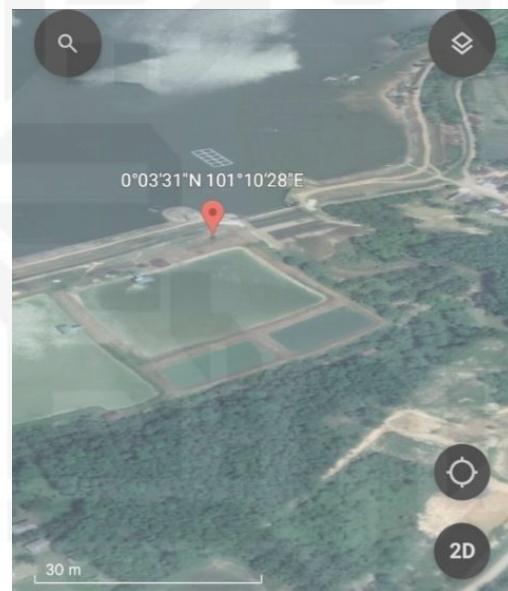
Studi literatur adalah cara untuk meyelesaikan masalah dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat. Contohnya seperti jurnal, buku, artikel, dan karya tulis ilmiah lainnya.

Dalam studi literatur ini dikumpulkanlah empat penelitian yang berhubungan dengan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dan satu penelitian yang berhubungan dengan resevoir/waduk yang menghasilkan emisi karbon, maka di dapat hasil dari studi literatur yaitu pemanfaatan waduk untuk mengetahui potensi, menganalisis teknis dan ekonomis serta menambahkan faktor emisi karbon kedalam penelitian yang akan di teliti tersebut, sehingga terciptalah sebuah keterbaruan dari penelitian yang akan dibuat oleh Penulis ini.

Pengumpulan Data

3.5.1 Pengumpulan Data Survei Lokasi

Survei lokasi merupakan sebuah proses untuk memetakan dan menentukan suatu wilayah akan dijadikan lokasi penelitian tersebut. Penelitian ini dilakukan di Desa Sungai Paku, yang pada waduk Sungai Paku. Berdasarkan data perolehan dari pemerintah kecamatan Barat Kiri, jumlah penduduk tersebut kurang lebih 1.610 jiwa dengan mata pencarian utama petani kelapa sawit dan mata pencarian kedua adalah sebagai peternakan ikan nilai dan se yang terdiri dari puluhan kolam dan tambak ikan. Peternakan ikan tersebut menggunakan PLN dengan beban rata rata perhari mencapai 50.334 watt. Titik koordinat rencana penggunaan PLTMH adalah $0^{\circ}03'31''\text{N}$ dan $101^{\circ}10'28''\text{E}$. Peta desa Sungai Paku dan titik rencana pembangunan tersebut, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Lokasi Rencana Pembangunan PLTMH

3.5.2. Pengumpulan Data Luas Penampang dan Kecepatan Aliran air

Pada pengumpulan data luas penampang dan kecepatan air diperoleh dengan mengukur menggunakan alat sederhana seperti meteran, stopwach dan pelampung. Data luas penampang diperoleh dari teori luas penampang yaitu dengan cara merata-ratakan luas kedua penampang basah yang telah diukur. Luas penampang basah sungai adalah penampang vertical yang terisi air. Perhitungan luas penampang basah tersebut bergantung pada ketinggian air saat itu terhadap profil sungai yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian untuk

mengukur kecepatan aliran yaitu dengan menggunakan teori kecepatan yaitu dengan cara membagi jarak dengan waktu. Dan didapatkan hasil dari kedua pengukuran tersebut, seperti pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Pengukuran Hasil Data Luas Dan Kecepatan

No	Waktu Pengukuran	Hasil Pengukuran			
		Panjang (m)	Kedalaman (m)	Jarak Tempuh (m)	Waktu Tempuh (s)
1	23 Mei 2023	1	1	0,85	0,85
2	05 Juni 2023	1	1	0,85	1,0789
3	15 Desember 2023	1	1	0,85	0,3957

3.5.3. Pengukuran Data Debit

Untuk tahapan pertama dalam mengumpulkan data debit yaitu dengan menggunakan metode luas dan kecepatan dimana data tersebut berupa data luas penampang dan kecepatan aliran

a. Kemudian data luas penampang dan kecepatan air diolah dengan menggunakan teori debit aliran dimana, debit berbanding lurus dengan luas penampang aliran air dan kecepatan aliran air. Adapun langkah-langkah dalam mengukur debit adalah sebagai berikut :

1. Mengukur lebar, panjang dan kedalaman saluran air dengan menggunakan meteran, setelah itu mencari luas Penampang dengan menggunakan persamaan 2.2.
2. Mengukur Kecepatan air yaitu dengan menggunakan stopwach, tahapan dalam menghitung kecepatan yaitu mempersiapkan pelampung dan lintasan pelampung yang sudah ditentukan panjang lintasannya, setelah itu dilakukan pengukuran dengan menghanyutkan pelampung sampai dimana batas finis lintasan pelampung tersebut. Menghitung kecepatan air menggunakan persamaan 2.1.
3. Kemudian ketika data sudah terpenuhi baik kecepatan aliran dan luas penampang aliran saluran air tersebut, maka langkah selanjutnya yaitu dengan memformulasikanya dengan rumus debit yaitu persamaan 2.3.



Setelah melakukan pengukuran debit sesuai tabel 1 diatas, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan validasi data debit penelitian sebelumnya. Hal ini dilakukan karena data pada tabel 3.1 datanya terbatas yang dilakukan pada musim hujan yaitu di bulan Desember dan kemarau yaitu Mei dan Juni. Penelitian ini menggunakan data debit dari bulan Januari sampai Desember maka dari itu di perlukan validasi data debit sebelumnya dimana penelitian debit ini dilakukan pada tahun 2015. Data debit ini diperoleh dengan mengambil data dari penelitian 6. Data debit ini dilakukan dengan metode *Mock*. Metode *Mock* digunakan untuk mengukur debit andalan sungai dengan menggunakan konsep keseimbangan air. Metode ini dipengaruhi oleh intensitas hujan yang turun di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang menjadi limpasan dan luas DAS. Data debit air dengan metode *Mock* disajikan pada tabel berikut :

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Debit Air Dengan Metode *Mock*

Bulan	Debit air	Debit air
	m ³ /s	L/s
Januari	2,4320	2.432,000
Februari	1,6330	1.633,000
Maret	1,4519	1.451,900
April	2,5217	2.521,700
Mei	1,0321	1.032,100
Juni	0,7878	787,800
Juli	0,6841	684,100
Agustus	0,3892	389,200
September	0,6204	620,400
Oktober	0,5949	594,900
November	2,1480	2.148,000
Desember	2,1872	2.187,200
Debit Rata	1,37353	1.373,53

Dalam menentukan validasi data debit air dilakukan dengan menggunakan metode tes eror diamana metode tersebut digunakan untuk mengetahui ke eroran suatu data yang dilakukan penelitiannya sekital dibawah 10 tahun kebelakang dengan tujuan untuk menjadikan data penelitian pada tabel 3.1 tersebut bisa dipakai atau tidak untuk penelitian selanjutnya. Sebelum melakukan validasi data tes *Relative Error*, maka hal yang pertama yaitu mencari data luas

penampang, kecepatan dan debit air dengan menggunakan metode luas penampang dan kecepatan dengan hasil akhir berupa debit air dan potensi energi air. Berikut ini merupakan langkah langkah dalam menentukan hasil debit pada bulan Mei, Juni, dan Desember serta tes eror pada data debit air pada tabel 1 yang dilakukan pada bulan Mei, Juni, Desember.

Adapun cara pengukuran sebagai berikut :

1. Mengukur data kecepatan luas penampang dan volume air waduk tersebut.
2. Pengolahan data dengan menggunakan rumus dan metode debit aliran
3. Setelah itu melakukan asumsi terkait sampel data yang telah di peroleh pada bulan kering dan bulan basah dan diperoleh data tersebut. .
4. Setelah hasil data pengukuran langsung didapatkan maka tahapan selanjutnya yaitu melakukan tes eros data baru dengan data lama yaitu dengan membandingkan data yang diperoleh dari metode luas dan kecepatan dengan data sekunder dari penelitian terkait 6.
5. Setelah itu di ketahui hasil tesnya dan dapat menyimpulkan data pada tabel 3.1 dapat digunakan atau tidak.

Dan didapatkanlah formulasikan perhitungan eror dimana data tersebut dibandingkan dengan bulan yang sama, dan dihasilkan bahwasanya eror data tidak sampai 10 % sehingga data debit diatas dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

3.5.4. Pengumpulan data beban listrik

Pada tahapan ini melakukan pengumpulan data beban listrik dengan cara mewawancara para narasumber peternak ikan nila/gurame. Data beban diperoleh dengan menanyakan peralatan elektronik apa saja yang digunakan dalam peternakan ikan tersebut, kemudian Penulis melakukan asumsi pemakaian beban listrik perjamnya, sehingga didapatkanlah pemakaian beban listrik yang dapat kita lihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Hasil Pengumpulan Data Beban Perjam

Peralatan Listrik	Daya Beban Listrik (Watt)	Jumlah Unit
Lampu	30	5
Kincir Air	370	8
Pakan Otomatis	40 (Hidup) + 1(Mati)	16
Kulkas	250	1
Dispenser	500	1
Penanak Nasi	400	1
Mesin Cuci	300	1

Pompa Air	1500	1
Televisi	250	1
Kipas Angin	100	1

Beban listrik dihitung perjam dengan cara mendata peralatan listrik yang digunakan pada saat pemakaian peralatan listrik tersebut per satu jam, setelah melakukan pedataan peralatan listrik per satuan jam maka selanjutnya yaitu mentotalkan beban daya tersebut, sehingga dapat menggambarkan total beban keseluruhan dari pemakaian beban listrik tersebut.

3.5.5. Pengumpulan Data Catchement Area

Data *Catchement Area* merupakan variabel yang digunakan untuk mencari nilai emisi. Data ini diperoleh dengan cara memetakan wilayah sekitar waduk Sungai Paku dengan menggunakan *Google Earth*. Kemudian setelah melakukan pemetaan luas wilayah tersebut, maka langkah selanjutnya yaitu mengubah nilai luas wilayah menjadi persen, sehingga didapatkan nilai persen tersebut pada tabel berikut :

Tabel 3.4 Data Luas *Catchement Area*

Catchement Area	Km ²	Percent
Bare Area	1,35264063	6,03%
Croplands	8,02308174	35,78%
Forest	6,4526302	28,78%
Grassland/Shrubland	1,0564076	4,71%
Permanent Snow/Ice	0	0,00%
Settlements	0,39520673	1,76%
Water Bodies	2,652613693	11,83%
Wetlands	2,48832263	11,10%
Drained Peatlands	0	0,00%
Total Catchemen Area	22,420902223	100%

3.5.6. Pengumpulan Data Persentasi Jenis Tanah Pada *Catchement Area*

Data ini diperoleh dari penelusuran penelitian pada jurnal-jurnal yang berhubungan dengan kandungan zat mineral dan organik pada sebuah tanah berdasarkan karakteristik bentuk dan sifat tanah tersebut, kemudian dikumpulkan menjadi satu dan dibuat sebuah data yang akan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 3.5 Data Persentasi Kandungan Jenis Tanah Pada Catchement Area

Catchement Area	% Mineral Soil	% Organic Soil
Bare Area	0	1,5
Croplands	0	9,5
(Forest	0	15
Grassland/Shrubland	0	3
Permanent Snow/Ice	0	0
Settlements	0	1
Water Bodies	0	0
Wetlands	0	10
Drained Peatlands	0	60

3.5.7. Pengambilan Data Suhu Rata Rata Kabupaten Kampar

Data suhu rata rata kabupaten Kampar digunakan untuk menghitung nilai emisi. Data ini diperoleh dari data BPS Kabupaten Kampar, kemudian data tersebut disajikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 3.6 Data Suhu Rata rata Kabupaten Kampar

Bulan	Pengamatan Suhu Udara Menurut Bulan di Stasiun Klimatologi Kampar (°C)		
	Minimum	Rata-rata	Maksimum
	2023	2023	2023
Januari	22,00	27,60	33,20
Februari	21,80	28,00	33,80
Maret	20,70	28,00	34,00
April	22,40	29,10	34,60
Mei	22,00	29,70	34,80
Juni	21,70	29,30	35,50
Juli	22,00	29,10	34,30
Agustus	22,00	28,90	34,30
September	21,20	29,30	35,00
Oktober	22,00	29,20	34,60
November	22,50	29,00	34,80
Desember	22,60	28,20	34,00

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- b. Pengutipan hanya untuk keperluan penilaian, penyelesaian tugas akhir, laporan, penulisan karya ilmiah, penyusunan buku atau tinjauan suatu masa.
- a. Pengutipan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



3.6 Perhitungan Teknis dan Ekonomi

3.6.1 Perhitungan Teknis

Perhitungan aspek teknis dalam studi kelayakan pembangkit listrik tenaga mikrohidro meliputi hidrologi, sipil, dan mekanikal elektrikal. Tahapan hidrologi bertujuan untuk mengetahui apakah debit air dan tinggi terjun yang tersedia mampu untuk menggerakkan turbin sesuai dengan daya yang diinginkan. Tahapan hidrologi ini meliputi bagaimana proses dalam pengamatan terhadap pengukuran debit minimum dan maksimum sebuah sungai. Tahapan kedua yaitu sipil mencakup keadaan topografi, geologi dan mekanika tanah yang akan digunakan untuk bangunan utama dan rute saluran air. Data tersebut harus mendukung ke kualitas bangunan - bangunan inti yang terdiri atas : bendungan, saluran pembawa, bak utama, saluran pembuang, rumah turbin, dan lain-lain. Tahapan terakhir yaitu mekanik bertujuan untuk memilih jenis turbin dan komponen elektrik yang sesuai.

3.6.2 Perhitungan Ekonomis

Perhitungan aspek ekonomi bertujuan untuk menyakinkan pembangun bahwa biaya pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang dimaksud masih lebih kecil bila dibandingkan dengan Total benefit. Analisis ekonomi meliputi *Internal Rate of Return (IRR)*, *Benefit Cost Ratio (B/C ratio)*, *Net Present Value (NPV)*, *(PP)*, *Levelized Cost Of Electri (LCOE)*, *Life Cycle Cost (LCC)*. Untuk menghitung *BCR*, dan *NPV* menggunakan rumus manual. Sedangkan *IRR*, *PP*, *LCOE*, *LCC* dan yang lainnya seperti keuntungan, biaya pembangunan dan biaya operasional dan lainnya menggunakan *Software HomerPro*. Untuk langkah awal yaitu menghitung aspek ekonomi yaitu dengan menggunakan *software Homerpro* sebagai berikut :

- Menentukan Lokasi Projek PLTMH

Lokasi pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro terletak di desa Sungai Paku kecamatan Kampar Kiri kabupaten Kampar. Daerah tersebut merupakan sebuah anak sungai yang dibendung untuk irigasi pertanian dan perikanan masyarakat setempat.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

Project title: Project

Discount rate (%): 6.0

Location: (40°0.9'N, 105°16.3'W)

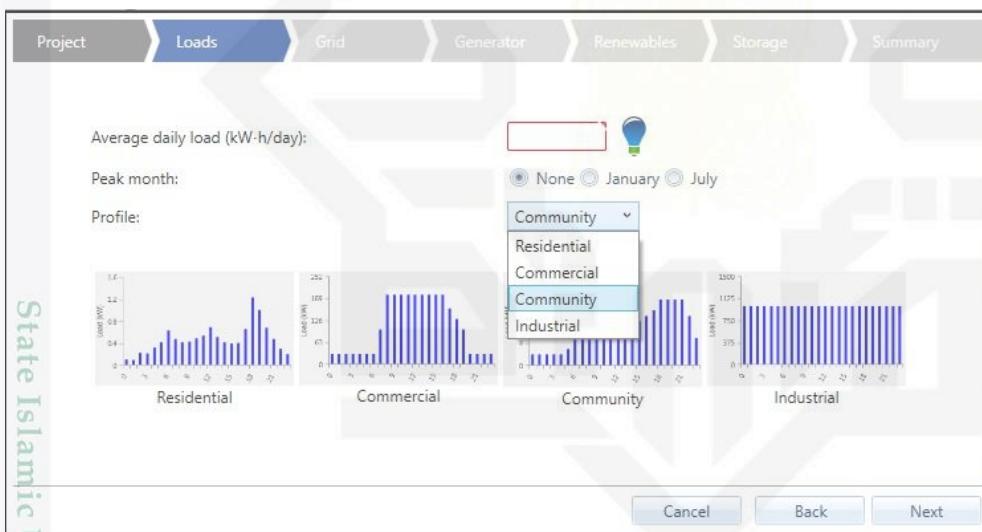
Set Location

Cancel Back Next

Gambar 3.2. Penentuan Lokasi PLTMH

Pada gambar 3.2. menunjukkan bagaimana proses penentuan lokasi PLTMH dimana untuk tahap awal yaitu memasukan nama projeknya kemudian menentukan *discount rate* dan yang terakhir yaitu menentukan titik kordinat PLTMH di bangkitkan.

b. Menentukan dan menginput *load* pada software Homerpro



Gambar 3.3. Penentuan Proses Penginputan Load

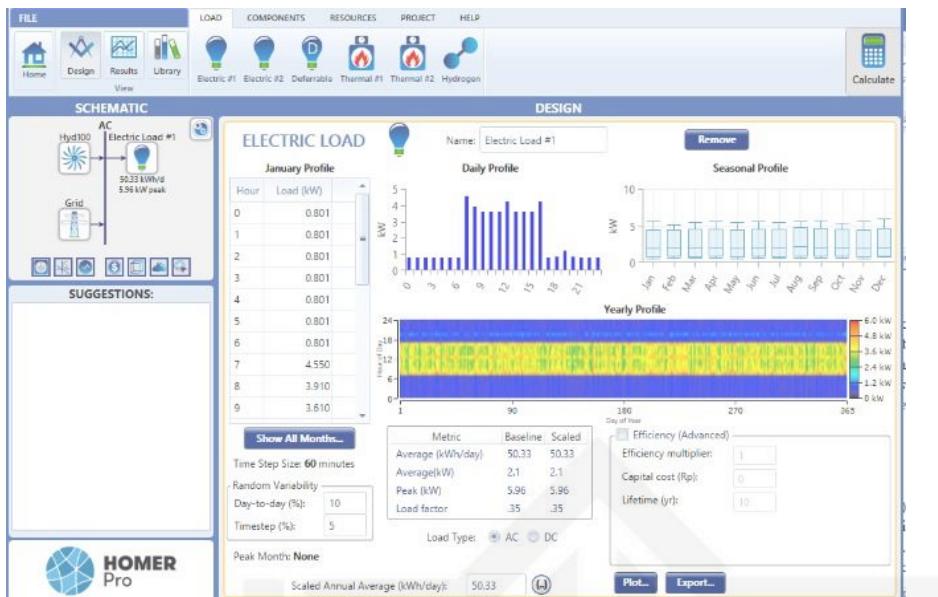
Pada gambar 3.3. menunjukkan bagaimana proses untuk melakukan penginputan load dimana beban rata rata di input terlebih dahulu pada gambar tersebut. Setelah itu menentukan bulan puncak beban tersebut jika tidak ada maka pilih *tools none*. Kemudian yang terakhir yaitu pemilihan *profile* diagram untuk tempat menginputkan beban harian.

© Hak cipta milik 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 imjatian sttua mase
- 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 3.4. *Profile* Penginputan Beban Bulanan

Pada gambar 3.4. menujukan *profile* penginputan beban bulanan dimana data beban listrik yang didapatkan dari data tabel 3.3. dan dari hasil data tersebut kemudian diinputkan melalui kolom tabel sebelah kiri yang tersedia pada aplikasi *Software HomerPro*.

c. Menentukan Grid



Gambar 3.5. Pemilihan Grid

Pada gambar 3.5. diakukan pemilihan grid dimana fungsi dari grid tersebut adalah untuk menyambungkan listrik yang produksi oleh pembangkit ke jaringan PLN dengan tujuan ketika hasil dari produksi listrik tersebut berlebih maka listrik yang berlebih tersebut bisa dijual ke jaringan PLN dan jika listrik produksi pembangkit tersebut kurang maka listrik dari jaringan

PLN akan masuk untuk memenuhi keterbatasan listrik pembangkit tersebut.

d. Memilih Spesifikasi Generator dan Turbin

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

The screenshot shows the 'Generator' tab of the HomerPro software. At the top, there is a navigation bar with tabs: Project, Loads, Grid, Generator, Renewables, Storage, and Summary. Below the navigation bar, there is a message: "HOMER will consider systems with and without the generator." Underneath this message, there are two input fields: "Generator cost (\$/kW)" with the value "500" and "Fuel cost (\$/liter)" with the value "1". At the bottom right of the screen, there are three buttons: "Cancel", "Back", and "Next".

Gambar 3.6. Pemilihan Generator

Pada gambar 3.6. menunjukkan pemilihan generator berdasarkan harga jual generator persatuan daya yang dihasilkan oleh generator tersebut. Pemilihan generator dilihat dari type generator, kemudian kapasitas hasil generator, efisiensi generator dan harga dari generator tersebut. Kemudian data dari spesifikasi dari generator tersebut di inputkan pada kolom yang tersedia pada *software HomerPro* tersebut sesuai dengan kebutuhan dari penelitian tersebut.

The screenshot shows the 'HYDRO' tab of the HomerPro software. At the top, there is a dropdown menu showing "PLTMH 100kW Turbin Kaplan". There are also buttons for "Remove" and "Copy To Library". Below the dropdown, there are two main sections: "Economics" and "Turbine". In the "Economics" section, there are fields for Capital Cost (Rp), Replacement Cost (Rp), O&M Cost (Rp/yr), and Lifetime (years). In the "Turbine" section, there are fields for Available head (m), Design flow rate (L/s), Minimum flow ratio (%), Maximum flow ratio (%), and Efficiency (%). At the bottom, there is a section titled "Systems to consider" with two checkboxes: "Simulate systems with and without the hydro turbine." and "Include the hydro turbine in all simulated systems." A note at the bottom states "Nominal Capacity: 99,171 kW".

Gambar 3.7. Pemilihan Turbin

Pada gambar 3.7. menunjukkan pemilihan turbin berdasarkan spesifikasi turbin yang diinginkan kemudian nilai dari spesifikasi turbin yang di dapatkan kemudian diinputkan pada kolom spesifikasi turbin tersebut. Turbin yang dipilih yaitu turbin air jenis kaplan, untuk spesifikasi turbin kaplan tersebut meliputi ketinggian kepala turbin yaitu bernilai 8 m, laju air 1,4

m^3/s , persen laju air minimum, persen laju air maksimum, efisiensi turbin yaitu 92 %, frekuensi

50 Hz /60 Hz, tegangan 380 volt /400 volt dengan jenis generator SFWE-W100-6, generator

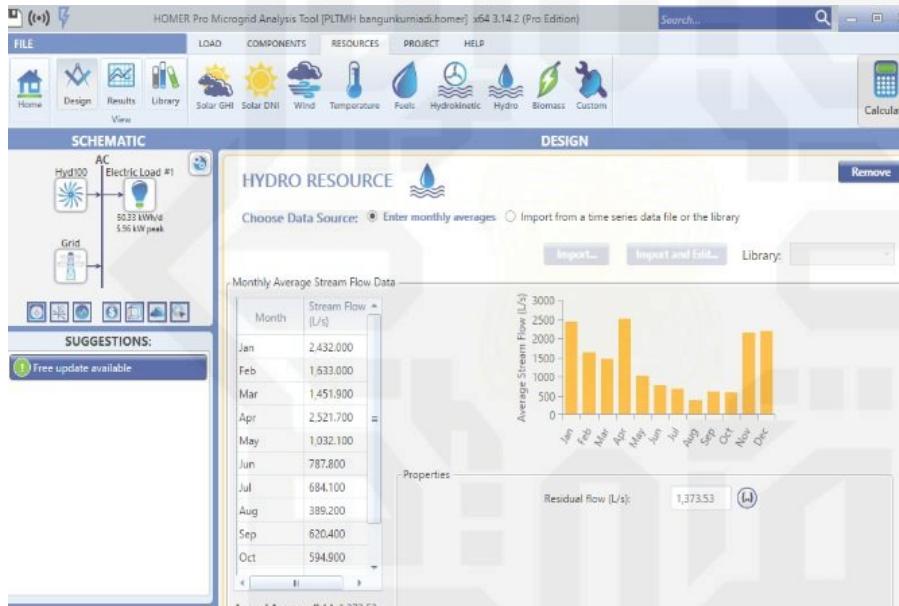
eksitasi tanpa kuas, bahan pelari yaitu baja tahan karat dengan kapasitas putaran rotor 1000

putaran/menit. Kemudian data dari spesifikasi tersebut di inputkan pada kolom sebelah kanan pada

gambar tersebut.

Kemudian pemilihan turbin berdasarkan ekonomi yang meliputi harga produksi pembangkit yaitu sebesar Rp 359.845.000,00, harga pergantian yaitu sebesar Rp 122.992.300,00, harga perawatan & pemeliharaan yaitu sebesar Rp 115.825.300,00 dan umur hidup turbin yaitu kita asumsikan sekitar 25 tahun. Kemudian menginput nilai tersebut pada kolom *Economics* pada sebelah kiri pada gambar tersebut.

e. Menginput Data Debit Air



Gambar 3.8. Penginputan Debit

Pada gambar 3.8. penginputan debit yaitu dimulai dari pemilihan tools resources pada bagian atas setelah itu input debit tersebut pada kolom gambar sebelah kiri. Sebelum melakukan penginputan debit, satuan dari debit tersebut yang awalnya m^3/s diubah ke L/s.

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

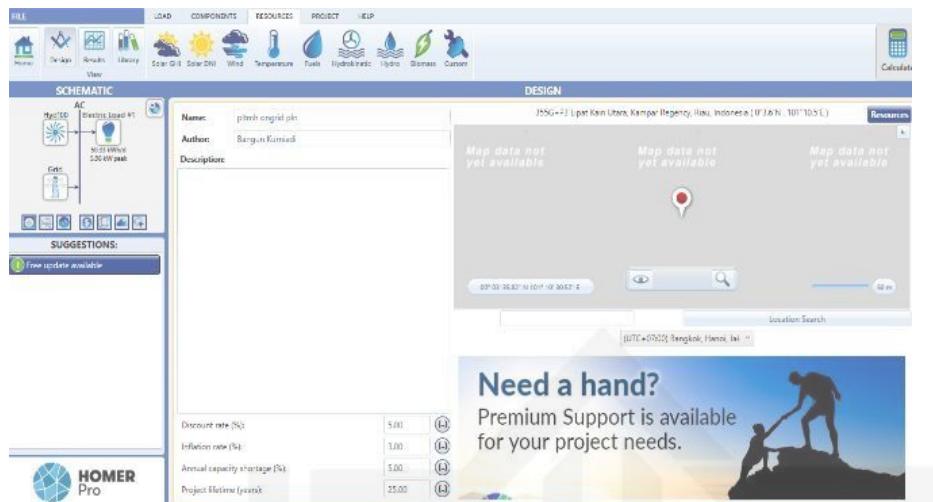
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

f. Kalkulasi

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karyayilmah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tafsiran suatu masyarakat.
- 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 3.9. Pemilihan Tools Calculate

Pada gambar 3.9. menunjukkan tahap akhir dari menjalankan simulasi. Setelah tahapan proses diatas selesai dan dirasa semua proses yang ada dan data diinputkan maka tahap selanjutnya yaitu menekan kalkulasi pada sudut kanan pada gambar tersebut. Hasil Simulasi software Homer Pro menghasilkan hasil aspek teknis yaitu *optimization* daya PLTMH ongrid system sedangkan aspek ekonomis yaitu *IRR*, *LCC*, *LCOE*, *PBP* dan Harga jual. Sedangkan aspek ekonomis untuk parameter *NVP* dihitung menggunakan persamaan 2.7 dan parameter *BCR* menghitung persamaan

2.6.

3.7. menyebarkan sumber

Perhitungan Emisi

Perhitungan emisi dengan menggunakan *tools G-res*. *Tools G-res* ini digunakan untuk menghitung emisi pada sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Langkah yang dapat diambil untuk menjalankan tools ini sebagai berikut :

1. Membuat nama projek pada *tools G-res*
2. Kemudian lanjut kehalaman selanjutnya untuk menginput data landscape yang terdiri dari variabel data catchement.
3. Menginput data Reservoir yang terdiri dari variabel waduk dan variabel suhu air.
4. Setelah semua variabel di inputkan maka yang terakhir yaitu menekan tombol selesai.

3.8 Kelayakan

Analisis kelayakan pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan tahapan akhir dari penelitian ini, dimana pada tahap ini dilakukan penilaian kelayakan. Jika pembangkit listrik tenaga mikrohidro tidak layak maka akan kembali ke tahap awal pemerosesan agar bisa diperbaiki atau ditambah agar hasilnya layak. Standar dari kelayakan pembangkit listrik tenaga mikrohidro berdasarkan standar dari kelayakan teknis dan ekonomis serta ditambah dari segi emisi yang dihasilkan. Kelayakan teknis PLTMH meliputi spesifikasi jenis turbin yang digunakan dalam pembangkit tersebut, kemudian potensi daya terbangkit dari pembangkit tersebut, kemudian yang terakhir yaitu memastikan hasil daya energi listrik yang dihasilkan memenuhi kebutuhan beban di tambak ikan waduk sungai paku. Jika energi ada kelebihan maka dijual PLN. Standar ekonomis meliputi standar *Internal Rate of Return (IRR)* yaitu jika hasil $IRR >$ suku bunga yang ditetapkan Bank Indonesia atau bank donor, maka konstruksi PLTMH layak untuk dilaksanakan, kedua standar *Benefit Cost Ratio (B/C ratio)* yaitu jika hasil $BCR > 1$, maka proyek layak untuk dilaksanakan, dan sebaliknya apabila $BCR < 1$, ketiga standar *Net Present Value (NPV)* yaitu jika hasil $NPV > 0$, maka proyek layak untuk dilaksanakan, dan sebaliknya apabila $NPV < 0$, maka proyek harus dibatalkan atau dilakukan rekayasa pendahuluan untuk mendapatkan kelayakan yang sesuai analisis, keempat standar *Payback Periode (PP)* yaitu standar yang digunakan dalam menilai jangka waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian investasi dimana jumlah keuntungan yang didapat dari suatu proyek sama dengan investasi total yang ditanamkan setelah dikoreksi oleh nilai waktu uang. Investasi mempunyai prestasi baik bila periode pengembaliannya pendek. Kemudian yang terakhir yaitu standar emisi digunakan untuk menilai seberapa besar emisi yang dihasilkan oleh PLTMH tersebut, apakah memenuhi standar global atau tidak.

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

1. Dilengkapi dengan pendekripsi teknis dan teknologi pembangkit listrik tenaga mikro hidro.
a. Pengumpulan hanya untuk keperluan penelitian, penemuan, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa.

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

c. Dilarang mengambil bagian dalam menyebutkan sumber:

d. Karya tulis ini tidak diizinkan untuk dijadikan bahan referensi dalam penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa.



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 tinjakan suatu masa
 - 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

5.1. Kesimpulan

Analisa Potensi Daya, Optimasi dan Uji Emisi Sistem PLTMH di Waduk Sungai Paku berdasarkan survei dan pengambilan data selama kegiatan penelitian menghasilkan:

1. Potensi daya rata rata pertahun adalah 99,14 kW dengan debit rata rata 1,373525 m³/s.
2. Hasil analisis teknis penelitian ini, kapasitas pembangkitan yaitu sebesar 28,10 – 182,07 kW dengan beban rata-rata penggunaan listrik perhari mencapai 50,334 kW. Dan tipe turbin yang digunakan dalam pembangkit adalah turbin Reaksi yaitu jenis turbin Kaplan dengan efisiensi mencapai 92 % , kepala aliran mencapai 8 m, kecepatan putaran mencapai 1000 rpm dan tegangan keluaran yaitu sebesar 380 – 400 volt.
3. Analisis kelayakan ekonomi pada penelitian ini menghasilkan NVP sebesar Rp 825.892.532,00, IRR sebesar 19 %, BCR sebesar 4,05, *Payback Period* 5 tahun 2 bulan, dan yang terakhir yaitu LCC Rp 2.636.696.015,00. Simulasi menggunakan software HOMER Energy menghasilkan estimasi biaya modal sebesar Rp 359.845.000,00, biaya operasional dan perawatan Rp 115.825.300,00 per tahun, NPC sebesar Rp -466.047.500,00, LCoE sebesar Rp -122,24. Produksi listrik per tahun 181,668 kWh/yr mendapatkan keuntungan Rp 175.574.000,00 dari penjualan energi.
4. Setelah dilakukan terkait penelitian emisi pada PLTMH dengan menggunakan tools tersebut menghasilkan emisi Karbon Dioksida sebesar -1189 gCO₂e/m²/yr, untuk emisi Metana 427 gCH₄e/m²/yr, dan untuk emisi Nitrogen Dioksida 0.
4. Hasil dari penelitian analisis kelayakan teknis, ekonomis dan emisi maka PLTMH tersebut layak dibangun.

5.2. Saran

Penulis menyarankan agar penelitian ini dapat dikembangkan lagi oleh mahasiswa teknik Elektro. Adapun pengembangannya yaitu pada faktor lingkungan, sosial budaya dan untuk satuan emisi di konversikan dalam bentuk kWh.



DAFTAR PUSTAKA

- REI, “Kajian Peta Potensi Teknis Energi Terbarukan di Indonesia,” 2024. <https://renewableenergy.id/potensi-energi-terbarukan-di-indonesia/> (accessed Sep. 19, 2024).
- BPS-Statistics of Riau Province, *Provinsi Riau Dalam Angka* 2023. ©BPS Provinsi Riau/BPS-Statistics of Riau Province, 2023. [Online]. Available: <https://riau.bps.go.id/publication/2023/02/28/5fbd2cbd170f9bf8690c5447/provinsi-riau-dalam-angka-2023.html>
- B. K. Prasaja M, W. Edifikar, and T. Abdullah, “Pendidikan dan Pelatihan Energi Baru Terbarukan (EBT) di Tingkat Universitas di Indonesia,” *JE-Unisla*, vol. 5, no. 2, p. 353, 2020, doi: 10.30736/je.v5i2.455.
- bps.go.id, “Luas Wilayah Provinsi Riau (KM2),” 6 September, 2022. <https://riau.bps.go.id/id/statistics-table/2/NzYjMg==/luas-wilayah-provinsi-riau.html> (accessed Sep. 19, 2024).
- kamparkab.bps.go.id, “Jumlah Desa/Kelurahan Menurut Kecamatan di Kabupaten Kampar,” 17 Februari, 2023. <https://kamparkab.bps.go.id/id/statistics-table/3/YkVWWFUYNTJTVTl0VGpCeFdFVTNaMk5wUzFaUFFUMDkjMw==/jumlah-desa-kelurahan-menurut-kecamatan-di-kabupaten-kampar--2023.html?year=2023>
- databoks.katadata.ac.id, “Harga BBM Pertamina Non-Subsidi Naik Lagi per 1 Oktober 2023, Ini Rinciannya,” *databoks.katadata.co.id*, 2023. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/10/02/harga-bbm-pertamina-non-subsidi-naik-lagi-per-1-oktober-2023-ini-rinciannya> (accessed Jun. 18, 2024).
- R. M. Al Ghifari, M. Arsyad, and A. Susanto, “Estimasi Intensitas Radiasi Matahari Berbasis Korelasi Angstrom di Kawasan Karst Maros TN. Bantimurung Bulusaraung,” *J. Fis. Flux J. Ilm. Fis. FMIPA Univ. Lambung Mangkurat*, vol. 19, no. 1, p. 77, 2022, doi: 10.20527/flux.v19i1.12166.
- bps.go.id, “Pengamatan Kondisi Hari Berhujan Menurut Bulan di Stasiun Klimatologi Kampar 2023,” *bps.go.id*, 2023. <https://kamparkab.bps.go.id/indicator/151/95/1/pengamatan-kondisi-hari-berhujan-menurut-bulan-di-stasiun-klimatologi-kampar.html> (accessed Jun. 12, 2024).
- Y. R. Pasalli and A. B. Rehiara, “Design Planning of Micro-hydro Power Plant in Hink River,” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 20, pp. 55–63, 2014, doi: 10.1016/j.proenv.2014.03.009.
- S. Ointu, F. E. P. Surusa, and M. Zainuddin, “Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 30–38, 2020, doi: 10.37905/jeee.v2i2.4618.
- M. Iqball and H. Putro, “Analisis Studi Kelayakan Teknis Dan Ekonomis Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (Pltm) Studi Kasus : Pltm Prukut Sambirata, Kabupaten Banyumas, Purwokerto,” *J. Tera*, vol. 1, no. 1, pp. 59–83, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/tera/>
- Irvan Siswanto, Artoto Arkundato, Lutfi Rohman, and Bowo Eko Cahyono, “Electric Power Analysis and System Optimization of Micro-Hydro Power Plants at the Sentoel Plantation, Jember,” *J. Inov. Sains dan Teknol. untuk Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–22, 2023,

doi: 10.19184/instem.v1i1.360.

- [13] C. O. Ugwu, P. A. Ozor, and C. Mbohwa, "Small hydropower as a source of clean and local energy in Nigeria: Prospects and challenges," *Fuel Commun.*, vol. 10, p. 100046, 2022, doi: 10.1016/j.fueco.2021.100046.

A. Levasseur, S. Mercier-Blais, Y. T. Prairie, A. Tremblay, and C. Turpin, "Improving the accuracy of electricity carbon footprint: Estimation of hydroelectric reservoir greenhouse gas emissions," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 136, no. October 2020, p. 110433, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2020.110433.

H. Sciences, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," vol. 4, no. 1, pp. 1–23, 2016.

ANANDA MUHAMAD TRI UTAMA, "STUDI POTENSI PERENCANAAN PLTMH PADA SALURAN IRIGASI BERDASARKAN ASPEK TEKNIS," vol. 9, pp. 356–363, 2022.

G. D. Soplanit, B. L. Maluegha, and T. V. Y. Ulaan, "Uji Model Turbin Jenis Pelton Untuk Menentukan Daya Head Dan Kapasitas Prototipe Turbin Pelton Pada Desa Berair Terjun ...," *J. Tekno Mesin*, vol. 2, pp. 1–9, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jtmu/article/view/33080>

M. Mafruddin and D. Irawan, "Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu Runner Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 223–229, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i2.766.

M. Mafruddin and D. Irawan, "Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 7–12, 2014, doi: 10.24127/trb.v3i2.12.

D. Luknanto, "Bangunan Tenaga Air," *Diktat Kuliah*, pp. 1–14, 2017.

Y. Prabowo, S. B, N. Nazori, and G. Gata, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pmlth) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor," *J. Ilm. FIFO*, vol. 10, no. 1, p. 41, 2018, doi: 10.22441/fifo.v10i1.2939.

J. Supranto, *Statistik : Teori dan Aplikasi*. 2018.

F. J. R. Robert R. Sokal, *Statistical Methods*. 2012.

R. A. Suatan, I. Ayu, D. Giriantari, and I. W. Sukerayasa, "Kajian Ekonomi Rencana PLTMH di Desa Panji," vol. 19, no. 2, pp. 263–270, 2020.

Paralegal.id, "Emisi," *paralegal.id*, 2021. <https://paralegal.id/pengertian/emisi/> (accessed Jun. 25, 2024).

P. Pudiyani, "Emisi Karbon: Penyebab, Dampak dan Cara Menguranginya," *28 April*, 2023. <https://myeco.id/emisi-karbon-penyebab-dampak-dan-cara-menguranginya/> (accessed Sep. 23, 2024).

Kunaifi, "Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida Di Provinsi Riau," *UPN "Veteran" Yogyakarta*, p. 10, 2010, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/173348-ID-program-homer-untuk-studi-kelayakan-pemb.pdf>

E. Engine, "UNESCO / IHA research project on the The GHG Reservoir Tool (G-res User guidelines for the Earth Engine functionality".



LAMPIRAN A

PENGELOLAAN DATA DENGAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
Setelah tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu maa

Kemudian mencari luas penampang berdasarkan sampel data 2 dengan menggunakan rumus persamaan 2.3.

$$\begin{aligned}A &= L \times H \\A &= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\A &= 1 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Setelah luas penampang diketahui, langkah selanjutnya yaitu mencari kecepatan aliran air pada sampel data 2 dengan menggunakan rumus persamaan 2.2.

$$\begin{aligned}v &= \frac{s}{t} \\v &= \frac{0,85 \text{ m}}{1,0789 \text{ s}} \\v &= 0,7878 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Setelah kecepatan aliran air diketahui, langkah terakhir yaitu mencari debit aliran air pada sampel data 2 dengan menggunakan rumus persamaan 2.4.

$$\begin{aligned}Q &= A \times v \\Q &= 1 \text{ m}^2 \times 0,7878 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\Q &= 0,7878 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Kemudian terakhir yaitu mencari luas penampang pada sampel data 3 dengan menggunakan rumus persamaan 2.3.

$$\begin{aligned}A &= L \times H \\A &= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\A &= 1 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Setelah luas penampang diketahui, langkah selanjutnya yaitu mencari kecepatan aliran air pada sampel data 3 dengan menggunakan rumus persamaan 2.2.

$$\begin{aligned}v &= \frac{s}{t} \\v &= \frac{0,85 \text{ m}}{0,3957 \text{ s}} \\v &= 2,1481 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Setelah kecepatan aliran air diketahui, maka langkah terakhir yaitu mencari debit aliran air



UN SUSKA RIAU

pada sampel data 3 dengan menggunakan rumus persamaan 2.4.

$$Q_1 = \frac{A \times v}{m^2 \times 2,1481} \frac{m}{s}$$
$$Q_1 = 2,1481 \text{ m}^3/\text{s}$$

© Ha cipta milik UIN Suska Riau
Har Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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

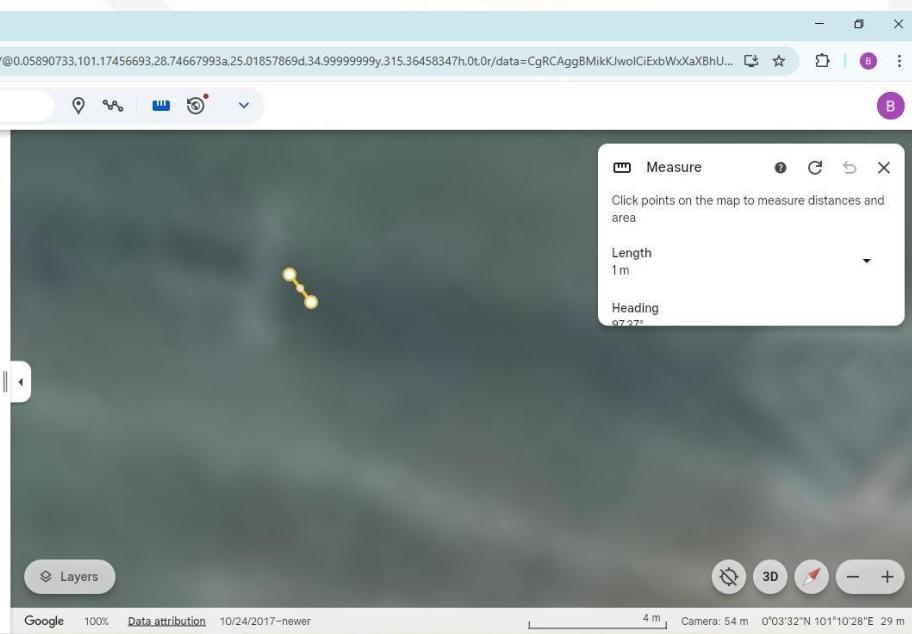
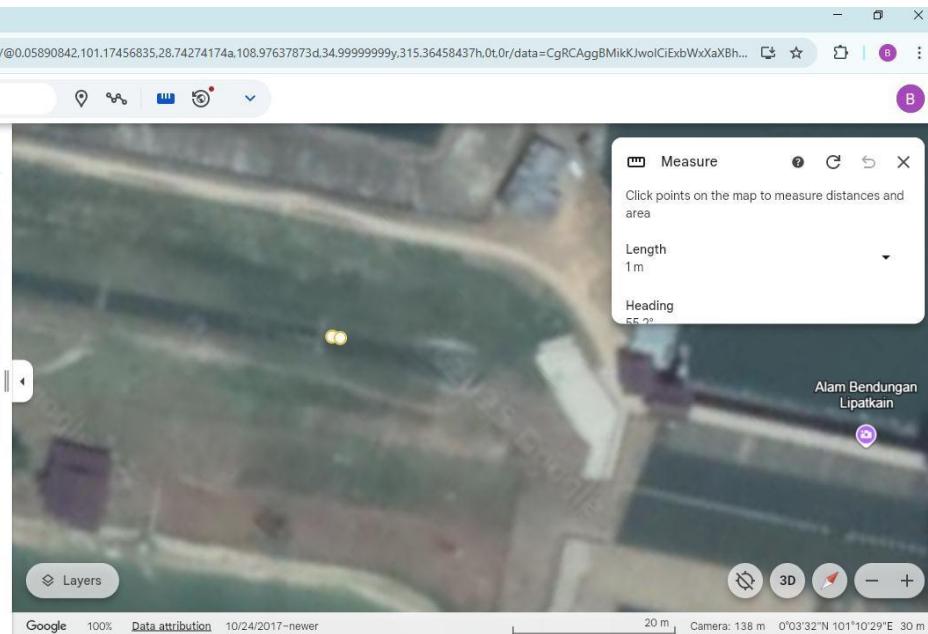


UIN SUSKA RIAU

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

LAMPIRAN B

PENGAMBILAN DATA PENGUKURAN



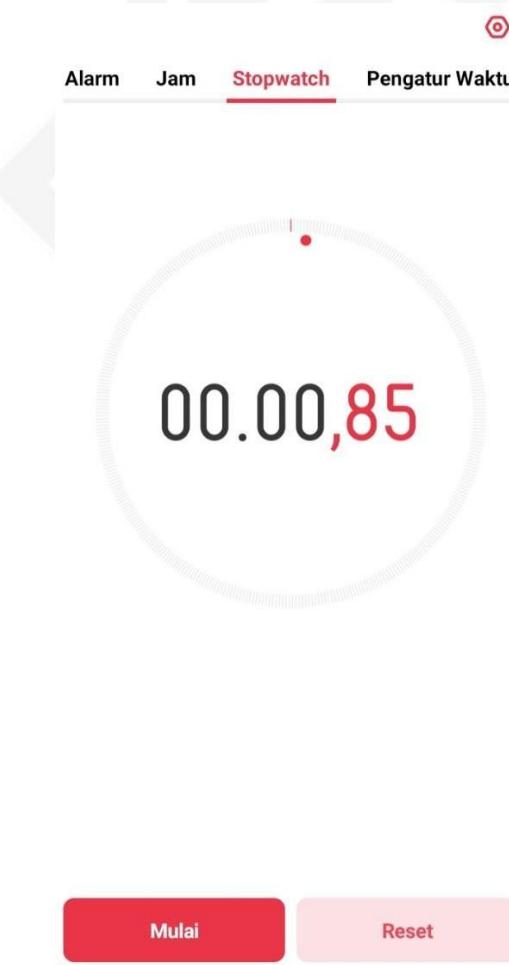
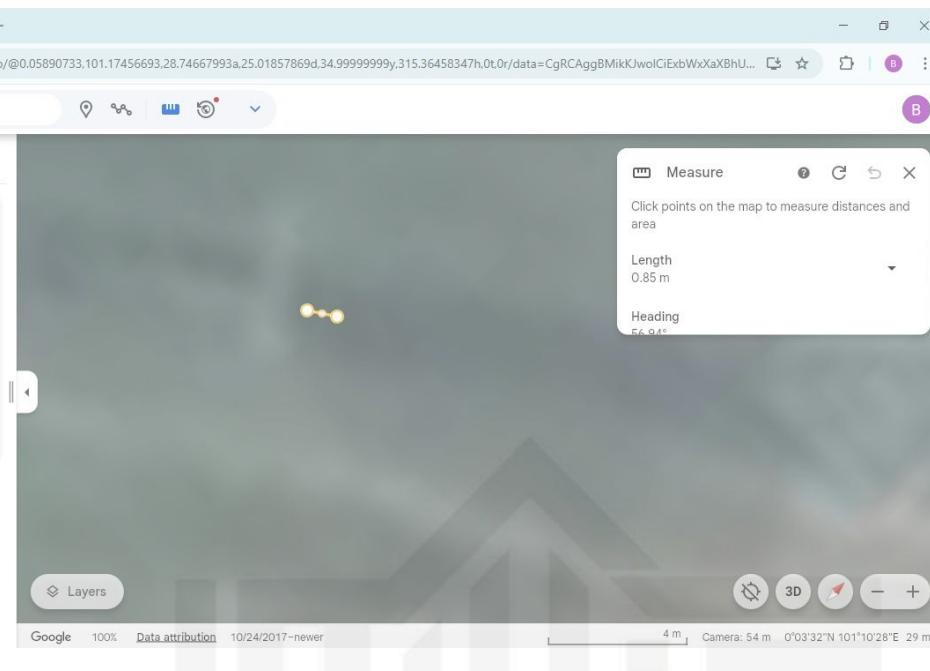


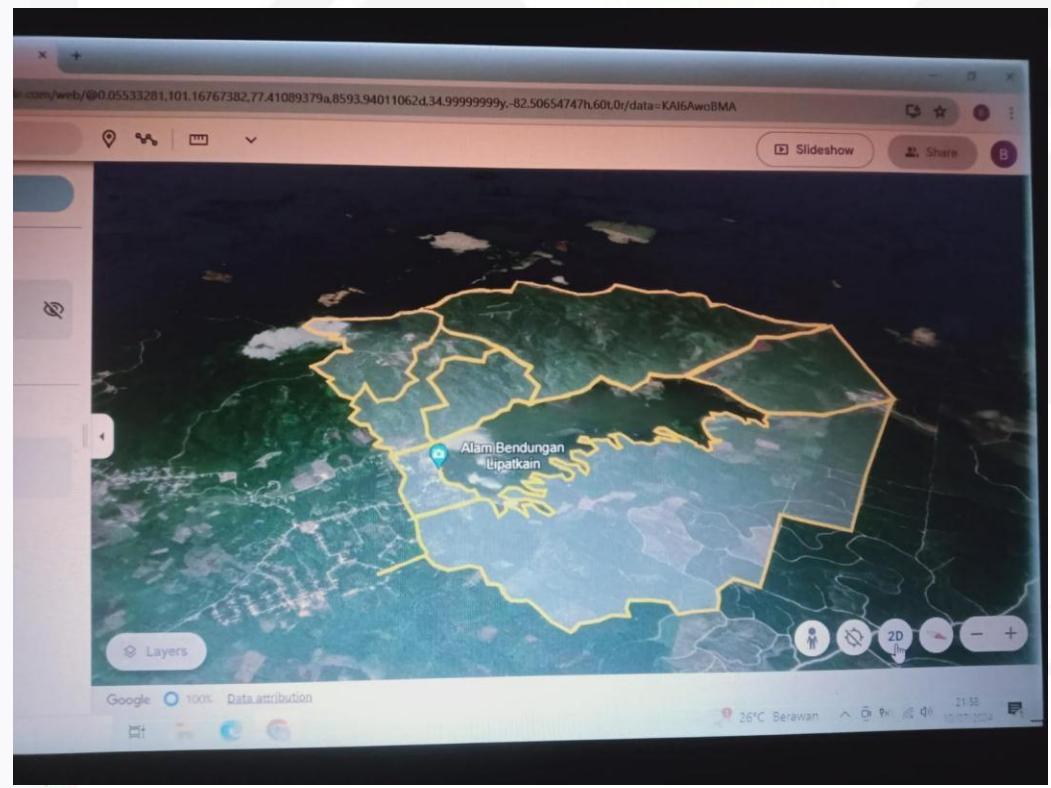
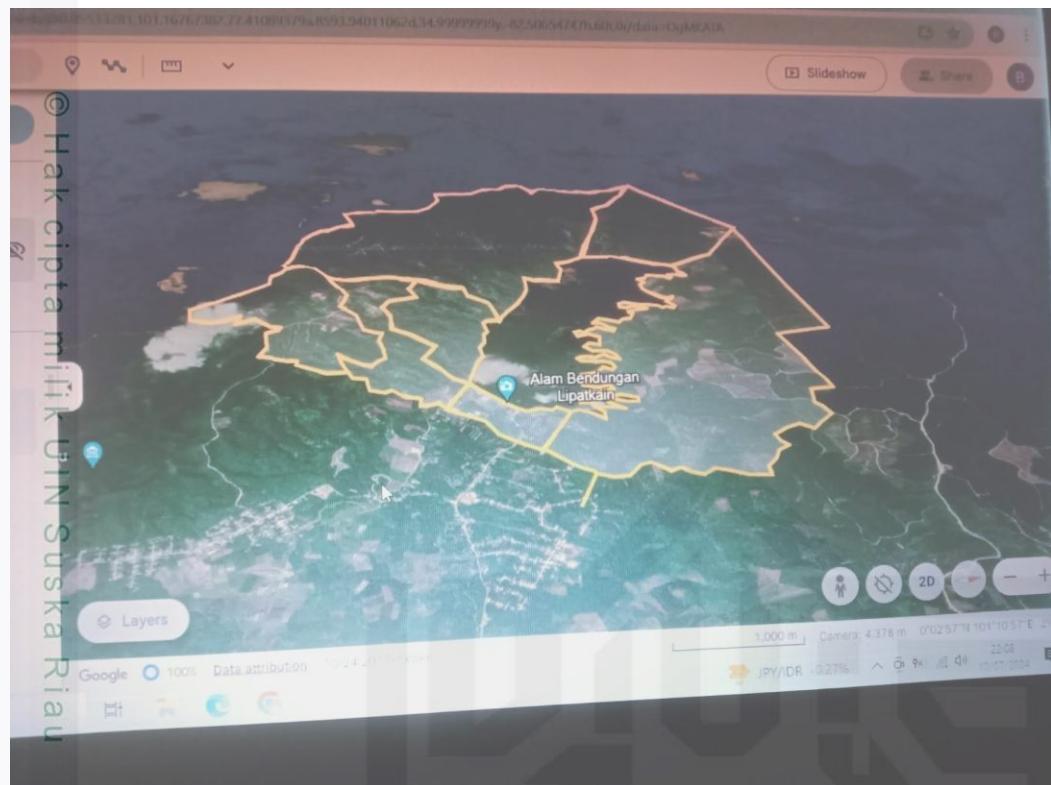
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta dan Pengembangan-Undang

1. Dilarang menghimpung 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 masa
 - 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.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

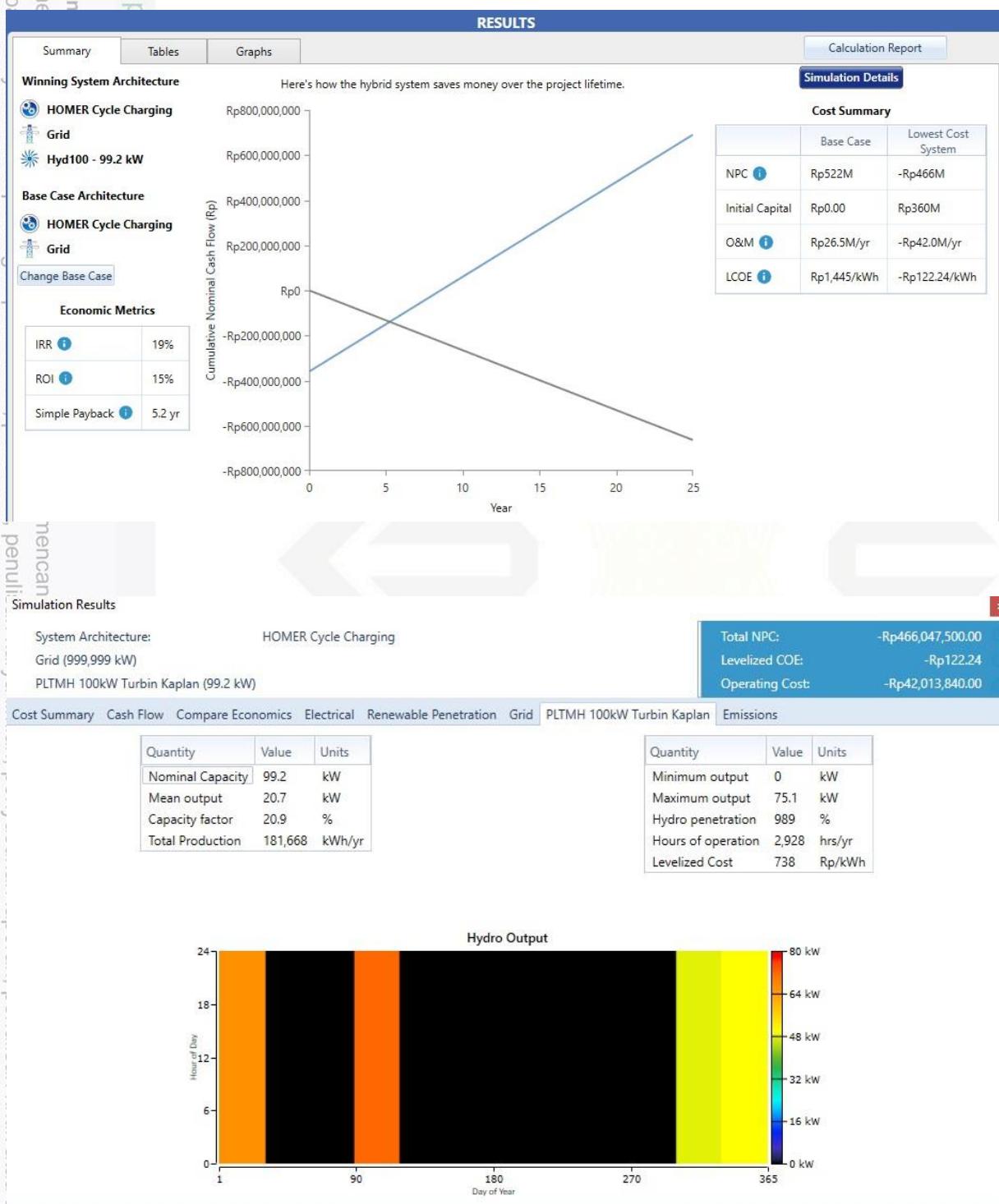
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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



LAMPIRAN C

HASIL PENELITIAN DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMERPRO DAN TOOLS GRESS





© Hak cipta milik UIN Suska H

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan penonton
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang diutip
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbaikah hak cipta





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



© Hak cipta milik UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang Undang

Bangun Kurniadi, lahir di Bagan Bhakti, 09 November 1999 sebagai anak keempat dari bapak Saimin. Beralamat di Jl. Pepaya, RT/RW 001/001, Desa Bagan Bhakti, Kec. Bagan Sinembah Kab. Rokan Hilir, Prov. Riau. Untuk alamat email saya sendiri adalah bangunkurniadi12345678@gmail.com. Dan nomor HP/wa saya adalah 082274626637.

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai pada SD Negeri 014 Bagan Bhakti, tepatnya di kecamatan Bagan Sinembah kabupaten Rokan Hilir tahun 2006 – 2012 dan dilanjutkan di SMPN 10 Bagan Sinembah tahun 2012 – 2015. Setamat SMPN 10 Bagan Sinembah pendidikan dilanjutkan di SMAN 1 Bagan Sinembah tahun 2015 hingga 2018. Kemudian kuliah di Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau dan lulus tahun 2025. Penelitian tugas akhir berjudul “Analisis Studi Kelayakan Dan Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro”.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - 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.