



**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP (PLTU) BERBASIS BIOMASSA
(STUDI KASUS KECAMATAN RANGSANG,
DESA DWI TUNGGAL)**

TUGAS AKHIR

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



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

YOGA SULISTIA

11355103191

TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2021

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP (PLTU) BERBASIS BIOMASSA
(STUDI KASUS KECAMATAN RANGSANG,
DESA DWI TUNGGAL)**

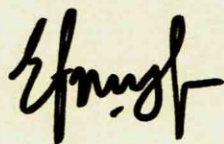
TUGAS AKHIR

Oleh :

YOGA SULISTIA
1355103191

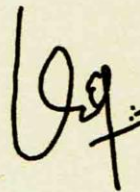
Telah diperiksa dan disetujui sebagai Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 26 Februari 2021

Ketua Program Studi



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

Pembimbing



Susi Afriani, ST., MT
NIP.19820414 201503 2 002

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) BERBASIS BIOMASSA (STUDI KASUS KECAMATAN RANGSANG, DESA DWI TUNGGAL)

TUGAS AKHIR

Oleh:

YOGA SULISTIA

11355103191

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 Februari 2021

Pekanbaru, 26 Februari 2021

Mengesahkan,

Ketua Program Studi



Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag
NIP. 19640301 199203 1 003

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

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Arif Marsal, Lc., MA

Pembimbing : Susi Afriani, ST., MT

Penguji I : Zulfatri Aini, ST., MT

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



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

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

© Himpunan Alumni UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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





LEMBAR PERNYATAAN

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

Pekanbaru, 26 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,

YOGA SULISTIA

11355103191

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



LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَلَمْ نَشْرَحْ لَكَ صَدْرَكَ ۖ وَوَضَعْنَا عَنكَ وِزْرَكَ ۚ
 أَنْقَضَ ظَهْرَكَ ۖ وَرَفَعْنَا لَكَ ذِكْرَكَ ۚ فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۚ
 إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۚ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ۚ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ۚ

Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robbmulah hendaknya kamu berharap”. (Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

Ya Allah kau adalah zat yang menguasai seluruh alam, aku adalah seorang hambamu, Aku berstatus seorang hamba, hamba yang da’if, hamba yang lemah, hamba yang hina di hadapanmu. Kau memegang hatiku, kau memegang ubun-ubun ku, buatlah hati ku dipenuhi ketakwaan kepada-Mu. Selalu membaca Al-Quran dan sunnah Rosulluallah SAW, memahaminya, mengamalkannya, serta mencintai-Mu, Rosulmu Keluarganya dan Sahabatnya. Suka dan benci karena-Mu.

.....Ku persembahkan.....

Asa nan teraih ini buat mereka yang mengasihi dan mencintaiku, malaikat hidupku yang merangkul dan membimbing dengan penuh tulus, menuntun tanpa jenuh, mencari tanpa lelah, melindungi dengan penuh perjuangan, mendo’akan dengan penuh ketulusan, untuk yang teristimewa PAPA ku tercinta (SUWIRMAN), MAMA ku terkasih (YULISNAWATI), KAKAK-KAKAK KU TERCINTA serta seluruh keluarga besarku tercinta yang telah membesarkan, mendidik, dan mencurahkan kasih sayang kepadaku, sejak aku bernafas hingga terus mendewasa sampai di titik ini, serta ucapan terimakasih teruntuk dukungan dan motivasi terbaik agar terus menghebat

(YOGA SULISTIA, 2021)

- 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 s
 - 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.



Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Berbasis Biomassa. Studi Kasus Kecamatan Rangsang, Desa Dwi Tunggal

YOGA SULISTIA

NIM : 11355103191

Program studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. HR. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Biomassa adalah adalah sebuah istilah yang digunakan untuk menyebut semua senyawa organik yang berasal dari tanaman budidaya, alga, dan sampah organik. Pengelompokan biomassa terbagi menjadi biomassa kayu, biomassa bukan kayu, dan biomassa sekunder. Biomassa juga dapat dikategorikan menjadi limbah pertanian, limbah kehutanan, tanaman kebun energi, dan limbah organik. Biomassa merupakan salah satu energi alternatif yang dapat menanggulangi permasalahan kebutuhan energi yang terus meningkat. Salah satu bahan biomassa yang berpotensi untuk di manfaatkan di desa Dwi Tunggal adalah limbah pertanian kelapa kopra berupa tempurung yang produksinya mencapai 3.497,5 ton. Tingginya produksi kelapa di desa dwitunggal dapat di manfaatkan sebagi bahan bakar PLTU berbasis biomassa, pemanfaatan biomassa limbah pertanian perlu dieksplorasi.. Dari potensi perkebunan kelapa yang di hasilkan di desa Dwi Tunggal dapat dihasilkan listrik sebesar 3.980,1kWh yang dapat di aplikasikan untuk pembangkit listrik di desa tersebut sebagai pemenuhan kebutuhan daya listrik, mengingat kebutuhan daya listrik yang belum terpenuhi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa perancangan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbasis biomassa sebagai sumber energi di desa Dwi Tunggal kecamatan Rangsang. Pada penelitian ini jenis pemanfaatan biomassa sendiri dilakukan dengan metode *direc combustion* atau pembakaran langsung. Penelitian ini dapat menghasilkan 3.980,1kWh listrik. Selanjutnya analisis ekonomi dilakukan menggunakan metode *Life Cycle Cost (LCC)* yang menghasilkan *Net Present Value (NPV)*: Rp. 4,555,966,702,014,-, *Internal Rate of Return (IRR)*: 8,23% dan waktu pengembalian modal: 1,3 tahun. Dari hasil analisa teknis dan ekonomi yang telah dilakukan maka PLTU ini layak untuk dilanjutkan dan dibangun di Desa Dwi Tunggal Kecamatan Rangsang.

Kata Kunci: Biomassa, *direc combustion*, Perancangan, limbah Organik.



**Technical and Economic Analysis of Biomass Based Steam Power Plant
Case Study of Rangsang Subdistrict, Dwi Tunggal Village.**

YOGA SULISTIA
NIM : 11355103191

Electrical Engineering study program
Faculty of Science and Technology
Sultan Syarif Kasim State Islamic University, Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Biomassa is a term used to describe all organic compounds derived from cultivated plants, algae, and organic waste. The grouping of biomass is divided into wood biomass, non-wood biomass, and secondary biomass. Biomass can also be categorized into agricultural waste, forestry waste, energy plantation crops, and organic waste. Biomass is one of the alternative energies that can overcome the problem of increasing energy needs. One of the biomass ingredients that have the potential to be utilized in the Dwi Tunggal village is coconut copra agricultural waste in the form of shells whose production reaches 3,497.5 tons. The high production of coconut in the dwitunggal village can be used as fuel for biomass-based PLTU, the utilization of agricultural limbah biomass needs to be explored. From the potential for coconut plantations produced in Dwi Tunggal village, 3,980.1 kWh of electricity can be generated which can be applied to power plants in the village as a fulfillment of electricity needs, given the electricity needs that have not been met. The purpose of this study was to analyze the design of a biomass-based Steam Power Plant (PLTU) as an energy source in the Dwi Tunggal village, Rangsang sub-district. In this study, the type of biomass utilization itself was carried out by the direct combustion method or direct combustion. This research can generate 3,980.1kWh of electricity. Furthermore, economic analysis is carried out using the Life Cycle Cost (LCC) method which produces a Net Present Value (NPV): Rp. 4,555,966,702,014, -, Internal Rate of Return (IRR): 8.23% and payback period: 1.3 years. From the results of the technical and economic analysis that has been carried out, this PLTU is feasible to be continued and built in the Dwi Tunggal Village, Rangsang District.

Keywords: Biomass, combustion direct, Design, Organic waste

Hak cipta Dilindungi
Dilarang mer
a. Pengutipan
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
N S
lang
tau :
pent
oran, penulisan kritik atau tinjauan s



KATA PENGANTAR



Assalammu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji dan syukur selalu tercurah kehadiran Allah Swt atas limpahan Rahmat, Nikmat, Ilmu, dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat mengerjakan dan akhirnya menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Berbasis Biomassa. Studi Kasus Kecamatan Rangsang, Desa Dwi Tunggal**” sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Shalawat beserta salam penulis hadiahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wassalam yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapat syafa'at dari 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 terimakasih yang setulusnya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Bapak Prof. Dr. H. Akhmad Mujahidin, S.Ag, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan selaku Pembimbing akademik.
4. Teristimewa Kedua Orang tua penulis, serta kakak dan adek yang telah mendo'akan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar penulis dapat tawakal dan sabar sehingga sukses memperoleh kelancaran dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. Bapak Mulyono, S.T., M.T, selaku Sekretaris Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri 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 masa
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi yang selalu membantu tugas akhir ini.
- Ibu Susi Afriani, ST., MT, selaku dosen pembimbing yang selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- Ibu Zulfatri Aini, ST., MT selaku Dosen Penguji I dan Ibu Nanda Putri Miefhawati, B.Sc., M.Sc selaku dosen penguji II yang yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.
- Pimpinan, staff dan karyawan Jurusan Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi.
- Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATE) UIN SUSKA RIAU.
- Para Sahabat dari Sungai Salak dan rekan-rekan seperjuangan angkatan 2013
- Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberi motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini mulai dari awal hingga selesai yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya semogailmu yang diberikan kepada penulis dapat bermanfaat.

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

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

Wassalamu 'alaikum wr.wb

Pekanbaru, 26 Februari 2021
 Penulis

Yoga Sulistia



DAFTAR ISI

HALAMAN COVER i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

LEMBAR PENGESAHAN iii

LEMBAR KEKAYAAN INTELEKTUAL iv

LEMBAR PERNYATAAN v

LEMBAR PERSEMBAHAN vi

ABSTRAK vii

ABSTRACT viii

ABSTRACT ix

DAFTAR ISI x

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR RUMUS xiii

DAFTAR LAMPIRAN xiv

DAFTAR ISI.....

BAB I PENDAHULUAN.....

1.1 Latar Belakang I-1

1.2 Rumusan Masalah I-7

1.3 Tujuan Penelitian I-7

1.4 Batasan Masalah I-7

1.5 Manfaat Penelitian I-8

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

©Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif

2.1	Penelitian Terkait	II-1
2.2	Biomassa	II-3
2.2.1	Jenis-jenis Biomassa	II-4
2.2.2	Sumber-sumber Biomassa.....	II-4
2.3	Buah Kelapa	II-5
2.3.1	Tempurung Kelapa.....	II-5
2.3.2	Serabut Kelapa	II-6
2.4	Pembangkit Listrik Tenaga Uap Biomassa	II-6
2.5	Komponen Utama PLTU Biomassa.....	II-6
2.5.1	Boiler.....	II-6
2.5.2	Turbin.....	II-12
2.5.3	Generator	II-15
2.6	Teknologi Pengolahan Biomassa Menjadi Listrik	II-16
2.6.1	Teknologi Pembakaran.....	II-16
2.7	Analisi Teknik.....	II-16
2.7.1	Potensi Energi Biomassa.....	II-16
2.7.2	Menentukan Nilai Mampu Bakar.....	II-18
2.7.3	Perancangan Sistem Pembangkit	II-19
2.7.4	Turbin Generator.....	II-20
2.7.5	Kondensor	II-22
2.7.6	Pompa.....	II-22
2.8	Anlisa Ekonomi.....	II-22
2.9	Analisisa Kelayakan Finansial	II-23

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

2.9.1	Net Present Value (NPV).....	II-23
2.9.2	Payback Period (PP).....	II-24
2.9.3	Benefit Cost Ratio (BCR)	II-24
2.9.4	Internal Rate of Return (IRR)	II-24

BAB III Metodologi Penelitian III-1

3.1	Jenis Penelitian.....	III-1
3.2	Proses Penelitian	III-1
3.3	Studi Literatur	III-3
3.3.1	Identifikasi Masalah	III-3
3.3.2	Rumusan Masalah	III-3
3.3.3	Manfaat dan Tujuan	III-3
3.4	Pemilihan Bahan Baku.....	III-4
3.5	Pemilihan Lokasi.....	III-4
3.5.1	Profil Kabupaten Kepulauan Meranti	III-4
3.5.2	Gambaran Umum Kecamatan Rangsang	III-5
3.6	Pengumpulan Data	III-7
3.6.1	Potensi Bahan Baku	III-7
3.6.2	Estimasi Kebutuhan Beban	III-7
3.7	Analisis Kelayakan.....	III-8
3.7.1	Analisis Teknis.....	III-8
3.7.2	Aspek Ekonomis	III-9

BAB IV HASIL DAN ANALISA..... IV-1

4.1	Gambaran Umum Desa Dwi tunggal Kecamatan Rangsang	IV-1
-----	---	------



4.2	Data Perkebunan Kelapa Desa Dwi Tunggal.....	IV-2
4.3	Pengelolaan Data Dan Perhitungan Matematis.....	IV-3
4.3.1	Etimatis Kebutuhan Beban.....	IV-3
4.3.2	Perhitungan Matematis Potensi Biomasa.....	IV-4
4.3.2.1	Kapasitas Boiler	IV-5
4.3.2.2	Turbin Generator	IV-7
4.3.2.3	Kondensor	IV-9
4.3.2.4	Pompa	IV-9
4.3.2.5	Produksi PLTU	IV-10
4.4	Analisis Aspek Ekonomi	IV-10
4.4.1	Perhitungan Komponen Biaya Produksi PLTU	IV-10
4.4.2	Biaya Investasi Dan O&M Produksi	IV-10
4.4.3	Pendapatan Penjualan Listrik.....	IV-12
4.4.4	Analisis Kelayakan Finansial.....	IV-13
4.4.4.1	Analisa Net Present Value (NPV).....	IV-13
4.4.4.2	Analisa Internal Rate Return (IRR).....	IV-16
4.4.4.3	Analisa Payback Period(PBP).....	IV-16
BAB V	PENUTUP.....	V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA		

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif

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



DAFTAR GAMBAR

		Halaman
	Gambar	
2.1	Turbin Implus vs Turbin Reaksi	II-13
2.2	Siklus Pembangkit PLTBS	II-19
3.1	FlowChart Tahapan Penelitian	III-2
4.1	Peta Kecamatan Rangsang.....	IV-1
4.2	Diagram T-s Pembangkit	IV-5

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

		Halaman
2.1	Produksi Kelapa Kecamatan Rangsang	II-20
2.2	Analisa Proximate & Ultimate Tempurung Kelapa	II-21
3.1	Luas Wilayah Kecamatan Rangsang 2017	III-6
3.2	Luas Wilayah Perkebunan Kelapa dan Produksi	III-7
4.1	Luas Wilayah	IV-1
4.2	Luas dan Produksi Kelapa	IV-2
4.3	Spesifikasi Boiler	IV-7
4.4	Spesifikasi Turbin	IV-9
4.5	Biaya PLTU	IV-13
4.6	Hasil Perhitungan Nilai <i>Net Present Value (NPV) 1</i>	IV-15
4.7	Hasil Perhitungan Nilai <i>Net Present Value (NPV) 2</i>	IV-16
4.8	Hasil Analisis Kelayakan Finansial PLTU	IV-18

© Hak Cipta Ilmiah Siskasriku

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Tabel

1. Dilarang menyalin atau menjiplak seluruh atau sebagian isi 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.



DAFTAR RUMUS

	Rumus	Halaman
2.1	Produksi Tempurung Kelapa	II-18
2.2	Hukum I Termodinamika	II-18
2.3	Perhitungan Potensi Energi	II-19
2.4	Perhitungan Efisiensi Boiler	II-20
2.5	Perhitungan kalor	II-21
2.6	Perhitungan Daya Turbin	II-21
2.7	Perhitungan Entalpi Uap Keluar Turbin	II-21
2.8	Perhitungan Daya Turbin	II-21
2.9	Perhitungan Potensi Daya listrik	II-21
2.10	Perhitungan SSC	II-21
2.11	Perhitungan Q Pompa	II-22
2.12	Perhitungan Harga Listrik	II-23
2.13	<i>Net Present Value</i> (NPV)	II-23
2.14	<i>Pay back Period</i> (PBP)	II-24
2.15	<i>Benefit Cost Ratio</i>	II-24
2.16	<i>Internal Rate Return</i>	II-25

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya atau melakukan tindakan lainnya yang mengakibatkan kerugian intelektual 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.



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Halaman

Lampiran A Tabel Steam.....	A1
Lampiran B Analisa Ejonomi	B1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin atau menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan s
 - 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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara kepulauan terbesar dengan jumlah penduduk terbanyak ke empat di dunia setelah China, India dan Amerika [1]. Tingginya angka jumlah penduduk Indonesia tentu akan sebanding dengan jumlah konsumsi energi. Energi merupakan sektor yang sangat penting dalam kehidupan manusia, pada masa sekarang seluruh aktivitas selalu membutuhkan energi baik itu dari yang terbesar hingga yang terkecil. Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat pada saat ini tentu berbanding lurus dengan kebutuhan energi yang semakin besar pula.

Seperti yang diketahui, sumber energi yang dimanfaatkan ada berbagai macam jenis, jenis-jenis energi yang dimiliki oleh Indonesia dan yang tersedia dalam kapasitas cukup besar mencakup sumber energi fosil dan non-fosil, energi yang sejak lama menjadi sumber energi utama di Indonesia adalah energi fosil. Minyak bumi, batubara dan gas alam digunakan secara besar-besaran khususnya untuk memenuhi kebutuhan pembangkit listrik, ketersediaan bahan bakar fosil cukup terbatas dan tidak bisa diperbaharui dalam waktu singkat, menurut Badan Penerapan dan Pengkajian Outlook Energi 2018 Cadangan minyak bumi Indonesia pada tahun 2016 adalah 7.251,11 MMSTB atau mengalami penurunan 0,74% terhadap tahun 2015 sedangkan gas bumi mengalami penurunan 5,04% dan batubara 11,8% [2].

Kebutuhan terhadap energi fosil terus meningkat, pada saat ini keberlangsungan hidup kita sangat bergantung dengan energi fosil. Salah satu penggunaan energi fosil terbesar yaitu untuk kebutuhan pembangkit listrik yang mayoritas masih mengandalkan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama. Pada tahun 2016 PLN dan non PLN mencapai 57,1 GW, dengan jenis terbesar PLTU batubara sebesar 54% (30,8 GW). Adapun kapasitas pembangkit berbasis EBT, seperti PLTM, PLTA, PLTP, PLTS, PLTB sekitar 12%. Sisanya merupakan pembangkit berbahan bakar gas dan BBM [2]. Konsumsi energi yang besar ini tidak diimbangi dengan ketersediaan energi fosil yang ada, menurut Badan



Penerapan dan Pengkajian Teknologi outlook energi diperkirakan cadangan terbukti minyak akan habis dalam kurun waktu 9 tahun, lagi sedangkan gasbumi akan habis dalam 42 tahun lagi dan batubara akan habis dalam waktu 62tahun lagi [2]. Krisis ini di sebabkan oleh explorasi dan pemanfaatannya secara besar-besaran. selain itu permasalahan peningkatan harga juga akan timbul seiring terjadinya kelangkaan bahan bakar fosil, ini tentu akan menjadi masalah yang cukup besar belum lagi permasalahan tidak meratanya elektrifikasi.Oleh sebab itu penggunaan energi fosil harus diminimalisir dan mulai beralih ke energi terbarukan demi kelangsungan hidup di masadepan.

Energi terbarukan merupakan energi berasal dari alam dan secara terus menerus dapat di produksi tanpa harus menunggu lama layaknya energi fosil. Sumber daya energi baru dan terbarukan yang terdapat di Indonesia menurut jenis energinya yaitu, Panas bumi 29,544 MW (Potensi) 1,438.5 MW (Kapasitas Terpasang), Hidro 75,091 MW (*Resources*) 45,379 MW (Potensi) 8,671 MW (Kapasitas Terpasang), Mini-microhidro 19,385 MW (Potensi) 2,600.76 KW (Kapasitas Terpasang), Biomassa 32,654 Mwe (*Resources*) 1,626 MW off grid 91,1 MW on grid (Kapasitas Terpasang), Energi surya 4,80 KWh/m²/day (*Resources*) 14,006 KW (Kapasitas Terpasang), Energi angin 970 MW (*Resources*) 1,96 MW (Kapasitas Terpasang), Uranium 3,000 MW (*Resources*) 30 MW (Kapasitas Terpasang), Gas metana batubara 537,29 TCF (*Resources*), Shale gas 574 TCF (*Resources*), Gelombang laut 17,989 MW (*Resources*), Energi Pasang Laut 41,012 MW (*Resources*) dan Pasang surut 4,800 MW [2].

Pemanfaatan energi baru terbarukan masih di dominasi oleh air, dalam bentuk PLTA lalu diikuti oleh biomassa, panas bumi dan biodisel. Tenaga surya tidak bisa dimanfaatkan secara maksimal, selain masalah operasional namun PLTS juga masih terkendala dengan biaya investasi penyimpanan energi dalam bentuk baterai yang tinggi. PLT Bayu sulit berkembang di Indonesia mengingat untuk wilayah khatulistiwa potensi angin tidak stabil [2], Mengingat banyaknya potensi energi baru terbarukan di Indonesia yang masih belum di manfaatkan secara optimal, perlu adanya pengoptimalan potensi energi baru terbarukan ini sebagai salah satu langkah konservasi energi dan dapat digunakan sebagai pemenuh kebutuhan energi salahsatunya yaitu pemenuh energi listrik khususnya daerah- daerah yang belum mendapatkan pasokan listrik secara maksimal.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

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



Salah satu energi baru terbarukan yaitu biomassa biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Biomassa dapat di hasilkan dari hasil hutan, pertanian, kotoran ternak dan lain nya. Biomassa dapat menjadi energi alternatif sebagai pengganti energi fosil yang keberadaanya sangat terbatas dan membutuhkan waktu lama untuk mengembalikan nya. Keunggulan dari biomassa adalah persediannya yang melimpah di alam. Hasil alam merupakan salah satu bahan baku pembuatan biomassa dan konversi konversinya dengan kandungan energi yang relatif besar. Dari hasil hutan dan perkebunan menghasilkan limbah berupa kayu, sekam padi, cangkang karet, tempurung kelapa dan lainnya [2].

Tempurung kelapa salah satu limbah pertanian yang bisa di manfaatkan sebagai bahan baku biomassa. Tempurung kelapa merupakan lapisan keras yang terdiri dari lignin, selulosa, metoksil, dan mineral. Komposisi kimia tempurung kelapa memiliki persentase sebagai berikut selulosa sebesar 33,61%, hemiselulosa 19,27%, lignin 36,51%, pentosa 27,70%, air 8,00% dan abu 0,60% Tempurung berat nya rata-rata 15-19% dari bobot buah kelapa [6],

Menurut General Manager PLN wilayah Riau dan Kepulauan Riau Irwan Syahputra rasio elektrifikasi Provinsi Riau mencapai 88,5%, ditambah lagi saat ini di Provinsi Riau masih banyak desa yang belum mendapat akses listrik dari PT.PLN (Persero) desa itu berjumlah 210dari 1.835 total keseluruhannya.Desadesa yang belum mendapat akses listrik secara optimal ini merupakan beberapa desa dari beberapa kabupatendi provinsi riau dengan elektrifikasi terendah. Salah satu Kabupaten dengan elektrifikasi terendah yaitu Kabupaten Kepulauan Meranti [3].Menurut Kabag ekonomi Afifuddin melalui kasubbag SDA, Sasreja Danu p, dari pendataan mereka pada tahun 2018, 72 desa kelurahan di kepulauan Meranti teraliri listrik. Sedangkan desa yang belum menikmati fasilitas listrik ada sekitar 30 desa, terdapat 3 desa di kecamatan rangsang, salah satunya yaitu desa Dwi Tunggal yang penyediaa kebutuhan listriknya masih bergantung pada PLTD perorangan yang beroperasi pada malam hari[4].

Kecamatan rangsang terletak di Kabupaten Kepulauan Meranti, dengan luas daerah Kecamatan Rangsang 411,12 km² dan dihuni oleh jumlah penduduk sebanyak18.523 jiwa. Kecamatan rangsang terdiri dari satu kelurahan dan empat belas desa. Desa Dwi Tunggal menjadi pilihan lokasi penelitian ini karna desa ini



desa terkecil ke empat dengan luas 16km²namun memiliki perkebunan kelapa terluas nomor satu dibanding tiga belas desa di kecamatan rangsang yaitu seluas 3 398 [5] dan juga desa ini termasuk tiga desa yang belum mendapat fasilitas listrik dari PLN. Secara umum potensi energi terbarukan di desa Dwi Tunggal yaitu tenaga surya, angin dan biomassa. Tenaga surya tidak bisa maksimal dimanfaatkan tebentur dengan biaya yang sangat mahal dan potensi angin tidak stabil [2], sedangkan potensi biomassa berasal dari perkebunan kelapa cukup luas.

Desa Dwi Tunggal dengan luas daerah 16,00km² dan jumlah rumah tangga 164 kk terdapat luas daerah perkebunan kelapa terluas dari tigabelas desa lainnya yaitu seluas3.398 dengan luasan perkebunan kelapa tersebut, produksi dari perkebunan kelapa itu sendiri bisa mencapai 3.497,5 ton [5]. sektor perkebunan kelapa ini banyak menghasilkan limbah seperti limbah sabut kelapa, cangkang kelapa dan pelepah kelapa kering. Berbagai macam limbah pertanian kelapa tersebut sebenarnya bisa di dimanfaatkan, potensi sebagai bahan bakar alternatif biomassa dari limbah pertanian kelapa seharusnya bisa di dimanfaatkan dengan optimal oleh pemerintah dan masyarakat setempat.

Dari data diatas desa Dwi Tunggal dapat menghasilkan 524,625 ton tempurung kelapa. Dengan potensi tersebut bisa dimanfaatkan sebagai konversi biomassa untuk pemenuh kebutuhan energi, bahkan bukan tidak mungkin desa dwi tunggal dapat memenuhi kebutuhan listriknya sendiri dengan potensi biomassa yang dimiliki.

Proseskonversi biomassa terbagi menjadi dua cara yaitu, pertama dekomposisikimia dan kedua penghancuran/penguraian Secarabiologi. untuk teknologi konversi biomassa ada empat kelompok dasar yaitu proses pembakaran langsung, proses termokimia, proses biokimia dan proses agrokimia [7].

Pada penelitian ini teknologi untuk konversi biomassa yang digunakan yaitu direct combustion atau juga disebut pembakaran secara langsung, direct combustion adalah pembakaran langsung yang terjadi pada biomassa dengan udara berlebih untuk menghasilkan gas buang yang panas, gas panas ini digunakan untuk menghasilkan uap dalam boiler [7]. Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air untuk menghasilkan steam [8]. Penggunaan boiler yang sesuai untuk pembangkit listrik bahan bakar biomassa dengan pembakaran langsung ini digunakan boiler Fluidized Bed Combustion (FBC). Pembakaran dengan fluidized



bed muncul sebagai alternatif yang memungkinkan dan memiliki kelebihan yang cukup besar dibandingkan dengan sistem pembakaran yang konvensional lainnya dan efisiensi yang tinggi hingga berkurangnya emisi polutan yang merugikan seperti SO_x dan No_x. Bahan bakar yang dapat dibakar dalam boiler ini adalah batubara, barang tolakan dari tempat pencucian pakaian, sekampadi, bagas, tempurung kelapa dan limbah pertanian lainnya[8].

Untuk Pembangkit listrik biomassa dengan pembakaran langsung memiliki komponen komponen utama pembangkit, diantaranya : (1) boiler yang berfungsi untuk mengkonversi fluida menjadi steam. Steam, (2) turbin yang berfungsi mengkonversi steam bertekanan menjadi energi mekanik yang menggerakkan generator, (3) kondensor merupakan komponen power plant yang berfungsi mengkonversi steam bertekanan rendah berubah menjadi air dan melepaskan panas ke lingkungan, (4) pompa merupakan komponen pembentuk sistem power plant yang berfungsi untuk menekan air dari keluaran kondensor, sehingga masuk dalam boiler untuk di panaskan menjadi steam [7], dengan potensi biomasa yang dimiliki dan penggunaan teknologi yang tepat dapat memenuhi kebutuhan energi bagi masyarakat desa dwi Tunggal dan meningkatkan perekonomian.

Berdasarkan uraian di atas tidak menutup kemungkinan potensi biomassa pada desa Dwi Tunggal dapat di manfaatkan sebagai pemenuh kebutuhan masyarakat akan energi, dengan dilakukannya penelitian dan perhitungan lebih lanjut. Menurut UU Nomor 30 tahun 2017 dalam pasal 21 dinyatakan bahwa pemerintah (baik pusat maupun daerah) berkewajiban menyediakan energi terutama untuk daerah yang belum berkembang, daerah terpencil dan daerah perdesaan dengan menggunakan sumber energi setempat khususnya sumber energi terbarukan. Penyediaan energi tersebut diharapkan dapat mendorong peningkatan pelaksanaan kegiatan ekonomi komersial dikalangan masyarakat. Selain itu secara social diharapkan ketersediaan energi dapat meningkatkan peranserta masyarakat dalam mengembangkan energi tersebut tuntut kepentingan umum. Serta Undang Undang ini memberi peluang besar kepada pihak swasta dalam mengembangkan sector ketenagalistrikan, baik peluang dalam pembangkitan, transmisi, ataupun distribusi tenagalistrik dalam skala nasional, provinsi, dankabupaten[9].

Dengan penjabaran diatas serta Undang undang yang menjelaskan pemerintah memberikan perhatian khusus terhadap daerah terpencil terkait



penyediaan energi dan mengingat begitu besarnya ketersediaan biomassa yang pemanfaatannya masih minim, perlu dilakukan penelitian untuk mengukur seberapa besar potensi energi dan tingkat kelayakan biomassa menjadi salah satu pengganti bahan bakar PLTU secara teknis maupun ekonomi. Maka dari itu penulis perlu melaksanakan penelitian yang berjudul **“Analisa Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Berbasis Biomassa. Studi Kasus Kecamatan Rangsang, Desa Dwi Tunggal”**.

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





1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan dalam penelitian ini adalah :

1. Potensi sumber energi biomassa (tempurung kelapa) di Desa Dwi Tunggal yang masih belum dimanfaatkan secara optimal dan ekonomis. Bagaimana tingkat kelayakan pembangkit listrik tenaga uap berbasis biomassa dari tempurung kelapa berdasarkan aspek teknis. Bagaimana tingkat kelayakan pembangkit listrik tenaga uap berbasis biomassa dari tempurung kelapa berdasarkan aspek ekonomi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui dan mengkaji seberapa besar potensi energi yang terkandung dari pengelolaan biomassa (tempurung kelapa) sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap.
2. Melakukan perhitungan yang meliputi aspek-aspek teknis terkait potensi energi yang dapat di bangkitkan dari pengolahan biomasa (tempurung kelapa).
3. Melakukan perhitungan yang meliputi aspek aspek ekonomi.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis membahas tentang:

1. Penelitian ini difokuskan hanya untuk membahas potensi pemanfaatan biomassa (tempurung kelapa), sebagai bahan baku pengganti bahan bakar PLTU.
2. Pembahasan prinsip kerja PLTU biomassa secara umum, tidak membuat alat.
3. Aspek teknis mencakup Perhitungan Potensi Biomassa
4. Aspek ekonomi mencakup analisa ekonomi yaitu perhitungan biaya investasi, biaya operasional & perawatan PLTU tersebut.

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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



1.5 Manfaat Penelitian

- Secara praktis, penelitian ini memiliki beberapa manfaat antara lain:
1. Meningkatkan pemanfaatan Energi Baru Terbarukan sebagai upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil atau konvensional.
 2. Untuk menambah wawasan dan memahami tentang biomassa
 3. Untuk Mengusulkan rekomendasi hasil perencanaan PLTU berbasis biomassa di Desa DwiTunggal.
 4. Mampu meringankan permasalahan minimnya suplai energi listrik.
 5. Dapat digunakan sebagai acuan dalam membangun pembangkit listrik PLTU berbasis biomassa maupun sebagai acuan untuk penelitian lanjutan.

© Hak cipta dimiliki UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

UIN SUSKA RIAU



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENELITIAN TERKAIT

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan penelitian literatur untuk mencari referensi yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang relevan, yang dapat dipecahkan dari buku, jurnal dan artikel terkait. Beberapa perguruan tinggi di luar Indonesia dan Indonesia telah melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan baku biomassa.

Agung Wijono [10] melakukan studi kelayakan dan studi dampak lingkungan yang disebut "PLTU biomassa balok kosong kelapa sawit". Persentase kandungan minyak sawit dalam tandan buah segar (TBS) sekitar 24%, dan persentase tandan kosong kelapa sawit (EFB) untuk tandan buah segar sekitar 21%. Dengan demikian, potensi bale kosong kelapa sawit per tahun sekitar 22,75 juta ton dengan kadar air 60% atau 9,1 juta ton ton kering. Kadar energi timbunan kosong kering sekitar 18,795 MJ / ton, dan efisiensi pembangkit listrik biomassa kecil sekitar 20%, sehingga dapat menghasilkan listrik dengan kapasitas 1.085 Gwe. Potensi ini berpeluang untuk membangun PLTU biomassa kecil di sekitar tanaman kelapa sawit (PKS).

Gideon Rewin Napitupulu [11] dalam studi berjudul "Studi Kelayakan Ekonomi Bahan Bakar Serat dan Sekam Kelapa Sawit Sebagai Tenaga Rumah Tangga". Kelayakan ekonomis penggunaan PLTU dibahas dengan membandingkan sisa bahan bakar yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit dengan listrik yang dihasilkan oleh generator rumah tangga. Turbin uap menghasilkan daya 1500 kW dan beroperasi saat pembangkit sedang berjalan. Beban turbin merupakan pabrik dan cangkang PT. Perkebunan Minanga Ogan. Sebuah boiler dengan kapasitas 19 Bar dapat menghasilkan 3 unit steam dan menjalankan 2 unit dengan bahan bakar fiber dan refined shell. Pabrik berhenti berproses, dan listrik rumah berasal dari 2 genset yang berkapasitas 301 kW dan menggunakan solar sebagai bahan bakar. Setiap generator memiliki bunga 12% dan harga listrik 6% seharga Rp. 920, - / kWh, Rp. 807, - / kWh PLTU dan Rp. 2.337, - / kWh, Rp. 2.322, - // Nilai kalor kWh PLTD dan bahan bakar fiber= 2.770.544 kkal / Kg = 3.222 kWh, shell = 3.881,15 kkal / Kg = 4.513 kWh, solar = 2.149,75 kkal = 2.5 kWh

Agus Dwi Putradkk [12] dalam penelitian potensi limbah biomassa kelapa sawit bernama PT sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Perkebunan Nusantara



XIII PKS Parindu, Pengolahan Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara XIII PKS Parindu menghasilkan hingga 5,45 ton limbah biomassa berupa TKS. Serat mencapai 3,79 ton / jam dan cangkang hingga 1,54 ton / jam. Setiap limbah pengolahan PKS memiliki energi yang berbeda-beda, diantaranya energi TKKS terbesar yaitu 102.451.545 kJ / jam, disusul serat 72.256.560 kJ / jam, dan lapisan cangkang 205.661.372 kJ / jam. PT TKKS limbah biomassa Perkebunan Nusantara XIII PKS Parindu memiliki potensi listrik 5,9 MW, fiber 4,2 MW, cangkang 1,8 MW, dan potensi total 12 MW. Pabrik kelapa sawit menggunakan energi listrik 4 MW. 1 ton TKKS akan menghasilkan tenaga 1,08 MW, sedangkan 1 ton bahan bakar fiber akan menghasilkan tenaga 1,10 MW, dan 1 ton bahan bakar batok akan menghasilkan tenaga 1,16 MW. Dengan pembangkit listrik tahunan sebesar 87.933.073.536 kWh dan daya terpasang generator sebesar 12 MW, kapasitas pembangkit listrik akan mencapai 83,6%.

Dasanayaka [13] melakukan studi berjudul "Risiko kelayakan ekonomi dan finansial dalam mengurangi dampak lingkungan melalui pembangkit listrik limbah padat kota", yang mengambil contoh di provinsi barat Sri Lanka. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan ekonomi pembangkitan listrik dari sampah kota (sampah kota) di Sri Lanka bagian barat. Meskipun biaya investasi tinggi dan teknologi proses yang canggih, studi ini tetap merekomendasikan penggunaan teknologi termal, seperti gasifikasi atau pirolisis. Dua skenario telah dianalisis, dan analisis keuangan dasar menunjukkan bahwa kedua skenario tersebut layak. Namun, analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kenaikan biaya dan pengurangan 10% pendapatan proyek akan menghasilkan nilai NPV negatif, diskon 12%, dan tingkat pengembalian internal lebih rendah daripada biaya modal. Oleh karena itu, proyek ini memiliki risiko tinggi, namun jika dilaksanakan, akan menyelesaikan masalah pembuangan limbah domestik perkotaan di Sri Lanka dan membawa banyak manfaat lingkungan dan kesehatan lainnya.

Septiaji Harnowo [19] melakukan penelitian "analisis kinerja pembangkit listrik tenaga biomassa sawit (PLTBS) pabatu PT. Perkebunan nusantara IV", pada penelitian ini peneliti berfokus pada analisis teknis kinerja pembangkit listrik tenaga biomassa sawit (PLTBS) yang sudah ada di PT Perkebunan Nusntara IV. Dari hasil analisis dapat disarikan mengenai parameter yang menjadi indikator kinerja pembangkit uap berbasis biomassa cangkang kelapa sawit PLTBS pabatu meliputi actual steam rate, fule rate dan plan heat rate serta efisiensi boiler.

Dari beberapa studi yang telah disebutkan di atas, banyak keuntungan dan



kerugiannya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di atas, sebagian besar pembangkit listrik hanya digunakan untuk kebutuhan dan konsumsi di sekitar pabrik. Oleh karena itu lakukanlah penelitian yang dapat dirasakan oleh masyarakat sekitar generator. Gabungkan beberapa metode terbaik dan sesuaikan dengan kondisi lingkungan yang ada untuk mendapatkan efek terbesar. Menurut undang-undang ketenagalistrikan yang dirinci dalam bab 1, pemerintah berkepentingan untuk memberikan perhatian khusus pada daerah terpencil dengan memanfaatkan potensi energi daerah terpencil. Pada penelitian ini akan digunakan metode pembakaran langsung moda fluidized bed combustion (FBC) untuk memanfaatkan potensi biomassa limbah perkebunan kelapa di Desa Dwi Tunggal. Metode pembakaran ini tampaknya menjadi metode alternatif yang berbeda dengan metode konvensional. Dibandingkan dengan sistem pembakaran, sistem ini memiliki keunggulan yang signifikan dan memberikan banyak keuntungan dari desain boiler, seperti struktur kompak, bahan bakar fleksibel, efisiensi pembakaran yang tinggi, dan sangat sedikit emisi polutan yang berbahaya [8].

2.2 Biomassa

Menurut penjelasan IEA (International Energy Association, www.Iea.Org), BIOMASS merupakan materi yang berasal dari segala hayati, termasuk bahan bakar fosil atau gambut, yang memiliki energi kimiawi (asalnya diperoleh dari matahari) dan dapat diubah menjadi berbagai sumber energi. . Pembawa. lain. Biomassa dapat datang dalam berbagai bentuk, antara lain biofuel atau minyak pirolisis untuk cairan, biogas dan biometana untuk gas, atau pelet dan arang (arang) dalam bentuk biomassa padat [14].

Dari perspektif kehutanan, FAO adalah definisi dari World Forestry Institute, yaitu biomassa adalah total bahan organik di atas permukaan tanah pada tumbuhan, dinyatakan dalam berat kering per satuan luas [14].

Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan berupa produk atau limbah melalui proses fotosintesis. Contoh biomassa adalah tanaman, tumbuh-tumbuhan, limbah pertanian, limbah hutan dan kotoran ternak. Energi biomassa dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi), karena sebagian sifatnya yang menguntungkan adalah terbarukan dan relatif bebas sulfur, sehingga dapat digunakan secara berkelanjutan untuk menghindari pencemaran udara dan peningkatan energi. efektivitas. Hutan dan pertanian [14].



2.2.1 Jenis-jenis Biomassa

2.2.1.1 Biomassa Kering

Biomassa kering ini bisa didapatkan dari bahan tanaman di hutan atau areal pertanian. Umumnya hanya kayu yang dianggap memiliki nilai ekonomi hutan, seperti bahan baku pulp, woodworking atau kayu bakar. Selama kayunya masih berada di dalam hutan atau setelah masuk industri, peluang kayu untuk dimanfaatkan untuk bioenergi sangat besar [14].

Tingkat pemanfaatan kayu yang ditebang untuk kertas / bahan baku pertukangan hanya mendekati 50%. Sisanya tidak ada gunanya, apalagi pemborosan. Apalagi setelah masuk industri, masih banyak suku cadang kayu yang tidak terpakai. Sisanya bisa digunakan untuk bioenergi. Listrik yang digunakan untuk menghasilkan listrik diperoleh dari panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa kering. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memanaskan air sehingga setelah menghasilkan uap panas, uap panas dapat mengalir untuk menggerakkan baling-baling pada turbin uap. Oleh karena itu, yang harus dihindari adalah terbentuknya pembakaran tidak sempurna, karena gas karbon monoksida (CO) dihasilkan selama proses pembakaran tidak sempurna yang mengancam kesehatan dan wilayah. Tak hanya itu, panas yang dihasilkan juga berkurang [14].

2.2.1.2 Biomassa Basah

Pertama, perlu dilakukan perubahan biomassa basah berupa kotoran ternak atau limbah rumah tangga melalui proses anaerobik untuk menghasilkan gas metan yang dapat digunakan untuk menggerakkan generator. Proses ini disebut proses biogas. Umumnya biogas mengkonsumsi lebih banyak kotoran ternak. Sementara itu, limbah domestik masih belum banyak dimanfaatkan dalam biogas yang sebagian besar berupa bahan organik (74%), dan sisanya 26% berupa bahan yang sulit terurai. Pada saat yang sama, biogas lebih banyak digunakan untuk memasak daripada kompor kayu bakar atau kompor minyak tanah [14].

2.2.2 Sumber-sumber Biomassa

Sampah sebagai sumber biomassa dapat diperoleh dari limbah pertanian, limbah tanaman, limbah industri kehutanan, dan limbah organik di pemukiman / perkotaan. Berbagai bahan limbah pertanian dapat diperoleh dan digunakan sebagai sumber biomassa, yang terpenting adalah bahan limbah tersebut terjalin selama proses pasca panen dan dalam pengolahan hasil panen di pabrik pengolahan. Contoh sederhananya, jerami padi di ladang menjadi limbah saat panen padi, dan sekam padi didapat saat gabah diolah di pabrik



pengolahan padi. Di perkebunan, sampah juga dikumpulkan saat panen, namun saat panen di pabrik jumlah sampah akan lebih banyak [14].

Terbuang dan diikat ke perkebunan, tanaman tersebut harus ditanam kembali untuk mencapai hasil penanaman terbaik. Misalnya di perkebunan sawit, limbah di lapangan hanya muncul berupa daun-daun yang gugur dan pelepah tua atau penggantian tanaman sawit yang sudah tua. Namun, saat pengolahan tandan buah segar di pabrik pengolahan kelapa sawit (PKS), jumlah dan jenis limbahnya akan meningkat. Limbah yang dihasilkan PKS berupa benang kosong (22-24%), serat (12-14%), cangkang sawit (5-8%) dan limbah cair atau 50% limbah tanaman kelapa sawit (POME) per ton benang. PKS mengolah buah segar (TBS) [14].

Sampah organik perumahan / perkotaan hasil surplus penduduk di tingkat rumah tangga, restoran, pasar dan pasar merupakan bahan baku biomassa. Meskipun suatu kota memiliki kemampuan untuk menyediakan sampah dalam jumlah besar, misalnya Tangerang memiliki 4.000 ton sampah per hari, dan dapat memperoleh kualitas dari bahan baku dan teknologi pengolahan yang seragam, namun tetap perlu memperhatikan semua aspek peraturan dan kebijakan pemerintah, serta meningkatkan kesadaran warga terhadap sampah. Memahami pengumpulan sampah dan mengirimkannya ke sistem yang diatur oleh pemerintah [14].

2.3 Buah Kelapa

Tanaman kelapa disebut juga tanaman serba guna karena sangat bermanfaat mulai dari akar hingga daunnya, serta buahnya. Buah merupakan bagian utama dari tanaman kelapa dan dapat digunakan sebagai bahan baku industri. Buah kelapa terdiri dari beberapa bagian yaitu batok kelapa, daging buah kelapa dan air kelapa. Pulp merupakan komponen utama yang dapat diolah menjadi berbagai produk bernilai ekonomi tinggi. Bersamaan dengan itu, sebagai hasil samping buah kelapa, air, batok dan batok kelapa juga dapat diolah menjadi berbagai produk yang bernilai ekonomis tidak kalah dengan ampasnya [6].

2.3.1 Tempurung kelapa

Batok kelapa merupakan lapisan keras yang tersusun atas lignin, selulosa, metoksil dan mineral. Bahan-bahannya bervariasi menurut jenis kelapa. Berat dan ketebalan cangkang sangat tergantung pada jenis tanaman kelapa. Dibandingkan dengan kelapa campur dan kelapa instan, kulit kelapa bagian dalam lebih berat dan lebih tebal. Berat tempurung sekitar 15-19% dari berat buah kelapa, dengan ketebalan 3-5 mm. Komposisi



kimia cangkang meliputi: selulosa 26,60%, pentosan 27,70%, lignin 29,40%, abu 0,60%, ekstrak pelarut 4,20%, uranat anhidrat 3,50%, nitrogen 0,11% dan air 8,00%. Nilai kalori yang terkandung dalam cangkang tersebut berkisar antara 18200 kJ / kg hingga 19338,05 kJ / kg [6].

2.3.2 Serabut Kelapa

Sabut kelapa merupakan bagian terluar dari buah kelapa yang membungkus sabut kelapa. Ketebalan batok kelapa 5-6 cm terdiri dari lapisan luar (exocarp) dan lapisan dalam (endocarp). Endocarp mengandung serat halus dan dapat digunakan sebagai bahan untuk tali karung, pulp, karpet, sikat, keset, bahan insulasi panas dan suara, filter, pengisi jok / jok mobil dan papan kayu keras. Satu buah kelapa dapat menghasilkan 0,4 kg sabut kelapa yang mengandung 30% serat. Komposisi kimiawi tempurung kelapa meliputi selulosa, lignin, asam pirogolat, gas, arang, tar, tanin dan kalium [6].

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Biomassa

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Jenis pembangkit listrik tenaga termal yang paling banyak digunakan di Indonesia, karena efisiensi yang tinggi sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis. PLTU merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Pada dasarnya kinerja PLTU biomassa hampir sama dengan PLTU batubara, namun dari segi bahan bakar, PLTU biomassa ini menggunakan bahan bakar dari biomassa. Jika digunakan sebagai bahan bakar utama PLTU biomassa yang menggunakan batok kelapa sebagai bahan bakar pemanas air di dapur boiler, maka akan sangat membantu pengoperasian PLTU [14].

2.5 Komponen utama PLTU Biomassa

2.5.1 Boiler

Boiler merupakan bagian dari suatu industri dengan fungsi yang sangat penting. Selain mempengaruhi proses produksi, boiler juga banyak digunakan sebagai sumber pembangkit listrik. Secara umum, boiler terdiri dari beberapa sistem, antara lain sistem pasokan air, sistem uap, dan sistem bahan bakar yang terintegrasi ke dalam satu unit. Sistem suplai air digunakan sebagai suplai air boiler yang otomatis bekerja sesuai dengan kebutuhan steam dan kapasitas boiler itu sendiri. Sistem uap menyediakan uap air untuk proses di pabrik lain [15].



Komponen utama boiler antara lain: *wall tube*, *main drum*, *primary superheater*, *secondary superheater*, *reheater* dan *economizer*. Komponen pendukungnya antara lain: kipas ventilasi paksa, pemanas MFO, koil pemanas awal udara, pemanas udara, burner, kipas resirkulasi gas, blower jelaga, dan katup pengaman.

Wall Tube

Dinding boiler terdiri dari tabung-tabung yang dihubungkan dengan membran, sehingga disebut tabung dinding. Air yang mengalir di dalam tabung dinding akan direbus. Dinding tabung boiler merupakan tabung (*ribbed tube*) dengan ulir internal yang bertujuan agar aliran air di *wall tube* berputar (aliran turbulen), sehingga penyerapan panas lebih merata, dan untuk mencegah penguapan awal air pada dinding tabung. Panas berlebih yang dihasilkan menerima panas radiasi langsung dari ruang bakar. Pada bagian bawah pipa dinding terdapat dua buah header yang digunakan untuk mengalirkan air dari *downcomer*, *downcomer* adalah pipa yang menghubungkan *steam bucket* ke bagian bawah header bawah. Untuk mencegah panas menyebar dari dalam tungku ke luar melalui tabung dinding, dinding isolasi yang terbuat dari serat mineral dipasang di bagian luar tabung dinding [15].

Steam Drum.

Komponen *steam drum* antara lain: *feed pipe*, *chemical feed pipe*, *sampling pipe*, *baffle pipe*, *spreader*, *scrubber*, *dryer* dan kotak pengering. Ketinggian air drum harus dijaga setengah dari ketinggian drum. Oleh karena itu jumlah air yang diinjeksikan ke *steam drum* harus sebanding dengan banyaknya air yang keluar dari *steam drum* agar ketinggian air tetap konstan. Batas ketinggian air maksimum dan minimum dalam drum adalah dari jam 0 (setengah tinggi drum) hingga -250 mm hingga 250 mm. Setel ketinggian air dengan menyesuaikan katup kontrol aliran. Jika level air di drum terlalu rendah akan menyebabkan pipa boiler menjadi terlalu panas, dan jika level air di drum terlalu tinggi, tetesan air dapat masuk ke turbin dan merusak turbin [15].

Superheater

Fungsi dari *superheater* adalah untuk meningkatkan temperatur steam jenuh menjadi steam yang lebih panas dengan menggunakan gas panas hasil pembakaran. Uap yang masuk ke *superheater* berasal dari *steam drum*. *Superheater* terbagi menjadi dua, yaitu *superheater primer* dan *superheater sekunder*. *Superheater primer* digunakan untuk menaikkan suhu steam jenuh dari *steam drum* dengan menggunakan gas panas yang dihasilkan dari pembakaran, sehingga menjadi steam yang lebih panas. Suhu



masuk dari superheater primer adalah 304oC dan suhu outlet 414oC. Superheater Sekunder Superheater sekunder terletak di bagian saluran gas yang sangat panas, yang terletak di atas ruang bakar dan menerima panas radiasi langsung dari ruang bakar. Temperatur steam yang masuk ke secondary superheater adalah 414oC, temperatur outlet 541oC, dan tekanan 169 kg / cm². Kemudian uap dari superheater sekunder akan digunakan untuk memutar turbin bertekanan tinggi [15].

4 Reheater

Reheater memanaskan kembali uap dari turbin HP dengan menggunakan gas pembakaran yang masih panas. Pemanasan ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Perpindahan panas terpenting dalam reheater adalah perpindahan panas konvektif. Efek perpindahan panas radiasi ke reheater sangat kecil, sehingga biasanya dapat diabaikan. Suhu steam yang masuk ke dalam reheater adalah 335oC, tekanannya 42,8 kg / cm², temperatur outletnya 541oC, dan tekanannya 39 kg / cm². Kemudian uap tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin IP, dan setelah uap tersebut keluar dari turbin IP, uap tersebut langsung digunakan untuk memutar turbin LP tanpa pemanasan ulang [15].

5 Economizer

Economizer menyerap panas dari gas hasil pembakaran setelah melewati superheater untuk memanaskan air pengisi sebelum masuk ke drum game. Panas air umpan adalah panas sensibel. Pemanasan air ini dilakukan agar perbedaan temperatur antara air pengisi dan air di dalam steam bucket tidak terlalu tinggi, sehingga tidak terjadi tekanan termal (stress akibat pemanasan) pada game bucket. Selain itu, dengan menggunakan gas sisa hasil pembakaran maka efisiensi boiler akan meningkat, dan proses pembentukan steam akan lebih cepat. Economizer berbentuk pipa air dan dipasang di mana gas hasil pembakaran lewat di depan water heater. Perpindahan panas yang terjadi pada economizer terjadi pada arah berlawanan dari aliran kedua fluida (arus berlawanan). Air pengisi dari steam drum mengalir ke atas menuju steam drum, sedangkan udara yang dipanaskan mengalir ke bawah [15].

2.5.1.1 Jenis-jenis Boiler

Bagian ini menjelaskan berbagai jenis boiler: boiler tabung api, boiler tabung air, boiler lengkap, boiler pembakaran fluidized bed, boiler pembakaran fluidized bed besar, boiler pembakaran fluidized bed bertekanan, boiler pembakaran unggun terfluidisasi yang

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



bersirkulasi, Stowe Boiler berbahan bakar Gram, boiler bahan bakar bubuk, boiler limbah panas dan pemanas fluida termal [15].

2.5.1.2 Fire Tube Boiler

Dalam boiler tabung api, gas panas melewati pipa dan air umpan boiler diubah menjadi uap di dalam casing. Boiler tabung api biasanya digunakan untuk kapasitas uap yang relatif kecil dan tekanan uap rendah hingga sedang. Sebagai pedoman, boiler tabung api memiliki kecepatan uap hingga 12.000 kg / jam dan tekanan hingga 18 kg / cm². Boiler tabung api dapat menggunakan minyak, gas alam atau bahan bakar padat dalam pengoperasiannya. Untuk alasan ekonomi, sebagian besar boiler tabung api diproduksi sebagai boiler "paket" (dirakit oleh pabrik) untuk semua bahan bakar [15].

2.6.1.3 Water Tube Boiler

Pada water tube boiler, air umpan boiler mengalir ke drum melalui pipa-pipa. Air yang bersirkulasi yang dipanaskan oleh gas pembakaran membentuk uap di area uap di drum. Jika ada permintaan tinggi untuk uap dan tekanan uap (seperti ketel di pembangkit listrik), pilih ketel ini. Ini adalah boiler tabung air yang sangat modern dengan kapasitas uap yang dirancang antara 4.500-12.000 kg / jam dan tekanan tinggi. Jika minyak dan gas alam digunakan, banyak boiler tabung air yang dikemas. Untuk pipa air yang menggunakan bahan bakar padat biasanya tidak didesain di dalam kemasannya. Karakteristik boiler tabung air adalah sebagai berikut [15].:

1. Forced, induced dan balanced draft membantu untuk meningkatkan efisiensi pembakaran
2. Air yang dihasilkan oleh instalasi pengolahan air memiliki toleransi yang buruk.
3. Memungkinkan untuk tingkat efisiensi panas yang lebih tinggi.

2.5.1.3 Paket Boiler

Karena merupakan paket lengkap, maka disebut boiler paket. Saat Anda meninggalkan pabrik, Anda hanya membutuhkan pipa uap, pipa air, suplai bahan bakar, dan sambungan listrik untuk beroperasi. Kemasan boiler biasanya shell and tube, dan desain tabung api memiliki kecepatan perpindahan panas yang tinggi, serta memiliki efek radiasi dan konveksi [15].

2.5.1.4 Boiler Pembakaran dengan Fluidized Bed (FBC)

Fluidized bed combustion (FBC) telah menjadi alternatif yang layak. Metode ini memiliki keunggulan yang jelas dibandingkan sistem pembakaran konvensional dan



memiliki banyak keuntungan - desain compact boiler, fleksibilitas bahan bakar, efisiensi pembakaran yang tinggi, dan pengurangan polutan berbahaya (seperti emisi SO_x). NO_x. Bahan bakar yang dapat dibakar oleh boiler adalah batubara, pengusir nyamuk, sekam padi, ampas tebu dan limbah pertanian lainnya [15].

Kapasitas boiler unggun terfluidisasi berkisar dari 0,5T / jam hingga lebih dari 100T / jam. Ketika udara atau gas didistribusikan secara merata ke atas melalui lapisan partikel padat (seperti pasir) yang didukung oleh filter halus, tidak akan mengganggu partikel pada kecepatan rendah. Dengan peningkatan kecepatan aliran udara secara bertahap, keadaan partikel tersuspensi di aliran udara-bed disebut fluidized bed [13].

Dengan peningkatan kecepatan udara selanjutnya, pembentukan gelembung, turbulensi yang kuat, pencampuran yang cepat, dan pembentukan permukaan lapisan padat terjadi. Lapisan partikel padat menunjukkan sifat-sifat cairan yang mendidih, yang terlihat seperti "gelembung lapisan terfluidisasi" fluida. Jika pasir terfluidisasi dipanaskan sampai suhu nyala batubara dan batubara diinjeksikan secara terus menerus ke dalam lapisan batubara, batubara akan terbakar dengan cepat dan lapisan batubara akan mencapai suhu yang seragam [15].

Fluidized bed combustion (FBC) dilakukan pada suhu lingkungan 840oC hingga 950oC. Karena suhu ini jauh lebih rendah daripada suhu leleh abu, pelelehan abu dan masalah terkait dapat dihindari. Karena pencampuran yang cepat dari unggun terfluidisasi dan ekstraksi panas yang efisien dari unggun melalui perpindahan panas dalam pipa dan dinding unggun, suhu pembakaran yang lebih rendah dapat dicapai. Kecepatan gas dicapai antara kecepatan fluidisasi minimum dan kecepatan masuk partikel. Hal ini memastikan operasi unggun yang stabil dan mencegah partikel tertinggal di saluran gas [15].

2.5.1.5 Atmospheric Fluidized Bed Combustion (AFBC) Boiler

Boiler pembakaran unggun terfluidisasi besar (AFBC). Alat ini hanyalah shell boiler konvensional biasa yang dihubungkan ke burner unggun terfluidisasi. Sistem tersebut telah dipasang bersama dengan boiler tabung air konvensional / boiler tabung air [15].

2.5.1.6 Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC) Boiler

Pada tipe Pressurized Fluidized bed Combustion (PFBC), sebuah kompresor memasok udara Forced Draft (FD), dan pembakarnya merupakan tangki bertekanan. Laju panas yang dilepas dalam bed sebanding dengan tekanan bed sehingga bed yang dalam digunakan untuk mengekstraksi sejumlah besar panas. Hal ini akan meningkatkan efisiensi



pembakaran dan peyerapan sulfur dioksida dalam bed. Steam dihasilkan didalam dua ikatan pipa, satu di bed dan satunya lagi berada diatasnya.

Gas panas dari cerobong menggerakkan turbin gas pembangkit tenaga. Sistem PFBC dapat digunakan untuk pembangkitan kogenerasi (steam dan listrik) atau pembangkit tenaga dengan siklus gabungan/ combined cycle. Operasi combined cycle (turbin gas & turbin uap) meningkatkan efisiensi konversi keseluruhan sebesar 5 hingga 8 persen [13].

2.5.1.7 Atmospheric Circulating Fluidized Bed Combustion Boilers (CFBC)

Dalam sistem sirkulasi, parameter unggun tetap tidak berubah untuk membentuk padatan yang melayang dari unggun. Padatan naik dalam keadaan relatif terlarut selama proses pengangkatan padatan, dan downcomer dengan pemisah siklon adalah aliran sirkulasi padat. Tidak ada tabung penghasil uap di atas tempat tidur. Pembangkitan uap dan pemanasan berlebih terjadi di bagian konveksi (dinding air) di outlet riser. Boiler CFBC umumnya lebih ekonomis dibandingkan boiler AFBC, untuk aplikasi industri membutuhkan steam lebih dari 75-100 T / jam [15].

2.5.1.8 Stoker Fired Boilers

Stokers diklasifikasikan menurut metode pengumpanan bahan bakar ke tungku dan oleh jenis grate nya. Klasifikasi utamanya adalah spreader stoker dan chain-gate atau traveling-gate stoker [15].

2.5.1.9 Pulverized Fuel Boiler

Sebagian besar boiler pembangkit listrik tenaga batu bara menggunakan batu bara bersih, dan banyak ketel pipa air di industri besar juga menggunakan batu bara bersih. Teknologi ini telah matang dan ada ribuan perangkat di seluruh dunia, dan jenis kapasitas pembakaran batubara melebihi 90% [15].

2.5.1.10 Boiler Limbah Panas

Tidak peduli di mana ada limbah panas pada suhu sedang atau suhu tinggi, boiler panas limbah dapat dipasang secara ekonomis. Jika kebutuhan steam lebih besar dari jumlah steam yang dihasilkan dengan menggunakan gas buang panas, dapat digunakan burner tambahan yang menggunakan bahan bakar. Jika uap tidak langsung dapat digunakan, generator turbin uap dapat digunakan untuk menggunakan uap tersebut untuk pembangkit listrik. Ini banyak digunakan untuk memulihkan panas dari gas buang turbin gas dan mesin diesel [13].



2.5.1.11 Pemanas Fluida Termis

Saat ini, pemanas fluida termal banyak digunakan untuk pemanasan proses tidak langsung dalam berbagai aplikasi. Dengan menggunakan minyak bumi sebagai media perpindahan panas, pemanas dapat memberikan suhu yang konstan. Sistem pembakaran terdiri dari laju tungku tetap dengan ventilasi mekanis. Pemanas fluida termal bahan bakar modern terdiri dari kumparan ganda, struktur tiga lintasan, dan dilengkapi dengan sistem injeksi tekanan. Cairan panas yang digunakan sebagai pembawa panas dipanaskan di pemanas dan diedarkan melalui peralatan pengguna. Di sini, fluida mentransfer panas ke proses melalui penukar panas, dan kemudian fluida kembali ke pemanas. Aliran fluida termal di ujung pengguna dikendalikan oleh katup kontrol, yang dioperasikan secara pneumatik sesuai dengan suhu kerja. Pemanas bekerja di bawah api tinggi atau rendah sesuai dengan suhu pengembalian oli, dan suhu kembali oli bervariasi dengan beban sistem [15].

2.5.2 Turbin

Turbin uap merupakan salah satu bentuk penggerak awal yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik, kemudian menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin dihubungkan langsung atau melalui peredam ke mekanisme yang akan digerakkan. Tergantung pada jenis mekanisme yang digunakan, turbin uap dapat digunakan di berbagai bidang seperti industri, pembangkit listrik, dan transportasi. Dalam proses pengubahan energi potensial menjadi energi mekanik (yaitu dalam bentuk putaran poros), dilakukan dengan berbagai cara.

Sebuah turbin uap pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor, yang merupakan komponen utama turbin, dan kemudian ditambahkan komponen lainnya, termasuk bantalan, bantalan dan sistem bantu lainnya serta penunjang lainnya agar turbin bekerja lebih baik. Karena peningkatan energi panas, turbin uap memanfaatkan peningkatan energi kinetik fluida kerja.

Turbin uap merupakan penggerak utama, mengubah energi potensial menjadi energi kinetik, kemudian mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin dihubungkan langsung melalui mekanisme penggerak atau melalui komponen lain. Menurut jenis mekanisme yang digerakkan oleh turbin uap, dapat digunakan di berbagai bidang industri, seperti pembangkit listrik [15].

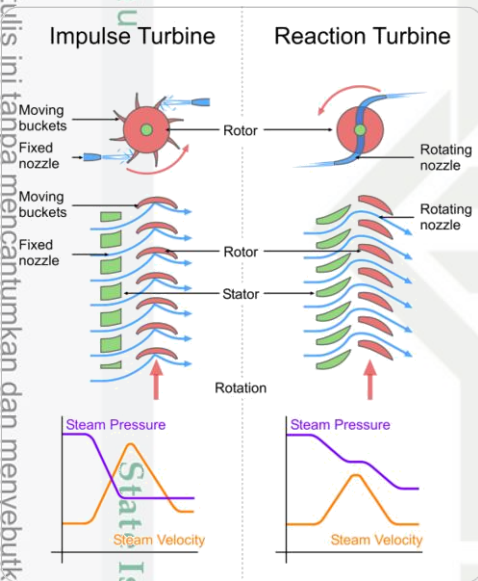


Turbin uap digunakan sebagai titik awal PLTU, seperti pompa propulsi, kompresor, dll. Dibandingkan dengan penggerak generator lainnya, turbin uap memiliki keunggulan lain terutama:

- a. Lebih baik dalam penggunaan panas.
- b. Lebih mudah mengontrol putaran.
- c. Tidak menghasilkan loncatan bunga api listrik
- d. Uap bekasnya dapat digunakan kembali untuk proses.

Siklus yang terjadi pada turbin uap adalah siklus Rankine, yaitu siklus tertutup dimana uap bekas dari turbin didinginkan di dalam kondensor dan kemudian dialirkan kembali ke pompa. Lingkaran yang diisi.

Secara umum, turbin uap dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu turbin pulsa, turbin reaksi, dan turbin gabungan. Klasifikasi ini didasarkan pada bagaimana mendapatkan konversi energi potensial menjadi energi kinetik melalui ledakan uap [15].



Gambar 2.1. Turbin Impuls VS Turbin Reaksi

(Sumber : Dietzel)

Turbin impuls mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik pada nosel (nosel dibentuk oleh bilah tetap yang berdekatan). Nosel menunjuk ke bilah yang bisa digerakkan. Dalam pisau yang dapat digerakkan, energi kinetik diubah menjadi energi mekanik. Energi potensial steam dihasilkan dalam bentuk pemuaihan steam yang diperoleh dari perubahan tekanan awal ke tekanan akhir pada kelompok nosel atau nosel yang terletak di depan sudu-sudu cakram yang berputar. Setelah tekanan uap di nosel berkurang, panas yang dihasilkan di nosel berkurang. Hal ini menyebabkan peningkatan kecepatan

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.



(energi kinetik) uap yang keluar dari nosel. Kemudian, kecepatan uap yang disemprotkan dari nosel dapat diarahkan ke bilah yang bergerak (bilah cakram yang berputar), dengan demikian menerapkan gaya pulsa ke bilah yang bergerak, dengan demikian memutar bilah [15].

Singkatnya, prinsip kerja turbin pulsa adalah turbin, proses pemuaiannya yang lengkap hanya berlangsung dalam pipa tetap (nozzle), dan kecepatannya dapat diubah menjadi pekerjaan mekanis pada bilah turbin. Kecepatan uap turbin jenis ini bisa mencapai 4200 / detik. Turbin jenis ini awalnya diproduksi oleh de Laval dan dapat berjalan pada kecepatan 30.000 rpm. Dalam aplikasinya, pulse turbine dilengkapi dengan reduksi gear untuk mengirimkan torsi ke mekanisme yang akan digerakkan, seperti generator [15].

Turbin reaktif adalah turbin yang pemuaiannya tidak hanya terjadi di jalur baling-baling pemandu (nozzle), tetapi juga di jalur bilah yang bergerak (bilah cakram berputar), sehingga terjadi pengurangan panas total tiap level, sehingga membuat Panas didistribusikan secara merata. Turbin jenis ini biasanya digunakan untuk keperluan industri. Kecepatan uap di turbin (biasanya meningkat sendiri) sangat rendah, sekitar 100-200 m / detik [15].

2.5.2.1 Klasifikasi turbin

turbin uap di klasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu :

1. Turbin aliran radial

Turbin jenis ini terdiri dari dua rotor dan dua bilah yang dipasang secara bergantian. Kedua rotor berputar ke arah yang berlawanan, dan masing-masing rotor digabungkan ke dua generator terpisah. Arah aliran uap adalah radial (tegak lurus dengan sumbu).

2. Turbin aliran tangensial

Turbin jenis ini memiliki struktur yang kokoh, namun efisiensinya sangat rendah. Semburan uap dari nosel diarahkan untuk meledakkan hopper, yang ditempatkan dalam lingkaran pada rotor. Arah hembusan steam bersifat tangensial (bersinggungan dengan garis singgung rotasi bucket).

3. Turbin aliran aksial

Turbin jenis ini adalah yang paling populer dan sangat cocok untuk kapasitas besar serta memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada turbin aliran tangensial. Uap yang dikeluarkan dari nosel (Nozzel) mendorong rotor untuk berputar, dan arah aliran uap sejajar dengan sumbu rotor [15].



2.9.1.1 Prinsip Kerja Turbin Uap

Turbin uap merupakan penggerak utama yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik, kemudian mengubah energi kinetik tersebut menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin terhubung langsung atau melalui mekanisme yang digerakkan oleh peredam. Tergantung pada mekanisme yang digerakkan, turbin uap dapat digunakan di banyak bidang industri untuk pembangkit listrik dan transportasi. Dalam desain ini, turbin uap digunakan untuk menggerakkan generator di PLTU [15].

Turbin uap terdiri dari cakram yang dikelilingi cakram yang disebut bilah. Perputaran sudu disebabkan oleh hembusan steam bertekanan pada steam boiler, steam tersebut telah dipanaskan terlebih dahulu oleh bahan bakar padat, cair dan gas, kemudian steam dipisahkan melalui control valve yang akan langsung dihubungkan ke pompa. Turbin berputar dan juga digabungkan dengan generator sinkron untuk menghasilkan energi listrik. Setelah melalui turbin uap bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi, tampak seperti uap bertekanan rendah. Panas yang diserap oleh kondensor mengubah uap menjadi air, yang kemudian dipompa kembali ke ketel. Panas buangan yang dikeluarkan dari kondensor mencapai setengah dari masukan panas asli. Hal ini menghasilkan efisiensi termodinamika dari turbin uap kurang dari 50%. Suhu boiler dari turbin uap modern adalah sekitar 5000°C hingga 6000°C , dan suhu kondensor adalah 200°C hingga 300°C [15].

Banyak cara untuk mengubah energi potensial steam yang berupa potensial aksial menjadi energi mekanik, oleh karena itu steam turbine biasanya dibedakan menjadi tiga jenis utama yaitu: turbin steam pulsed, reactive dan gabungan (reactive pulsed). Dalam proses pemuain steam pada turbin terdapat beberapa rugi-rugi utama yang terbagi menjadi dua jenis, rugi-rugi utama yaitu susut internal dan susut eksternal. Hal ini menyebabkan hilangnya energi, pengurangan kecepatan dan pengurangan kecepatan uap, yang pada gilirannya mengurangi efisiensi siklus dan mengurangi daya generator yang dihasilkan oleh generator [15].

2.5.3 Generator

Generator adalah perangkat yang menghasilkan energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya melalui induksi elektromagnetik. Proses ini disebut pembangkit listrik. Walaupun generator dan motor listrik memiliki banyak kesamaan, motor listrik merupakan perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Generator mendorong



muatan untuk bergerak melalui sirkuit eksternal, tetapi generator tidak menghasilkan listrik yang sudah ada di kabel lilitan [15].

2.6 Teknologi Pengolahan Biomassa menjadi Tenaga Listrik

2.6.1 Teknologi Pembakaran

Untuk teknologi pembakaran, diubah menjadi panas, yang digunakan untuk memanaskan air di boiler untuk menghasilkan uap. Steam dapat didistribusikan dan dijual, atau dapat diubah menjadi listrik melalui turbin uap. Proses pengubahan biomassa menjadi energi dilakukan melalui berbagai proses dan peralatan. Karena teknologinya telah diverifikasi dalam skala komersial dan telah mengalami berbagai desain rekayasa, maka teknologi tersebut juga memiliki banyak komponen, terutama teknologi pembakaran. Sebelum proses pembakaran, pengurangan emisi bahan baku sabut kelapa setelah tahap pembakaran membutuhkan banyak listrik, sehingga efisiensi energinya rendah. Cara yang lebih efektif adalah jika pengurangan emisi dilakukan sebelum pembakaran biasanya disebut dengan teknologi bersih. Teknologi yang digunakan meliputi fluidized bed combustion (FBC), gasifikasi, teknologi magnetohydrodynamics (MHD), dan kombinasi IGCC dan fuel cell [15].

1. Teknologi FBC

Ada dua jenis teknologi FBC, yaitu atmosphere fluidized bed combustion (AFBC) dan pressurized fluidized bed combustion (PFBC). Teknologi PFBC berkembang lebih cepat daripada AFBC karena efisiensinya yang lebih tinggi. Bahan baku disuntikkan melalui lubang di atas distributor udara. Batugamping yang sudah dihancurkan diinjeksikan bersamaan dengan bahan bakar untuk proses desulfurisasi. Pembakaran di boiler berlangsung pada temperatur yang relatif rendah, sekitar 800 ° C. Temperatur yang relatif rendah ini akan menurunkan emisi NOx yang dihasilkan dengan menggunakan teknologi ini, emisi SO2 dapat dikurangi hingga 90-95%, dan emisi NOx dapat diturunkan hingga 70-80%. Gas hasil pembakaran memiliki tekanan yang cukup tinggi dan bersih sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan turbin. Oleh karena itu, loop ganda dapat diperoleh untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Efisiensi sistem ini berkisar antara 40-44% [15].

2. Teknologi Gasifikasi

Teknologi ini merupakan inovasi terbaru dalam metode perubahan bahan mentah dalam bentuk padat menjadi gas. Dengan memperlakukan gas gasifikasi sebagai gas alam, konversi meningkatkan efisiensi. Gas dapat digunakan untuk memindahkan tabung mikro.



Gas buang dari turbin uap masih bersuhu tinggi, dan HRSG digunakan untuk menggerakkan turbin uap, dan gas tersebut digasifikasi pada tahap awal proses, yaitu pada semua proses pemurnian. Gasifikasi dilakukan pada temperatur yang relatif tinggi, yaitu sekitar 1400-1500 ° C. Abu hasil pembakaran akan meleleh pada suhu ini. Gas gasifikasi sebelum masuk turbin dibersihkan menggunakan ESP dan desulfurisasi. Proses ini akan menghasilkan railing murni dengan nilai jual yang tinggi, efisiensi metode ini dapat mencapai 43-47 %, emisi SO₂ dapat dikurangi hingga 90-95%, dan emisi NO_x dapat diturunkan hingga 40-45 [15].

3. Teknologi MHD

Teknologi ini didasarkan pada efek Faraday, yaitu ketika konduktor bergerak dalam medan magnet, maka akan dihasilkan arus searah. Untuk mencapai efek ini, bahan baku dibakar di ruang bakar pada suhu hingga 2630 ° C. Pada suhu ini, fluida dapat terionisasi dan bertindak sebagai konduktor. Gas tersebut akan melewati medan magnet dan menghasilkan tegangan DC. Gunakan inverter untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Gas buang setelah MHD masih dapat digunakan untuk menghasilkan uap dengan bantuan HRGS. Uap tersebut akan menghasilkan listrik untuk menggerakkan turbin, pada siklus ini efisiensinya dapat mencapai 55-60%. Pengurangan emisi terjadi secara alami, sehingga emisi yang dihasilkan kurang efisien [15].

4. Teknologi Kombinasi IGCC dan Fuel Cell.

Teknologi ini merupakan teknologi yang dapat menambah suatu proses yaitu dengan menggunakan teknologi fuel cell. Konfigurasi ini menghasilkan tiga pembangkit listrik gabungan. Saat ini sel bahan bakar yang telah digunakan pada temperatur tinggi adalah sel bahan bakar karbonat cair (MCFC) dan sel bahan bakar elektrolit padat (SOFC). Tipe MCFC dapat beroperasi pada temperatur sekitar 650 ° C, sedangkan tipe SOFC dapat mencapai temperatur 1000 ° C. Efisiensi keseluruhan dari metode ini adalah sekitar 50-55% [15].

2.7 Analisis Teknis

2.7.1 Potensi Energi Biomassa

Produksi kelapa pada daerah Kecamatan rangsang dapat di lihat pada tabel berikut

Kelurahan/desa	Luas perkebunan kelapa (km ²)	Produksi (ton)
Repan	428	246,2
Peyagun	179	150,2



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

Gemala sari	428	224,1
Sungai gayung kiri	1,085	1.032,9
Tanjung medang	2,786	2.240,7
Teluk samak	681	686,7
Tanjung samak	1,959	1924,8
Tanjung bakau	1,191	950,9
Topang	2,041	1.006,4
Citra damai	150	131,2
Dwi tunggal	3,398	3.497,5
Wonosari	375	382,6
Tebun	257	270,8
Tanjung gemuk	1,660	1.546,6
TOTAL	15,588	14.291

Tabel 2.1 produksi kelapa kecamatan rangsang [5]

Tempurung kelapa salah satu limbah pertanian yang bisa di manfaatkan sebagai bahan baku biomassa. Lapisan luar yang keras pada tempurung kelapa yang terdiri dari lignin, selulosa, metoksil, dan mineral. Komposisi kimia tempurung kelapa memiliki persentase sebagai berikut selulosa sebesar 33,61%, hemiselulosa 19,27%, lignin 36,51%, pentosa 27,70%, air 8,00% dan abu 0,60% Tempurung berat nya rata-rata 15-19% dari bobot buah Kelapa [6].

$$\text{Produksi tempurung kelapa} = 15\% \times \text{produksi kelapa} \dots\dots\dots (2.1)$$

2.7.2 Mentukan nilai mampu bakar

Analisis tahap awal adalah menguji kandungan energi setiap limbah biomassa. Nilai kalor bahan bakar ditentukan berdasarkan "Hukum Pertama Termodinamika Tertutup", yang menyatakan bahwa "Kekekalan energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan". Dalam hal ini, energi kimia setelah proses pembakaran akan diubah menjadi energi panas. Energi ini kemudian diterima oleh media lain dan menunjukkan peningkatan suhu media penyerap energi. Dalam bom kalorimeter, bahan bakar yang menyerap energi kimia adalah air, bahan dalam (bom) wadah dan bahan luar [16].

Persamaan hukum pertama termodinamika untuk sistem tertutup adalah:

$$\sum E \text{ dilepaskan} = \sum E \text{ diterima} \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk menghitung nilai kalor bahan bakar tempurung kelapa di butuhkan nilai LHV dan HHV, nilai LHV tempurung Kelapa :



Tabel 2.2 analisa proximate & ultimate tempurung kelapa [6]

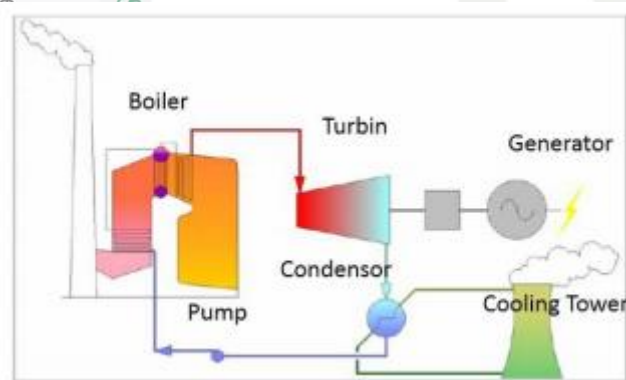
Analisa ultimate	
Carbon (C) (weight %)	47,89
Hydrogen (H) (weight %)	6,09
Oxygen (O) (weight %)	45,75
Nitrogen (N) (weight %)	0,22
Sulphur (S) (weight %)	0,05
Analisis proximate	
Volatile Matter (weight %)	68,82
Moisture (weight %)	6,51
Ash (weight %)	7,56
Fixed carbon (weight %)	17,11
Nilai kalor tempurung kelapa	
LHV (KJ/Kg)	20890

untuk menentukan potensi energi yang dapat di bangkitkan bisa di lakukan perkalian antara nilai produksi tempurung kelapa dengan nilai kalor tempurung kelapa [16] :

$$E_{total} = 20890 \text{ KJ/Kg} \times \text{jumlah produksi tempurung kelapa} \quad (2.3)$$

2.7.3 Perancangan Sistem Pembangkit

Pembangkit listrik biomassa kelapa sawit menerapkan prinsip termodinamika berupa siklus pembangkit uap atau yang biasa dikenal dengan siklus Rankine. Pada sistem pembangkit listrik ini terdapat empat peralatan utama yaitu boiler, generator turbin, kondensor dan pompa, seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Siklus Pembangkit PLTBS [16]

Boiler adalah alat yang mengubah air menjadi uap (evaporasi) melalui proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar boiler. Uap yang dihasilkan boiler memiliki tekanan dan temperatur tinggi sehingga energinya tinggi. Energi tersebut kemudian

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

diekstraksi oleh turbin dan diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran dan torsi. Putaran turbin digunakan untuk menghidupkan generator yang menghasilkan listrik. Energi uap yang diekstraksi oleh turbin memiliki tekanan yang rendah dan kemudian didinginkan oleh kondensor untuk mengembalikannya ke fase cair (air). Air kemudian dipompa kembali ke boiler dengan tekanan yang lebih tinggi. Begitu seterusnya, membuatnya menjadi sistem tertutup. Siklus steam dapat diilustrasikan pada diagram T-s, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Perancangan sistem pembangkit PLTBS adalah untuk menentukan spesifikasi teknis peralatan utama pada siklus Rankine, dengan memperhatikan potensi bahan bakar dan energi yang telah dianalisis sebelumnya [16].

Pembakaran dengan fluidized bed (FBC) muncul sebagai alternatif yang memungkinkan dan memiliki kelebihan disbanding sistim pembakaran yang konvensional dan memberikan banyak keuntungan-rancangan boiler yang fleksibel terhadap bahan bakar, efisiensi pembakaran yang tinggi dan berkurangnya emisi polutan yang merugikan seperti Sox dan NOx. Bahan bakar yang dapat dibakar dalam boiler ini adalah batu bara, barang tolakan dari tempat pencucian pakaian, sekam padi, bagas & limbah pertanian lainnya.

Indikator pertama yang ditentukan adalah tekanan dan suhu steam boiler yaitu jenis steam lewat jenuh, tekanan 32 barg, dan suhu 400oC. Pada saat yang sama ditentukan bahwa suhu air yang masuk ke boiler adalah 105 ° C. Penentuan tersebut didasarkan pada ketersediaan spesifikasi peralatan yang biasanya dimiliki pabrik. Selain itu digunakan persamaan efisiensi yaitu [16] untuk melakukan perhitungan untuk menentukan volume steam yang akan dihasilkan.:

$$\eta = \frac{Q(h_1-h_0)}{E_{bb}} \dots\dots\dots 2.4$$

η = efisiensi boiler (%)

Q = kapasitas boiler

h1 = entalpi uap (kj/kg)

h2 = entalpi air (kj/kg)

E_{bb} = energi bahan bakar (kj/kg)

2.7.4 Turbin generator

Turbin adalah suatu alat yang mengubah energi pada steam dari boiler menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan generator.



Dengan asumsi bahwa semua aliran massa dan energi stabil, berdasarkan hukum pertama termodinamika [16], hukum kekekalan energi akan diterapkan:

$$dQ = dU + dW \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

dQ : kalor yang diterima sistem,

dU : U₂ - U₁ = perubahan energi

dW : usaha yang dilakukan sistem

Dengan menerapkan konsep diatas bahwa internal energy (U) sebanding dengan entalphy (h) dan kerja ekspansi isentropis dilakakukanolehturbin, maka diperoleh daya turbin uap [17]:

$$W_T = Q \cdot s (h_1 - h_{2s}) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

W_T : Daya Turbin (kW)

Q : Jumlah uap masuk turbin, kg/detik

h₁ : Entalpi uap masuk turbin (kJ/kg)

h₂ : Entalpi uap keluar turbin (kJ/kg)

Efisiensi isentropis yang terdapatdalam sistem turbin, dimana selisih entalpy dibandingkan dengan selisih enthalpy pada kasus ideal isentropis. Persamaan efisiensi isentropis adalah [17]:

$$s = \frac{(h_1 - h_2)}{h_1 - h_{2s}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

s = efisiensi isentropik (%)

h₁ = entalpi uap masuk turbin (kj/kg)

h₂ = entalpi uap keluar turbin (kj/kg)

h_{2s} = entalpi uap keluar turbin pada kondisi isentropis (kj/kg)

Dari persamaan (2.6) dan (2.7), maka didapatkan daya turbin adalah [16]:

$$W_T = Q \cdot s (h_1 - h_2) \dots\dots\dots(2.8)$$

Daya turbin digunakan untuk menggerakkan generator, dengan asumsi efisiensi generator dan gearbox sebesar 90%, maka potensi daya listrik terbangkit adalah [16]:

$$P = W_T \times 90\% \dots\dots\dots(2.9)$$

Selanjutnya dihitung nilai Specific Steam Consumption (SSC) untuk menilai efisiensi sistem pembangkit, yaitu [16]:

$$SSC = Q/P \dots\dots\dots(2.10)$$

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

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

Dikembangkan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa



2.7.5 Condensor

Kondensor adalah suatu alat yang digunakan untuk menurunkan suhu steam (steam exhaust) yang keluar dari turbin, sehingga steam akan berubah fasa menjadi bentuk cair terkondensasi dibawah tekanan vakum. Melalui proses ini, perbedaan entalpi yang tinggi akan diperoleh antara uap air yang masuk ke turbin dan uap yang keluar dari turbin, yang dapat menghasilkan lebih banyak tenaga untuk menggerakkan generator [16].

Jenis kondensor yang biasa digunakan pada pembangkit listrik adalah kondensor permukaan, yaitu jenis shell and tube yang terintegrasi dengan cooling tower. Peralatan lain yang dibutuhkan adalah steam ejector, yang fungsinya untuk melepaskan gas yang tidak terkondensasi ke dalam sistem sekaligus menghasilkan tekanan vakum pada kondensor.

Steam ejector adalah pompa yang memanfaatkan efek Venturi dengan menggunakan nozel konvergen dan divergen secara seri. Ejektor mengubah energi tekanan dalam uap yang mengalir menjadi energi kinetik, sehingga menciptakan tekanan rendah di ruang kondensor. Dengan kata lain, fungsi ejektor adalah sebagai pompa vakum untuk kondensor berdasarkan prinsip Venturi [16].

2.7.6 Pompa

Pada sistem sirkulasi pembangkit uap Rankine, pompa berfungsi mengalirkan air dalam sirkulasi. Selain itu, pompa berfungsi untuk meningkatkan tekanan air yang masuk ke drum di atas boiler. Spesifikasi pompa air umpan (FWP) memiliki karakteristik khusus yaitu terdapat perbedaan tekanan yang lebih tinggi antara sisi inlet dan outlet [16].

$$Q_{pompa} = 1,5 \cdot Q_{uap} \dots\dots\dots(2.11)$$

2.8 Analisa Ekonimi

Pada konteks ini menjelaskan metodeologi untuk memperkirakan biaya-biaya yang mungkin muncul dari pemanfaatan biomassa menjadi energi. Biaya tersebut mencakup dua komponen biaya utama yaitu biaya operasi dan pemeliharaan (O&M). Pada dasarnya perhitungan biaya pembangkitan sama dengan perhitungan, sehingga perhitungan biaya pembangkitan PLTU biomassa sama dengan perhitungan biaya pembangkitan PLTU. Metode penghitungan biaya produksi tenaga PLTU merupakan metode penghitungan biaya produksi tenaga PLTU [17].



a.

Biaya Investasi

Biaya investasi adalah biaya yang timbul di awal seluruh siklus hidup proyek. Ketika umur ekonomi komoditas berakhir, komoditas investasi akan habis. Apabila umur ekonomis suatu komoditas telah habis dan pelaksanaan proyek belum berakhir, maka kegiatan investasi juga dapat dilakukan kembali yang disebut dengan reinvestasi peralatan. Biaya investasi meliputi biaya investasi mesin dan sistem operasi, biaya investasi pembangunan pabrik dan transmisi tenaga, biaya pra-investasi dan operasi, termasuk biaya tetap dan biaya variabel [17].

b.

Arus Manfaat (*Inflow*)

Manfaat adalah sesuatu yang dapat meningkatkan pendapatan bisnis, dengan kata lain, segala sesuatu yang diperoleh setelah pengorbanan atau pengeluaran. Pada unit usaha PLTU pendapatan yang diperoleh berasal dari penjualan listrik (Fatimah, 2009). Harga listrik ditentukan berdasarkan harga dasar listrik yang ditetapkan oleh PLN, dan nilai jual listrik diperoleh dengan mengalikan volume produksi listrik dengan harga jual listrik [17].

$$\text{Penjualan listrik} = \text{Produksi listrik (kWh)} \times \text{Tarif Listrik (Rp)} \quad (2.12)$$

2.9 Analisa Kelayakan Finansial

Dalam evaluasi kelayakan proyek pembangunan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), diperlukan parameter-parameter berikut yaitu net present value (NPV), payback period (PP), benefit to cost ratio (BCR) dan internal rate of return (IRR).

2.9.1 Net Present Value (NPV)

Nilai sekarang bersih adalah perbedaan antara nilai sekarang dari aliran pendapatan dan nilai sekarang dari aliran pengeluaran (operasi dan investasi). Net present value (NPV) menunjukkan laba bersih yang diperoleh perusahaan dengan tingkat diskonto tertentu sepanjang siklus hidupnya Standar nilai sekarang bersih adalah [17]:

- a. $NPV > 0$, berarti usaha layak untuk dilaksanakan
- b. $NPV < 0$, berarti usaha tidak layak untuk dilaksanakan
- c. $NPV = 0$, berarti usaha yang dijalankan tidak untung dan tidak rugi

Untuk menghitung NPV dapat menggunakan persamaan berikut:

$$NVP = \sum_{i=1}^n \frac{NB_i}{(i+1)^n} = \sum_{i=1}^n \overline{B}_1 - \overline{C}_1 \quad (2.13)$$

Dimana :

$NPV = \text{Net Present Value (Rp)}$

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



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya/jalinan ini tanpa mencantumkan 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.

- NB = *Net Benefit = Benefit - Cost*
- Bi = *Benefit* yang telah didiskon
- Ci = *Cost* yang telah didiskon
- n = tahun ke
- I = diskon rate (%)

2.9.2 Payback Periode (PP)

Payback Perideo adalah suatu periode yang menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan agar modal yang ditanamkan dalam suatu usaha tertentu dapat dikembalikan. Suatu usaha dapat dikatakan layak untuk dilaksanakan apabila nilai *Payback Periode* lebih kecil dari nilai ekonomis usaha tersebut [17].

Rumus *payback periode* jika arus kas per tahun jumlahnya sama :

$$PP = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Arus kas (1 tahun)}} \tag{2.14}$$

2.9.3 Benefit Cost Ratio (BCR)

Benefit Cost Ratio adalah rasio antara manfaat bersih yang bernilai positif (pemasukan) dengan manfaat bersih bernilai negatif (pengeluaran) [17]

Jika $BCR \geq 1$, maka usaha layak untuk dilaksanakan

Jika $BCR < 1$, maka usaha tidak layak untuk dilaksanakan

Untuk menghitung BCR dapat menggunakan persamaan berikut :

$$BCR = \frac{\sum_{k=0}^n B_k}{\sum_{k=0}^n C_k} \tag{2.15}$$

Dimana :

- BCR = *Benefit Cost Ratio*
- Bk = keuntungan (*benefit*) pada tahun k (Rp)
- Ck = biaya (*cost*) pada tahun k (Rp)
- n = periode proyek (tahun)
- k = tahun ke

2.9.4 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return merupakan suku bunga yang akan menyamakan nilai present value dari arus pemasukan dengan dengan present value dari arus pengeluaran.

- a. Apabila IRR lebih besar daripada suku bunga bank maka proyek layak dilaksanakan.
- b. Apabila IRR lebih kecil daripada suku bunga bank maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.



Untuk menghitung IRR dapat menggunakan persamaan berikut [17] :

$$IRR = i_1 \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_1 - i_2) \quad (2.16)$$

Dimana :

IRR = *Internal Rate of Return* (%)

NPV1 = *Net Present Value* dengan tingkat bunga rendah (Rp)

NPV2 = *Net Present Value* dengan tingkat bunga tinggi (Rp)

i_1 = tingkat bunga pertama (%)

i_2 = tingkat bunga kedua (%)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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



BAB III METODE PENELITIAN

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang. Sifat ini adalah untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian yang di kembangkan secara deskriptif dan kuantitatif, dengan mengumpulkan data-data potensi bahan baku biomassa yaitu tempurung kelapa yang akan digunakan untuk dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan PLTU berbasis biomassa, kemudian menentukan kapasitas PLTU biomassa dan pemilihan teknologi teknologi yang akan di gunakan. Kemudian menganalisa kelayakan PLTU biomassa sekala desa ini secara teknis maupun ekonomi. Hasil dari penelitian ini yaitu sebuah perencanaan PLTU berbasis biomassa sekala desa dengan pemanfaatan limbah pertanian kelapa berupa tempurung.

Pada penelitian ini aspek teknis dan ekonomi merupakan poin utama untuk menentukan kelayakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga uap berbasis biomassa ini. Aspek teknis terdiri dari analisis potensi bahan baku yang di hasilkan pada lokasi penelitian, pemilihan teknologi dan analisis potensi energi dan kapasitas yang di bangkitkan. Sedangkan pada aspek ekonomi terdiri dari perhitungan biaya produksi pembuatan PLTU tersebut.

3.2. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dimulai dengan pemilihan lokasi. Pemilihan lokasi bersumber dari studi literatur yang dilakukan berdasarkan data-data yang di peroleh dari dipublikasi Pemerintah Kabuapten Kepulauan Meranti maupun dari pemerintah Desa Dwi Tunggal, juga didasari dari data yang dipublikasi oleh BPS Kecamatan Rangsang. Jurnal ilmiah, buku dan artikel yang terkait dengan topik penelitian juga menjadi bahan studi literatur dalam penelitian ini.

Setelah menentukan lokasi penelitian, ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Studi Literatur.
2. Pengumpulan Data
3. Asumsi kebutuhan daya listrik
4. Perhitungan Matematis Daya Pembangkit Listrik Tenaga Uap
5. Analisa Hasil Perhitungan Matematis dari Aspek Teknis dan Ekonomi

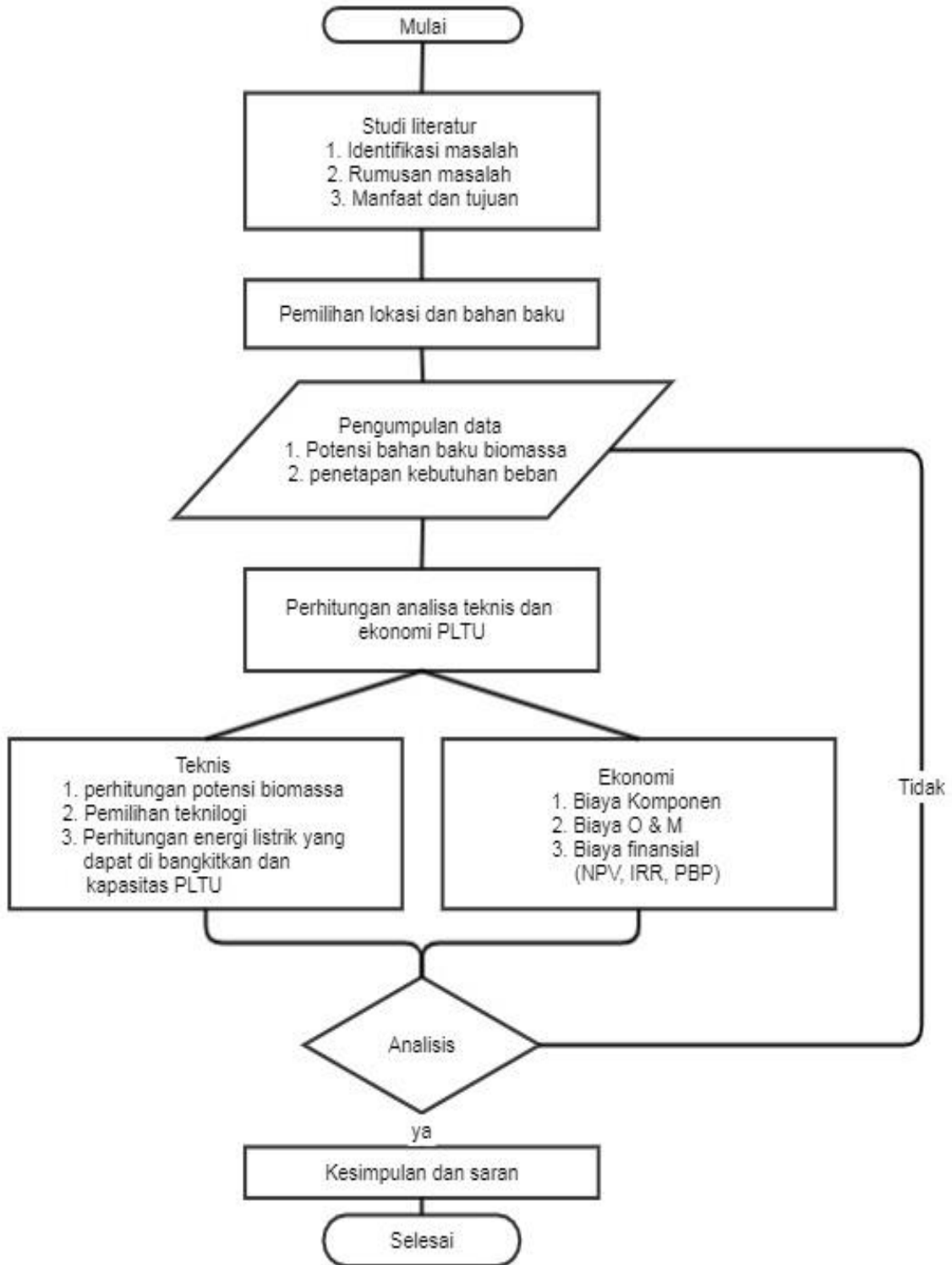
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang. Sifat ini adalah untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

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



6. Kesimpulan dan Saran.

Adapun diagram tahapan dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



gambar 3.1 flowchart tahapan penelitian

- 1. Di
- Hak
- 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.



3.3. Studi literatur

Mencari teori - teori yang mendukung dalam penelitian ini antara lain, mengidentifikasi masalah, mencari rumusan masalah, lalu menetapkan tujuan dan manfaat. Kemudian menentukan pemilihan bahan baku biogas, pemilihan lokasi, studi kelayakan aspek teknis dan aspek ekonomi. Studi literatur ini dilakukan untuk membantu mengetahui data apa saja yang diperlukan dalam penelitian serta cara pengolahan data tersebut.

3.3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah berisi tentang beberapa alasan dilakukannya penelitian ini, adapun identifikasi masalah pada penelitian ini yaitu sehubungan dengan minimnya pasokan listrik ke daerah-daerah kepulauan dan desa-desa di kecamatan Rangsang, pemanfaatan energi baru terbarukan yang masih minim dan meningkatnya kebutuhan bahan bakar fosil sedangkan persediaan bahan bakar fosil yang terus menipis.

3.3.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah merupakan pertanyaan yang akan dijawab melalui pengolahan data. Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, kebutuhan listrik yang tidak terpenuhi dengan baik dan tingginya potensi energi baru terbarukan yang belum dimanfaatkan secara maksimal khususnya biomassa berupa limbah perkebunan, limbah perkebunan kebanyakan di manfaatkan sebagai bahan baku biomassa pada pabrik-pabrik saja sedangkan pada lingkungan masyarakat pemanfaatan limbah perkebunan sebagai bahan baku biomassa masih minim.

Maka diperlukannya pemanfaatan limbah perkebunan kelapa khususnya di desa Dwi tunggal sebagai bahan bakar PLTU agar dapat memenuhi akan kebutuhan energi di lingkungan masyarakat. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan biomassa sebagai bahan bakar PLTU sebagai sumber energi listrik di desa Dwi tunggal Kecamatan Rangsang Kabupaten Meranti Provinsi Riau

3.3.3 Manfaat dan tujuan

Tujuan sangat perlu ditetapkan dalam melakukan sebuah penelitian agar penelitian tersebut fokus pada tujuan yang diinginkan. Pada penelitian ini, tujuannya yaitu melakukan analisa potensi biomassa dari limbah perkebunan kelapa di desa Dwi tunggal



sebagai bahan bakar PLTU untuk pemenuh kebutuhan listrik dan sebagai acuan apakah perancangan ini dapat digunakan sebagai acuan apakah perancangan pembuatan PLTU Biomassa tersebut akan berkembang berdasarkan aspek – aspek yang diteliti dalam studi kelayakan.

3.4. Pemilihan Bahan Baku

Pemilihan bahan baku berdasarkan bahan baku yang mempunyai potensi yang berkelanjutan dan mudah dimanfaatkan, disini bahan baku utamanya berupa limbah pekebunan kelapa yang belum termanfaatkan secara optimal oleh warga desa Dwi Tunggal.

3.5. Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi atau identifikasi daerah itu faktor pentingnya yaitu ketersediaan potensi energi biomassa pada lokasi, disini dengan bahan bakulimbah pertanian kelapa berupa tempurung dan daerah dengan rasio elektrifikasi yang cukup rendah di bandingkan daerah lainnya di indonesia. Pada penelitian ini studi kasus diambil di Desa Dwi Tunggal Kecamatan Rangsang Kabupaten Meranti Provinsi Riau.

3.5.1 Profil Kabupaten Kepulauan Meranti

Kabupaten kepulauan Meranti merupakan salah satu kabupaten yang terdapat di provinsi Riau. Saat ini, Provinsi Riau memiliki 10 kabupaten, yaitu Kuantan Singingi, Indragiri Hulu, Indragiri Hilir, Pelalawan, Siak, Kampar, Rokan Hulu, Bengkalis, Rokan Hilir, dan Kepulauan Meranti. Serta memiliki 2 kota madya Pekanbaru dan Dumai [13].

Kabupaten kepulauan meranti secara resmi terbentuk pada tanggal 16 januari 2009 sesuai UU No 12 tahun 2009. Secara geografis kabupaten Kepulauan Meranti berada pada koordinat antara sekitar $0^{\circ} 42' 30'' - 1^{\circ} 28' 0'' LU$, dan $102^{\circ} 12' 0'' - 103^{\circ} 10' 0'' BT$, dan terletak pada bagian pesisir timur pulau Sumatra, dengan pesisir pantai yang berbatasan dengan sejumlah negara tetangga dan masuk dalam daerah Segitiga Pertumbuhan Ekonomi (*Growth Triangle*). Adapun batas wilayah administrasi kabupaten kepulauan meranti sebagai berikut :

- Utara berbatasan dengan Selat Malaka dan Kab. Bengkalis
- Timur berbatasan dengan Kab. Karimun dengan Provinsi Kep. Riau
- Selatan berbatasan dengan Kab. Siak dan Kab. Pelelawan
- Barat berbatasan dengan Kab. Bengkalis



Bentang alam kabupaten Kepulauan Meranti sebagian besar terdiri dari daratan rendah. Pada umumnya struktur tanah terdiri tanah alluvial dan grey humus dalam bentuk rawa-rawa atau tanah basah dan berhutan bakau (mangrove). Lahan semacam ini subur untuk mengembangkan pertanian, perkebunan dan perikanan. Secara administrasi Kabupaten Kepulauan Meranti terdiri dari 9 Kecamatan [13].

3.5.2 Gambaran Umum Kecamatan Rangsang

Secara geografi Kecamatan Rangsang berada di bagian timur Kabupaten Kepulauan Meranti dengan luas wilayah mencapai ±681,00 km², tepatnya yang berhadapan dengan Tanjung balai karimun dan mempunyai 15 Desa serta 1 kelurahan. Kecamatan Rangsang merupakan daerah yang memiliki iklim tropis dan terletak rata rata 500 meter diatas permukaan laut [5].

Kecamatan Rangsang memiliki 14 desa dan 1 kelurahan yaitu kelurahan Tanjung samak, desa repan, desa pegayun, desa gemala sari desa sungai kiri, desa tanjung medang, desa teluk samak, desa tanjung bakau, desa topang, desa citra damai, desa dwi tunggal, desa wonosari, desa tebus, dan desa tanjung gemuk [5].

Tabel 3.1 luas wilayah Kecamatan Rangsang tahun 2017

Desa/Kelurahan	Luas wilayah (km ²)	Persentase (%)	Jumlah kepala keluarga
Repan	13,30	3,24	171
Peyagun	35,00	8,51	276
Gemala sari	43,50	10,58	277
Sungai gayung Kiri	80,62	19,61	302
Tanjung medang	34,00	8,27	268
Teluk samak	12,00	2,29	242
Tanjung samak	20,50	4,99	685
Tanjung bakau	24,50	5,96	337
Topang	43,50	10,58	579
Citra damai	13,00	3,16	409
Dwi tunggal	16,00	3,89	164
Wonosari	10,00	2,43	173

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

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

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



Tebun	29,20	7,10	255
Tanjung gemuk	36,00	8,76	176
TOTAL	411,12	100	4.314

Sumber : BPS Kabupaten Meranti

Di kecamatan Rangsang lebih 70 persen tidak ada jalan representatif antar desa, termasuk desa pelosok yang jauh dari jangkauan, termasuk salah satunya jalan poros yang membelah Pulau Rangsang. Jalan poros itu direncanakan dari Desa Tanjung Samak ibu kota kecamatan Rangsang menuju desa Melai dan berakhir di Tanjung Kedabu, dengan panjang sekitar 35 kilo meter [13].

Dari 14 desa tersebut desa dwi tunggal merupakan desa dengan tingkat kepala keluarga terendah yaitu 164 kepala keluarga, desa Dwi tunggal juga memiliki perkebunan kelapa terluas dari desa di kecamatan rangsang yang merupakan potensi biomassa [5].

Tabel 2.2 luas perkebunan kelapa dan produksi.

Kelurahan/desa	Luas perkebunan kelapa (km ²)	Produksi (ton)
Repan	428	246,2
Peyagun	179	150,2
Gemala sari	428	224,1
Sungai gayung kiri	1,085	1.032,9
Tanjung medang	2,786	2.240,7
Teluk samak	681	686,7
Tanjung samak	1,959	1924,8
Tanjung bakau	1,191	950,9
Topang	2,041	1.006,4
Citra damai	150	131,2
Dwi tunggal	3,398	3.497,5
Wonosari	375	382,6
Tebun	257	270,8
Tanjung gemuk	1,660	1.546,6
TOTAL	15,588	14.291

Sumber: BPS Kabupaten meranti.



3.6. Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data berupa potensi bahan baku biomassa yaitu limbah perkebunan kelapa, nilai konversi biomassa dan asumsi kebutuhan energi listrik pada desa Dwi Tunggal.

Data yang dibutuhkan antara lain :

1. Data pendukung mengenai potensi limbah pertanian kelapa di desa Dwi Tunggal sebagai studi kasus bahan acuan perhitungan pembangkitan energi listrik.

2. Data-data literatur untuk menghitung asumsi kebutuhan energi listrik desa Dwi Tunggal.

3. Data-data literatur mengenai teori-teori analisa biomassa limbah pertanian kelapa sehingga menghasilkan energi panas yang akan dibangkitkan sebagai tenaga listrik.

4. Data literatur mengenai pemilihan jenis boiler dan teknologi PLTU, perhitungan, energi yang dikonversikan dan perhitungan biaya secara ekonomi.

Penelitian ini, yang diperhitungkan adalah jika potensi biomassa yang ada semuanya dikonversikan sebagai pembangkit tenaga listrik, dari perhitungan tersebut diharapkan didapatkan suatu model pembangkit yang sesuai dengan potensi dari jumlah potensi limbah perkebunan kelapa di tempat studi kasus yaitu desa Dwi Tunggal Kecamatan Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti provinsi Riau.

3.6.1 Potensi Bahan Baku

Pada penelitian ini, akan dihitung potensi tempurung kelapa yang ada di Desa Dwi Tunggal sebagai studi kasus untuk menjadi acuan mendapatkan pembangkit listrik tenaga uap. Perhitungan tersebut dengan memperhatikan parameter-parameter konversi yang membuat suatu potensi tempurung kelapa dapat menghasilkan energi yang optimum. Parameter tersebut adalah potensi bahan baku yang dihasilkan, nilai kalor dari tempurung kelapa. umumnya nilai kalor yang terkandung dalam tempurung kelapa adalah berkisar antara 19338,05 kJ/kg hingga 20890 kJ/kg [24]. Untuk menentukan energi yang dihasilkan dari tempurung kelapa, nilai kalor dari bahan baku dikalikan dengan jumlah bahan bakuyang ada di desa Dwi Tunggal, sehingga akan didapatkan energi yang akan dihasilkan dari tempurung kelapa keseluruhan.

3.6.2 Estimasi Kebutuhan Beban

Menurut standar penediaan kebutuhan daya listrik (SNI 03-1773-2004) penyediaan kebutuhan daya listrik untuk sana lingkungan perumahan sebesar 40% dari



total kebutuhan rumah tangga dimana standar minimal pelayanan daya listrik perjiwa untuk setiap unit rumah tangga adalah 450 VA, sedangkan standar konsumsi listrik menurut standar kebijakan penyediaan listrik, rencana usaha penyediaan tenaga listrik PT PLN 2013-2022, rumah tangga konsumsi listrik sebesar 170 watt/jiwa.

3.7 Analisis kelayakan

3.7.1 Analisa teknis

Adapun beberapa parameter aspek teknik yang dihitung dalam perancangan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) sebagai berikut:

1. Potensi Biomassa

Perhitungan tersebut dengan memperhatikan parameter-parameter konversi yang membuat suatu potensi tempurung kelapa dapat menghasilkan energi yang optimum. Parameter tersebut adalah potensi bahan baku yang dihasilkan, nilai kalor dari tempurung kelapa. umumnya nilai kalor yang terkandung dalam tempurung kelapa adalah berkisar antara 19338,05 kJ/kg hingga 20890 kJ/kg [24].

Untuk menentukan energi yang dihasilkan dari tempurung kelapa diperlukan perhitungan dengan persamaan berikut :

$$E \text{ total} = \text{LHV (kJ/kg)} \times \text{Jumlah produksi tempurung kelapa} \quad (2.3)$$

sehingga akan didapatkan energi yang akan dihasilkan dari tempurung kelapa keseluruhan.

2. Pemilihan teknologi

Dalam penelitian ada beberapa pertimbangan selain potensi bahan baku, hal yang perlu diperhatikan adalah tungku pembakaran. Pada penilaian ini jenis tungku yang dipilih dengan cara pemberian peringkat dari beberapa kriteria tungku

kriteria dari beberapa jenis tungku akan dibandingkan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing tungku. Kriteria yang akan dipilih untuk di analisa dan akan diberikan peringkat, parameter penilaian berdasarkan beberapa poin yaitu dapat membakar sampah dengan kondisi memiliki kalor rendah dan kadar air yang tinggi, diharapkan temperatur pembakaran di dalam tungku dapat melebihi 800°C, tungku diharapkan agar temperatur tidak melebihi 1000°C. temperatur pembakaran di bawah 800°C dapat menimbulkan dioksin yang merupakan karsinogen, sedangkan temperatur diatas 1000°C dapat memunculkan gas NO_x.



Teknologi pembakaran yang disesuaikan dengan tipe boiler adalah dengan menggunakan teknologi FBC. Teknologi ini memiliki keunggulan dapat menekan kadar emisi yang dihasilkan oleh tungku bakar. Efisiensi dari sistem ini berkisar antara 40-44%.

Pembakaran dengan fluidized bed (FBC) muncul sebagai alternatif yang memungkinkan dan memiliki kelebihan fleksibel terhadap bahan bakar, efisiensi pembakaran yang tinggi dan berkurangnya emisi polutan yang merugikan seperti SO_x dan NO_x. Untuk menghitung efisiensi boiler digunakan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{Q (h_1 - h_0)}{E_{bb}} \tag{2.4}$$

Pembakaran yang terjadi di boiler atau tungku bakar selanjutnya akan dilanjutkan ke turbin dengan memanfaatkan uap panas yang dihasilkan oleh boiler untuk menggerakkan turbin dengan superheater. Penggerak Turbin dan Generator Uap yang tercipta akan disalurkan ke turbin uap sehingga turbin akan berputar, turbin dihubungkan ke generator sehingga generator juga akan berputar. Generator yang berputar akan menghasilkan tenaga listrik. Proses ini terjadi pada sistem pemanfaatan uap. Untuk menghitung daya turbin digunakan persamaan :

$$WT = Q \cdot s (h_1 - h_2) \tag{2.6}$$

3. Kebutuhan daya listrik

Untuk memenuhi kebutuhan daya listrik digunakan standar penyediaan kebutuhan daya listrik (SNI 03-1773-2004) penyediaan kebutuhan daya listrik untuk sarana lingkungan perumahan sebesar 40% dari total kebutuhan rumah tangga dimana standar minimal pelayanan daya listrik per jiwa untuk setiap unit rumah tangga adalah 450 VA, sedangkan standar konsumsi listrik menurut standar kebijakan penyediaan listrik, rencana usaha penyediaan tenaga listrik PT PLN 2013-2022, rumah tangga konsumsi listrik sebesar 170 watt/jiwa.

3.7.2 Aspek ekonomi

Penerapan kelayakan investasi dilakukan dengan membandingkan antara besarnya biaya yang dikeluarkan dengan manfaat yang diterima dalam suatu proyek investasi untuk jangka waktu tertentu. Analisis investasi dilakukan dengan terlebih dahulu menyusun aliran tunai. Dalam analisis finansial diperlukan kriteria investasi yang digunakan untuk melihat kelayakan suatu usaha. Sebagai kriteria investasi digunakan beberapa indikator

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

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

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

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk dipublikasikan di media massa atau elektronik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

©Hak cipta milik UIN Suska Riau

Saiful Islam, UIN Suska Riau

Saiful Islam, UIN Suska Riau



kelayakan investasi yaitu *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Net Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)*, *Payback Periode Analisis Switching Value*.

Komponen biaya terdiri dari dari biaya investasi. Komponen biaya terdiri dari investasi mesin dan sistem operasi, biaya investasi konstruksi pabrik dan transmisi listrik, biaya pra-investasi dan operasional yang terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel. Sedangkan komponen pendapatan berasal dari penjualan listrik yang di hasilkan.

1. Perhitungan biaya investasi

Perhitungan biaya investasi produksi energi listrik PLTU dilakukan dengan cara menghitung seluruh biaya yang dikeluarkan pada awal umur proyek secara keseluruhan biaya investasi ini. Biaya investasi ini terdiri dari biaya investasi mesin dan sistem operasi, biaya investasi konstruksi pabrik dan transmisi listrik, biaya pra-investasi dan operasional yang terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel.

2. Perhitungan Komponen Pendapatan

Pada bagian perhitungan komponen pendapatan ini hanya dihitung komponen pendapatan yang berasal dari penjualan listrik.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dengan pemanfaatan limbah perkebunan kelapa berupa tempurung yang di manfaatkan sebagai bahan bakar biomassa PLTU, limbah perkebunan di desa Dwi Tunggal bias di manfaatkan menjadi energy primer untuk pemenuh kebutuhan listrik di desa tersebut, mengingat tidak meratanya penyaluran energi listrik di Kecamatan Rangsang khususnya desa Dwi Tunggal.

Adapun hasil analisa pada penelitin ini didapat beberapa kesimpulan mengenai PLTU berbasis biomassa di desa Dwi Tunggal antara lain :

1. Dari potensi limbah perkebunan kelapa di desa Dwi Tunggal dengan produksi 3,497.5 ton didapat potensi daya listrik sebesar 1 MW.
2. Pemanfaatan limbah pertanian perkebunan kelapa mampu memenuhi kebutuhan energi listrik di desa Dwi tunggal.
3. Berdasarkan hasil analisa ekonomi diperoleh biaya produksi sebesar Rp.623,/kwh
4. Implementasi limbah organik perkebunan kelapa menjadi bahan baku untuk bahan bakar PLTU dengan asumsi nilai ekonomis investasi utilitas 20 tahun dan tingkatan suku bunga 8% arus kas bersih yang dapat diperoleh sebesar Rp. 9,578,563,863.00,-/tahun.
5. Sedangkan analisis kelaykn finansial diperoleh dari nilai NPV sebesar Rp.1,843,625,415,339,-, IRR sebesar 8,0624% dan pay back priode 4,6 tahun. Sehingga proyek pemanfaatan limbah pertanian kelapa sebagai bahan bakar PLTU berbasis biomassa di desa Dwi Tunggal layak.

Pengkajian studi kelayakan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbasis biomassa di desa Dwi Tunggal yang ditinjau dari aspek teknis dan aspek ekonomi didapatkan kesimpulan bahwa proyek perencanaan pembangunan PLTU berbasis biomassa mendapatkan hasil studi kelayakan yang positif sehingga PLTU tersebut dinyatakan layak untuk dilanjutkan dan hal ini sekaligus menjadi usulan rekomendasi untuk penerapan penggunaan energi baru terbarukan.



5.2

Saran

Adapun beberapa saran yang diberikan ialah:

1. Untuk mendapatkan hasil produksi lebih efektif dan efisien diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai data parameter kimia pada karakteristik bahan baku.
2. Penelitian selanjutnya pada analisa aspek teknis dapat menggunakan *modelling* atau *software* agar mendapatkan hasil yang maksimal dan praktis dan pada perhitungan pendapatan dapat mengambil opsi CDM (*Clean Development Mechanism*).
3. Penelitian selanjutnya pada analisa aspek ekonomi dapat menetapkan harga/nilai jual bahan baku berupa cngkang kelapa.
4. Untuk pengimplementasian PLTU di desa Dwi Tunggal ini sebaiknya potensi limbah organik perkebunan yang ada digunakan sepenuhnya untuk bahan baku pengoperasian PLTU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarii

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



DAFTAR PUSTAKA

- 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.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- [1] CIA FactBook, 5 Desember 2019. [Online]. Available: <https://www.idntimes.com/travel/destination/reza-iqbal/negara-dengan-penduduk-terpadat-di-dunia/full>. [Diakses 26 juli 2019].
- [2] BADAN PENERAPAN DAN PENGKAJIAN TEKNOLOGI, Outlook Energi Indonesia 2018 Energi Berkelanjutan Untuk Transportasi Darat, W. s. S. H. Pambudi, J. L. Wibowo dan N. I. Pratiwi, Penyunt., Jakarta, DKI Jakarta: www.bppt.go.id, 2018, p. 94.
- [3] PT. Dynamo Media Networrk, “Kumparan.com,” 30 Januari 2018. [Online]. Available: <https://kumparan.com/kumparanbisnis/terangi-19-desa-di-riau-pln-angkut-tiang-listrik-lewat-sungai>. [Diakses 12 Januari 2019].
- [4] Safrizal, “GoRiau.com,” 15 November 2018. [Online]. Available: <https://www.goriau.com/berita/baca/30-des-a-di-meranti-belum-teraliri-listrik.html>. [Diakses 15 juli 2019].
- [5] Badan Pusat Statistik, Kecamatan Rangsang Dalam Angka 2017, A. Hajiji, Penyunt., Selatpanjang: BPS Kabupaten Kepulauan Meranti, 2017.
- [6] Z. Muhammad, “Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa,” *Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa*, vol. 4, no. 2, p. 10, Desember 2005.
- [7] PT. INSAN FAJAR MANDIRI NUSANTARA, BIOMASSA BAHAN BAKU & TEKNOLOGI KONVERSI UNTUK ENERGI TERBARUKAN, S. M. Nur, Penyunt., Bogor: Bioenergi Nusantara, 2014.
- [8] United Nations Environment Programme, "Peralatan Efisiensi Energi untuk Industri di Asia," in *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*, 2017, p. 42.
- [10] A. wijono, "PLTU tandan kosong kelapa sawit studi kelayakan dan dampak lingkungan," *simposium nasional RAPI XIII- 2014 FT UMS*, p. 8, 2014.
- [11] G. R. Napitupulu, "studi kelayakan ekonomi PLTU berbahan bakar fiber dan cangkakng



kelapa sawit sebagai domestic power," *jurnal*, vol. 11, no. biomassa, p. 6, 2015.

[12] A. D. Putra, "potensi limbah biomassa kelapa sawit sebagai pembangkit listrik tenaga uap PLTU di PT. Nusantara XIII PKS parindu," *Biomassa*, vol. 2, no. limbah biomassa, p.8, 2016.

[13] Dasanayaka, "Economic and Financial Feasibility Risks of Power Generation through Municipal Solid Wastes to Reduce Environmental Impacts in Sri Lanka.," *jurnal*, vol. 1, no. Economic & Finansial, pp. 14-326., 2014.

[14] Syukri M Nur, Jusri Jusuf, "Biomassa bahan baku dan teknologi konversi untuk energi terbarukan," in *Biomassa bahan baku dan teknologi konversi untuk energi terbarukan*, Bogor, academia.edu, 2014.

[15] S. Yokoyama, Panduan biomassa Asia, indonesia translate ed., japan: academia.edu, 2008.

[16] A. Wibowo, "perancangan sistem PLTu Biomassa sawit kapasitas 5 MW.," *jurnal mekanika dan sistem termal*, vol. 1, no. Mekanika dan sistem termal, pp. 53-60, 2016.

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

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

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

©Hak Cipta Dilindungi UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

LAMPIRAN A

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 buku, pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 - b. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun.

Tabel Tekanan Uap Air berdasarkan Temperatur

Temp., T °C	Sat. Press., P _{sat} , kPa	Specific volume, m ³ /kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg.K		
		Sat. liquid, v _f	Sat. vapor, v _g	Sat. liquid, u _f	Evap., u _{fg}	Sat. vapor, u _g	Sat. liquid, h _f	Evap., h _{fg}	Sat. vapor, h _g	Sat. liquid, s _f	Evap., s _{fg}	Sat. vapor, s _g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.00	2374.9	2374.9	0.00	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.02	2360.8	2381.8	21.02	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.228	0.001000	106.32	42.02	2346.6	2388.7	42.02	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.706	0.001001	77.885	62.98	2332.5	2395.5	62.98	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.339	0.001002	57.762	83.91	2318.4	2402.3	83.91	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.170	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.247	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.629	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.385	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.595	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.35	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.76	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.95	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.04	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.20	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.60	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.42	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.87	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.18	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.61	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
.
.
360	18666	0.001895	0.006950	1726.16	625.7	2351.9	1761.53	720.1	2481.6	3.9165	1.1373	5.0537
365	19822	0.002015	0.006009	1777.22	526.4	2303.6	1817.16	605.5	2422.7	4.0004	0.9489	4.9493
370	21044	0.002217	0.004953	1844.53	385.6	2230.1	1891.19	443.1	2334.3	4.1119	0.6890	4.8909
373.95	22064	0.003106	0.003106	2015.8	0	2015.8	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070



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, dan penyusunan karya tulis lainnya.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun.

#DIV/0!

	Tahun	investasi (Rp)	Arus Kas (B-C)	Benefit (B) (Rp)	PNF B 8%	PV Benefit
2022	0					
2023	1	44,038,359,900	-49,823,839,587	0	0.93	0.00
2024	2		9,578,563,863.00	15,364,043,550	1.78	27,398,157,222.22
2025	3		9,578,563,863.00	15,364,043,550	2.58	39,594,630,344.65
2026	4		9,578,563,863.00	15,364,043,550	3.31	50,887,661,013.57
2027	5		9,578,563,863.00	15,364,043,550	3.99	61,344,170,892.19
2028	6		9,578,563,863.00	15,364,043,550	4.62	71,026,124,483.51
2029	7		9,578,563,863.00	15,364,043,550	5.21	79,990,896,327.32
2030	8		9,578,563,863.00	15,364,043,550	5.75	88,291,610,997.52
2031	9		9,578,563,863.00	15,364,043,550	6.25	95,977,457,914.37
2032	10		9,578,563,863.00	15,364,043,550	6.71	103,093,982,837.38
2033	11		9,578,563,863.00	15,364,043,550	7.14	109,683,357,766.09
2034	12		9,578,563,863.00	15,364,043,550	7.54	115,784,630,848.24
2035	13		9,578,563,863.00	15,364,043,550	7.90	121,433,957,776.14
2036	14		9,578,563,863.00	15,364,043,550	8.24	126,664,816,042.73
2037	15		9,578,563,863.00	15,364,043,550	8.56	131,508,203,326.60
2038	16		9,578,563,863.00	15,364,043,550	8.85	135,992,821,182.04
2039	17		9,578,563,863.00	15,364,043,550	9.12	140,145,245,122.26
2040	18		9,578,563,863.00	15,364,043,550	9.37	143,990,082,103.94
2041	19		9,578,563,863.00	15,364,043,550	9.60	147,550,116,346.24
2042	20		9,578,563,863.00	15,364,043,550	9.82	150,846,444,348.37
	Total					1,941,204,366,895



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Cost (C) (Rp)	PWF C 8%	PV COST	PV PWB-PWC 8%	PWF (B) 12%	PV Benefit 12 %
49,823,839,587	0.926	46,133,184,802.778	- 46,133,184,803	0.89	-
5,785,479,687	0.857	4,960,116,329.733	22,438,040,892	1.69	25,966,017,479
5,785,479,687	0.794	4,592,700,305.308	35,001,930,039	2.40	36,901,840,205
5,785,479,687	0.735	4,252,500,282.692	46,635,160,731	3.04	46,665,967,638
5,785,479,687	0.681	3,937,500,261.752	57,406,670,630	3.60	55,383,938,561
5,785,479,687	0.630	3,645,833,575.697	67,380,290,908	4.11	63,167,841,170
5,785,479,687	0.583	3,375,771,829.349	76,615,124,498	4.56	70,117,754,215
5,785,479,687	0.540	3,125,714,656.804	85,165,896,341	4.97	76,323,033,718
5,785,479,687	0.500	2,894,180,237.782	93,083,277,677	5.33	81,863,461,847
5,785,479,687	0.463	2,679,796,516.465	100,414,186,321	5.65	86,810,272,676
5,785,479,687	0.429	2,481,293,070.801	107,202,064,695	5.94	91,227,068,059
5,785,479,687	0.397	2,297,493,584.075	113,487,137,264	6.19	95,170,635,365
5,785,479,687	0.368	2,127,308,874.143	119,306,648,902	6.42	98,691,677,603
5,785,479,687	0.340	1,969,730,439.021	124,695,085,604	6.63	101,835,465,315
5,785,479,687	0.315	1,823,824,480.575	129,684,378,846	6.81	104,642,418,629
5,785,479,687	0.292	1,688,726,370.903	134,304,094,811	6.97	107,148,626,946
5,785,479,687	0.270	1,563,635,528.614	138,581,609,594	7.12	109,386,312,943
5,785,479,687	0.250	1,447,810,674.643	142,542,271,429	7.25	111,384,246,868
5,785,479,687	0.232	1,340,565,439.484	146,209,550,907	7.37	113,168,116,445
5,785,479,687	0.215	1,241,264,295.818	149,605,180,053	7.47	114,760,857,138
159,747,953,640		97,578,951,556	1,843,625,415,339		1,590,615,552,820

menyebutkan sumber, penyaluran la



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

PWF Cost 12%	PC Cost 12%	PV PWB-PWC 12%	
0.893	44,485,571,060	-	44,485,571,060
0.797	9,777,755,849		16,188,261,631
0.712	13,895,746,014		23,006,094,191
0.636	17,572,522,947		29,093,444,691
0.567	20,855,359,495		34,528,579,066
0.507	23,786,463,555		39,381,377,615
0.452	26,403,520,752		43,714,233,463
0.404	28,740,178,963		47,582,854,755
0.361	30,826,480,938		51,036,980,909
0.322	32,689,250,558		54,121,022,118
0.287	34,352,437,719		56,874,630,340
0.257	35,837,426,255		59,333,209,110
0.229	37,163,308,877		61,528,368,726
0.205	38,347,132,646		63,488,332,669
0.183	39,404,118,155		65,238,300,475
0.163	40,347,855,216		66,800,771,730
0.146	41,190,477,592		68,195,835,351
0.130	41,942,818,999		69,441,427,870
0.116	42,614,552,398		70,553,564,047
0.104	43,214,314,362		71,546,542,777
	643,447,292,349		947,168,260,471



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Yoga Sulistia, lahir di Bengkalis, 6 September 1995 sebagai anak pertama dari Bapak Suwirman dan Yulisnawati yang beralamat di Jl. Bantan bengkalis kecamatan Bengkalis Kabupaten Bengkalis Hp 08535555582
email : yogasulistia90@gmail.com.
HP : 085265425791



Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai pada SDN 50 Bengkalis tahun 2001 – 2007 dan dilanjutkan di SMPN 3 Bengkalis tahun 2007 – 2010. Setamat SMP pendidikan dilanjutkan di SMAN 2 Bengkalis hingga 2013. Kemudian kuliah di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau dan lulus tahun 2021 dengan judul penelitian ”Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Berbasis Biomassa. Studi Kasus Kecamatan Rangsang, Desa Dwi Tunggal”.

Hak C

1. Dite

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.