



# ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID MIKRO HYDRO BIOGAS

Studi Kasus (Dusun Semina Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir)

## TUGAS AKHIR

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



Oleh :

**ENZO PRATAMA**

**11355102065**

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

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

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK  
HYBRID MIKRO HYDRO BIOGAS  
Studi Kasus (Dusun Saminai Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir)**

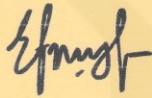
**TUGAS AKHIR**

oleh:

**ENZO PRATAMA**  
**11355102065**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di  
Pekanbaru, pada tanggal 24 Februari 2021

Ketua Program Studi



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

Pembimbing



Marhama Jelita S.Pd., M.Sc  
NIK. 130514010

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID  
MIKRO HYDRO BIOGAS

Studi Kasus (Dusun Saminai Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir)

TUGAS AKHIR

Oleh:

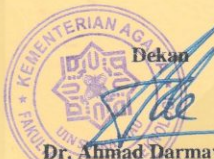
**ENZO PRATAMA**  
11355102065

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 24 Februari 2021

Pekanbaru, 24 Februari 2021

Mengesahkan,

Ketua Jurusan



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



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

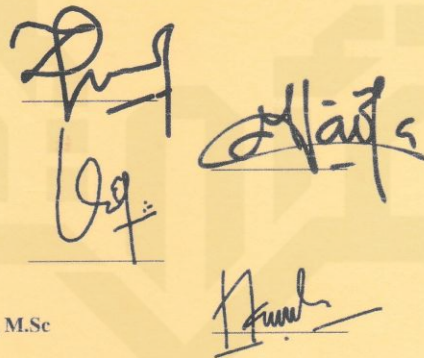
DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Zulfatri Aini, MT

Pembimbing : Marhama Jelita S.pd., M.Sc

Anggota I : Susi Afriani, ST., MT

Anggota 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.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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





## LEMBAR PERSEMBAHAN

Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuahkan hasil berupa karya tulis yang menghantarkanku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran:

*“Maka apakah mereka tidak memperhatikan Al-Quran? Kalau kiranya al-Quran itu bukan dari sisi Allah, tentunya mereka mendapat pertentangan yang banyak di dalamnya” (QS. Annisa’: 82)*

Semoga Engkau senantiasa meneguhkan imanku, meluruskan niatku, menundukan kapalaku dan meluruskan ucapanku, yang berasal dari Rasulullah utusan-Mu yang bersumber dari firman-Mu dan hanya kepada Engkau Maha Penguasa Semesta kami kembali.

*“dan tiadalah yang diucapkannya itu (Al-Quran) menurut hawa nafsunya” (QS. An-Nuur : 56)*

Nabi Muhammad SAW, teladan dari segala keteladan. Izinkan hamba-Mu untuk menjadi pengikut setia, yang senantiasa menyerukan nama-Mu dan ayat-Mu, yang senantiasa meneladani perilaku utusan-Mu, sehingga hamba-Mu bisa menyampaikan kebenaran agama yang dibawa utusan-Mu.

*“Katakanlah yang benar walaupun pahit rasanya” (HR. Bukhari dan Muslim)*

Orang tua ku yang senantiasa memberi dukungan, orang tua yang senantiasa mempersiapkan segala kebutuhan saat proses penyelesaian tugas akhir dan terimakasih untuk semuanya, kelak aku akan membalas semuanya semampu ku dan pahala semoga selalu disisi-Mu ya Rabbi..



# ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID MIKRO HYDRO BIOGAS

Studi Kasus (Dusun Semina Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir)

**ENZO PRATAMA**

**11355102065**

Tanggal Sidang:

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

## **ABSTRAK**

Satu dusun yang belum teraliri listrik yaitu dusun semina jaya, ada 45 KK yang belum teraliri listrik dari total 165 KK yang berada di Desa Rantau Kasih. Dusun Semina Jaya masih menggunakan generator untuk mencukupi listriknya. Listrik hidup dari pukul 18.00 sampai pukul 22.00 WIB, generator yang mereka gunakan merupakan generator yang berasal dari Dusun sebelumnya. Generator yang digunakan memiliki kapasitas 50 kv. Dusun ini belum dapat pasokan listrik dari PLN dikarenakan Dusun ini baru dibentuk, 45 KK yang ada di Dusun bukan asli dari warga sana melainkan orang-orang transmigrasi. Penggunaan genset yang terbatas membuat masyarakat desa kesulitan dalam melakukan aktivitas sehari-hari dimana banyak biaya yang harus dikeluarkan untuk genset. Dimana untuk pengoperasian mesin genset membutuhkan waktu 5-6 jam dan membutuhkan bahan bakar sebesar 4-7liter sehari. Tujuan penelitian ini menganalisis Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik Hybrid Mikro Hydro Biogas. Penelitian ini menawarkan Analisis Kelayakan dari aspek teknis dan ekonomi. Metode yang ditawarkan pada penelitian ini pembangkit listrik hybrid dengan konfigurasi Paralel secara offgrid. Hasil kebutuhan energi listrik rata-rata sebesar 5069,6 kWh/hari. Pada perencanaan awal pembangunan pembangkit listrik yang dimulai dengan memperoleh potensi biogas sebesar 27,6m<sup>3</sup>/hari dan potensi pltmh Dimana debit air terhitung sebesar 0,63 m<sup>3</sup>/s, dengan potensial head terhitung sebesar 6,33 m. Kemudian dilakukan simulasi menggunakan HOMER dengan umur proyek 20 tahun, diperoleh performa pembangkit generator biogas sebesar 8.760 kWh/tahun dan performa generator air sebesar 685.725kWh/tahun Hasil Ekonomi NPC pembangkit sebesar Rp. 364.833.550 , LCOE sebesar Rp 247. Penelitian pembangkit listrik mikro hidro biogas dinilai layak, baik secara teknis dan ekonomis.

Kata Kunci: HOMER, Biomassa, Energi Potensial Air





# TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF HYBRID MICRO HYDRO BIOGAS POWER PLANT (Case Study: Saminai Jaya Hamlet)

**ENZO PRATAMA**

**NIM: 11355102065**

**Final Date OF Exam: 24 February 2021**

*Electrical Engineering Study Program Faculty of Science and Technology Sultan Syarif Kasim  
Riau State Islamic University, Riau Street Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

## ABSTRACT

*One hamlet that has not been supplied with electricity is seminai jaya hamlet, there are 45 households that have not been supplied with electricity from a total of 165 households located in Rantau Kasih Village. Seminai Jaya village still uses generators to provide enough electricity. Electricity is on from 18.00 to 22.00 WIB, the generator they use is a generator that originated from the previous hamlet. The generator used has a capacity of 50 kv. This hamlet has not been able to supply electricity from PLN because this hamlet has just been formed, 45 families in the hamlet are not native to the people there but transmigration people. The limited use of generator sets makes it difficult for villagers to carry out daily activities where there are many costs that must be spent on generator sets. Where for the operation of the generator engine takes 5-6 hours and requires fuel of 4-7liters a day. The purpose of this study is to analyze the Technical and Economical Hybrid Micro Hydro Biogas Power Plant. The purpose of this study is to analyze the Technical and Economical Hybrid Micro Hydro Biogas Power Plant. This research offers Feasibility Analysis of technical and economic aspects. The methods offered in this study are hybrid power plants with parallel configurations on an offgrid basis. The average electricity energy requirement is 5069.6 kWh/day. In the initial planning of the construction of the power plant that began by obtaining biogas potential of 27.6m<sup>3</sup>/day and potential pltmh where the water discharge is calculated at 0.63 m<sup>3</sup>/s, with a potential head calculated at 6.33 m. Then conducted a simulation using HOMER with a project life of 20 years, obtained the performance of biogas generator generators of 8,760 kWh / year and water generator performance of 685,725kWh / year NPC economic results of the plant amounted to Rp. 364,833,550, LCOE of Rp 247. Research on biogas micro hydro power plants is considered feasible, both technically and economically.*

**Keywords:** HOMER, Biomass, Water Potential Energy







Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 Dilarang menjiplak atau menyalin untuk tujuan komersial tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.  
 a. Pengujiannya hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengujiannya 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.

2.8.1	Potensi Bahan Baku Biogas .....	II-24
2.9	Total Solid (TS) dan Volatile Solid (VS) dalam Proses Anaerobic .....	II-24
2.9.1	Potensi Biogas .....	II-25
2.9.2	Jumlah Volume Gas Metan Kotoran Sapi.....	II-25
2.10	Biodigester.....	II-26
2.11	Jenis-jenis Biodigester.....	II-26
2.12	Komponen Biodigester.....	II-28
2.13	Menentukan Ukuran Digester .....	II-30
2.14	Aspek Ekonomi .....	II-30
2.15	HOMER .....	II-32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Jenis Penelitian .....	III-1
3.2	Prosedur Penelitian .....	III-1
3.3	Tahap Identifikasi Masalah .....	III-3
3.4	Studi Literatur.....	III-4
3.5	Pengumpulan Data .....	III-4
3.5.1	Data Primer .....	III-5
3.5.2	Data Sekunder .....	III-6
3.6	Perhitungan Konfigurasi Sistem .....	III-7
3.6.1	Potensi Energi Mikro Hidro .....	III-7
3.6.2	Potensi Biogas .....	III-7
3.6.3	Menentukan Ukuran dan Komponen Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH).....	III-8
3.6.4	Menentukan Ukuran dan Komponen Pembangkit Listrik Biogas .....	III-8
3.7	Aspek Kelayakan Pembangkit <i>Hybrid</i> PLTMH Biogas.....	III-8
3.8	Penentuan Lokasi.....	III-10
3.9	Data Profil Beban.....	III-10
3.10	Data Potensi Energi.....	III-10
3.11	Pemilihan Komponen.....	III-11
3.12	Analisis Aspek Kelayakan.....	III-11
3.13	Penilaian Kelayakan.....	III-12
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Gambaran Umum Lokasi .....	IV-1
4.2	Studi Beban Listrik.....	IV-1
4.3	Potensi Biogas .....	IV-3
4.3.1	Potensi Sumber Biomassa Kotoran Hewan.....	IV-3
4.3.2	Menghitung Jumlah Total Solid (TS) dan Volatile (VS) .....	IV-3
4.4	Menentukan Ukuran dan Pemilihan Komponen PLT Biogas.....	IV-4



4.4.1	Menentukan Ukuran dan Pemilihan Digester.....	IV-4
4.4.2	Menentukan Ukuran dan Pemilihan Generator Biogas.....	IV-5
4.5	Produksi Listrik yang dihasilkan PLT Biogas .....	IV-6
4.6	Potensi Energi Air.....	IV-7
4.6.1	Menghitung Kecepatan Aliran Air .....	IV-7
4.6.2	Menghitung Luas Penampang Sungai .....	IV-8
4.6.3	Menghitung Potensi Energi Kinetik Air .....	IV-8
4.6.4	Menghitung Potensi Energi Potensial Air.....	IV-9
4.7	Daerah Aliran Sungai.....	IV-9
4.8	Perencanaan Pipa Pesat .....	IV-9
4.9	Analisa Daya Terbangkit.....	IV-10
4.9.1	Energi Potensial.....	IV-10
4.9.2	Pengukuran Bak Penenang.....	IV-12
4.10	Perencanaan Turbin.....	IV-13
4.10.1	Pemilihan Jenis Turbin .....	IV-13
4.10.2	Bagian Utama Turbin.....	IV-14
4.11	Produksi Listrik yang Dihasilkan.....	IV-15
4.12	Menentukan Komponen .....	IV-16
4.12.1	Menentukan Kapasitas Turbin Air.....	IV-16
4.12.2	Menentukan Sistem Kontrol.....	IV-17
4.12.3	Pintu Air.....	IV-18
4.12.4	Saringan Air .....	IV-18
4.12.5	Bak Penenang .....	IV-19
4.12.6	Pipa Pesat .....	IV-19
4.12.7	Rumah Pembangkit.....	IV-19
4.13	Masukan Koordinat Lokasi Penelitian .....	IV-20
4.14	Masukan Data Beban .....	IV-21
4.15	Kinerja Generator.....	IV-22
4.16	Kinerja PLTMH.....	IV-22
4.17	Input Ekonomi .....	IV-22
4.18	Melakukan Simulasi.....	IV-23
4.19	Kinerja PLTMH.....	IV-23
4.20	Kinerja Generator.....	IV-24
4.21	Analisis Ekonomi.....	IV-24
4.22	Rekomendasi Kelayakan .....	IV-25

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

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

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



## DAFTAR PUSTAKA

1. Hak cipta milik UIN Suska Riau
2. **Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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

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

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nama Desa/Kelurahan serta Jumlah Penduduk Kec.Kampar Hilir Kiri.....	II-4
Tabel 2.2	Jenis Turbin Air berdasarkan Kecepatan Spesifik.....	II-8
Tabel 2.3	Kandungan TS dan VS pada Kotoran Sapi .....	II-24
Tabel 2.4	Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Kubah Tetap .....	II-27
Tabel 4.1	Jumlah populasi dan sampel pada studi beban listrik Dusun Saminai Jaya. ....	IV-1
Tabel 4.2	Rata-rata beban listrik harian rumah tangga Dusun Saminai Jaya. ....	IV-1
Tabel 4.3	Beban puncak harian desa Rantau Kasih Dusun Seminai Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir.....	IV-2
Tabel 4.4	Spesifikasi digester biogas BD 9.000 L.....	IV-5
Tabel 4.5	Spesifikasi generator biogas yang digunakan .....	IV-5
Tabel 4.6	Kecepatan Air .....	IV-7
Tabel 4.7	Perhitungan Luas Penampang .....	IV-8
Tabel 4.8	Diameter Luar dan Dalam Turbinfo .....	IV-14
Tabel 4.9	Komponen <i>Mechanical Electrical</i> dan Peralatan Sipil.....	IV-19

- Hak Cipta dan Hak Moral Jilid 1 Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber:
    - a. Pengutipan harus menyatakan dengan jelas identitas dan kepemilikan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







Rumus 2.25 <i>Head</i> Akibat Gesekan .....	II-22
Rumus 2.26 Rugi-Rugi Akibat Belokan .....	II-22
Rumus 2.27 Kehilangan <i>Head</i> .....	II-23
Rumus 2.28 <i>Head</i> Bersih Dapat Dihitung.....	II-23
Rumus 2.29 Persamaan Untuk Menghitung TS Dan VS .....	II-24
Rumus 2.30 Volume Gas Metan .....	II-25
Rumus 2.31 Unit Volume .....	II-30
Rumus 2.32 Volume Digester .....	II-30
Rumus 2.33 Biaya Total Tahunan .....	II-31
Rumus 2.34 Nominal Tingkat Suku Bunga Tahunan .....	II-31
Rumus 2.35 <i>Levelized Cost Of Energy</i> (LCOE) .....	II-31

Head Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Laju pertumbuhan populasi penduduk Indonesia yang tinggi dan arus urbanisasi, diramalkan kebutuhan Indonesia akan energi meningkat setiap tahunnya. Sesuai hukum permintaan, bertambahnya penduduk akan meningkatkan kebutuhan listrik, yang pada akhirnya akan meningkatkan jumlah bahan bakar yang digunakan. Di sisi lain, konsumsi energi berbahan bakar fosil (BBM) juga masih mendominasi. Bauran energi yang dikonsumsi di Indonesia pada tahun 2018 sebesar 35% berasal dari minyak bumi, 40% berasal dari gas bumi, 14% berasal dari listrik dan 64% berasal dari batubara [1]. Ketergantungan terhadap BBM memberikan dampak meningkatkan polusi udara yang akan menjadi penyebab pemanasan global dan mencemari air dan juga ketersediaannya terbatas. Untuk meminimalisir ketergantungan terhadap BBM salah satunya pemanfaatan potensi energi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) [1].

Berikut ini berbagai macam jenis energi EBT dan sumber daya yang tersedia yang dapat dimanfaatkan yaitu Energi panas bumi dengan potensi energi sebesar 29.544 MW dengan kapasitas terpasang sebesar 1.438,5 MW. Energi hidro memiliki sumber daya sebesar 75.091 MW dengan kapasitas terpasang sebesar 45.379 MW dan mikro hidro sebesar 19.385 MW sedangkan kapasitas terpasang untuk energi hidro 8.671 MW dan mikro hidro sebesar 2.600,76 kW. Untuk energi biomassa memiliki sumber daya sebesar 32.654 MW dengan kapasitas terpasang 1.626 MW (*off-grid*) dan 91,1 MW (*on-grid*), sedangkan energi surya sebesar 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/day dengan kapasitas terpasang 14.006,5 kW dan Angin sebesar 970 MW dengan kapasitas terpasang sebesar 1,96 MW. Berdasarkan data tersebut masih banyak EBT yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Energi Hidro ataupun Air merupakan salah satu EBT yang populer dimana dari berbagai macam jenis energi, energi air merupakan energi yang paling besar dimanfaatkan walaupun masih belum terlalu optimal [2]

Provinsi Riau merupakan salah satu dari 34 provinsi wilayah Indonesia, khususnya di pulau Sumatera. Total keseluruhan desa di Provinsi Riau 1.835 desa, rumah tangga berlistrik non PLN berjumlah 172.383 rumah tangga. Berdasarkan informasi dari Ditjen Ketenagalistrikan Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), tingkat rasio elektrifikasi di provinsi Riau mencapai 95,25% tahun 2017 sehingga 4,75% penduduk di provinsi Riau yang belum menikmati listrik.<sup>3</sup> Pada Kabupaten Kampar merupakan kabupaten yang terdapat di wilayah Provinsi Riau, Di sebelah Utara berbatasan dengan Kota Pekanbaru dan Kabupaten Siak, di sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Kuantan Singingi, di sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Rokan Hulu dan Provinsi



Sumatera Barat serta sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Pelalawan. Daerah ini dibatasi dengan garis koordinat 01° 00'40'' Lintang Utara 00° 27'00'' Lintang Selatan, dan 100° 28'30'' – 101° 14'30'' Bujur Timur. Kabupaten Kampar dibagi menjadi 21 Kecamatan dan 250 desa.<sup>4</sup> BPS Provinsi Riau mencatat persentase jumlah pelanggan berdasarkan sumber penerangan di Kabupaten Kampar sebesar 91,26% dari listrik PLN, 8,46% dari listrik nonPLN, serta 0,27% tidak menggunakan listrik.<sup>5</sup> Salah satu kecamatan yang penyebaran penduduknya paling kurang dalam mengakses listrik dari PLN di Kabupaten Kampar adalah Kecamatan Kampar Kiri Hilir.

Kecamatan Kampar Kiri Hilir terdiri dari 8 desa. Dengan luas wilayah sekitar 5.411,30 km<sup>2</sup>. Desa terluas adalah Desa Sungai Pagar dengan luas 863,40 km<sup>2</sup> atau sekitar 15,96% dari luas keseluruhan Kecamatan Kampar Kiri Hilir. Sedangkan desa terkecil adalah Desa Bangun Sari yang luasnya hanya 345,70 km<sup>2</sup> atau sekitar 6,39% dari luas keseluruhan Kecamatan Kampar Kiri Hilir. Kecamatan Kampar Kiri Hilir memiliki 8 desa dimana dari 8 desa ada 1 dusun yang belum masuk jaringan listrik dari PLN. BPS Kecamatan Kampar mencatat bahwa Dusun Semina Jaya memiliki jumlah keluarga sebanyak 165 KK, dimana sebesar 120 KK yang sudah menggunakan listrik dan 45 KK yang masih belum menggunakan listrik. Desa rantau kasih memiliki luas wilayah sekitar 15% dari luas keseluruhan Kecamatan Kampar Kiri. Desa Rantau Kasih merupakan sebuah desa yang sedikit terisolasi dari masyarakat setempat karena akses untuk menuju ke Desa Rantau Kasih harus menyeberang melintasi sungai kampar kiri hanya dapat diakses dengan sampan roro, jika terjadi hujan maka tidak dapat memasuki desa Rantau Kasih [3].

Berdasarkan studi pendahuluan, wawancara dengan Sekretaris Desa Bapak Ajis Man menyatakan bahwa Desa Rantau Kasih memiliki 4 dusun yaitu Dusun Mekar Harapan, Dusun Sei Belanti, Dusun Jawi-jawi serta Dusun Semina Jaya. Semina Jaya merupakan dusun yang belum mendapatkan energi listrik dari PLN dari ke 4 dusun di Desa Rantau Kasih. Bapak Ajis juga menyatakan bahwa 3 dusun yang menggunakan listrik dan setiap dusun tersebut hanya memiliki 1 generator saja. Keadaan listrik dari ketiga dusun tersebut setelah adanya aliran listrik adalah tidak adanya lagi pemadaman lampu pada siang hari, biasanya sebelum tiga dusun tersebut dulu masih menggunakan genetaror saja dimana lampu menyala mulai dari pukul 18.00 sampai pukul 22.00 WIB.

Satu dusun yang belum teraliri listrik yaitu dusun semina jaya, ada 45 KK yang belum teraliri listrik dari total 165 KK yang berada di Desa Rantau Kasih. Dusun Semina Jaya masih menggunakan generator untuk mencukupi listriknya. Listrik hidup dari pukul 18.00 sampai pukul 22.00 WIB, generator yang mereka gunakan merupakan generator yang berasal dari Dusun sebelumnya. Generator yang digunakan memiliki kapasitas 50 kv. Dusun ini belum dapat pasokan





listrik dari PLN dikarenakan Dusun ini baru dibentuk, 45 KK yang ada di Dusun bukan asli dari warga sana melainkan orang-orang transmigrasi.

Penggunaan genset yang terbatas membuat masyarakat desa kesulitan dalam melakukan aktivitas sehari-hari dimana banyak biaya yang harus dikeluarkan untuk memperoleh genset. Dimana untuk pengoperasian mesin genset membutuhkan waktu 5-6 jam dan membutuhkan bahan bakar sebesar 4-7 liter sehari. Sehingga setiap rumah tangga yang menggunakan genset harus mengeluarkan dana sebesar ± Rp 50.000 per minggu. Setiap bulannya mengeluarkan dana ± Rp 200.000. Dimana pendapatan dari Desa Rantau Kasih tidak tetap. Sebagian besar pekerjaan dari Desa Rantau Kasih yaitu petani, peternak dan nelayan dan rata-rata pendapatan yang diperoleh desa tersebut sebesar ± Rp 1.500.000 per bulan.

Dengan pertimbangan diatas, teknologi yang tepat untuk pemecahan masalah diatas adalah memanfaatkan potensi energi (EBT). Potensi EBT yang ada di desa Rantau Kasih ada tiga yaitu energi matahari, PLTMH serta biogas. Namun pada penelitian ini menggunakan EBT yaitu potensi energi air dan biogas. Potensi energi surya tidak dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik karena Dusun 4 Semina Jaya di desa Rantau Kasih, termasuk kawasan taman nasional yaitu kawasan pelestarian alam untuk mempertahankan ekosistem aslinya dengan sistem zonasi, sedangkan pendirian pembangkit listrik tenaga surya memerlukan lahan yang luas. Warga dusun Semina Jaya berprofesi sebagai pekebun dengan menanami pohon sawit dan pohon karet, sehingga intensitas cahaya matahari terhalang perpohonan yang dapat menimbulkan shading atau bayangan sehingga dapat mengurangi efisiensi daya yang dihasilkan sel surya.

Penelitian yang dilakukan Herdiyanto Wardani tahun 2019 yang berjudul Analisis teknis dan ekonomi produksi biogas dengan memanfaatkan feses (kotoran manusia) sebagai pengembangan energi listrik yang bertujuan untuk menganalisis aspek teknis dan ekonomi produksi biogas yang dihasilkan pemanfaatan feses (Kotoran Manusia) sebagai pengembangan listrik. Hasil penelitian Herdiyanto adalah Potensi feses (kotoran manusia) 292.267,5 kg/hari mampu menghasilkan biogas 5.845,35 m<sup>3</sup>/hari. Produksi gas metana yang dihasilkan adalah sebesar 12.154,4 m<sup>3</sup>/hari setelah dilakukan pemurnian dengan water scrubber dengan tingkat kemurnian 95%. Sedangkan penelitian saya yaitu menggunakan kotoran sapi untuk pengembangan listrik. Dimana penelitian ini menggunakan metode homer. Keunggulan dari penelitian ini adalah menggunakan Hybrid dan PLTMH untuk melihat kelayakan biogas yang memenuhi kebutuhan listrik di Dusun Samina Jaya.

Potensi energi Biogas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bersumber dari kotoran ternak. Dari data BPS kampar jumlah ternak di desa Rantau kasih tercatat 46 ekor terdiri dari 14 ekor sapi dan 32 ekor kerbau. Berdasarkan wawancara dengan Sekretaris Desa Bapak Ajis Man



menyatakan bahwa kotoran yang dihasilkan dari 46 ekor sebanyak 690 kg. Perkiraan produksi biogas dari kotoran sapi dan kerbau tersebut dapat menghasilkan volume biogas sebesar  $0.04m^3$  setiap kilogram kotoran ternak sapi dan kerbau dan total volume biogas sebesar  $27,6 m^2/hari$  [4]. Energi biogas dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik di Dusun Seminai Jaya.

Dari kaji pendahuluan, potensi energi biogas belum mencukupi kebutuhan energi listrik di Dusun Seminai Jaya. Potensi energi air akan digunakan untuk mengatasi kekurangan energi listrik dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Hasil pengukuran debit air yang dilakukan pada tanggal 14 September 2019 diperoleh sebesar  $0,63 m^3/s$ , dengan kecepatan aliran air sebesar  $0,44 m/s$  dan daya kinetik sebesar  $59,62 Watt$ . Karena daya kinetik air yang dihasilkan kecil, maka pada penelitian ini akan menggunakan sumber energi potensial air.

Potensi energi biogas dan energi air akan digabungkan menjadi satu sumber pembangkit listrik yang dikenal dengan pembangkit listrik tenaga hybrid. Pembangkit listrik tenaga hybrid yang digunakan untuk menyuplai energi listrik di Dusun Seminai Jaya menggunakan sistem *Stand Alone Power System* (SAPS). Pemilihan sistem ini dipilih karena Dusun Seminai Jaya belum teraliri listrik dari sumber utama PLN dan juga potensi energi biogas belum mencukupi kebutuhan listrik di desa tersebut. pembangkit tenaga hybrid/*Hybrid Power System* (HPS) merupakan gabungan dari beberapa sumber potensi energi menjadi satu pembangkit listrik.

Diantaranya teknologi pembangkit yang digunakan untuk HPS ini adalah PLTMH hybrid biogas. HPS dipilih karena memiliki kelebihan dalam mensuplai kebutuhan energi listrik yaitu pembangkit lebih efisien, efektif dan handal. Kelebihan dari pembangkit tenaga listrik Hybrid yaitu untuk mengatasi krisisnya berbahan fosil dan ketiadaan listrik di daerah terpencil, pulau- pulau kecil dan pada daerah perkotaan yang terdiri dari surya, turbin angin, baterai, dan peralatan kontrol yang reintegrasi. Mampu mengkombinasi keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus menutupi kelemahan masing- masing pembangkit untuk kondisi- kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Mampu menghasilkan daya listrik secara efisien pada berbagai kondisi pembebanan.

Untuk mengatasi latar belakang diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian studi kelayakan Hybrid Power System PLTMH Biogas. Studi kelayakan yang akan dikaji memerlukan bantuan sebuah perangkat lunak yang memiliki kemampuan untuk menganalisis aspek teknis dan aspek ekonomis, salah satunya adalah perangkat lunak HOMERPro. HOMERPro merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh laboratorium energi terbarukan nasional di Amerika Serikat. Aplikasi ini digunakan untuk merancang dan mengevaluasi secara teknis dan *finansial*.



Sebelum melakukan studi kelayakan terlebih dahulu dilakukan perhitungan konfigurasi sistem pembangkit PLTMH biogas. Perhitungan konfigurasi sistem meliputi spesifikasi umum sistem pembangkit dan menentukan ukuran pemilihan komponen. Spesifikasi umum PLTMH menggunakan Australian/New Zealand Standard (AS/NZS), sedangkan untuk pembangkit listrik menggunakan tenaga biogas yang perlu dilakukan perhitungan manual di masing-masing perangkat yang tepat sehingga memenuhi kebutuhan listrik. Perangkat lunak HOMERPro, akan disimulasikan kombinasi pembangkit listrik *hybrid* yang optimun untuk memasok energi listrik pada suatu lokasi.

Parameter aspek ekonomi yang akan dianalisis yaitu *Levelized Cost Of Energy* (LCOE). LCOE, atau biaya listrik rata-rata, juga dikenal sebagai Biaya Energi Levelized (LEC), adalah nilai sekarang bersih dari unit-biaya listrik selama masa pakai aset pembangkit. Analisis LCOE mempertimbangkan biaya yang didistribusikan selama masa proyek, memberikan gambaran keuangan yang sangat akurat bahwa operator sistem lebih suka daripada biaya sederhana per perhitungan watt yang sering digunakan dalam industri.

Dari permasalahan yang telah diuraikan, maka dilakukan penelitian dengan judul “**Analisis Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik Hybrid Mikro Hydro Biogas Studi Kasus (Dusun Semina Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir)**”.

2. Dilarang mengumumkan 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.





## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah diatas dirangkum dalam pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana menghitung Profil beban di Dusun Saminai Jaya?
2. Bagaimana analisis aspek teknis pembangkit listrik *hybrid* mikro hidro biogas di dusun Semina Jaya kecamatan Kampar Kiri Hilir?
3. Bagaimana analisis aspek ekonomis pembangkit listrik *hybrid* mikro hidro biogas di dusun Semina Jaya kecamatan Kampar Kiri Hilir
4. Bagaimana menghasilkan konfigurasi pembangkit listrik *hybrid* mikro hidro biogas dapat memenuhi beban listrik di Dusun Semina Jaya Kecamatan Kampar Kiri Hilir.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah

1. Mengetahui profil beban di Dusun Semina Jaya Kecamatan Kampar Kiri Hilir.
2. Mengetahui aspek teknis pembangkit listrik *hybrid* mikro hidro biogas di Dusun Semina Jaya Kecamatan Kampar Kiri Hilir.
3. Mengetahui aspek ekonomi pembangkit listrik *hybrid* mikro hidro biogas di Dusun Semina Jaya Kecamatan Kampar Kiri Hilir.
4. Mengetahui konfigurasi pembangkit listrik *hybrid* mikro hidro biogas dapat memenuhi beban listrik di Dusun Semina Jaya Kecamatan Kampar Kiri Hilir.

## 1.4 Batasan Masalah

Dengan adanya permasalahan diatas, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan untuk memenuhi beban rumah tangga Desa Rantau Kasih di dusun Saminai Jaya.
2. Dalam penelitian ini hanya melakukan kajian teoritis, tidak membuat alat.
3. Aspek kelayakan yang akan dianalisis pada penelitian ini meliputi aspek teknik dan aspek ekonomis, tidak melakukan perhitungan dalam kajian transmisi / distribusi.
4. Dalam penelitian ini hanya menganalisis perencanaan awal dan ekonomi pembangkit listrik tenaga mikro hidro, belum secara spesifik hingga perancangan pembangkit.
5. Sistem pembangkit yang akan dirancang adalah sistem pembangkit mikrohidro hybrid biogas *off-grid*.





6. Analisa ekonomi dalam penelitian ini hanya membahas total *Net Present Cost* (NPC) pembangkit selama periode 20 tahun *Levelized Cost of Energy* (LCOE) pembangkit.
7. Simulasi dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak Hybrid *Optimization of Multiple Energy Resources* (HOMER).

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Lebih mempermudah pemerintah setempat untuk melakukan pembangunan pembangkit listrik di Kabupaten Kampar.
2. Dengan dilaksanakannya penelitian ini penggunaan energi terbarukan untuk membantu dalam meningkatkan rasio elektrifikasi dapat terlaksana dengan mudah.

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

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



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian referensi yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan dari buku dan jurnal yang berkaitan. Penelitian terkait yang telah dilakukan peneliti terdahulu seperti:

Judul penelitian yang hampir sama yang berjudul “Analisa Potensi Sumber Daya Air Sungai Kayuatu Wangko untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Desa Karor Kec. Lembean Timur Kab. Minahasa”. Berdasarkan hasil analisis data curah hujan, evapotranspirasi dan data aliran sungai (DAS) dari sungai didapatkan hasil debit air aliran mencapai  $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$ ., sehingga hasil perhitungan daya terbangkit akan terpenuhi hingga tahun 2024. Tujuan penelitian ini mengetahui ketersediaan debit Sungai Kayuatu Wangko, mengetahui ketersediaan daya yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan listrik dari warga dusun rarumis, metode yang digunakan metode mock [5].

Penelitian “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)”. Menghasilkan besar debit sungai air anak sebesar  $0,2565 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan daya terbangkit rencana tujuan penelitian ini menghasilkan model rancangan desain dan matematis dalam pltmh, mengetahui tentang keuntungan energy yang diperoleh dari pembangkit listrik pltmh, metode yang digunakan metode mock [6].

Penelitian “Survey Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Kuta Malaka Kabupaten Aceh Besar Propinsi Nangroe Aceh Darussalam”. Tujuan penelitian ini memberi gambaran dan informasi awal mengenai potensi tenaga air sebagai dasar dalam perencanaan dan pembangun pltmh [7].

Diperkuat dengan penelitian lain yang menggunakan metode yang sama untuk menganalisis pembangkit listrik hybrid dari segi teknis dan ekonomi di Desa Tanjung Padang Pada penelitian ini bertujuan untuk mendesain pembangkit listrik hybrid PV array/genset berdasarkan standar AS/NZS 4509.2:2010 dan di simulasikan menggunakan software HOMER. Penelitian ini menghasilkan desain hybrid PV array/genset biosolar yang optimal di Desa Tanjung Padang Kepulauan Meranti yang terdiri dari PV array 275 kW, genset 200 kW, bi-directional inverter 200 kW, dan 480 unit baterai berkapasitas 1.849Ah dengan tegangan 2v. Produksi listrik yang direncanakan mampu melayani kebutuhan beban secara kontinyu selama 25 tahun dan biaya produksi listrik(LCOE) sebesar Rp2.756/kWh lebih murah dari biaya LCOE diesel pribadi milik masyarakat Desa Tanjung Padang [8].

Metode lain untuk mengatasi kekurangan listrik di suatu daerah terpencil yaitu menggunakan biogas di Desa Pasir Ringgi. Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan sampah organik kotoran sapi sebagai bahan baku pembangkit listrik biogas dan perancangan PLT biogas. Penelitian ini



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

bertujuan untuk menghasilkan sebuah perancangan PLT biogas berdasarkan sumber potensi biogas dari kotoran sapi yang ada di Desa Pasir Ringgit. Pada penelitian ini menghasilkan perhitungan potensi biogas di Desa Pasir Ringgit berjumlah  $765\text{m}^3/\text{hari}$  yang dapat menghasilkan listrik sebesar  $7.810,65\text{ kWh/hari}$  dan dari aspek finansial PLT biogas pada sistem enam digester didapatkan nilai *Net Present Value* (NPV) = Rp. 102.472.120, *Pay Back Periode* = 15 tahun, *Internal Rate of Return* (IRR) = 12,5% dan *index profitability* (IP) = 1,02 [9]. Dari kesimpulan penelitian PLT biogas di Desa Pasir Ringgit layak didirikan dan model penelitian ini dapat diterapkan di Desa Rantau Kasih Kecamatan Kampar Kiri Hilir Kabupaten Kampar.

Penelitian yang lainnya yaitu “Analisis Tekno Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Anaerobik Biogas Dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi Di Desa Galang” dimana hasil dari penelitian ini adalah Melalui proses digestifikasi anaerobik PLTBg, kotoran ternak sapi potong di Peternakan Usaha Sapi potong di desa Galang dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku produksi PLTBg, selanjutnya PLTBg tersebut dapat dimanfaatkan menjadi energi primer untuk pembangkit listrik tenaga biogas(PLTBg). Dengan rata-rata produksi kotoran sapi potong besar dan kecil  $9,6\text{ kg/ekor/hari}$ , dengan jumlah sapi potong keseluruhan 60 dengan rata-rata kotoran sapi potong  $576\text{ kg/hari}$  dan menghasilkan produksi PLTBg sebesar  $5\% \text{ m}^3/\text{hari}$ . Potensi Energi listrik yang dihasilkan  $64,33\text{ kWh}$  per hari. Selanjutnya dengan populasi ternak rata-rata sebanyak 60 ekor dengan kotoran  $576\text{ kg/hari}$  menghasilkan daya energi listrik sebesar  $64,33\text{ kWh/hari}$ , jadi setiap sapi potong per ekor/hari dengan berat kotoran sapi rata-rata  $9,6\text{ kg/ekor/hari}$  akan menghasilkan daya energi PLTBg/hari adalah jumlah daya rata-rata keseluruhan  $2,7\text{ kWh/hari}$  : jumlah sapi potong keseluruhan  $60 = 34,5\text{ Watt/ekor/jam}$ . Kemudian maksud dari Annual Cost akan sensitif pada nilai Rp 13.403.333,-/tahun, maka proyek investasi masih layak dilaksanakan. Untuk mendapatkan Nilai jual energi per tahun sebesar  $23158,8\text{ kWh/Tahun}$ , maka kegiatan investasi ini layak dan menguntungkan dengan model pengelolanya. Sistem pengoperasiannya dilakukan bisa secara bersama atau individu pemilik rumah, pertokoan dan perkantoran [10].

Penelitian selanjutnya yaitu “Kajian Ekonomis Pembangkit Hybrid Renewable Energi Menuju Desa Mandiri Energi di Kabupaten Bone-Bolango” yaitu konfigurasi sistem hibrid surya-biomassa, konfigurasi sistem hibrid surya-biomassa-mikrohidro, konfigurasi sistem hibrid biomassa-mikrohidro dan konfigurasi sistem hibrid surya-mikrohidro. Sedangkan konfigurasi yang paling optimal ekonomi yang cocok diterapkan di Desa Lombongo Kabupaten Bone Bolango yaitu konfigurasi sistem hibrid surya-mikrohidro dengan 25 tahun estimasi operasi didapatkan NPC sebesar US\$ -369.087,- dan LCOE US\$ -0,106 /kWh. Pembangkit hybrid ini dimana kapasitas pembangkit mikrohidro 58,9 kW dengan produksi per tahun  $657.384\text{ kW}$ , pembangkit surya berkapasitas 15,7 kW dengan produksi per tahun  $20.091\text{ kW}$ . Sistem hibrid ini sangat menguntungkan karena harga energi listrik jauh lebih kecil





dibanding PLN sehingga sistem ini hibrid ini [11].

Penelitian tentang “Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten” yaitu bahwa total produksi listrik yang di hasilkan pada hibrida PLTD-PLTS pertahun yaitu sebesar 206.961 kWh/tahun. Kontribusi PLTS terhadap sistem PLTH sebesar 18,7 % atau 38.793 kWh/tahun dengan waktu operasi pukul 05.00-18.00 setiap hari dengan jumlah jam operasi 4.830 jam/tahun. Sedangkan PLTD 81,3 % atau 168.168 kWh/tahun dengan waktu operasi 17.00-07.00 setiap hari atau jumlah jam operasi 4.745 jam/tahun. Konfigurasi ini memiliki nilai NPC \$ 2.180.000 dan biaya listrik \$ 0.919 per kWh. Kelebihan energinya selama setahun sebesar 42.711 kWh/tahun. Dampak lingkungan yang dapat dikurangi dengan menerapkan sistem PLTD-PLTS, emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada sistem ini adalah sebesar 147 ton pertahun, terjadi penurunan jumlah emisi CO<sub>2</sub> sebesar 27 ton pertahun atau 15,5 % dari kondisi awal jumlah emisi CO<sub>2</sub> sebesar 174 ton pertahun [12].

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dijelaskan dapat disimpulkan bahwa sistem pembangkit listrik PLTMH-Biogas merupakan solusi untuk pembangkit listrik pedesaan terpencil. Dari penelitian terdahulu ada beberapa yang telah dibahas yaitu: membahas tentang desain PLTMH, desain dimensi biodigester dalam perancangan PLT Biogas menggunakan sampah organik kotoran sapi, simulasi penggabungan pembangkit listrik PV/Diesel menggunakan HOMER, dan simulasi pembangkit listrik hybrid on-grid PV/Biogas. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan pembangkit listrik dengan sistem hybrid. Namun yang membedakan dalam penelitan ini adalah penggabungan 2 pembangkit listrik yaitu PLTMH dan Biogas dengan sistem off-grid. Dibandingkan penelitian sebelumnya hanya membahas dari segi ekonomi. Penelitian ini juga melakukan analisis teknis dan analisa ekonomi. Pembahasan analisa ekonomi mengenai total Net present Cost (NPC) pembangkit selama periode 20 tahun, Levelized Cost of Energy (LCOE) pembangkit.

## 2.2 Profil Kabupaten Kampar

Profil Riau memiliki 10 kabupaten yaitu Kuantan Singingi, Indragiri Hulu, Indragiri Hilir, Pelalawan, Siak, Kampar, Rokam Hulu, Rokan Hilir, Bengkalis, dan Kepulauan Meranti. Provinsi Riau memilili 2 kota madya yaitu Pekanbaru dan Dumai.



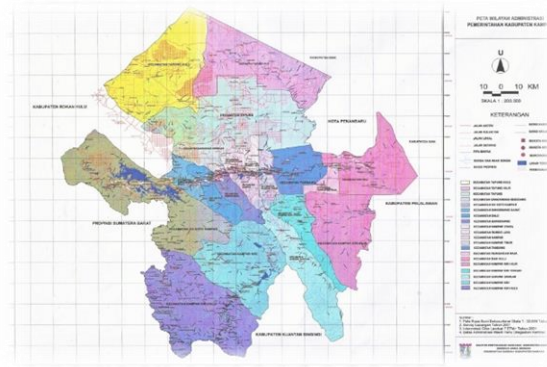


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



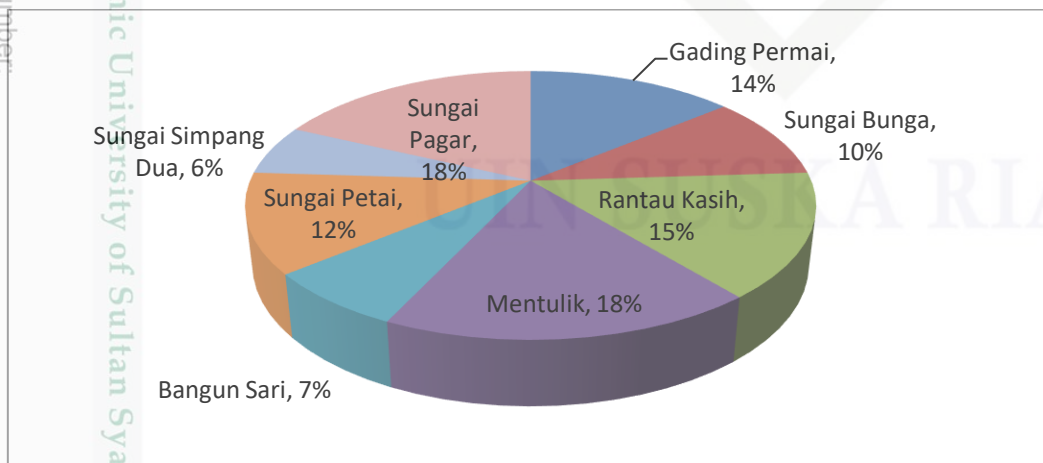
Gambar 2 1 Letak Geografi Kabupaten Kampar (Sumber: BPS Kabupaten Kampar, 2017)

Kabupaten Kampar merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Riau. Kabupaten Kampar terdiri dari 21 Kecamatan dan 250 desa/kelurahan. Kecamatan yang berada di Kabupaten Kampar yaitu Kampar Kiri, Kampar Kiri Hulu, Gunung Sahilan, Kampar Kiri Tengah, XIII Koto Kampar, Koto Kampar Hulu, Kuok, Salo, Tapung, Tapung Hulu, Tapung Hilir, Bangkinang Kota, Bangkinang, Kampar, Kampar Timur, Rumbio Jaya, Kampar Utara, Tambang, Siak Hulu, dan Perhentian Raja.

Luas wilayah Kabupaten kampar 11.289,28 km<sup>2</sup>. Kecamatan Tapung mempunyai luas wilayah terbesar yaitu 1 365,97 km<sup>2</sup> atau sekitar 12,1 persen dari luas wilayah Kabupaten Kampar sedangkan Kecamatan Rumbio Jaya mempunyai luas wilayah terkecil yaitu 76,92 km<sup>2</sup> atau sekitar 0,7 persen dari luas wilayah Kabupaten Kampar.

Kabupaten Kampar memiliki letak astronomisnya 01° 00'40'' Lintang Utara 00°27'00'' Lintang Selatan, dan 100° 28'30'' – 101° 14'30'' Bujur Timur, dengan batas-batas wilayah sebagai berikut:

1. Sebelah utara berbatasan dengan Kota Pekanbaru dan Kabupaten Siak.
2. Sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Kuantan Singingi.
3. Sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Rokan Hulu dan Provinsi Sumatera Barat.
4. Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Siak.



Gambar 2 2 Luas Wilayah Kecamatan Kampar Kiri Hilir (Sumber: BPS Kabupaten Kampar, 2017)



## 2.3 Gambaran umum Kecamatan Kampar Kiri Hilir

### 2.3.1 Keadaan Geografi

Wilayah Kabupaten Kampar, Riau terletak pada 0 Lintang Utara; 1 Lintang Selatan, dan 101-02-101 56 Bujur Timur. Kabupaten Kampar dibentuk pada tahun 1956 dengan Undang-Undang Nomor 12 tahun 1956 dengan Luas  $\pm 30.569,56$  Km<sup>2</sup>. setelah itu keluar Undang-Undang Nomor 1999 Kabupaten Kampar pasca pemekaran dengan luas wilayah  $\pm 10.983,64$  Km<sup>2</sup>. dengan batasan wilayah sebelah Utara dengan kota Pekanbaru dan Kabupaten Siak, sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Kuantan Singingi, sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Rokan Hulu, dan sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Siak.

Kabupaten Kampar dibentuk pada tahun 1956 dengan Undang-Undang Nomor 12 tahun 1956. setelah itu keluar Undang-Undang Nomor 1999 Kabupaten Kampar pasca pemekaran. Kecamatan Kampar Kiri Hilir merupakan Kecamatan pemekaran dari Kecamatan induk yakni Kampar Kiri berdasarkan peraturan daerah Kabupaten Kampar Nomor 10 Tahun 2001 tentang pembentukan Kecamatan Kampar Kiri Hilir. Kecamatan Kampar Kiri Hilir memiliki wilayah 432,4 Km<sup>2</sup>, dengan batasan-batasan wilayah sebagai berikut :

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Perhentian Raja
2. Sebelah Timur Berbatasan dengan Kecamatan Langgam
3. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kampar Kiri Tengah
4. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Tambang

Kecamatan Kampar Kiri Hilir memiliki Luas daerah 759,75 km<sup>2</sup> dari luas wilayah Kabupaten Kampar. Jumlah Desa dan Kelurahan dikecamatan Kampar Kiri Hilir adalah sebanyak 7 Desa dan 1 Kelurahan yaitu Desa Sungai Pagar, Desa Sungai Simpang, Desa Sungai Petai, Desa Bangun Sari, Desa Mentulik, Desa Rantau Kasih, Desa Sungai Bunga, Serta Desa Gading Permai. dengan Jumlah Penduduk sebanyak 10966 orang. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. 1 Nama Desa/ Kelurahan serta jumlah penduduk Kecamatan Kampar Kiri Hilir

No	Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk			Jumlah KK
		LK	PR	L+P	
1	Kelurahan Sungai Pagar	1744	1822	3466	955
2	Desa Sungai Petai	836	811	1647	406
3	Desa Simpang Dua	1051	959	2010	509
4	Desa Sungai Bungo	455	327	782	173
5	<b>Desa Rantau Kasih</b>	<b>358</b>	<b>328</b>	<b>686</b>	<b>168</b>
6	Desa Mentulik	430	429	858	225
7	Desa Bangun Sari	561	497	1058	282



8	Desa Gading Permai	195	163	358	190
<b>Jumlah</b>		<b>5630</b>	<b>5336</b>	<b>10966</b>	<b>2908</b>

Sumber: Data Kecamatan Kampar Kiri Hilir 2017.

Dari tabel 2.1 dapat dilihat jumlah Desa dikecamatan Kampar Kiri Hilir serta jumlah penduduk di setiap Desa dan Kelurahan. Adapun jumlah Desa sebanyak 7 Desa dan Kelurahan Sebanyak 1 Kelurahan. Jumlah penduduk laki-laki sebanyak 5630 orang dan penduduk perempuan sebanyak 5336 orang, total keseluruhan penduduk Kecamatan Kampar Kiri Hilir sebanyak 10966 orang dengan 2908 Kepala Keluarga. Dan Secara umum keadaan Topografi Kabupaten Kampar adalah berupa daratan meskipun ada beberapa daerah yang berupa rawa

## 2.4 Landasan Teori

### 2.4.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah suatu pembangkitan energi listrik dengan merubah energi potensial air menjadi energi mekanik oleh turbin kemudian diubah lagi menjadi energi listrik oleh generator dengan memanfaatkan ketinggian dan kecepatan aliran air. Energi listrik yang dibangkitkan dari kecepatan aliran air ini biasa disebut sebagai hidroelektrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh air [13].

### 2.4.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

PLTA jenis ini merupakan pusat listrik yang memanfaatkan laju aliran air untuk menggerakkan turbin yang mempunyai *intake* di hulu sungai dan mengalirkan air ke hilir melalui terusan air dengan memanfaatkan aliran air secara alami [13]. Pembangkit listrik tenaga air jenis ini adalah pembangkit listrik yang mulai dikembangkan di beberapa negara dunia. Pembangkit jenis ini memanfaatkan laju aliran air sebagai penggerak turbinnya. Cara kerjanya adalah dengan memanfaatkan energi kinetik air kemudian diubah menjadi energi mekanis sebagai penggerak turbin dan generator, singkatnya pembangkit ini hanya memanfaatkan langsung energi kinetik tanpa harus memanfaatkan energi potensial [13]

Keunggulan dari PLTA jenis ini yaitu tidak membutuhkan lahan yang luas sebagai kawasan tangkapan air seperti halnya DAM. Namun, hanya dengan membuat satu sistemnya saja yang dilengkapi dengan turbin, transmisi dan generator kemudian diapungkan diatas permukaan air yang memiliki arus yang cukup untuk memutar turbin dan generator. Pengaplikasiannya pun bisa dilakukan di sungai maupun di laut. Selain dari penggunaannya yang mudah dan murah, pembangkit jenis ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah diperlukan perancangan turbin yang baik sebab





tidak semua jenis turbin dapat digunakan di PLTA jenis ini. Dengan laju aliran rata-rata air yang hanya berkisar 1-3 m/s dibutuhkan suatu sistem transmisi yang berfungsi untuk mempercepat putaran generator sehingga daya yang dihasilkan cukup besar [13].

**2.4.3 Debit Air**

Debit air merupakan jumlah air yang mengalir didalam saluran atau sungai per satuan waktu. Pengukuran debit aliran air dapat dilakukan menggunakan metode apung. Dimana media apung yang digunakan dapat berupa botol plastik, kayu, batu apung dan lainnya yang dapat mengapung. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut: [14]

1. Memilih bagian sungai yang relatif lurus dan penampang seragam kemudian tentukan panjangnya.
2. Mengukur luas penampang bagian sungai tersebut dengan membagi dalam beberapa segmen, minimal 3 segmen. Kemudian hitung luas masing-masing segmen tersebut dan luas penampang secara keseluruhan.
3. Menjatuhkan benda apung tersebut beberapa meter sebelum garis *start* yang telah ditentukan.
4. Mengukur waktu yang dibutuhkan media apung tersebut untuk melewati jarak yang telah ditentukan.
5. Menghitung kecepatannya

Metode umum yang diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (*cross section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air [15]

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

Dimana:

A = Luas Penampang Vertikal (m<sup>2</sup>)

v = Kecepatan Aliran Air (m/s)

Q = Debit Aliran (m<sup>3</sup>/s)

Sebelum mengukur berapa besar debit aliran sungai, terlebih dahulu menghitung Profil sungai dan kecepatan aliran sungai. Antara lain:

**1. Pembuatan profil sungai.**

Dengan melakukan pengukuran profil sungai, maka luas penampang sungai dapat diketahui. Luas penampang sungai (A) merupakan penjumlahan seluruh bagian penampang sungai yang diperoleh dari hasil perkalian antara interval jarak horizontal dengan kedalaman air atau dapat dituliskan dengan persamaan [16]

$$A = L_1D_1 + L_2D_2 + ..... L_nD_n \tag{2.2}$$





Dimana:

L = Lebar Penampang Horizontal (m)

D = Kedalaman (m)

2. Pengukuran Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran sungai pada satu penampang saluran tidak sama. Kecepatan aliran sungai ditentukan oleh bentuk aliran, geometri saluran dan faktor faktor lainnya. Kecepatan aliran sungai diperoleh dari rata-rata kecepatan aliran pada tiap bagian penampang sungai tersebut. Idealnya, kecepatan aliran rata-rata diukur dengan mempergunakan *flow probe* atau *current meter*. Alat ini dapat mengetahui kecepatan aliran pada berbagai kedalaman penampang. Namun apabila alat tersebut tidak tersedia, kecepatan aliran dapat diukur dengan metode apung.

Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan dengan jalan mengapungkan suatu benda misalnya bola tenis, pada lintasan tertentu sampai dengan suatu titik yang telah diketahui jaraknya. Pengukuran dilakukan oleh tiga orang yang masing masing bertugas sebagai pelepas pengapung di titik awal, pengamat di titik akhir lintasan dan pencatat waktu perjalanan alat pengapung dari awal sampai titik akhir. Zuhendrianto.

Kecepatan aliran merupakan hasil bagi antara jarak lintasan dengan waktu tempuh atau dapat dituliskan dengan persamaan [16]:

$$v = \frac{L}{t} \tag{2.3}$$

Dimana:

v = Kecepatan aliran air (m/s)

t = Waktu Tempu

L = Panjang lintasan (m)

Kecepatan yang diperoleh dari metode ini merupakan kecepatan maksimal sehingga perlu dikalikan dengan faktor koreksi kecepatan. Pada sungai dengan dasar yang kasar faktor koreksinya sebesar 0.75 dan pada dasar sungai yang halus faktor koreksinya 0,85. tetapi secara umum faktor koreksi yang dipergunakan adalah sebesar 0,65.

Setelah debit didapatkan maka langkah selanjutnya adalah menghitung daya air ( $P_{air}$ ) dengan persamaan berikut

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

Dimana:

$P_{air}$  = Daya yang dapat dihasilkan oleh sungai (Watt)



- $\rho$  = Massa Jenis Air (1.000 Kg/m<sup>3</sup>)  
 $A$  = Luas Penampang Vertikal Sungai (m<sup>2</sup>)  
 $V$  = Kecepatan Aliran Sungai (m/s)

Untuk menghitung energi potensial air dimana aliran air yang dapat menggerakkan turbin dengan persamaan berikut: [16]

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

Dimana:

- $P_w$  : Daya air  
 $\rho$  : Massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)  
 $H_n$  : *head net* (*head* bersih) (m)  
 $Q$  : Debit air (m<sup>3</sup>/s)

#### 2.4.4 Jenis-jenis Turbin Air

Turbin air merupakan suatu alat yang berbentuk lingkaran dan memiliki beberapa sudu atau *blades* yang berfungsi untuk mengubah energi air menjadi energi mekanis (gerak). Secara umum turbin air diklarifikasikan menjadi 3 yaitu :[14]

##### 1. Berdasarkan Perubahan Tekanan Fluida

Turbin dapat diklarifikasikan berdasarkan tekanan fluida yang dibagi menjadi 2 bagian yaitu:

###### a. Turbin Impuls

Turbin impuls merubah seluruh energi potensialnya menjadi energi kinetik pada *nozzle* sehingga diperoleh kecepatan air untuk menumbuk sejumlah sudu turbin.

###### b. Turbin Reaksi

Turbin reaksi merupakan turbin yang pengoperasiannya berdasarkan pada tekanan *inlet* dan *outlet* dimana air yang masuk mengalir melewati rotor dengan radial dan keluar dengan arah aksial.

##### 2. Berdasarkan Tinggi Jatuh Air

Berdasarkan tinggi jatuh air, turbin ini dapat di klarifikasikan menjadi:

- Tinggi jatuh air 2,5 m – 30 m (*pelton, crossflow, francis* dan *kaplan*)
- Tinggi jatuh air 6 m – 30 m (*crossflow, francis* dan *kaplan*)
- Tinggi jatuh air 3 m – 6 m (*propeller*)
- Tinggi jatuh air < 3m (*propeller turbular / balb sets*)

##### 3. Berdasarkan Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik adalah turbin model yang beroperasi pada satu satuan ketinggian jatuh dan menghasilkan daya output sebesar satu satuan daya. Tabel 2.2 ini merupakan jenis turbin

berdasarkan kecepatan spesifik:

Tabel 2.2 Jenis turbin air berdasarkan kecepatan spesifik

Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik (rpm)		
	Lambat	Sedang	Cepat
Pelton	1 – 15	16 – 30	31 – 70
Crossflow	41 – 80	81 – 120	121 – 180
Francis	60 – 150	151 – 250	251 – 350
Kaplan	300 – 450	451 – 700	701 – 1000

Untuk menentukan kecepatan spesifik turbin dapat ditentukan menggunakan persamaan: [16]

$$n_s = \frac{n_t \sqrt{P_t}}{H_n^{5/4}} \quad (2.6)$$

Dimana :

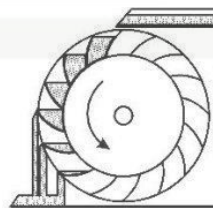
- $n_s$  = Kecepatan spesifik turbin
- $P_t$  = Daya turbin (HP)

Beberapa tipe turbin air berdasarkan aliran air yaitu:

1. Turbin air *overshoot*.

Turbin air *overshot* prinsip kerjanya adalah apabila air yang mengalir jatuh kedalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air pada sudu turbin membuat kincir berputar. Turbin *overshot* adalah turbin air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis turbin lainnya

[17]



Gambar 2 3 Turbin Air *Overshoot*

Turbin air *Overshoot* memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan antara lain:

A. Kelebihan

- a. Tidak memerlukan aliran air yang deras.
- b. Kontruksinya sederhana.
- c. Mudah dalam perawatan.
- d. Tingkat efisiensi mencapai 85%.
- e. Teknologi sederhana dapat diterapkan di daerah terisolir.

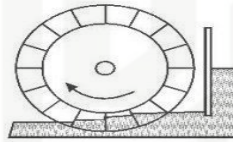


## B. Kelemahan

- a. Karena sumber air melalui *reservoir* atau bendungan, maka biaya menjadi lebih besar.
- b. Tidak dapat diterapkan pada mesin putaran tinggi.
- c. Membutuhkan ruang yang luas untuk penempatan.
- d. Daya yang dihasilkan relatif kecil.

### 2. Turbin air *undershoot*.

Prinsip kerja dari turbin air ini yaitu apabila air mengalir kemudian menghantam dinding sudut-sudut turbin yang berada pada bagian bawah turbin air. Turbin air tipe ini tidak perlu mengandalkan keuntungan *head*. Tipe jenis ini sangat cocok diterapkan diperairan dangkal. Tipe jenis ini juga sering disebut dengan *vitruvian*. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.



**Gambar 2 4 Turbin Air *Undershoot***

Seperti halnya pada turbin sebelumnya. Turbin *undershoot* ini juga memiliki beberapa kelebihan dan juga kelemahan antara lain:

#### A. Kelebihan

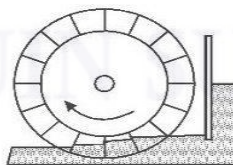
Konstruksinya lebih sederhana, lebih ekonomis dan mudah untuk dipindahkan.

#### B. Kelemahan

Effisiensi yang dimiliki relatif kecil sehingga daya yang dihasilkan juga kecil.

### 3. Turbin air *breastshoot*.

Turbin air *breastshot* merupakan perpaduan antara dua tipe sebelumnya yaitu *overshoot* dan *undershot* apabila dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak *head* tidak melebihi diameter turbin sehingga arah aliran air yang menggerakkan turbin air disekitar sumbu poros dari turbin air. Turbin air jenis ini memperbaiki kinerja dari turbin air tipe *undershot*.



**Gambar 2 5 Turbin Air *Breastshoot*.**

Adapun kelebihan dan kelemahan dari turbin air tipe *breastshot* ini adalah lebihnya tipe ini lebih efisien dibanding tipe *undershot*, dibanding dengan *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek, dan dapat di aplikasikan pada sumber air datar. Sedangkan kelemahan dari turbin air tipe ini adalah sudut-

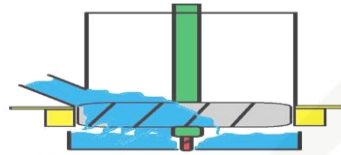




sudutnya tidak rata seperti tipe *undershot*, diperlukan bendungan pada arus aliran datar, dan effisiensinya lebih kecil dibandingkan dengan turbin air tipe *overshot*.

4. Turbin air *tub*.

Turbin air tipe *Tub* ini merupakan turbin air yang turbinnya diletakkan secara horisontal serta sudut-sudutnya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dibandingkan tipe *overshot* dan *undershot*. Sebab arah gaya dari terjunan airnya menyemping, maka energi yang diterima oleh turbin adalah energi potensial dan energi kinetik.



Gambar 2.6 Turbin Air *Tub*.

Turbin air *tub* juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan di antara lain:

a. Kelebihan

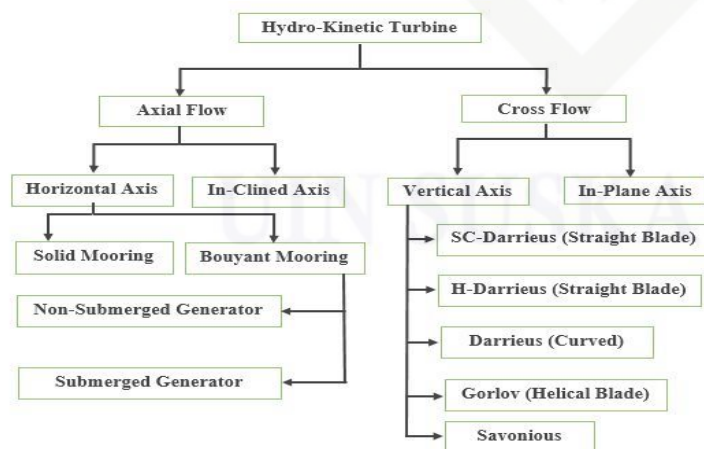
Memiliki konstruksi yang lebih ringkas dan kecepatan putarannya juga lebih cepat

b. Kekurangan

Daya yang dihasilkan tidak terlalu besar dan karena komponennya yang kecil sehingga dibutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi.

2.4.5 Klasifikasi Turbin Mikro Hidro atau Hidrokinetik

Berdasarkan penyelerasan sumbu rotor yang berhubungan dengan aliran air, maka turbin *hidrokinetik* dapat diklasifikasikan dalam 2 kelompok yaitu *axial flow* dan *cross flow*. Berikut adalah klasifikasi turbin beserta bagian-bagiannya [17]



Gambar 2.7 Klasifikasi Turbin berdasarkan aliran.

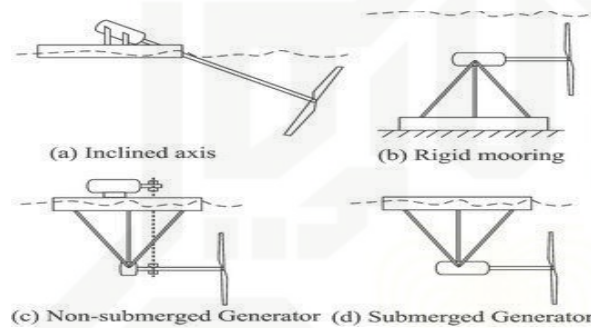
Turbin *axial flow* adalah jenis turbin yang memiliki sumbu sejajar dengan aliran fluida dan



menggunakan jenis baling-baling rotor. Sedangkan turbin jenis *cross flow* menghadapi aliran air orthogonal dengan sumbu rotor dan sebagian besar muncul sebagai struktur berputar berbentuk silinder.

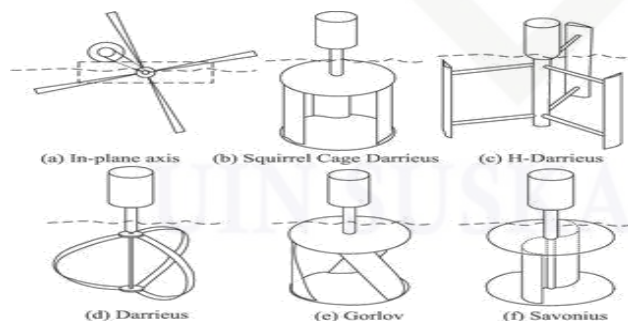
Sumbu turbin sebagian besar telah dipelajari untuk konverter energi sungai kecil. Akan tetapi, turbin dengan sumbu horisontal pada umumnya digunakan untuk mengkonversi energi pasang surut, turbin ini juga sangat mirip dengan turbin angin modern dari desain dan sudut pandang struktural.

Turbin dengan struktur tambatan (*mooring*) padat membutuhkan sebuah generator yang ditempatkan di dekat sungai atau dasar laut. Rotor dengan sumbu horisontal dengan mekanisme tambatan apung memungkinkan generator tidak terendam untuk ditempatkan lebih dekat ke permukaan air. Berikut adalah gambar-gambar jenis turbin *axial flow*.



Gambar 2.8 Jenis-jenis turbin *Axial Flow*.

Jenis turbin yang berikutnya adalah turbin *cross flow*. Turbin *cross flow* merupakan turbin yang dapat memutar searah bahkan dapat juga berputar dengan aliran fluida 2 arah sekalipun. Turbin jenis *cross flow* dapat dibagi lagi menjadi dua kelompok yaitu *vertical axis* (sumbu vertikal ke pesawat air) dan *in-plane axis* (sumbu pada bidang horizontal permukaan air). Turbin *in-plane* lebih dikenal sebagai kincir air mengambang. Besarnya pemakaian bahan adalah masalah lain untuk turbin tersebut. Berikut adalah gambar jenis-jenis turbin *cross flow*:



Gambar 2. 9 Jenis-jenis turbin *Cross Flow*

Turbin *Darrieus* dengan *in-plane axis* sistem ini kurang umum dan bermasalah pada bantalan (*bearing*) dan *power take-off*. Pada sumbu vertikal, turbin *Darrieus* adalah pilihan yang paling sering dipilih, meskipun contoh *H-Darrieus* atau *Squirrel Cage Darrieus* (berbilah lurus) yang agak umum.



Turbin *The Gorlov* merupakan anggota lainnya dari *vertical axis*, di mana sudu yang memiliki struktur heliks. Turbin *Savonious* adalah jenis perangkat tarik, yang dapat terdiri dari pisau lurus atau miring. Turbin ini juga dapat diklasifikasikan berdasarkan angkat atau jenis tarik pisaunya, sampai orientasi aliran bawah rotor dan variabel (aktif atau pasif) mekanisme melempar pisau tetap. Berbagai jenis rotor juga dapat hibridisasi (seperti hybrid *Darrieus-Savonious*) untuk mencapai kinerja tertentu.

Dari aplikasi sudut pandang, turbin hydrokinetic dapat digunakan baik di sungai atau laut (pasang surut laut untuk konversi energi saat ini). Namun, ada beberapa perbedaan yang halus antara kedua bidang aplikasi. Turbin pasang surut biasanya lebih besar dalam ukuran (> 100 kW), sedangkan turbin sungai umumnya dalam kisaran 1 kW sampai 10 kW. Turbin Sungai beroperasi di bawah pengaruh berbagai aliran air volumetrik melalui subjek alur sungai berbagai faktor eksternal seperti, saluran potongan melintang, curah hujan, dan insiden buatan (seperti, transportasi, membuka bendungan hulu dll). Air sungai kurang padat dari air laut dan oleh karena itu memiliki kepadatan energi yang lebih rendah.

Dalam perancangan turbin air, hal yang paling penting dilakukan adalah menentukan diameter luar turbin. Perancangan didasarkan atas jarak antara sisi bagian atas turbin dan ujung saluran air dan juga jarak bagian bawah turbin dengan saluran air. Diameter juga dirancang dengan memperhatikan volume air yang ditampung oleh sudu.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung diameter luar turbin dapat dihitung menggunakan rumus berikut : [16]

$$LD = 2,672 \frac{Q}{\sqrt{H_n}} \quad (2.7)$$

Dimana:

LD = Lebar luar turbin (m<sup>2</sup>)

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

H<sub>n</sub> = Head bersih (m)

Untuk menentukan diameter dalam turbin (D<sub>2</sub>) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: [16]

$$D_2 = \frac{2}{3} \times D \quad (2.8)$$

Dimana:

D<sub>2</sub> = Diameter dalam turbin (m)

D = Diameter luar turbin (m)



Untuk menentukan jarak antar sudu ( $t$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: [16]

$$t = 0,174 \times D \tag{2.9}$$

Ketebalan pancaran pada *nozzle* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut : [16]

$$s = 0,22 \times \frac{Q}{L \times \sqrt{H_n}} \tag{2.10}$$

Dimana:

$s$  = Ketebalan pancaran pada *nozzle* (m)

Jari-jari kelengkungan sudu ( $\rho$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: [16]

$$\rho = 0,163 \times D \tag{2.11}$$

Jumlah sudu ( $n$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$n = \frac{\pi \times D}{t} \tag{2.12}$$

Untuk menentukan kecepatan putaran turbin dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut: [16]:

$$n_t = \frac{60 \times u_i}{\pi \times D_o} \tag{2.13}$$

$$u_i = 0,5 \times V_n$$

$$V_n = K_v (2 \times g \times H_n)^{0,5}$$

Dimana:

- $n_t$  = Kecepatan putaran turbin (m/s)
- $u_i$  = Kecepatan keliling sudu (m/s)
- $V_n$  = Kecepatan air keluar pipa (m/s)
- $K_v$  = Koefisien aliran fluida (0,9)
- $H_n$  = *Head* bersih (m)
- $D_o$  = Diameter dalam turbin (m)

Daya yang dihasilkan oleh turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut: [16]

$$P_t = P_w \times n_t \tag{2.14}$$

Dimana :

- $P_t$  = Daya Turbin (Watt)
- $P_w$  = Daya Air (Watt)
- $n_t$  = Kecepatan putaran Turbin (rad/s)

Effisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut: [16]

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





$$\eta_{turbin} = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\% \tag{2.15}$$

**2.4.6 Sistem Transmisi**

Sistem transmisi digunakan untuk menghasilkan listrik yang berkualitas tinggi (tegangan dan frekuensinya stabil), maka generator harus bekerja pada kecepatan putar (rpm) tertentu sesuai rekomendasi pabrik. Agar dapat berputar, generator harus dihubungkan dengan mesin penggerak yang dapat berupa motor bakar, turbin air, turbin uap, kincir angin, kincir air, dsb.

Oleh karena itu, perlu adanya sebuah rancangan transmisi yang dirancang sedemikian rupa agar mesin penggerak dalam hal ini, turbin maupun generator bekerja pada kecepatan putar ideal (*peak speed*) masing-masing. Untuk mencapai keadaan ideal tersebut, diperlukan jenis penghubung yang sesuai dengan perbandingan kecepatan antara *shaft* mesin penggerak yaitu berupa turbin atau kincir dengan *shaft* generator.

Besarnya daya transmisi mekanis ( $P_{tm}$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: [16]

$$P_{tm} = P_t \times \eta_{tm} \tag{2.16}$$

Dimana :

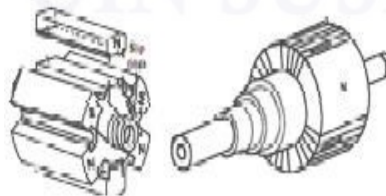
$P_t$  = Daya Turbin (Watt)

$\eta_{tm}$  = Effisiensi transmisi mekanis

**2.4.7 Generator Sinkron**

Generator sinkron merupakan mesin listrik arus bolak balik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik bolak balik. Energi mekanik diperoleh dari penggerak mula (*prime mover*) yang terkopel dengan rotor generator sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang melibatkan kumparan rotor dan kumparan stator. Mesin listrik arus bolak-balik ini disebut sinkron karena rotor berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan medan magnet putar.

Generator sinkron secara umum dapat diklarifikasikan berdasarkan bentuk rotornya yaitu generator turbo atau *cylindrical-rotor generator* dan *salient pole generator*. Generator yang digunakan pada pembangkit listrik yang besar biasanya merupakan jenis generator turbo yang beroperasi pada kecepatan tinggi dan dikopel dengan turbin gas dan uap. Sedangkan generator *salient-pole* biasanya digunakan untuk pembangkit listrik kecil dan menengah [17].



**Gambar 2 10** *Salient-Pole Rotor* dan *cylindrica-rotor*

Pada generator sinkron, arus searah dialiri pada kumparan rotor yang kemudian menghasilkan



medan magnet rotor. Rotor dari generator akan diputar oleh *prime mover*, menghasilkan medan magnet putar didalam mesin. Pada stator generator juga terdapat kumparan. Medan magnet berputar menyebabkan medan magnet yang melingkupi kumparan stator berubah secara kontinu. Perubahan medan magnet secara kontinu ini menginduksikan tegangan pada kumparan stator. Tegangan induksi ini akan berbentuk sinusoidal dan besarnya bergantung pada kekuatan medan magnet serta kecepatan putaran dari rotor. Untuk membuat generator tiga fasa, pada stator di tempatkan tiga buah kumparan yang terpisah sejauh  $120^\circ$  satu sama lain, sehingga tegangan yang diinduksikan akan terpisah sejauh  $120^\circ$  satu sama lain pula.

Secara umum ada dua komponen utama penyusun generator sinkron yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian dari generator sinkron yang diam, tempat dimana tegangan induksi dibangkitkan. Sedangkan rotor merupakan bagian dari generator sinkron yang bergerak dan dialiri arus searah pada kumparannya. Pada stator terdapat beberapa komponen utama yaitu:

a) Rangka Stator

Rangka luar yang biasanya terbuat dari baja yang berfungsi untuk menyokong struktur stator dan mempunyai kaki-kaki yang dipasang di bagian fondasi. Rangka stator ini dibuat kokoh untuk mengatasi perubahan beban secara tiba-tiba atau hubung singkat tiga fasa

b) Inti Stator

Inti stator menyediakan jalur permeabilitas yang tinggi untuk proses magnetisasi. Inti stator dibuat berlaminasi untuk mengurangi rugi *eddy-current* dan juga rugi histeresis. Bahan-bahan non-magnetic atau penggunaan perisai fluks yang terbuat dari tembaga juga digunakan untuk mengurangi *stray loss*.

c) Slot

Merupakan tempat untuk meletakkan kumparan stator yang dibentuk dengan sistem berbuku-buku.

d) Kumparan Stator

Merupakan tempat terbentuknya tegangan induksi pada generator dan didesain untuk menghasilkan kutub-kutub elektromagnetik stator yang disinkron dengan kutub magnet rotor.

Sedangkan pada bagian rotor terdapat tiga bagian utama yaitu:

a. *Collector Ring* atau *Slip Ring*

*Collector ring* merupakan cincin logam yang melingkari poros rotor, tetapi dipisahkan oleh isolasi tertentu. Bagian ini merupakan bagian yang terhubung dengan sumber arus searah yang untuk selanjutnya dialirkan menuju kumparan rotor.

b. Kumparan Rotor

Kumparan rotor merupakan bagian yang dialiri arus searah sebagai sumber medan magnet melalui sistem eksitasi tertentu.

c. Poros



Poros merupakan tempat untuk meletakkan kumparan rotor dan merupakan bagian yang terkopel dengan dan diputar oleh *primer mover*.

Jenis generator yang digunakan pada *hydrokinetic* atau mikro hidro dapat berupa:

1. Generator Sinkron, sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless*) dengan penggunaan dua tumpuan bantalan (*two bearing*)
2. *Induction Motor* sebagai generator (IMAG) sumbu *vertical*.

Effisiensi generator secara umum adalah:

- a. Aplikasi < 10 kVA effisiensi 0,7 – 0,8
- b. Aplikasi 10 – 20 kVA effisiensi 0,8 – 0,85
- c. Aplikasi 20 – 50 kVA effisiensi 0,85
- d. Aplikasi 50 – 100 kVA effisiensi 0,85 – 0,9
- e. Aplikasi  $\geq$  100 kVA effisiensi 0,9 – 0,95

Dalam merancang sebuah turbin pembangkit listrik, yang perlu di perhatikan adalah besarnya putaran pada generator. Untuk mengukur besarnya putaran pada generator dapat dihitung dengan persamaan [18]

$$n_g = \frac{60 \times f}{p} \quad (2.17)$$

Dimana:

f = frekwensi (50 hz)

p = jumlah kutub magnet pada generator

Untuk mengetahui daya generator dapat diketahui melalui persamaan: [18]

$$P_g = P_{tm} \times \eta_g \quad (2.18)$$

Dimana:

$\eta_g$  = effisiensi generator

$P_{tm}$  = daya transmisi mekanis

## 2.5 Aspek Teknis

Aspek teknis merupakan studi identifikasi potensi berdasarkan barometer (parameter) kuantitatif teknis yang dapat menentukan apakah lokasi potensi tersebut memenuhi kriteria-kriteria persyaratan (standar) yang layak secara teknis. Berdasarkan persyaratan (standar) layak tersebut, suatu rencana pembangunan pembangkit yang diajukan oleh pihak-pihak yang berkepentingan dapat dievaluasi sehingga dapat dinyatakan kelayakan secara teknis.





### 2.5.1 Studi Hidrologi

Studi hidrologi ini dilakukan untuk mengetahui apakah debit air dan kecepatan aliran air yang tersedia mampu menggerakkan turbin sesuai dengan daya yang diinginkan. Studi ini dilakukan untuk mengetahui debit minimum yang mengalir pada sungai tersebut, debit air pada saat banjir untuk mengetahui visual batas banjir dan pengukuran debit air secara *time series* serta kecepatan aliran air yang tersedia.

#### Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses pengeluaran air dan perubahannya menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung secara terus menerus tiada hentinya sebagai akibat terjadinya sinar matahari maka timbul panas. Dengan adanya panas maka air akan menguap menjadi uap air dari semua tanah, sungai, danau, telaga, waduk, laut, kolam, sawah dan lain-lain sehingga proses ini disebut penguapan (*evaporation*). Penguapan juga terjadi pada semua tanaman yang disebut transpirasi.

Di bumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3 – 1,4 miliar km<sup>3</sup> air dengan persentase 97,5% adalah air laut, 1,75% berbentuk es dan 0,73% berada didarat sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Hanya 0,001 % berbentuk uap di udara. Air mengalami siklus mulai dari penguapan, presipitasi, dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan setelah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai air hujan atau salju ke permukaan laut dan daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi, sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi.

Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah.

#### DAS (Daerah Aliran Sungai)

DAS (Daerah Aliran Sungai) merupakan daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksud. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. Nama sebuah DAS ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol yang umumnya merupakan stasiun hidrometri. Dalam praktek, penetapan batas DAS ini sangat diperlukan untuk menetapkan batas-batas DAS yang akan di analisis [13]

DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan kesungai dan seterusnya ke danau atau ke laut. Komponen masukan dalam DAS adalah curah hujan, sedangkan keluarannya terdiri dari debit air dan sedimen. Konsep DAS merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi tersusun dari DAS-DAS kecil dan





DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil sehingga dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*) [13]

### Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Fenomena hidrologi seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air akan selalu berubah setiap waktu. Dalam analisa hidrologi, data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi pada satu titik saja, mengingat hujan sangat bervariasi maka satu alat penakar hujan saja tidaklah cukup. Diperlukan data hujan di kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam atau di sekitar kawasan tersebut. Analisa hidrologi digunakan untuk mengetahui karakteristik hujan, menganalisa hujan rancangan dan analisa debit rancangan. Penentuan curah hujan rata-rata maksimum suatu DAS dari beberapa stasiun dapat dihitung menggunakan beberapa metode yaitu: [13]

#### a. Metode rata-rata aljabar

Merupakan metode yang sangat sederhana dalam perhitungan hujan. Metode ini berdasarkan asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi kawasan rata atau datar. Persamaan metode rata-rata aljabar dapat dilihat sebagai berikut: [18]

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (2.19)$$

Dimana:

R = Curah hujan rata-rata (mm)

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>n</sub> = Curah hujan yang tercatat di pos hujan 1, 2 dan n (mm)

n = Banyak pos penakar hujan

#### b. Metode *Polygon Thiessen*

Metode *polygon thiesen* atau metode rata-rata timbang. Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lain adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap mewakili kawasan terdekat. Cara ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari stasiun-stasiun hujan yang bersangkutan yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Metode ini lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar sehingga cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5.000 km<sup>2</sup>. Persamaan metode *polygon thiessen* dapat dilihat sebagai berikut: [18]

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.20)$$



Dimana:

$$A_1, A_2, A_n = \text{Luas daerah polygon 1, 2, dan n (km}^2\text{)}$$

c. Metode *Isohyet*

Metode *Isohyet* adalah garis lengkung yang merupakan harga curah hujan yang sama. Umumnya sebuah garis lengkung menunjukkan angka yang bulat. Metode ini berasumsi bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Persamaan metode *Isohyet* ini dapat dilihat sebagai berikut: [18]

$$R = \frac{\sum_1^n A_1 \frac{(R_1 + R_2) + 1}{2}}{\sum_1^n A_1} \tag{2.21}$$

**Parameter Pengukuran Debit Aliran Air**

a. Pengukuran Debit Secara Langsung

Debit merupakan jumlah air yang mengalir didalam saluran atau sungai perunit waktu. Metode umum yang diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (*cross section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air. [13]

Sebelum mengukur berapa besar debit aliran sungai, terlebih dahulu menghitung Profil sungai dan kecepatan aliran sungai: [13]

1. Pembuatan Profil Sungai

Dengan melakukan pengukuran profil sungai, maka luas penampang sungai dapat diketahui. Luas penampang sungai (A) merupakan penjumlahan seluruh bagian penampang sungai yang diperoleh dari hasil perkalian antara interval jarak horizontal dengan kedalaman air

2. Pengukuran Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran sungai pada satu penampang saluran tidak sama. Kecepatan aliran sungai ditentukan oleh bentuk aliran, geometri saluran dan faktor-faktor lainnya. Kecepatan aliran sungai diperoleh dari rata-rata kecepatan aliran pada tiap bagian penampang sungai tersebut. Idealnya, kecepatan aliran rata-rata diukur dengan mempergunakan *flow probe* atau *current meter*. Alat ini dapat mengetahui kecepatan aliran pada berbagai kedalaman penampang. Namun apabila alat tersebut tidak tersedia, kecepatan aliran dapat diukur dengan metode apung.

Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan dengan jalan mengapungkan suatu benda misalnya bola tennis, pada lintasan tertentu sampai dengan suatu titik yang telah diketahui jaraknya. Pengukuran dilakukan oleh tiga orang yang masing masing bertugas sebagai pelepas pengapung di titik awal, pengamat di titik akhir lintasan dan pencatat waktu perjalanan alat pengapung dari awal sampai titik akhir.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang menyalin, mengutip sebagian atau seluruhnya atau melakukan tindakan yang sejenis tanpa izin dari penerbit.  
 a. Pengutipan harus untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau jurnalistik atau masalah.  
 b. Pengutipan tidak boleh mengikis kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

© Himpunan Ilmiah UIN Suska Riau  
 Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UIN Suska Riau



Kecepatan yang diperoleh dari metode ini merupakan kecepatan maksimal sehingga perlu dikalikan dengan faktor koreksi kecepatan. Pada sungai dengan dasar yang kasar faktor koreksinya sebesar 0,75 dan pada dasar sungai yang halus faktor koreksinya 0,85, tetapi secara umum faktor koreksi yang dipergunakan adalah sebesar 0,65. [13]

### b. Pengukuran Debit Secara Tidak Langsung

Pengukuran ini menetapkan debit banjir sungai secara tidak langsung yakni dari variasi curah hujan yang diamati dalam jangka waktu yang panjang pada daerah pengaliran. Untuk menentukan besar debit banjir dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode yaitu dengan metode *Melchior, Weduwen, Haspers, Rational Jepang* atau *Synthetic Unit Hydrograf*.

#### 2.5.2 Studi Topografi

Adapun studi topografi meliputi pengumpulan data dan informasi tentang :

- Keadaan kontur tanah.
- Letak terbaik untuk mendapatkan tempat yang memadai.

#### 2.5.3 Perancangan Teknologi

Perancangan teknologi ini diterapkan untuk memilih jenis turbin dan komponen elektrik lain yang sesuai sehingga dapat memaksimalkan kinerja dari pembangkit yang bertujuan sebagai langkah atau cara mudah untuk efisiensi alat.

### 1. Pengukuran Bak Penenang

Dalam menentukan dimensi bak penenang, hal yang perlu diperhatikan adalah tinggi tenggelamnya pipa pesat (S), sedangkan untuk lebarnya sendiri bisa disesuaikan dengan lebar saluran pembawa. Untuk mengukur kecepatan aliran dalam pipa ( $V_p$ ), dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini: [17]

$$V_p = 0,125 \sqrt{2 \times g \times h} \quad (2.22)$$

Dimana:

- $V_p$  : Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
- $g$  : Gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )
- $h$  : Head efektif yang digunakan (m)

Untuk mengukur diameter ekonomis pipa pesat ( $D_e$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: [17]

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_p}} \quad (2.23)$$



Dimana

$D_e$  : Diameter ekonomis pipa pesat (m)

$Q$  : Debit air ( $m^3/s$ )

Sehingga tinggi tenggelamnya pipa pesat ( $S$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan [17]

$$S = 0,54 \times V \times D_e^{0,5} \tag{2.24}$$

### Perencanaan Pipa Pesat

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pipa pesat antara lain

#### a. Perhitungan kehilangan head

Kehilangan head terjadi disebabkan adanya gesekan ( $H_f$ ) dan akibat belokan pipa pesat. Untuk menghitung head akibat gesekan ( $H_f$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: [17]

$$H_f = \frac{10 \times n^2 \times Q^2}{D_e^{5,3}} \times L \tag{2.25}$$

Dimana:

$n$  : Koefisien kekasaran permukaan plastik

$L$  : Panjang pipa (m)

Rugi-rugi akibat belokan ( $H_b$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$H_b = K_b \frac{V_p^2}{2 \times g} \tag{2.26}$$

Kehilangan head akibat belokan total ( $H_{bt}$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$H_{b \text{ total}} = H_b \times \text{Jumlah Total Belokan} \tag{2.27}$$

Sehingga head bersih dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: [17]

$$H_n = H - (H_f + H_b) \tag{2.28}$$

## 2.6 Biogas

Biogas adalah dekomposisi bahan organik secara anaerob (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa gas metan dan karbon dioksida. Reaktor yang dipergunakan untuk menghasilkan biogas umumnya disebut digester atau biodigester, karena di tempat inilah bakteri tumbuh dengan mencerna bahan-bahan organik. Untuk menghasilkan biogas dalam jumlah dan kualitas tertentu, maka digester perlu diatur suhu, kelembaban, dan tingkat keasaman supaya bakteri dapat berkembang dengan baik. Biogas sendiri merupakan gabungan dari gas metana





(CH<sub>4</sub>), gas CO<sub>2</sub> dan gas lainnya

## 2.7 Pengolahan Limbah Peternakan Menjadi Biogas

Pengolahan limbah peternakan sapi pada prinsipnya menggunakan metode dan peralatan yang sama dengan pengolahan limbah dari biomassa yang lain. Pada prinsipnya teknologi biogas adalah teknologi yang memanfaatkan proses fermentasi (pembusukan) dari sampah organik secara *anaerobic* (tanpa udara) oleh bakteri metan sehingga dihasilkan gas metan.

Bakteri ini secara alami terdapat pada limbah yang mengandung bahan organik seperti kotoran hewan, manusia, dan sampah organik rumah tangga. Gas metan adalah gas yang mengandung satu atom C dan empat atom H yang memiliki sifat mudah terbakar. Gas metan yang dihasilkan dapat menghasilkan energi panas dan energi listrik

Pembentukan biogas meliputi 3 tahap yaitu:[19]

- a. Hidrolisis secara teoritis adalah langkah pertama dari pencernaan *anaerobic*, dimana bahan organik kompleks (polimer) terdekomposisi menjadi unit yang lebih kecil (*mono* dan *oligomer*), selama hidrolisis, polimer seperti karbohidrat, lipid, asam nukleat dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, purin dan piridina. Mikroorganisme *hydrolytic* mengeluarkan *enzimhidrolitik*, mengubah *biopolymer* menjadi senyawa yang lebih sederhana
- b. Pengasaman, pada tahap ini komponen monomen yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bakteri pembentukan asam. Produk akhir ini dari perombakan gula-gula sederhana yaitu asam asetat, propionate, format, laktat, sedikit butirrat, gas karbondioksida, *hydrogen*, dan ammonia.
- c. Metanogenik, pada tahap ini produksi metana dan karbondioksida dilakukan oleh bakteri metanogenik. 70% dari metana yang terbentuk berasal dari asetat, sementara 30% sisanya dihasilkan dari konversi hidrogen (H) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Metanogenik adalah langkah penting dalam keseluruhan proses pencernaan *anaerobic*, karna ini adalah reaksi biokimia yang paling lambat dari proses metanogenik.

## 2.8 Menentukan Kapasitas PLT Biogas

### 2.8.1 Potensi Bahan Baku Biogas

Penentuan data potensi bahan baku biogas (kotoran sapi), dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data pemanfaatan potensi kotoran ternak sapi di desa Rantau Kasih, Kecamatan kampar kiri hilir, Kabupaten Kampar (Ton/hari atau Kg/hari).

## 2.9 Total Solid (TS) dan Volatile Solid (VS) dalam Proses Anaerobic

Biogas terbentuk pada proses degradasi (penguraian) biologis dari kotoran sapi pada kondisi



tanpa oksigen. Materi padatan yang terdapat pada bahan organik selama proses digester dan dalam hal ini mengindikasikan laju penghancuran/pembusukan material padatan limbah organik cairnya disebut *Total Solid* (TS).

Bagian padat selama masa penguraian tertentu dalam digester anaerob (*retention time*) akan mengalami tahap gasifikasi dan akan tertinggal sisa material organik yang tidak dapat diuapkan. Banyaknya gas yang dihasilkan dari potensi bagian padat sampah organik inilah yang disebut *Volatile Solid* (VS).

Menurut penelitian DIPA 2006 BBP Mekanisasi pertanian, telah dilaksanakan rekayasa dan pengembangan reaktor biogas yang berlokasi di Pondok Pesantren Darul Falah, Ciampea, Bogor. Berdasarkan uji lab pada penelitian tersebut didapatkan TS dan VS seperti pada tabel 2.3 berikut ini:

**Tabel 2. 3Kandungan TS dan VS pada kotoran sapi**

Jenis Kotoran (Kg)	TS (%)	VS (%)
Kotoran Sapi	21	19

Berdasarkan Tabel 2.3, maka persamaan untuk menghitung TS dan VS pada kotoran sapi adalah sebagai berikut [20].

$$\begin{aligned} TS &= \text{Jumlah kotoran sapi} \times 21\% \\ VS &= \text{Jumlah kotoran sapi} \times 19\% \end{aligned} \tag{2.29}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} TS &= \text{Total Solid (Kg/hari)} \\ VS &= \text{Volatile Solid (Kg/hari)} \end{aligned}$$

### 2.9.1 Potensi Biogas

Berdasarkan dalam buku Teknologi Biogas: Pembuatan, Operasional, dan Pemanfaatan oleh Suyitno dijelaskan perkiraan produksi biogas dari beberapa jenis kotoran. [19].

$$\text{Potensi volume biogas} = 0,04 \text{ m}^3/\text{kg} \times \text{jumlah kotoran sapi (Kg/hari)} \tag{2.30}$$

### 2.9.2 Jumlah Volume Gas Metan Kotoran Sapi

Dalam menentukan jumlah potensi energi listrik yang dihasilkan dalam suatu proses *anaerobic digestion*, jumlah gas metan merupakan parameter yang berkaitan langsung dengan jumlah energi listrik, sedangkan gas lain tidak berhubungan dengan proses tersebut.

Komposisi biogas terdapat 55-75% gas metan (CH<sub>4</sub>), sedangkan dari hasil uji dan analisa penelitian DIPA 2006 BBP Mekanisasi pertanian didapatkan 70% gas metan (CH<sub>4</sub>). Berdasarkan dari hasil penelitian DIPA 2006, maka persamaan menghitung volume gas metan pada kotoran ternak sapi adalah [19].

$$\text{VGM} = 70\% \times \text{Volume biogas (m}^3/\text{hari)} \tag{2.31}$$

Dimana:

$$\text{VGM} = \text{Volume gas metan (m}^3/\text{hari)}$$



## 2.10 Biodigester

Biodigester merupakan komponen utama dalam produksi biogas. Biodigester merupakan tempat dimana material organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ .

Biodigester harus dirancang sedemikian rupa sehingga proses fermentasi anaerob dapat berjalan baik.

Pada umumnya, biogas dapat terbentuk pada 4–5 hari setelah digester diisi. Produksi biogas yang banyak umumnya terjadi pada 20–25 hari dan kemudian produksinya turun jika biodigester tidak diisi kembali.

Selama proses penguraian secara anaerob, komponen nitrogen berubah menjadi amonia, komponen belerang berubah menjadi  $\text{H}_2\text{S}$ , dan komponen fosfor berubah menjadi *orthophosphates*.

Beberapa komponen lain seperti kalsium, magnesium, atau sodium berubah menjadi jenis garam.

Beberapa tujuan pembuatan biodigester yaitu:

- a. Mengurangi jumlah padatan. Karena padatan terurai menjadi gas dan tidak semua padatan dapat terurai, maka tujuan dari proses digestion adalah mengurangi jumlah padatan.
- b. Membangkitkan energi. Sebagaimana diketahui, target utama dari proses digestion adalah menghasilkan gas  $\text{CH}_4$  yang mengandung energi 50 MJ/kg. Semakin besar kandungan  $\text{CH}_4$  dalam biogas, semakin besar kandungan energi dalam biogas.
- c. Mengurangi bau dari kotoran. Biogas dapat ditujukan untuk mengurangi bau dan bukan menghilangkan bau dari kotoran. Setidaknya dengan pembuatan digester bau yang dihasilkan selama proses digestion dapat diarahkan supaya tidak mengganggu kenyamanan hidup manusia.
- d. Menghasilkan air buangan yang bersih. Sebagian air setelah proses digestion harus dikeluarkan. Bersihnya air buangan ini menjadi sangat penting jika akan digunakan untuk irigasi. Sebagian air buangan juga dapat dikembalikan lagi ke dalam digester.
- e. Menghasilkan padatan yang mengandung bahan gizi untuk pupuk. Padatan yang tidak terurai menjadi gas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk asalkan masih mengandung bahan gizi yang baik. Padatan yang dihasilkan juga harus dijaga dari zat-zat berbahaya.

## 2.11 Jenis-jenis Biodigester

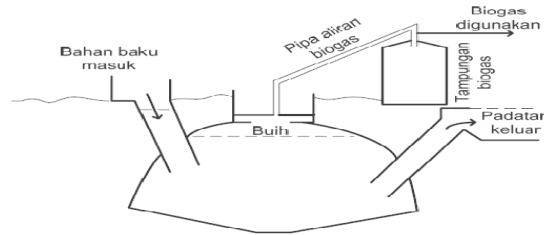
Terdapat beberapa jenis biodigester yang dapat dilihat berdasarkan konstruksi, jenis aliran, dan posisinya terhadap permukaan tanah. Jenis digester yang dipilih dapat didasarkan pada tujuan pembuatan digester tersebut. Biodigester berdasarkan konstruksi dibedakan menjadi dua yaitu: [19]

### a. *Fixed dome* (kubah tetap)

Digester jenis ini mempunyai volume tetap. Seiring dengan dihasilkannya biogas, terjadi peningkatan tekanan dalam *reactor* (biodigester). Karena itu, dalam konstruksi biodigester jenis kubah tetap, gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor.

Indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan.





Gambar 2 11 Digester jenis kubah tetap (*fixed dome*)

Digester jenis kubah tetap mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 2.4 sebagai berikut.:

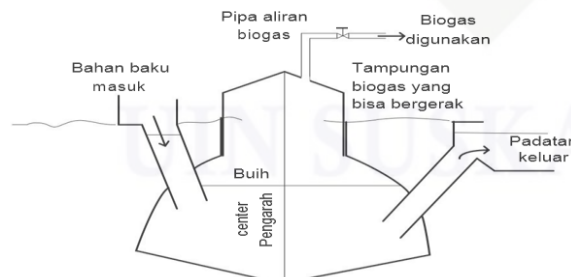
Tabel 2. 4 Kelebihan dan kekurangan digester jenis kubah tetap

Kelebihan	Kekurangan
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sederhana dan dapat dibuat di dalam tanah.</li> <li>2. Biaya konstruksinya rendah.</li> <li>3. Tidak terdapat bagian yang bergerak.</li> <li>4. Umurnya panjang.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jika terjadi kebocoran tidak segera terdeteksi.</li> <li>2. Tekanan berfluktuasi dan bahkan fluktuasinya sangat tinggi.</li> <li>3. Temperatur digester rendah.</li> </ol>

b. *Floating dome* (kubah apung).

Pada digester tipe ini terdapat bagian reaktor yang dapat bergerak seiring dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian kubah dapat dijadikan indikasi bahwa produksi biogas sudah dimulai atau sudah terjadi. Bagian yang bergerak tadi juga berfungsi sebagai pengumpul biogas.

Dengan model ini, kelemahan tekanan gas yang berfluktuasi pada reaktor biodigester jenis kubah tetap dapat diatasi sehingga tekanan biogas dapat dijaga konstan. Kelemahannya adalah membutuhkan ketrampilan khusus untuk membuat tampungan gas yang dapat bergerak. Kelemahan lainnya dari biodigester jenis ini adalah material dari tampungan biogas yang dapat bergerak juga harus dipilih dari material yang tahan korosi dan otomatis harganya lebih mahal.



Gambar 2 12 Digester jenis kubah apung

Dari segi aliran bahan baku untuk reaktor biogas, biodigester dibedakan menjadi:





- a. Bak (*batch*). Pada biodigester jenis bak, bahan baku ditempatkan di dalam suatu wadah (bak) dari sejak awal hingga selesainya proses *digestion*. Biodigester jenis ini umumnya digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik atau digunakan pada kapasitas biogas yang kecil.
- b. Mengalir (*continuous*). Untuk biodigester jenis mengalir, aliran bahan baku dimasukkan dan residu dikeluarkan pada selang waktu tertentu. Lamanya bahan baku berada dalam reaktor digester disebut waktu retensi (*retention time/RT*).

Dilihat dari segi tata letak penempatan, biodigester dibedakan menjadi: [19]

- a. Seluruh biodigester di atas permukaan tanah. Biasanya biodigester jenis ini dibuat dari tong-tong bekas minyak tanah atau aspal. Kelemahan tipe ini adalah volume yang kecil, sehingga biogas yang dihasilkan hanya mampu digunakan untuk kebutuhan sebuah rumah tangga (keluarga). Kelemahan lain adalah kemampuan material yang rendah untuk menahan korosi sehingga tidak tahan lama. Untuk pembuatan skala besar, biodigester jenis ini jelas memerlukan luas lahan yang besar juga.
- b. Sebagian tangki biodigester diletakkan di bawah permukaan tanah. Biasanya biodigester ini terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan kapur yang dibentuk seperti sumur dan ditutup dari plat baja atau konstruksi semen.

Volume tangki dapat dibuat untuk skala besar ataupun skala kecil sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Kelemahan pada sistem ini adalah jika ditempatkan pada daerah yang memiliki suhu rendah (dingin), suhu dingin yang diterima oleh plat baja merambat ke dalam bahan baku biogas, sehingga menghambat proses bekerjanya bakteri.

- c. Seluruh tangki biodigester di letakkan di bawah permukaan tanah. Model ini merupakan model yang paling populer di Indonesia, dimana seluruh instalasi biodigester dibuat di dalam tanah dengan konstruksi yang permanen. Selain dapat menghemat tempat atau lahan, pembuatan biodigester di dalam tanah juga berguna untuk mempertahankan temperatur biodigester stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri methanogen. Kekurangannya adalah jika terjadi kebocoran gas dapat menyulitkan untuk memperbaikinya.

## 2.12 Komponen Biodigester

Komponen-komponen biodigester cukup banyak dan sangat bervariasi. Komponen yang digunakan untuk membuat biodigester tergantung pada jenis biodigester yang digunakan dan tujuan pembangunan biodigester. Tetapi, secara umum biodigester terdiri dari empat komponen utama sebagai berikut: [19]



- a. Saluran masuk *slurry* (kotoran segar). Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* (campuran kotoran ternak dan air) ke dalam reaktor utama. Tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengalirnya bahan baku, dan menghindari terbentuknya endapan pada saluran masuk.
- b. Ruang *digestion* (ruang fermentasi). Ruangan *digestion* berfungsi sebagai tempat terjadinya proses *digestion* dan dibuat kedap terhadap udara. Ruangan ini dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas.
- c. Saluran keluar residu (*sludge*). Fungsi saluran ini adalah untuk mengeluarkan kotoran (*sludge*) yang telah mengalami proses *digestion* oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatik. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* (lumpur) masukan yang pertama setelah waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.
- d. Tangki penyimpan biogas. Tujuan dari tangki penyimpan gas adalah untuk menyimpan biogas yang dihasilkan dari proses *digestion*. Jenis tangki penyimpan biogas ada dua, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (*fixed dome*) dan terpisah dengan reaktor (*floating dome*). Untuk tangki terpisah, konstruksi dibuat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang terdapat dalam tangki seragam.

Selain empat komponen utama tersebut, pada sebuah biodigester perlu ditambahkan beberapa komponen pendukung untuk menghasilkan biogas yang jumlahnya banyak dan aman. Beberapa komponen pendukung adalah: [19]

- a. Katup pengaman tekanan (*control valve*). Fungsi dari katup pengaman adalah sebagai pengaman biodigester dari lonjakan tekanan biogas yang berlebihan. Bila tekanan biogas dalam tabung penampung biogas lebih tinggi dari tekanan yang diijinkan, maka biogas akan dibuang keluar. Selanjutnya tekanan dalam biodigester turun kembali. Katup pengaman tekanan cukup penting dalam reaktor biogas yang besar dan sistem kontinu, karena umumnya digester dibuat dari material yang tidak tahan pada tekanan yang tinggi supaya biaya pembuatan biodigester tidak mahal.
- b. Sistem pengaduk. Pada digester yang besar, sistem pengaduk menjadi sangat penting. Untuk digester kecil misalnya digester untuk 3-5 sapi, sistem pengaduk dapat ditiadakan. Tujuan dari pengadukan adalah untuk mengurangi pengendapan dan menyediakan populasi bakteri yang seragam sehingga tidak terdapat lokasi yang 'mati' dimana tidak terjadi proses *digestion* karena tidak terdapat bakteri. Selain itu dengan pengadukan dapat mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju ke bagian penampung biogas.
- c. Saluran biogas. Tujuan dari saluran gas adalah untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan dari biodigester. Bahan untuk saluran gas disarankan terbuat dari polimer untuk menghindari korosi.



Kebocoran biogas dapat sangat berbahaya, karena dapat menimbulkan kebakaran. Untuk pembakaran gas pada tungku, pada ujung saluran pipa dapat disambung dengan pipa yang terbuat dari logam supaya tahan terhadap temperatur pembakaran yang tinggi.

### 2.13 Menentukan Ukuran Digester

Menurut Waskito (2011) ukuran tangki digester biogas tergantung dari jumlah, kualitas dan jenis limbah organik yang tersedia dan temperatur saat proses fermentasi *anaerobic*. Jumlah bahan baku biogas yang dimasukkan dalam digester terdiri dari kotoran sapi dan air, sehingga pemasukan bahan baku sangat tergantung dengan seberapa banyak air yang dimasukkan kedalam digester. Pencampuran bahan organik untuk kotoran hewan dengan air dibuat perbandingan antara 1:3 dan 2:1. Sebelum dimasukkan kedalam digester, kotoran sapi dalam keadaan segar, dicampur dengan air dengan perbandingan 1:1 berdasarkan unit volume (air dan kotoran sapi dalam volume yang sama). [20]

$$S_d = \text{jumlah kotoran sapi} + \text{air} \quad (2.32)$$

Dari perhitungan jumlah bahan baku untuk masukan didalam digester, sehingga dapat ditentukan ukuran volume digester dengan persMenentukaamaan berikut.

$$V_d = \frac{S_d \times RT}{1000} \quad (2.33)$$

Dimana:

$V_d$  = Volume Digester ( $m^3$ )

$S_d$  = Jumlah masukkan bahan baku setiap hari ( $m^3/\text{hari}$ )

$RT$  = Waktu bahan baku berada dalam digester (hari)

### 2.14 Aspek Ekonomi

Studi kelayakan ekonomi merupakan studi untuk meyakinkan bahwa *cost* (biaya pembangunan pembangkit) masih lebih kecil dibandingkan dengan total *benifet*. Total *benifet* ini akan memberikan *capital asset* kepada masyarakat pemilik/pengguna. Studi ini juga akan memberikan informasi kepada institusi pengelola bahwa pengelola akan mampu mengelola dan melakukan operasi serta pemeliharaan. Selain dari pada itu, studi ini dimaksudkan juga untuk menginformasikan apakah proyek dapat merubah atau justru mengurangi pendapatan per kapita penduduk setempat

#### 2.14.1 Finansial

Finansial pembangkit listrik tenaga hidrokinetik menggunakan beberapa kriteria investasi yang dapat menyatakan apakah layak atau tidak suatu pembangkit. Kriteria tersebut adalah: *Net Present Cost* (NPC) dan juga *Levelized Cost of Energy* (LCOE).

##### 1. *Net Present Cost* (NPC)





Total *Net Present Cost* (NPC) adalah nilai dari seluruh biaya yang dikeluarkan selama masa pakai, dikurangi nilai sekarang dari semua pendapatan peroleh selama masa pakai. Biaya meliputi biaya modal, biaya penggantian, biaya O & M, biaya bahan bakar, denda emisi dan biaya pembelian daya dari jaringan listrik. Total NPC dari sistem dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:[21]

$$C_{NPC, tot} = \frac{C_{ann, tot}}{CRF(i, R_{proj})} \tag{2.34}$$

Dimana:

- $C_{ann, tot}$  = Biaya total tahunan (*annual cost*) (Rp/Tahun)
- $i$  = Tingkat bunga riil tahunan (*interest*) (%)
- $R_{proj}$  = Usia proyek (Tahun)
- CRF = Faktor pemulihan modal (*capital recovery factor*)

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

Dimana :

N= Tahun

Hal ini diasumsikan bahwa semua harga meningkat pada tingkat yang sama. Tingkat bunga riil tahunan dapat diperoleh dari tingkat bunga nominal dengan menggunakan persamaan berikut:

$$i = \frac{i' - f}{1 + f} \tag{2.35}$$

Dimana :

- $i'$  = Nominal tingkat suku bunga tahunan
- $f$  = Tingkat inflasi tahunan.

## 2. Levelized Cost of Energy (LCOE)

*Levelized Cost of Energy* (LCOE) adalah biaya rata-rata per kWh energi listrik yang berguna yang dihasilkan oleh sistem. LCOE dihitung dengan membagi biaya tahunan menghasilkan listrik dengan total produksi listrik.[22]

$$LCOE = \frac{C_{ann, tot}}{E_{served}} \tag{2.36}$$

Dimana :

- $C_{ann, tot}$  = Biaya total sistem tahunan (Rp/tahun)
- $E_{prim, AC}$  = Beban AC Utama yang terpenuhi (kWh/tahun)
- $E_{prim, DC}$  = Beban DC Utama yang terpenuhi (kWh/tahun)
- $E_{def}$  = Beban *Deferable* yang terpenuhi (kWh/tahun)
- $E_{grid sales}$  = Total penjualan jaringan listrik (kWh/tahun)





2.15 HOMER

HOMER merupakan setelah perangkat lunak yang digunakan untuk optimal model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik. Homer juga salah satu prgram simulasi yang mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *stand alone (off-grid)* maupun *grid connected* yang dapat terdiri dari kombinasi pembangkit listrik konvensional dan kombinasi pembangkit energi terbarukan, baterai *bank*, *bidirectional conveter* serta untuk melayani beban listrik maupun termal. Homer juga berfungsi untuk mempermudah model dalam merancang dan menganalisis berbagai macam aplikasi sistem tenaga listrik, baik yang terhubung ke *grid* maupun tidak. Homer mengizinkan kegunaan untuk membandingkan beberapa rancangan sistem yang berbeda berdasarkan faktor sumber daya alam, ekonomi dan komponen prakata yang digunakan [23].

© Hikmah Ilmiah dan Sains UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak diperbolehkan untuk tujuan komersial.

Dijaman ini, kemajuan teknologi sangat pesat, sehingga karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif. Adapun aspek kuantitatif pada penelitian ini yaitu pengumpulan data primer mengenai kebutuhan energi listrik harian dan beban puncak di dusun Saminai Jaya dengan menggunakan teknik wawancara dan kusioner.

### 3.2 Prosedur Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, akan dilaksanakan serangkaian kegiatan yaitu dimulai tahap perencanaan penelitian yang meliputi identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian. Tahap kedua dalam penelitian ini adalah studi literatur yang bersumber dari referensi terkait dengan permasalahan penelitian ini yang bersumber dari jurnal, buku, dll. Setelah melakukan kajian literatur, kemudian mengumpulkan data-data yang menunjang penelitian ini, selanjutnya studi kelayakan pembangkit listrik hybrid PLTMH dan biogas meliputi aspek teknis dan aspek ekonomis. Tahap akhir dalam penelitian adalah penilaian kelayakan pembangkit hybrid PLTMH dan biogas, kesimpulan dan saran. Adapun tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.

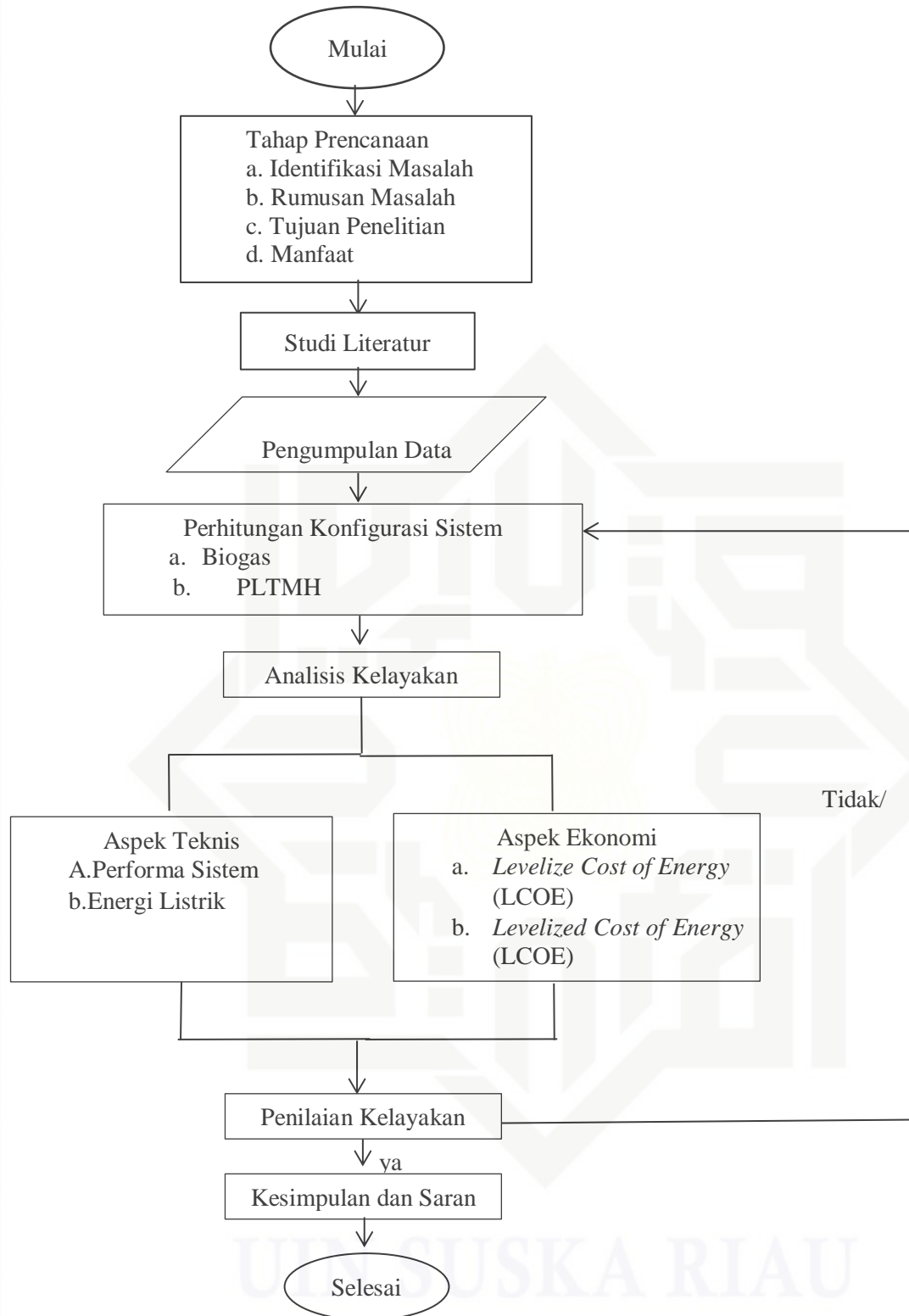
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan harus dilakukan dengan cara yang benar, tidak diperkenankan penjiplakan 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.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian



### 3.3 Tahap Identifikasi Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, tahap perencanaan merupakan tahap awal yang harus dipersiapkan. Dimana pada tahap perencanaan ini semua hal teknis yang dilaksanakan disusun dengan jelas untuk memudahkan penelitian berjalan sesuai rencana. Adapun susunan perencanaan dalam penelitian ini, yaitu:

#### 1. Identifikasi Masalah

Penelitian ini dimulai dengan melakukan identifikasi masalah yang telah diangkat sebagai latar belakang dalam penelitian ini. Adapun masalah utama yang terjadi dalam penelitian ini yaitu kekurangan daya pasokan listrik dari PT. PLN (Persero) di Desa Rantau Kasih Dusun Saminai Jaya. Sedangkan disisi lain terdapat potensi energi terbarukan seperti energi air dan biomassa (kotoran sapi dan kerbau) yang potensial untuk digunakan sebagai energi pembangkit dengan optimal. Dengan adanya masalah tersebut maka dapat teratasi dengan membuat pembangkit listrik tenaga mikro hidro hybrid biogas di Desa Rantau Kasih Dusun Saminai Jaya.

#### 2. Penentuan Judul

Pada tahap ini judul yang diangkat berdasarkan masalah yang ada dan kerangka pemikiran penulis untuk sebuah solusi dari permasalahan tersebut. Judul pada penelitian ini yaitu: **“Analisis Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik Hybrid Mikro Hydro Biogas Studi Kasus (Dusun Semina Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir)”**.

#### 3. Rumusan Masalah

Ada beberapa hal yang menjadi pertanyaan dalam penelitian ini dan pertanyaan tersebut akan dijawab dari hasil penelitian ini seperti: Bagaimana melakukan analisis teknis dan ekonomi pembangkit listrik tenaga mikro hidro hybrid biogas di desa rantau kasih dusun samina jaya.

#### 4. Tujuan dan Manfaat

Penyusunan tujuan dalam penelitian ini mencakup tiga hal penting yakni menghitung kebutuhan energi listrik, melakukan analisi secara teknis dengan melakukan analisis produksi listrik dari sistem PLTMH dan Biogas melakukan analisis secara ekonomi dengan biaya produksi listrik per kWh (LCOE). Sedangkan untuk manfaatnya yaitu agar dapat menjadi acuan dalam membangun perancangan pembangkit listrik maupun sebagai acuan





untuk penelitian lanjutan.

5. **Jadwal Penelitian**

Untuk mewujudkan penelitian ini berjalan efisien, maka disusun jadwal mulai dari pembuatan proposal sampai target selesainya laporan akhir.

6. **Biaya Penelitian**

Pada tahap ini disusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk dijadikan pertimbangan penulis sekaligus dipersiapkan agar dala pelaksanaan penelitian ini tidak terjadi kendala finansial.

**3.4 Studi Literatur**

Melakukan pembacaan beberapa sumber penelitian yang terkait seperti jurnal-jurnal yang telah dipublikasikan ataupun buku-buku yang berkaitan dengan teori mengenai komponen yang terdapat dalam sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) dan pembangkit listrik tenaga Biogas, teori mengenai perhitungan matematis pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) secara teknik dan ekonomi.

**3.5 Pengumpulan Data**

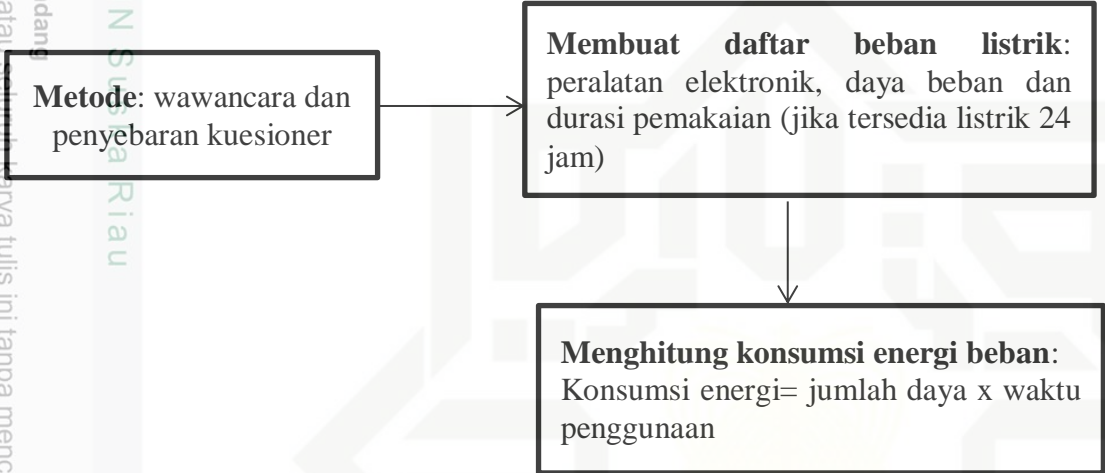
Dalam melakukan penelitian ini dilakukan pengumpulan data sebagai nilai masukan dalam perancangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) secara manual. Dimana lokasi penelitian akan dilakukan di anak Sungai Kampar Kiri, Desa Rantau Kasih, Kecamatan Kampar Kiri Hilir, Kabupaten Kampar. Pemilihan lokasi ini dilakukan dengan alasan sebagai berikut:

1. Desa Rantau Kasih mempunyai jarak ke Kecamatan Kampar Kiri Hilir sejauh 12 km dan Desa Rantau Kasih memiliki 4 Dusun. Dimana jarak Dusun 1,2 dan 3 memiliki jarak yang dekat namun dari dusun 3 ke 4 memiliki jarak sejauh 10km. Dusun 4 yaitu dusun semina jaya dengan jumlah total 193 KK hanya 45 rumah yang belum teraliri listrik.
2. Potensi energi air dan biogas yang merupakan salah satu sumber energi terbarukan berpotensi untuk dioptimalkan dalam memenuhi kebutuhan listrik Desa Rantau Kasih Dusun Samina Jaya.
3. Karena Desa Rantau Kasih untuk memasuki kewilayahnya menggunakan ro-ro.
4. Desa Rantau Kasih termasuk dalam kawasan Taman Nasional Tesso-nilo.

### 3.5.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung oleh peneliti. Adapun data primer dalam penelitian ini meliputi profil beban/ konsumsi listrik harian warga dusun 4 desa rantau kasih dan data potensi energi hidro.

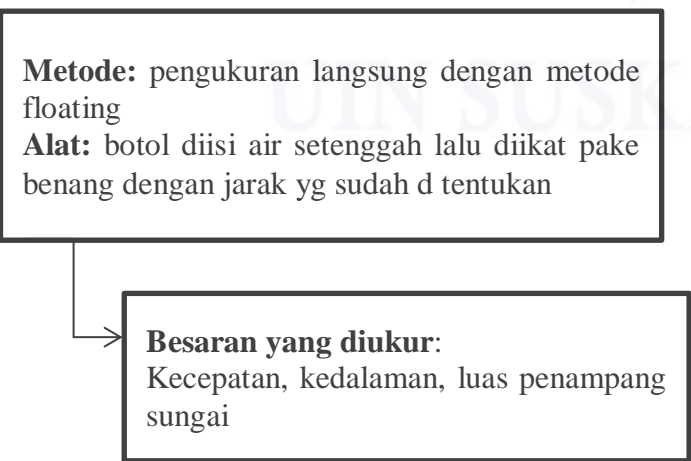
#### 1. Profil Beban Listrik



Gambar 3. 2 bagan profil beban

Pada gambar 3.2 merupakan bagan dalam pengumpulan data profil beban listrik di dusun 4 desa Rantau Kasih. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data ini dengan wawancara dan penyebaran kuesioner kepada KK yang ada pada dusun tersebut. kuesuiner yang disebarakan untuk mendapatkan daftar beban listrik meliputi paralatan elektronik yang digunakan dan durasi pemakaian jika energi listrik tersedia dalam 24 jam. Kemudian daftar beban yang sudah terkumpul akan dihitung konsumsi energi listriknya.

#### 2. Potensi Energi Hidro/Air





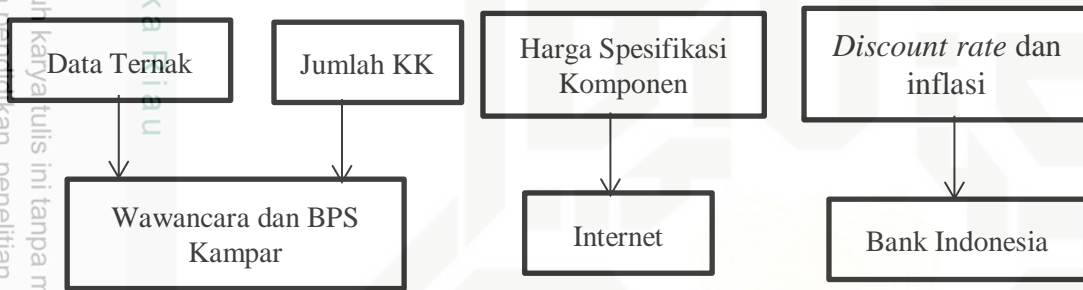
© Hak cipta dilindungi undang-undang. UIN Suska Riau  
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip, mengarang, menyalin, atau melakukan tindakan lain yang merugikan tanpa izin dari UIN Suska Riau.  
 a. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan memperhatikan ketentuan peraturan perundang-undangan.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Gambar 3. 3 bagan potensi energi hidro**

Gambar 3.3 merupakan alur dalam menghitung potensi energi hidro baik itu energi kinetik dan energi potensialnya. Dalam menghitung potensi energi hidro penulis menggunakan alat botol apung dengan di ikat benang dengan jarak yang sudah ditentukan.

**3.5.2 Data Sekunder**

Data sekunder pada penelitian ini diperoleh beberapa sumber yaitu BPS Kabupaten kampar, internet dan Bank Indonesia. Adapun data sekunder dalam penelitian ini adalah:



**Gambar 3. 4 Diagram Data Sekunder**

Pada gambar 3.4 merupakan data-data sekunder dalam penelitian ini. Data sekunder meliputi pengumpulan data ternak, jumlah kk, harga spesifikasi komponen dan discount rate inflasi.

**1. Data ternak**

Data ternak merupakan data sekunder atau diperoleh melalui wawancara atau dari data BPS Kecamatan Kampar Kiri Hilir. Data ternak yang diperlukan pada penelitian ini berupa jumlah ternak sapi dan kerbau yang di ambil pada tahun 2017. Data jumlah ternak ini akan digunakan untuk menghitung potensi biogas yang dihasilkan dari kotoran ternak.

**2. Jumlah KK**

Jumlah KK merupakan data sekunder atau diperoleh melalui wawancara atau dari data BPS Kecamatan Kampar Kiri Hilir. Jumlah KK ini diperlukan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa jumlah KK yang belum teraliri listrik. Pada penelitian ini, yang menjadi populasi adalah jumlah pengguna listrik dan jumlah peternakan sapi di Desa Rantau Kasih. Untuk penarikan jumlah sampel menggunakan teknik probability sampling. “probability sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama bagi setiap anggota



populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel'. Dalam teknik probability sampling terbagi beberapa teknik untuk menentukan jumlah sampel, dan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah simple random sampling. probability sampling. Dengan teknik ini pengambilan data dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam suatu populasi karena populasi dianggap homogen, dan jumlah sampel 5% saja sudah cukup mewakili.[24]

### 3. Harga Spesifikasi komponen

Harga Spesifikasi komponen merupakan data sekunder yang diperoleh dari internet seperti online shop. Yang diperlukan pada penelitian ini berupa Harga Spesifikasi komponen sehingga peneliti tau harga rata-rata komponen di internet.

### 4. Discount Rate Inflasi

Discount Rate Inflasi merupakan data sekunder yang diperoleh dari bank indonesia. Sehingga peneliti tau mata uang rupiah melemah terhadap mata uang dollar America ,karena mata uang dollar america dipakai untuk transaksi untuk pembelian komponen alat-alat pltmh dan biogas.

## 3.6 Perhitungan Konfigurasi Sistem

### 3.6.1 Potensi Energi Mikro Hidro

Perhitungan potensi Hidro/air sungai di dusun 4 desa rantau kasih setelah mendapatkan data potensi meliputi kecepatan aliran air, kedalaman dan luas penampang sungai. Adapun tahapan dalam mendapatkan potensi air sungai di dusun 4 desa rantau kasih yaitu:

1. Menghitung luas penampang sungai dengan menggunakan persamaan (2.2)
2. Menghitung debit air dengan menggunakan persamaan (2.1)
3. Menghitung energi kinetik air dengan menggunakan persamaan (2.4)
4. Jika energi kinetik air pada sungai di dusun 4 desa Rantau Kasih kecil, maka potensi energi air yang akan dimanfaatkan energi potensial air dengan menggunakan persamaan (2.5)

### 3.6.2 Potensi Biogas

Potensi Biogas yang digunakan pada penelitian ini adalah ternak-ternak dari peternakan warga di dusun 4 desa rantau Kasih. Sapi dan kerbau jenis hewan yang ditenak oleh warga di dusun tersebut. Sumber energi biogas dalam penelitian ini dengan memanfaatkan kotoran sapi dan kerbau yang akan menghasilkan gas metan kemudian akan dikonversi menjadi energi listrik menggunakan generator set. Langkah awal dalam perhitungan potensi kotoran sapi dan kerbau menjadi gas pada





dusun 4 desa rantau Kasih, adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan *Total Solid* dari kotoran sapi menggunakan persamaan (2.31)
- b. Perhitungan *Volatile Solid* dari kotoran sapi menggunakan persamaan (2.32)
- c. Perhitungan potensi volume biogas dari kotoran sapi menggunakan persamaan (2.9.1)
- d. Perhitungan volume produksi gas metan dari kotoran sapi menggunakan persamaan (2.33)

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan daya pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-Biogas secara manual yang kemudian hasil perhitungan secara manual ini akan menjadi inputan untuk simulasi menggunakan *software* HOMER.

### 3.6.3 Menentukan Ukuran dan Komponen Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH)

Dalam tahap ini, ukuran dan pemilihan komponen yang tepat merupakan hal yang harus diperhatikan dimana untuk menentukan ukuran diameter dalam dan luar turbin dapat dihitung menggunakan persamaan (2.7) dan (2.8), jarak antar sudu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9), ketebalan pancaran pada *nozzle* dihitung menggunakan persamaan (2.10), jari-jari kelengkungan sudu dihitung menggunakan persamaan (2.11) dan untuk menentukan kecepatan putaran turbin dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.12). Pemilihan jenis komponen harus disesuaikan dengan lokasi sungai yang digunakan sehingga dapat beroperasi dengan optimal.

### 3.6.4 Menentukan Ukuran dan Komponen Pembangkit Listrik Biogas

1. Penentuan model digester.

Model digester yang digunakan model *fixed dome*, karena model ini yang paling populer di Indonesia, dimana seluruh instalasi digester dibuat didalam tanah dengan kontruksi permanen. selain dapat menghemat tempat lahan, pembuatan digester didalam juga berguna mempertahankan suhu digester stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri metanogen.

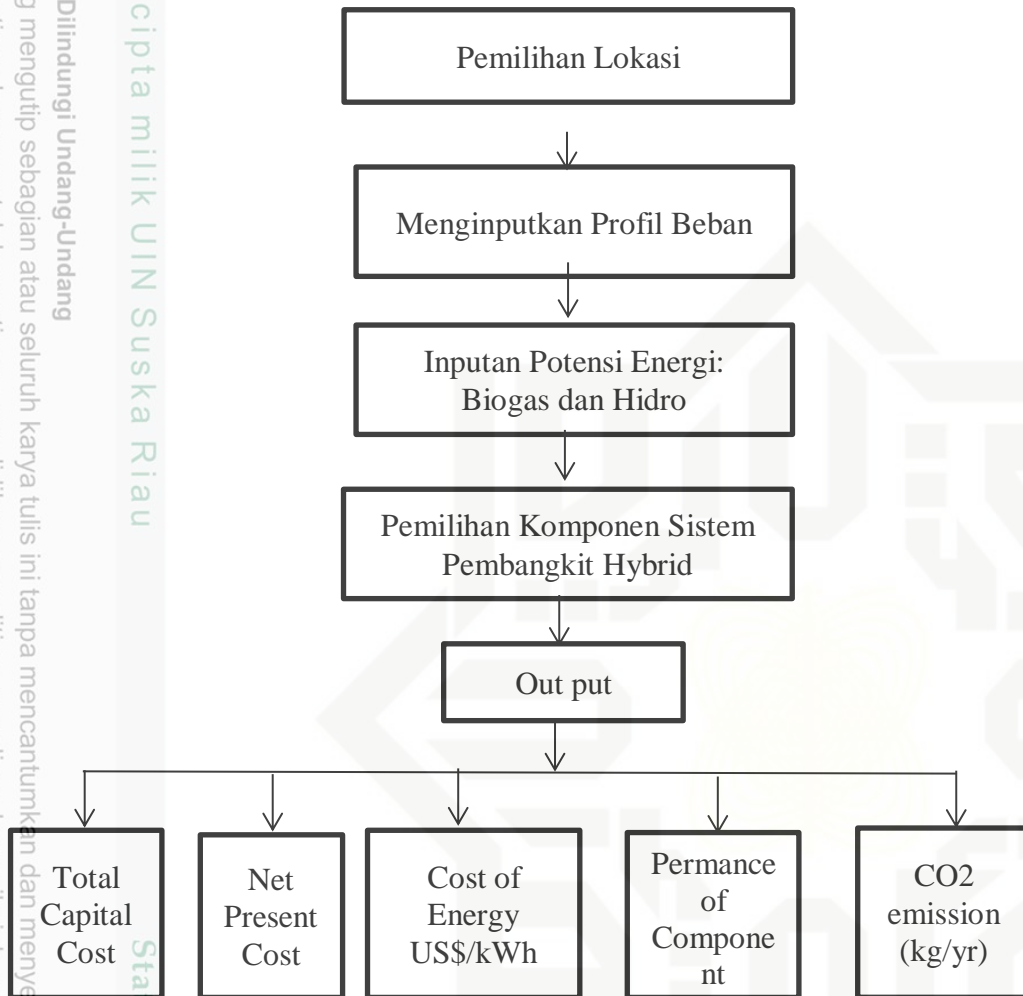
2. Menghitung ukuran dan pemilihan biodigester pada sub bab (2.13)

### 3.7 Aspek Kelayakan Pembangkit *Hybrid* PLTMH Biogas

Aspek kelayakan pembangkit listrik *hybrid* PLTMH Biogas di dusun 4 Desa Rantau Kasih akan di analisis meliputi 2 aspek yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis. Aspek kelayakan penelitian ini akan menggunakan perangkat lunak HOMERPro. HOMERPro merupakan perancang dan perangkat lunak pengoptimalan Microgrid. Perangkat lunak ini terdiri dari tiga bagian utama, Simulasi dan Optimasi dan Analisis Kepekaan. Adapun tahapan dalam mengoperasikan HOMERPro dapat dilihat pada gambar 3.5.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 3.5 Alur Simulasi HOMERPro

Pada gambar 3.5 merupakan data-data alur simulasi HOMERPro dalam penelitian ini

1. Pemilihan Lokasi

Pada tahapan ini peneliti memilih lokasi yang ingin kita pasang suatu pembangkit. Pada HOMER akna menampilkan peta dan input daerah desa rantau kasih.

2. Menginputkan Profil Beban

Konsumsi energi listrik di dusun saminai jaya yang akan dimasukan kedalam *software* HOMER.

3. Inputan Potensi Energi: Biogas dan Hidro



Data potensi energy didapatkan dari *tools resources* dalam menggunakan *software homer*.

4. Pemilihan Komponen Sistem Pembangkit Hybrid

Ukuran dan kebutuhan komponen pembangkit yang akan dipilih menyesuaikan dengan profil beban yang ada.

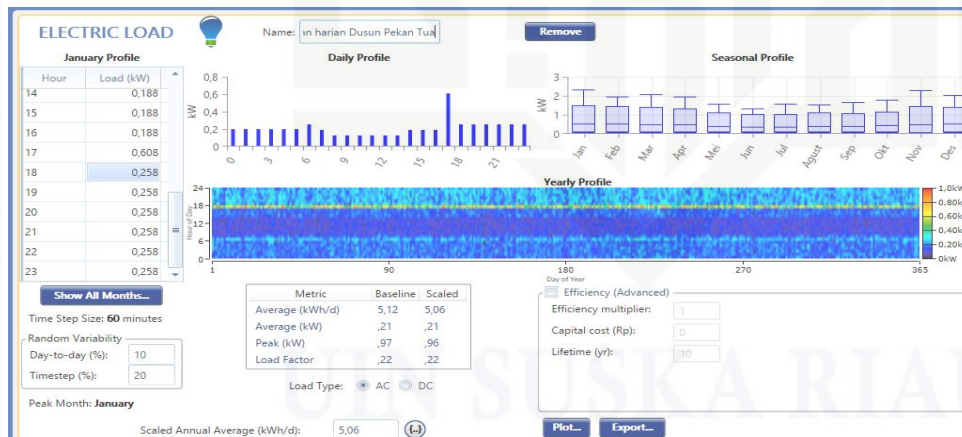
3.8 Penentuan Lokasi

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



3.9 Data Profil Beban

Konsumsi energi listrik pada rumah di dusun Sekar Mayang akan ditampilkan dalam bentuk tabel dalam perjam, grafik, dan bulanan seperti gambar di bawah ini :



3.10 Data Potensi Energi

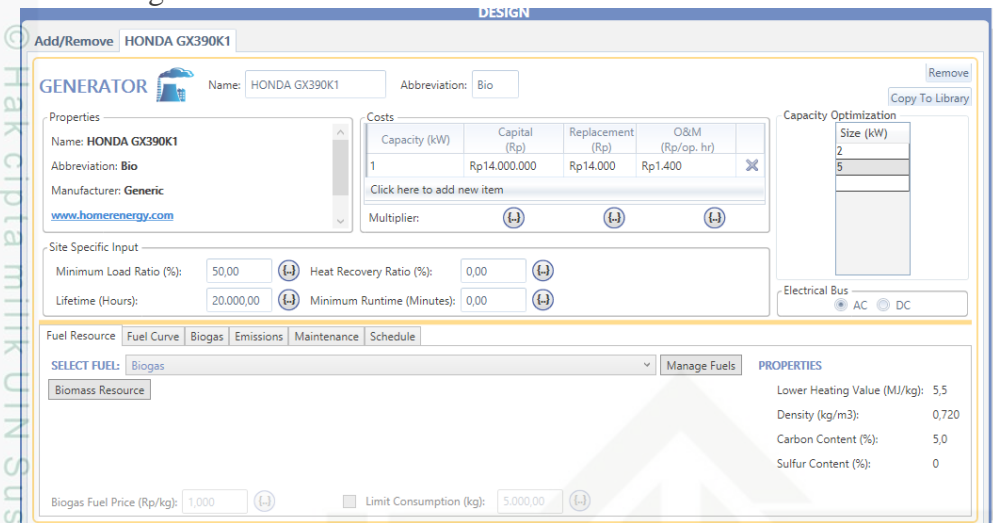
Data Potensi energi di dapatkan dari *tools Resources* dalam menggunakan *software HOMER*.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 b. Pengujiannya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 a. Pengujiannya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 Diarangi menjipt sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.  
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

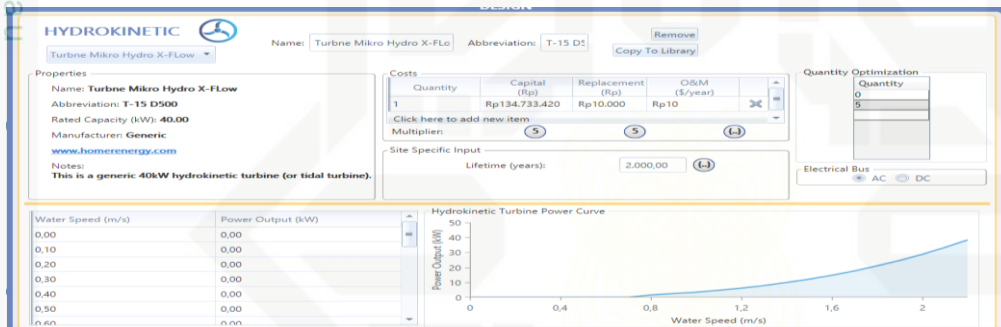
State Islamic University of Sulthan Syarif Kasim Riau



### a. Generator Biogas



### b. Ptmh



## 3.11 Pemilihan Komponen

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



## 3.12 Analisis Aspek Kelayakan

### 1. Aspek Teknis

Menghitung ukuran komponen pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik dan kinerja





komponen dan menganalisis kinerja komponen pembangkit yang telah di desain di *software*

Homer.

## 2. Aspek ekonomis

Mencakup analisis biaya yang timbul selama umur proyek (total NPC), dan biaya produksi listrik per kWh (LCOE).

Tujuan dari tahap ini adalah agar Homer yang didesain sesuai dengan perencanaan yang diharapkan, yaitu dengan kriteria suplai listrik yang kontinu dan sesuai dengan standar AS/NZS 4509:2:2010 tentang stand alone power system Part 2: System Design dan juga biaya yang ditimbulkan selama umur proyek (NPC) rendah, biaya energy (LCOE) rendah. Setelah menghitung semua aspek teknis dan ekonomi dengan menyesuaikan NPC selama umur proyek 20 tahun umur sistem. Parameter kelayakan dari penelitian ini akan dapat ditentukan. Berdasarkan syarat-syarat Homer di atas, apabila hasil simulasi Homer pada desa Rantau Kasih Dusun Seminai Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir tidak memenuhi kebutuhan beban baik secara teknis ataupun ekonomi, maka tahap penelitian akan dilakukan pengecekan ulang komponen yang dipakai maupun mengganti komponen yang ada sehingga secara teknis dan ekonomi Homer dapat terpenuhi. Apabila secara aspek teknis dan ekonomi dapat terpenuhi maka penelitian dilanjutkan dengan membuat kesimpulan dan saran penelitian.

### 3.13 Penilaian Kelayakan

Tujuan dari tahap ini yaitu agar pembangkit listrik hybrid ini dapat, yaitu dengan menyuplai listrik kontinyu, biaya yang timbul selama umur proyek (NPC) rendah, biaya energi (LCOE) rendah. Setelah menghitung semua aspek teknis dan ekonomi dengan menyesuaikan nilai NPC selama 20 tahun umur sistem. Parameter kelayakan dari penelitian ini akan dapat ditentukan. Berdasarkan syarat-syarat pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) diatas, apabila hasil simulasi pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) menggunakan software HOMER pada desa Rantau Kasih Dusun Seminai Jaya, Kec.Kampar Kiri Hilir.

Penilaian kelayakan untuk aspek ekonomi berdasarkan parameter analisis *net present cost* (NPV) bernilai positif, dan juga nilai LCOE, maupun NPC yang rendah hasil simulasi HOMER Pro. Jika penilaian kelayakan pembangkit hybrid ini dinilai layak, maka penelitian ini bisa dilanjutkan untuk tahapan selanjutnya yaitu kesimpulan dan saran.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu sebagai berikut:

1. Kebutuhan rata-rata beban listrik harian di Dusun Saminai Jaya 5069,6 kWh/hari dan beban puncak sebesar 608 W/hari pada pukul 17:00-18:00 WIB. Total beban kebutuhan energi listrik di Dusun Semina jaya sebesar 228,132 kWh.
2. Skema sistem pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-Biogas yang diperoleh dari simulasi Homer Pro terdiri dari 1 buah generator biogas yang berkapasitas 5kW dan 1 buah generator air yang berkapasitas 220/380 V yang direncanakan mampu melayani kebutuhan beban secara kontinyu selama 20 tahun dengan produksi energi listrik di tahun pertama sebesar 694.485 kWh/tahun.
3. Berdasarkan hasil simulasi HOMER untuk aspek ekonomis, pembangunan pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-Biogas di Dusun Saminai Jaya memerlukan investasi awal sebesar Rp. Rp364.809.200. Biaya produksi listrik *levelized cost of energy* (LCOE) pembangkit listrik tenaga hibrid biogas dan air yang direncanakan lebih murah dari biaya LCOE diesel pribadi milik masyarakat di Dusun Semina jaya, yaitu Rp. 37.050/bulan. Pembangkit listrik *hybrid* Biogas-PLTMH yang direncanakan dinilai layak dari aspek teknis dan ekonomi.
4. Pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-Biogas yang direncanakan dinilai layak dari aspek teknis dan ekonomi.

### 5.2 Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang ingin disampaikan sebagai berikut:

Adapun beberapa saran yang perlu dipertimbang untuk peneliti selanjutnya yaitu:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perancangan pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-Biogas
2. Penelitian selanjutnya disarankan dapat melakukan penelitiannya hingga menjadi sebuah dokumen proyek.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mujiyanto S, Siswanto D. Outlook Energi Indonesia. Secretariat Geberal National Energy Council. 2009
- [2] BPPT. Outlook Energi Indonesia 2017. BPPT 2017
- [3] BPS. Provinsi Riau dalam Angka. BPS 2017
- [4] Suyitno, Agus S., Dharmanto, Teknologi Biogas. 2010
- [5] Rompies, Willy Candra, “Analisa Potensi Sumber Daya Air Sungai Kayuwatu Wangko untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Desa Karor Kec. Lembean Timur Kab. Minahasa”, Universitas Sam Ratulangi, September 2013.
- [6] Dwiyanto, Very. dkk. “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)”, Universitas Lampung, September 2016.
- [7] Subekti, Ridwan Arif. “Survey Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Kuta Malaka Kabupaten Aceh Besar Propinsi Nangroe Aceh Darussalam”, Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik, LIPI, September 2010.
- [8] Marcelino. Perancangan Pemnbangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat off-grid system untuk Pendesaan Terpencil. 2017
- [9] Setia. Pembangkit Listrik Biogas dan Desan Dimensi Biodigester dala Perancangan PLT Biogas. 2015
- [10] Mahmud. Analisa Tekno Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Anaerobik Biogas Dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi Di Desa Galang. 2015
- [11] Kanata S. Kajian Ekonomis Pembangkit Hybrid Renewable Energi Menuju Desa Mandiri Energi di Kabupaten Bone-Bolango, 2015
- [12] Chamdareno PG. Hilal H. Analisa Pembanhkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten. 2017
- [13] Kadir, Damanik Abdul, dkk. “Buku Utama Pedoman Studi Kelayakan PLTMH”, IMIDAP-020-2008, Catatan Kedua, 2009.
- [14] Sulistiyono, dkk. “Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Cikawat Desa Talang Mulia Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pasawaran Provinsi Lampung”, Universitas Lampung, Januari 2013.





- [15] Aryani, Dewi. “Ketelitian Estimasi Banjir Berdasarkan Data Curah Hujan”, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin, 2014.
- [16] Zuhendrianto. “Pra Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Desa Lipat Kain Selatan Kecamatan Kampar Kiri Hulu Kabupaten Kampar”, Teknik Elektro, UIN SUSKA Riau, 2015.
- [17] Yuze, Muhammad Iqbal, “Rumah Mandiri Energi Listrik Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Hidrokinetik (Analisa Teknis dan Ekonomi)”, Universitas Islam Negri Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru, 2016.
- [18] Kadir, Damanik Abdul, dkk. “Buku Utama Pedoman Studi Kelayakan PLTMH”, IMIDAP-020-2008, Catatan Kedua, 2009.
- [19] Dwiyanto, Very. dkk. “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)”, Universitas Lampung, September 2016
- [20] Waskito. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi Di Kawasan Usaha Peternakan Sapi. 2011.
- [21] Latif, Ega Abdul, “Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Kabupaten Kepulauan Mentawai”, Teknik Elektro, UIN SUSKA Riau, Februari 2018.
- [22] Handayani Fitra. “Perencanaan Teknis dan ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PV Array/ Genset Biosolar Untuk Pedesaan Terpencil di Kepulauan Meranti Riau”. Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau 2016.
- [23] Sari. Nazir, Optimalisasi Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Diesel Generator– Photovoltaic Array Menggunakan Homer. UNAND. 2015
- [24] Sugiyono, “Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D”. Bandung, Alfabeta 2010





LAMPIRAN A

PENGOLAHAN DATA STUDI BEBAN LISTRIK DI DUSUN SEMINAI JAYA

**BAB I DAFTAR SAMPEL BEBAN LISTRIK  
UNTUK RUMAH TANGGA**

Sample 1		Budi			
Nama Peralatan	Daya (watt)	Jumlah	Lama penggunaan (jam/hari)	Konsumsi listik	keterangan
TV	60	1	10	600	Penggunaan beban setiap hari
Lampu	10	6	11	660	Penggunaan beban setiap hari
Kipas Angin	37	2	12	888	Penggunaan beban setiap hari
Kulkas	128	1	24	3072	Penggunaan beban setiap hari
Total konsumsi energy harian (Wh)				5220	

**DAFTAR SAMPEL BEBAN LISTRIK UNTUK RUMAH TANGGA**

Sample 2		Muniarti			
Nama Peralatan	Daya (watt)	Jumlah	Lama penggunaan (jam/hari)	Konsumsi listik	keterangan
TV	60	1	8	480	Penggunaan beban setiap hari
Lampu	10	6	12	720	Penggunaan beban setiap hari
Kipas Angin	37	2	10	740	Penggunaan beban setiap hari
Kulkas	128	1	24	3072	Penggunaan beban setiap hari
Pompa Air	350	1	1	350	Penggunaan beban setiap hari
Total konsumsi energy harian (Wh)				5362	

**DAFTAR SAMPEL BEBAN LISTRIK UNTUK RUMAH TANGGA**

Sample 3		Lindawati			
Nama Peralatan	Daya (watt)	Jumlah	Lama penggunaan (jam/hari)	Konsumsi listik	keterangan
TV	60	1	10	600	Penggunaan beban setiap hari
Lampu	10	5	12	660	Penggunaan beban setiap hari
Pompa Air	350	1	1	350	Penggunaan beban setiap hari
Kulkas	128	1	24	3072	Penggunaan beban setiap hari
Total konsumsi energy harian (Wh)				54627	

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.

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

Dilarang menyalin atau menjiplak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin dari Penerbit UIN Suska Riau.

Dilarang menyalin atau menjiplak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin dari Penerbit UIN Suska Riau.