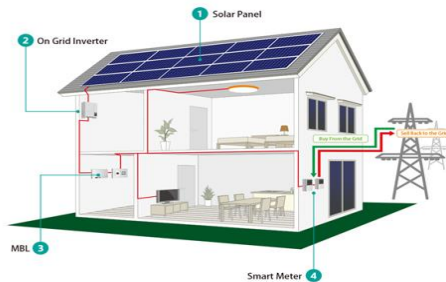


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Pembangkit listrik hibrida adalah sistem pembangkit listrik yang menggunakan dua atau lebih sumber energi berbeda untuk menghasilkan listrik. Keunggulan sistem ini adalah dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia dan mengurangi ketergantungan pada satu sumber energi. Sistem ini juga dapat mengurangi biaya pengoperasian dan pemeliharaan sistem pembangkit listrik serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, sistem ini dianggap sebagai solusi energi yang ekologis dan efisien.[4]



Gambar 2. 1 Sistem Pembangkit Listrik Hybrid

Konfigurasi dasar sistem pembangkit listrik tenaga hibrid dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

- Sistem Seri pada hybrid, ini mensuplai daya DC ke dalam baterai. Untuk menjamin operasi yang handal setiap komponen yang memiliki charge controller sendiri, generator dan inverter pada sistem ini dirancang untuk menangani beban puncak
- Sistem Pararel, pada konfigurasi paralel, generator dan penyimpan atau battery bank menyuplai beban secara paralel. Sistem paralel ini menggunakan inverter bidirectional (BDI). BDI dapat berfungsi untuk

mengkonversi sumber listrik DC menjadi AC atau sebaliknya (rectifier) serta dapat berfungsi sebagai charger.

- c) Sistem Tersaklar, pada sistem ini memiliki peran penting dalam mengoptimalkan operasi dan memastikan ketersediaan listrik yang stabil. Pada sistem ini beban dapat langsung disuplai genset sehingga meningkatkan efisiensi total, kelebihan daya pada genset dapat digunakan untuk mengisi kebutuhan pada baterai.

2.2 Radiasi Matahari

Radiasi matahari terdiri dari sinar cahaya yang jatuh di permukaan bumi. Radiasi dan cahaya yang mencapai permukaan bumi sangatlah berbeda. Radiasi matahari merupakan sumber energi utama panel surya. Oleh karena itu, panel surya bekerja dengan cara menangkap panas atau radiasi matahari kemudian mengubahnya menjadi energi listrik DC. [5]

2.3 Geometri Radiasi Matahari

Geometri radiasi matahari mengacu pada cara sinar matahari mencapai permukaan bumi. Geometri radiasi matahari penting dalam desain sistem energi surya, seperti panel surya. Memang desain panel surya harus memperhitungkan sudut sinar matahari untuk menangkap energi matahari secara maksimal. Misalnya, panel surya harus diposisikan pada sudut tertentu untuk menangkap sinar matahari secara efektif pada waktu dan musim tertentu.[5]. Selain itu, perancangan panel surya juga harus mempertimbangkan efek bayangan, karena bayangan dapat memengaruhi efektivitas pengumpulan energi matahari pada panel surya.

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit tenaga listrik yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik. Panel surya ini merupakan sumber energi terbarukan yang terus berkembang dan ramah lingkungan karena menggunakan sinar matahari. Instalasi PLTS digolongkan menjadi dua jenis, yaitu sistem PLTS tidak tersambung ke jaringan listrik (instalasi fotovoltaik off-grid) atau biasa dikenal dengan sistem PLTS yang berdiri sendiri dan

sistem PLTS yang tersambung ke jaringan listrik (instalasi fotovoltaik). atau biasa dikenal dengan PLTS Grid – Tersambung. Jika PLTS digunakan secara kombinasi maka disebut sistem hybrid.[6]

a) **PLTS Off – Grid**

Sistem PLTS off-grid ini merupakan sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai sumber energi utama dan opsional menggunakan rangkaian panel surya untuk menghasilkan energi listrik. Dalam sistem ini, perhitungan penyimpanan baterai harus diperhatikan ketika produksi energi surya tidak optimal akibat kondisi cuaca yang buruk. Dengan kata lain, listrik off-grid bekerja sedemikian rupa sehingga listrik yang dihasilkan dapat langsung digunakan untuk perangkat elektronik atau disimpan dalam baterai saat tidak digunakan. Pengontrol surya diperlukan untuk mengontrol pengoperasian sistem panel surya off-grid ini.

b) **PLTS On – Grid**

Sistem PLTS berjaringan ini menggunakan listrik ramah lingkungan dan biaya emisi. Sesuai dengan namanya, rangkaian sistem ini menjaga konektivitas ke jaringan PLN dengan mengoptimalkan konsumsi energi semaksimal mungkin. Baterai tidak diperlukan dengan sistem ini. Karena sistemnya disediakan oleh PLN. Arus inilah yang menghubungkan atau mendistribusikan energi dari panel surya ke beban. Artinya seluruh listrik yang dikonsumsi pada siang hari dihasilkan oleh energi listrik dari panel surya. Sedangkan gunakan PLN pada malam hari. Prinsip kerja PLTS ini dapat beroperasi pada sistem tenaga listrik PLN.

2.5 Komponen *Photo Voltaic* (PV)

PV atau fotovoltaik merupakan suatu komponen yang dapat mengkonversi sinar matahari menghasilkan listrik DC. Istilah Kata fotovoltaik sering digunakan yaitu PV. Jenis - jenis pada sel surya ini digolongkan dengan berbasis teknologi pembuatannya. Ada 3 jenis panel surya yang sering atau biasa dipergunakan untuk kebutuha sehari – hari yaitu:

a. *Monocrystalline Solar Panels*

Jenis panel surya paling efisien, diproduksi dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik tinggi. Sel surya monokristalin ini terbuat dari silikon kristal murni yang telah melalui proses Czochralski hingga membentuk ingot. Embrio tersebut kemudian diiris tipis-tipis. Artinya akan berbentuk lingkaran. Bentuk ini merupakan hasil proses Czochralski.

b. *Polycrystalline Solar Panels*

Sedangkan silikon polikristalin merupakan panel surya dengan susunan kristal silikon yang acak. Jenis/tipe ini dibuat dengan cara melebur atau meleburkan beberapa batang kristal silikon kemudian dibentuk kembali menjadi bentuk persegi. Silikon polikristalin ini dikomersialkan pada tahun 1981. Proses Czochralski adalah proses pemurnian bahan dengan cara kristalisasi. Bahan yang akan dikristalkan ditempatkan pada tempat yang sulit bereaksi dengan zat lain, seperti kuarsa dan gas mulia argon.

c. *Thin Film Solar Cell Panels*

Sel surya film tipis adalah panel surya dua lapis yang dibuat dengan menambahkan satu atau lebih film tipis atau bahan fotovoltaik film tipis ke substrat seperti kaca, plastik, atau logam.

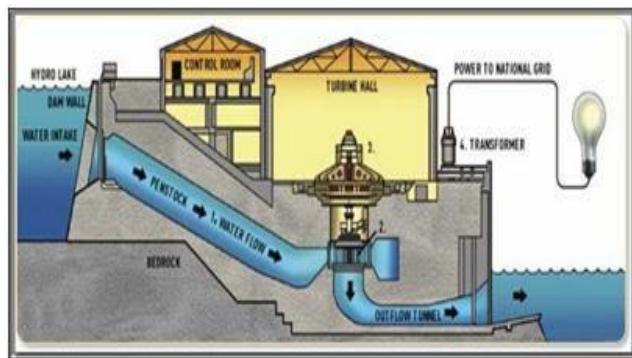
2.6 Inverter Hybrid

Penemu hybrid adalah penemu yang mampu mengubah tegangan DC menjadi arus AC dari modul surya atau fotovoltaik. Perbedaan inverter hybrid dengan inverter klasik adalah inverter hybrid ini dapat bersifat otonom karena keluarannya harus terkoneksi dengan jaringan PLN. Inverter hybrid, sering disebut inverter surya hybrid atau inverter jaringan bertenaga baterai hybrid, adalah jenis inverter yang menggunakan dua komponen utama (inverter yang terhubung ke jaringan akan menjadi satu dengan inverter penyimpanan) dan tidak lebih, tidak kurang.

Inverter hybrid dirakit untuk menggabungkan suatu penyimpanan energi dengan jaringan PLN. Inverter ini bisa disebut juga inverter multi fungsi, yang dapat mengolah input PV dan menyimpan energi listrik pada tempat penyimpanan energi. Hybrid inverter dapat bekerja multi fungsi, alat ini dapat menggantikan peran grid-connected inverter dan off-grid serta load-bearing inverter (SCC), karena itulah inverter ini sering disebut Multi-function converter dapat menangani daya input dan daya output, dari berbagai sumber.

2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM)

Pembangkit listrik tenaga air mini merupakan pembangkit listrik berskala kecil dengan aliran atau debit air yang rendah. Air yang biasa digunakan pada instalasi ini harus mempunyai debit aliran tertentu dan ketinggian atau elevasi air terjun tertentu. Yang dapat digunakan untuk pembangkit ini adalah air dari sistem irigasi dan sungai yang ada, menggunakan ketinggian air terjun, dan daya mengacu pada volume aliran air per satuan waktu. Ketinggian air terjun dan kapasitas air mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan.[7] Pada pembangkit ini memiliki proses perubahan energi kinetik, yang difungsikan untuk menggerakkan turbin dan generator, sehingga menghasilkan energi listrik.



Gambar 2. 2 Desain Sistem PLTM

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro terdiri dari tiga komponen utama yaitu air yang memutar turbin, turbin yang

menggerakkan generator, dan generator yang mampu menghasilkan energi listrik. Mekanisme PLTM sangat sederhana;

Air dialirkan ke turbin melalui semburan bervolume tetap yang terletak di bendungan dengan ketinggian tetap untuk menggerakkan turbin. Karena gaya gravitasi bumi yang memaksa air mengalir, maka otomatis air akan mendorong turbin untuk berputar. Turbin yang berputar menghasilkan energi mekanik atau berputar dengan kecepatan konstan. Pada saat turbin berputar maka poros generator yang terhubung dengan poros turbin berputar dan generator otomatis berputar sesuai dengan putaran turbin. Dengan memutar generator ini akan menghasilkan arus bolak-balik atau searah tergantung dari jumlah air yang digunakan, turbin dan tegangan generator. Arus yang dihasilkan didistribusikan ke muatan. Semakin tinggi beban listrik maka semakin kuat putaran generatornya. [8]

2.8 Turbin Air

Alat turbin hidrolik merupakan suatu alat yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini diubah menjadi energi listrik oleh generator. Pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA), kincir air merupakan peralatan utama bersama dengan generator. Berdasarkan prinsip kerja turbin yang mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin hidrolik dibagi menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Turbin bekerja dengan mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Kekuatan air yang jatuh memutar impeller, yang kemudian memutar turbin. Kebanyakan turbin hidrolik mirip dengan kincir angin, yaitu tenaga penggerak angin yang memutar bilah digantikan oleh air yang memutar turbin. Turbin berputar ini dihubungkan dengan generator. Dan inilah bagian-bagian dari kincir air;

- a. Rotor, yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari :
 - Sudu-sudu, yang dimana memiliki fungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh nozzle.

- Poros, yang dimana memiliki fungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
 - Bantalan, yang dimana memiliki fungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.
- b. Stator, yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :
- Pipa pengarah / nozzle yang dimana memiliki fungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan didalam sistem besar.
 - Rumah turbin, yang dimana memiliki fungsi sebagai rumah kedudukan komponen - komponen turbin.

2.9 Generator

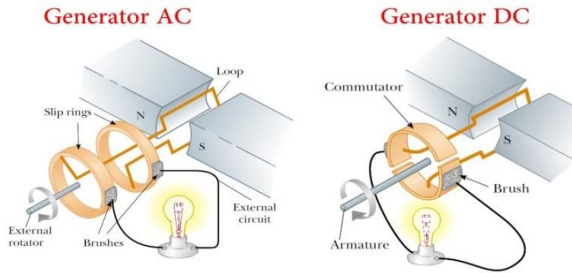
Generator adalah suatu alat yang mampu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik ini berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator berupa AC (arus bolak-balik) atau DC (arus searah). Hal ini tergantung pada struktur generator yang digunakan oleh pembangkit listrik tersebut. Energi listrik yang dibutuhkan konsumen untuk kebutuhan rumah tangga sebagian besar dihasilkan dari generator sinkron multi fasa yang terletak di pusat-pusat pembangkit listrik. Generator sinkron yang digunakan memiliki tingkat daya yang tinggi berkisar antara ratusan hingga ribuan megavolt-ampere (MVA). Di bawah ini adalah jenis-jenis generator.[9]

1. Generator AC

Generator arus bolak-balik (AC) adalah peralatan mesin yang digunakan untuk menghasilkan arus bolak-balik. Biasanya alternator memiliki dua kabel yaitu kutub positif dan negatif. Dengan rangkaian ini, kemungkinan kedua terminal kumparan tidak saling bersentuhan, karena terhubung pada satu slip ring.

2. Generator DC

Generator arus searah (DC) adalah peralatan mesin yang digunakan untuk menghasilkan arus searah. Yang berbeda dari alternator adalah tidak memiliki slip ring, melainkan memiliki dua sikat karbon yang terletak di sisi kiri dan kanan kumparan. Kemudian kedua ujung kumparan bias akan saling bersentuhan dengan sikat karbon, dan generator akan mampu menghasilkan arus searah.



Gambar 2. 3 Generator AC & DC

2.10 Pendekatan Analisis

Metode perhitungan ini sering digunakan secara parametrik ZUHAL, 1981. Secara teori, daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikrohidro untuk melakukan perhitungan adalah:

$$P = 9,8.Q.H \quad (2.1)$$

Keterangan :

P = M. jenis air (kg/m^3)

Q = Kecepatan air (m^3/s)

H = Jarak tinggi air (m)

Daya pada PLTM pada persamaan (2.1) akan berkurang setelah melalui proses pada turbin dan generator, yang dirumuskan:

$$P = 9,8.Q.H. \text{eff}_T. \text{eff}_G \quad (2.2)$$

Dimana:

eff_T = Effisiensi pada turbin

eff_G = Effisiensi pada generator

Perkiraan pada beban tersambung menurut (SUBROTO,I .2002) sebagai berikut.

$$P_T = \sum_{n-1}^n n .P \quad (2.3)$$

Dimana:

n = Banyaknya pengguna

p = Daya listrik pada tiap pengguna (Watt)

Daya teoritis PLTM diatas akan berkurang setelah melewati turbin dan generator, dihitung dengan rumus sebagai berikut Kecepatan putaran medan pada generator sinkron digunakan menurut : (THERAJA, BL. 2001)

$$n_s = \frac{120.f}{p} \quad (2.4)$$

Dimana:

n_s = menentukan percepatan putaran medan magnet (rpm)

f = Frekuensi (HZ)

P = Jumlah pada kutup

Percepatan pada putaran rotor pada generator tidak akan sama dengan percepatan putaran pada medan magnet stator, biasanya ini sering disebut slip:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dimana:

S = Slip

n_s = Percepatan medan perputaran stator (rpm)

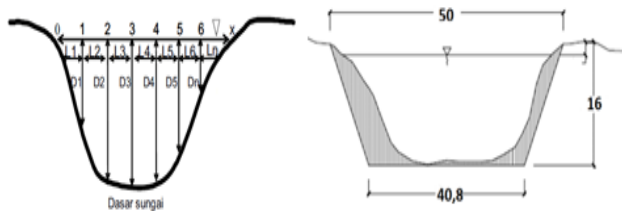
n_r = Percepatan putar rotor (rpm)

2.11 Pengukuran Debit Air

Dalam sistem pengubah energi kinetik air skala besar, pengukuran aliran air dapat dilakukan selama beberapa tahun. Namun, yang mampu mengubah energi kinetik air dalam

skala yang lebih kecil akan memerlukan waktu yang lebih cepat atau waktu yang diperlukan untuk pengukuran akan lebih cepat, misalnya untuk musim yang berbeda menurut (WIBAWAA, U. 2006)

Pengukuran percepatan pada air diwakili oleh (v), hal yang dilakukan pengukuran: Carilah pada struktur saluran air yang tidak mempunyai tikungan dan panjang 20 meter agar pelampung baru dapat beroperasi secara normal tanpa tersangkut. Kemudian pasangkan pelampung, melayang dari titik awal ke titik akhir, pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Pengukuran Permukaan Sungai

Melakukan pengukuran sebanyak 5 kali secara berturut, cara waktu yang ditempuh dimulai titik awal menuju titik akhir. Alat yang digunakan untuk mengukur waktu yaitu stopwatch lalu menghitung rata-ratanya pada rumus dibawah ini:

$$t_{rata} = (\text{sigma } t) / n \quad (2.6)$$

Percepatan pada air sungai (v) dihitung membagi pada jarak titik awal menuju titik akhir (s) dapat dirata – ratakan dengan jarak waktu tempuh dari mulai titik awal ketitik akhir, dengan rumus berikut:

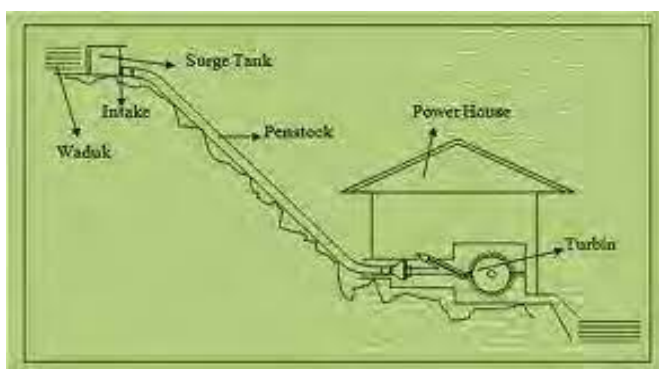
$$(t_0 - t_1) \cdot v = s/t_{rata} \quad (2.7)$$

Setelah mendapatkan luas sungai dan kecepatan aliran air sungai, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah air:

$$Q = A \times v \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (2.8)$$

2.12 Tinggi Jatuh Air

Untuk menentukan intensitas dan tinggi debit pada PLTM ini sangat penting dalam menghitung sumber daya yang dihasilkan. Pada Gambar 2.5, hasil rata-ratanya adalah satu bulan kering dan satu tahun. Artinya, mencari ketika jumlah air berkurang secara signifikan atau ketika aliran air banyak. Ketinggian pada air terjun digunakan untuk mengetahui besarnya energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikro hidro itu sendiri. Hal ini mempunyai dampak yang sangat besar dan nantinya perlu diketahui seberapa besar tekanan aliran air yang dapat diberikan pada turbin dan seberapa besar energi kinetik yang dimiliki air yang jatuh untuk memutar turbin hidrolik.



Gambar 2. 5 Pengukuran Jatuh Air (Head)

2.13 Metode *Life Cycle Cost* (LCC)

Biaya siklus hidup adalah pendekatan yang digunakan untuk mengevaluasi ekonomi dan menghitung keseluruhan biaya yang telah dikeluarkan selama proyek atau proyek pembangunan. Memperhitungkan dengan metode biaya siklus hidup membantu pengambilan keputusan perencanaan yang lebih baik terutama mengenai total biaya pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan selama periode tertentu serta biaya penggantian komponen yang ada. Metode ini biasa digunakan dalam

manajemen proyek konstruksi, manajemen fasilitas, pengadaan peralatan, dan manajemen aset. Untuk mencari perhitungan biaya siklus hidup menggunakan rumus.

$$LCC = IC + SV + NFOMC \quad (2.9)$$

Dimana :

LCC : nilai pada sistem secara keseluruhan

IC : nilai pada saat investasi awal

SV : nilai pada jasa dan komponen

NFOMC : nilai jasa O&P

NRC : nilai yang lain

2.14 Metode *Levelized Cost of Energy* (LCoE)

Metode meratakan biaya energi (LCoE) digunakan untuk mengevaluasi biaya relatif produksi energi dari berbagai sumber energi. Metode ini untuk mengukur rata - rata biaya per unit yang dihasilkan (energi). Selama masa operasi pembangkit listrik atau proyek energi. Metode ini sering digunakan untuk membandingkan biaya relatif berbagai sumber energi dan membantu dalam pengambilan keputusan investasi dan perencanaan energi.

1. Investasi Awal (Capital Expenditure - CapEx): Ini adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk merancang, membangun, dan menginstal pembangkit listrik atau proyek energi. Ini mencakup biaya peralatan, infrastruktur, dan pekerjaan konstruksi.
2. Biaya Operasional (Operational Expenditure - OpEx): Ini mencakup biaya operasional yang dikeluarkan selama umur operasional proyek, seperti biaya pemeliharaan, perbaikan, bahan bakar (jika berlaku), biaya tenaga kerja, dan biaya lain yang terkait dengan operasi sehari-hari.
3. Umur Operasional: Ini adalah estimasi umur proyek atau pembangkit listrik, yang biasanya diukur dalam tahun. Umur operasional memengaruhi total biaya proyek seiring waktu.
4. Kapasitas Instalasi: Ini adalah kapasitas maksimum pembangkit listrik atau proyek energi untuk menghasilkan

energi dalam satu periode waktu tertentu, biasanya dalam megawatt (MW) atau gigawatt (GW).

5. Kemampuan Penghasilan Energi: Ini mengacu pada produktivitas proyek dalam menghasilkan energi selama umur operasionalnya. Efisiensi dan faktor-faktor lain seperti waktu operasi dan kapasitas yang dihasilkan mempengaruhi kemampuan penghasilan energi.
6. Biaya Modal dan Suku Bunga: Tingkat suku bunga dan biaya modal berpengaruh pada biaya yang harus dibayar selama umur proyek. Tingkat suku bunga yang lebih rendah dapat mengurangi biaya pinjaman dan, oleh karena itu, LCOE.
7. Biaya Penggantian atau Perpanjangan: Beberapa proyek memerlukan penggantian atau perpanjangan peralatan atau infrastruktur selama umur operasionalnya. Biaya ini juga harus dimasukkan dalam perhitungan LCOE.
8. Inflasi dan Depresiasi: Faktor-faktor ini harus dipertimbangkan dalam menghitung biaya yang sesuai selama siklus proyek

LCOE dihitung dengan membagi total biaya sepanjang siklus hidup (CapEx + OpEx + biaya lainnya) dengan total energi yang dihasilkan selama siklus hidup proyek. Hasilnya diukur dalam satuan biaya per megawatt jam (MWh) atau kilowatt jam (kWh) energi yang dihasilkan. Untuk mencari perhitungan pada metode ini menggunakan persamaan sebagai berikut

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

Dimana :

- LCoE : Harga biaya energi (Rp/kWh)
 LCC : biaya kotor keseluruhan sistem
 Et : energi yang dihasilkan (dalam kWh)
 r : persentase suku bunga (%)
 t : waktu (tahun)

2.15 Analisa Ekonomi

Pada proses yang digunakan untuk membackup kebijakan, proyek, atau keputusan bisnis dari perspektif ekonomi. Tujuannya adalah untuk memahami dampak finansial dari tindakan tertentu, baik waktu jangka pendek ataupun dalam jangka panjang. Analisis ekonom ini membantu mengambil dalam hal putusan yang lebih baik syarat mempertimbangkan biaya, manfaat, dan konsekuensi ekonomi dari berbagai tindakan atau proyek. Tujuan dari analisis ekonomi ini adalah untuk mengetahui kelayakan proyek perencanaan yang akan dibangun di desa Suberejo Batu serta hasil biaya yang harus dikeluarkan untuk perencanaan ini. Untuk membackup proyek ini yang umum digunakan dalam analisa keuangan untuk mengavaluasi proyek investasi dan keputusan finansial meliputi Net Present Value, Cost of Energy, Internal Rate of Return, Pay Back Periode, Break Event Point dan Gross Benerfit Ratio.[10]

A. Cost of Energy (COE)

Dalam analisis keuangan, COE adalah singkatan dari “Cost of Equity” atau “Biaya Energi”. “Biaya energi” adalah biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan sejumlah energi tertentu. Ini merupakan faktor penting dalam beberapa industri dan sektor, termasuk produksi energi, transportasi dan manufaktur. Biaya energi dapat sangat bervariasi tergantung pada sumber energi, teknologi, lokasi dan faktor lainnya. COE adalah bagian penting dari perhitungan net present value (NPV) dan metode analisis investasi lainnya. Biaya energi dapat dihitung dengan beberapa cara, antara lain:

1. **Model Penilaian Saham:** Pendekatan ini melibatkan perhitungan tingkat pengembalian yang diharapkan berdasarkan penilaian saham dan harga pasar. Ada beberapa model penilaian saham, termasuk Model Dividen Discounted (DDM) dan Model Earnings Capitalization.

2. **Capital Asset Pricing Model (CAPM):** Ini adalah pemodelan yang umum digunakan pada menghitung COE. CAPM menghubungkan tingkat pengembalian yang diharapkan dengan risiko sistematis (risiko pasar) dan tingkat bebas risiko. Formula umum untuk menghitung COE menggunakan CAPM

adalah;

$$COE = \frac{TOTAL\ KAPITAL}{Etotel\ served\ X\ Harga\ jual\ listrik\ ke\ PLN} \quad (2.11)$$

Dimana :

Total capital : Biaya semua bahan (Rupiah)

Etotel.served : Semua daya yang dikonsumsi/ tahun (kWh)

3. **Survei Pasar:** Pendekatan ini melibatkan survei pasar untuk mengidentifikasi tingkat pengembalian yang diharapkan oleh investor untuk investasi dalam perusahaan sejenis.

Keuntungan menggunakan COE dalam analisis keuangan adalah:

- **Menggambarkan Tuntutan Pemegang Saham:** COE mencerminkan apa yang diharapkan oleh pemegang saham sebagai imbalan atas risiko yang mereka ambil dengan berinvestasi dalam perusahaan.
- **Pembandingan Proyek:** COE digunakan dalam perhitungan NPV dan metode analisis lain untuk mengukur apakah proyek investasi memiliki tingkat pengembalian yang melebihi biaya ekuitas. Ini membantu dalam mengambil keputusan tentang proyek mana yang paling menguntungkan.

Namun, perlu diingat bahwa menghitung COE melibatkan asumsi dan estimasi yang dapat bervariasi tergantung pada metode yang digunakan. Selain itu, perhitungan COE adalah bagian dari analisis yang lebih luas dan harus dipertimbangkan bersamaan dengan faktor-faktor lain dalam pengambilan keputusan investasi

B. Net Present Value (NPV)

Nilai sekarang bersih merupakan rasio yang dipakai untuk menilai profit keuangan suatu investasi pada proyek dengan ngebandingkan nilai sekarang pada aliran kas yang mengharapakan biaya awal investasi. Hal ini membantu menentukan apakah investasi tersebut layak secara finansial dan kemungkinan menghasilkan keuntungan positif.[11] Komponen dan konsep utama yang terkait dengan net present value adalah arus kas. Untuk menghitung NPV, perlu memperkirakan arus kas yang diharapkan terkait dengan investasi atau proyek selama siklus hidupnya. Maka tingkat diskonto mewakili tingkat pengembalian atau biaya modal yang

diperlukan untuk investasi tersebut. Langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk menerapkannya sangat berbeda dengan nilai sekarang (PV), sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_0 \quad (2.12)$$

Dimana :

- i : Persentase bunga (%)
- t : Tahun
- R_t : Arus kas bersih (t)
- C_0 : Investasi awal

NPV adalah alat fundamental dalam penganggaran modal dan analisis investasi. Hal ini mempertimbangkan nilai waktu dari uang dan memungkinkan pengambil keputusan untuk membuat pilihan yang tepat mengenai proyek atau investasi mana yang akan dilakukan berdasarkan keuntungan finansial yang diharapkan. Dalam mengevaluasi pendapatan pada pekerjaan, nilai bersih sekarang dengan bunga pinjaman harus memiliki harga lebih dari 0. Jika nilai bersih sama dengan 0 yang artinya pada investasi itu memiliki tingkat pengembalian yang sama dengan nilai investasi (modal). Jika nilai bersih kurang dari 0, maka investasi itu dari segi ekonomi ataupun finansial tidak layak dikerjakan.

C. *Internal Rate of Return (IRR)*

Tingkat pengembalian internal yaitu rasio keuangan yang dipakai untuk menilai potensi profit suatu proyek. Metode ini mewakili tingkat diskonto di mana nilai sekarang bersih (NPV) arus kas masa depan adalah nol. Dengan kata lain, metode ini merupakan adalah tingkat bunga yang membuat jumlah nilai sekarang dari aliran kas masa kedepan sama dengan investasi awal.

Metode ini digunakan untuk menggambarkan suatu proyek tersebut layak secara finansial atau tidak layak dengan mempertimbangkan tingkat bunga pinjaman. Pada analisis ini bunga pinjaman sebesar 5,34% berdasarkan nilai bunga. Jadi jika nilai $IRR > 5,35\%$ maka proyek ini dapat dikatakan

menguntungkan dan layak dilakukan. IRR dapat dihitung dengan mengambil keuntungan bersih dan investasi. Nilai IRR ini harus dipahami untuk memahami potensi investasi proyek ini berdasarkan rekening pinjaman yang berlaku..[12] Perhitungan nilai IRR sebagai berikut:

$$IRR = I^1 \left\{ \frac{NPV^1}{NPV^1 - NPV^2} (i^1 - i^2) \right\} \quad (2.13)$$

Dimana:

- I^1 : Persentase (%)
- i^1 : Jumlah bunga memberikan nilai bersih positif
- i^2 : Jumlah bunga memberikan nilai bersih negative
- NPV^1 : Nilai positif (+)
- NPV^2 : Nilai negatif (-)

Berikut adalah beberapa poin tentang IRR :

1. **Perhitungan** : metode ini dihitung dengan menghitung diskon pada nilai NPV proyek menjadi 0. Ini melibatkan perhitungan iteratif atau pengujian berulang untuk menemukan tingkat diskon yang memenuhi kondisi tersebut.
2. **Keputusan Pengambilan**: Jika IRR proyek melampaui biaya modal atau tingkat pengembalian yang diharapkan, maka proyek tersebut dianggap layak karena tingkat pengembalian yang diharapkan dapat dicapai atau bahkan melebihi ekspektasi. Jika IRR lebih rendah dari biaya modal, proyek mungkin tidak layak.
3. **Kompabilitas dengan NPV**: Dalam kebanyakan kasus, jika NPV positif, IRR akan melebihi biaya modal, dan sebaliknya. Namun, ada pengecualian di mana proyek dengan NPV positif tetapi IRR lebih rendah dari biaya modal mungkin lebih baik untuk dihindari.
4. **Kelebihan IRR**: IRR memberikan gambaran persentase tentang tingkat pengembalian yang diharapkan dari proyek, yang dapat dengan mudah dibandingkan dengan tingkat pengembalian yang diharapkan atau biaya modal perusahaan.

5. **Keterbatasan IRR:** IRR memiliki beberapa keterbatasan, termasuk kemampuan untuk menghasilkan multiple IRRs dalam kasus tertentu, terutama jika ada pola arus kas yang kompleks. Selain itu, IRR tidak selalu memberikan gambaran yang jelas tentang nilai moneter yang sebenarnya dari proyek.
6. **Proyek Multikas dan Non-Teratur:** IRR dapat digunakan bahkan dalam proyek dengan pola arus kas yang berubah-ubah atau tidak teratur, tetapi dalam kasus ini, perhitungannya mungkin lebih rumit.
7. **Alternatif COE:** IRR adalah alternatif dari perhitungan biaya ekuitas (COE) dalam memutuskan apakah suatu proyek layak. Jika IRR melebihi COE, proyek dapat dianggap layak.
8. **Investasi yang Bersifat Leasing atau Sewa Beli:** IRR juga dapat digunakan untuk menilai investasi dalam aset yang bersifat leasing atau sewa beli, di mana arus kas yang dihasilkan bersifat kompleks.

D. *Pay Back Periode (PBP)*

Payback period adalah metode analisis keuangan yang mengukur berapa lama waktu yang diperlukan agar investasi awal suatu proyek dapat dilunasi dengan arus kas yang dihasilkan. Sederhananya, PBP adalah waktu yang dibutuhkan suatu investasi untuk pulih atau “melunasi”. Jika umur pengembalian lebih kecil dari unsur ekonomis proyek, maka investasi tersebut dikategorikan baik, jika kebalikan dari unsur ekonomis melebihi maka proyek itu tidak layak dibangun atau akan rugi [12]. Perhitungan metode ini menggunakan rumus sebagai berikut.

$$PBP = n + \frac{-\text{Pengeluaran}}{\text{Pengembalian Dana}} \quad (2.14)$$

Dimana :

n : nilai tahun keberapa

Berikut adalah beberapa poin penting tentang Pay Back Periode (PBP)

1. **Perhitungan PBP:** PBP dihitung dengan menjumlahkan arus kas masuk tahun per tahun hingga jumlah tersebut mencapai

atau melebihi investasi awal. PBP diukur dalam tahun atau bulan, tergantung pada periode waktu yang digunakan dalam analisis.

2. **Keputusan Pengambilan:** Proyek dengan PBP yang lebih pendek dianggap lebih menguntungkan karena investasi awal dapat segera dikembalikan. Namun, ini tidak selalu mencerminkan keuntungan sebenarnya dari proyek atau tingkat pengembalian yang diharapkan.
3. **Konservatif dan Fokus pada Likuiditas:** PBP lebih berkaitan dengan faktor likuiditas dan risiko jangka pendek. Ini digunakan oleh perusahaan yang ingin memastikan bahwa investasi mereka dapat segera dikembalikan dalam jangka waktu tertentu.
4. **Keterbatasan PBP:** PBP memiliki beberapa keterbatasan, termasuk ketidakmampuannya untuk memperhitungkan nilai waktu uang dan mengabaikan arus kas yang terjadi setelah periode pengembalian investasi. Selain itu, PBP tidak memberikan gambaran yang komprehensif tentang profitabilitas jangka panjang dari proyek.
5. **Pembandingan dengan Batas Waktu:** PBP sering dibandingkan dengan batas waktu yang ditentukan oleh perusahaan atau industri untuk menentukan apakah proyek layak. Jika PBP lebih pendek dari batas waktu yang ditetapkan, proyek mungkin layak dilanjutkan.
6. **Perbandingan dengan Metode Lain:** PBP sering kali digunakan bersama-sama dengan metode analisis lain, seperti NPV dan IRR, untuk memberikan pandangan yang lebih komprehensif tentang kelayakan suatu proyek.
7. **Kelebihan PBP:** PBP memiliki kelebihan dalam kesederhanaan perhitungannya dan dalam memberikan gambaran cepat tentang berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi.

E. Break Event Point (BEP)

Titik impas adalah titik di mana hasil keseluruhan pendapatan dengan total biaya, jadi tidak ada laba yang dihasilkan. Dalam analisis keuangan, BEP merujuk pada tingkat penjualan di mana sebuah bisnis atau proyek mencapai

titik impas atau titik di mana biaya tetap dan biaya variabel terbayar.

$$\text{BEP} = \frac{\text{Total Biaya Tetap}}{\text{Harga Jual per unit} - \text{Biaya Variabel per Unit}} \quad (2.15)$$

Berikut adalah beberapa poin penting tentang Break-Even Point (BEP) :

1. **Perhitungan BEP:** BEP dihitung dengan membagi total biaya tetap dengan margin kontribusi per unit (selisih harga jual unit dengan biaya variabel per unit).
2. **Mengukur Titik Impas:** BEP adalah titik di mana pendapatan dari penjualan hanya cukup menutupi semua biaya dan operasi, tanpa menghasilkan laba atau kerugian.
3. **Penting dalam Perencanaan Bisnis:** BEP adalah alat yang penting dalam perencanaan bisnis karena membantu mengidentifikasi seberapa banyak unit yang harus dijual untuk mencapai titik impas. Ini membantu bisnis dalam merencanakan strategi penjualan dan produksi yang sesuai.
4. **Variabel Berpengaruh:** BEP sangat terpengaruh oleh harga jual, biaya variabel, dan biaya tetap. Pada perubahan dalam variabel-variabel ini akan mempengaruhi tingkat BEP.
5. **Pemahaman Terhadap Risiko:** BEP membantu pemilik bisnis atau manajer untuk memahami tingkat risiko yang terlibat. Jika penjualan di bawah BEP, bisnis akan mengalami kerugian.
6. **Hubungan dengan Keuntungan:** Setelah melewati BEP, setiap unit penjualan tambahan akan memberikan kontribusi positif terhadap laba, karena biaya tetap sudah tercakup dan biaya variabel akan berkurang.
7. **Pertimbangan Terhadap Harga Jual dan Biaya:** BEP dapat membantu pengambilan keputusan terkait penentuan harga jual dan pengendalian biaya. Mengetahui BEP memungkinkan Anda mengevaluasi apakah harga yang ditetapkan dan biaya yang dikeluarkan sudah sesuai.

8. **Keterbatasan BEP:** BEP asumsi dasar dalam hal biaya tetap, biaya variabel, dan tingkat penjualan. BEP juga tidak mempertimbangkan nilai waktu uang atau risiko yang terkait dengan variabel-variabel tersebut.

BEP adalah alat yang berguna dalam analisis keuangan dan perencanaan bisnis. Namun, penting untuk diingat bahwa BEP hanya memberikan gambaran tentang titik impas dan tidak memberikan informasi tentang keuntungan atau kinerja jangka panjang bisnis. Itu harus digunakan bersama dengan metode analisis lainnya untuk menghasilkan pemahaman yang lebih lengkap tentang kinerja bisnis.

F. Gross Benefit Rasio (Gross B/C)

Rasio manfaat kotor (GBR), juga dikenal sebagai rasio manfaat-biaya kotor (BCR Kotor), adalah metrik atau indikator keuangan yang digunakan dalam analisis proyek untuk mengevaluasi kelayakan suatu investasi. Rasio ini mengukur hubungan antara total manfaat bruto yang diperoleh dari suatu proyek dengan total biaya bruto yang dikeluarkan pada proyek tersebut. Rasio ini dapat memberikan gambaran tentang sejauh mana manfaat proyek tersebut mengkompensasi biayanya [12].

$$Gross \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (2.16)$$

Dimana :

- B_t : Keuntungan (Rp)
 C_t : Biaya (Rp)
 n : Jumlah waktu (tahun)
 i : Persentase (%)

Kriteria untuk penilaian parameter Gross B/C adalah sebagai berikut :

- A. **GBR > 1:** Jika GBR lebih besar dari 1, hal ini menunjukkan bahwa proyek atau investasi tersebut diharapkan menghasilkan lebih banyak manfaat kotor daripada biaya kotor yang dikeluarkan. Hal ini

menunjukkan bahwa proyek tersebut berpotensi layak secara ekonomi dan dapat menghasilkan keuntungan yang positif.

- B. **GBR = 1**: GBR sebesar 1 berarti manfaat kotor sama dengan biaya kotor. Dalam hal ini, proyek akan mencapai titik impas, tanpa keuntungan atau kerugian bersih.
- C. **GBR < 1**: Jika GBR kurang dari 1, hal ini menunjukkan bahwa proyek atau investasi tersebut diharapkan menghasilkan manfaat kotor yang lebih sedikit dibandingkan biaya kotor yang ditimbulkannya. Hal ini menunjukkan bahwa proyek tersebut mungkin tidak layak secara ekonomi dan dapat mengakibatkan kerugian bersih.

Rasio laba kotor adalah cara langsung untuk menilai kelayakan finansial suatu proyek tanpa mempertimbangkan nilai waktu dari uang (fakta bahwa satu dolar yang diterima di masa depan bernilai kurang dari satu dolar yang diterima saat ini). Untuk analisis yang lebih komprehensif, net present value (NPV) atau rasio manfaat-biaya (BCR) dapat digunakan, karena keduanya memasukkan nilai waktu uang ke dalam penilaian.

Penting untuk diingat bahwa rasio B/C bruto tidak memperhitungkan nilai waktu dari uang, yang berarti keuntungan dan biaya dianggap sama setiap saat. Oleh karena itu, untuk analisis yang lebih komprehensif, disarankan untuk mempertimbangkan hubungan ini dengan metode analisis lain seperti net present value (NPV) dan internal rate of return (IRR)