

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi

2.1.1 Audit Energi

Audit energi adalah kegiatan pendukung untuk pengguna energi dalam mengembangkan sistem manajemen energi (International Organization for Standardization, 2011). Audit energi sendiri dilakukan dalam rangka kegiatan penghematan energi dengan cara mengefisiensi mesin, merubah pola hidup penghematan energi dan melakukan bahan bakar ramah lingkungan.

Audit energi mengacu pada ISO 50001: 2018 dengan 10 klausul yang ada didalamnya. Klausul-kalusul tersebutlah yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan kegiatan audit sistem manajemen energi (International Organization for Standardization, 2011).

Audit energi adalah metode yang digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi energi dalam bangunan dan mengidentifikasi cara-cara penghematannya. Ketika bangunan telah selesai dibangun dan mulai digunakan, penting untuk mengetahui sejauh mana efisiensi penggunaan energi dalam bangunan tersebut Badan Standardisasi Nasional (2011). Kegiatan audit energi adalah pemeriksaan berkala untuk memastikan bahwa energi digunakan dengan tepat, efisien, dan rasional. Audit energi bertujuan untuk mendeteksi kebocoran atau pemborosan energi sehingga langkah-langkah perbaikan (*retrofitting*) dapat dilakukan (Badan Standardisasi Nasional, 2011).

Lingkup kegiatan audit energi meliputi:

- a. Mengidentifikasi penggunaan energi, terutama yang berkaitan dengan jenis energi, komponen penggunaan energi, sistem pemakaian, dan biaya energi.

- b. Mengamati tingkat penggunaan energi sesuai dengan kondisi bangunan dan jenis penggunaannya.
- c. Mengetahui di mana potensi terbesar untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi.
- d. Menentukan cara untuk meningkatkan efisiensi tersebut.

Berdasarkan ruang lingkup audit energi yang dilakukan maka dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu audit energi awal dan audit energi rinci. Audit energi awal berupa pengumpulan data gedung dan tidak memerlukan pengukuran dalam pengumpulan datanya, data yang diperlukan yaitu data jenis bangunan dan ukuran ruangan, data rekening listrik. Dari data awal dapat dihitung:

- a. Rincian luas bangunan (m^2).
- b. Konsumsi energi listrik bulanan ($kWh/bulan$).
- c. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung (kWh/m^2).
- d. Biaya energi listrik (Rp/kWh).

Audit energi rinci dilakukan jika nilai IKE dari hasil audit energi awal lebih besar dari nilai standar yang telah ditetapkan, dengan cara:

- a. Membandingkan nilai IKE awal dengan IKE target
- b. Mengidentifikasi peluang konservasi energi yang bisa dilakukan.

(Badan Standardisasi Nasional (2011).

IKE adalah pembagian antara konsumsi energi listrik dengan setiap satuan luas bangunan gedung pada kurun waktu tertentu (pertahun atau perbulan). Rumus untuk menghitung IKE pertahun adalah pada persamaan 2.1 Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2012).

$$IKE = \frac{\text{Energi yang digunakan (kWh/tahun)}}{\text{luas bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.1)$$

Nilai IKE dapat dijadikan standar mengenai konsumsi energi listrik pada bangunan seperti diperlihatkan pada Tabel 2.1 Kriteria Nilai IKE Pada Konsumsi Energi Listrik.

Tabel 2. 1 Kriteria nilai IKE pada konsumsi energi listrik Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2012)

Kriteria	Konsumsi Energi Listrik Bulanan (kwh/m ² /bulan)	
	Ber-AC	Tidak Ber-AC
Sangat Efisien	4,71 - 7,92	
Efisien	7,93 - 12,08	0,84 – 1,67
Cukup Efisien	12,09 – 14,58	1,68 – 2,5
Agak Boros	14,59 – 19,17	
Boros	19,18 – 23,75	2,6 – 3,34
Sangat Boros	23,76 – 37,5	3,35 – 4,17

2.1.2 Audit sistem tata udara

Sistem tata udara dibagi menjadi dua jenis: sistem udara langsung dan tidak langsung. Sistem udara langsung (*direct cooling*) menghasilkan udara dingin melalui *Unit Fan Coil* (FCU) dengan proses sirkulasi udara. Sistem ini biasanya digunakan untuk ruangan yang lebih kecil, seperti penggunaan AC. Sistem udara tidak langsung (*indirect cooling*) menghasilkan udara dingin melalui water chiller atau mesin pendingin yang memiliki ruang tersendiri. Sistem ini sering disebut sebagai central air conditioner (Shaleh et al., 2022).

Satuan energi yang digunakan untuk menghitung kebutuhan beban AC adalah BTU (*British Thermal Unit*) per jam. Satuan BTU/jam telah lebih dulu digunakan di Amerika Serikat dan didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan atau menurunkan suhu suatu ruangan dalam satu jam. Di Indonesia, masyarakat lebih sering menggunakan satuan PK, di mana satu PK AC setara dengan 9000 BTU/jam (Fitriana, 2019). Berikut adalah daftar satuan PK yang umum digunakan pada AC jika dikonversikan ke dalam BTU/jam (Fitriana, 2019):

- a. $\frac{1}{2}$ PK = 5000 BTU/jam

- b. $\frac{3}{4}$ PK = 7000 BTU/jam
- c. 1 PK = 9000 BTU/jam
- d. 1,5 PK = 12000 BTU/jam
- e. 2 PK = 18000 BTU/jam
- f. 2,5 PK = 24000 BTU/jam

Pemasangan AC pada suatu ruangan harus sesuai dengan kebutuhan dan fungsi ruang tersebut. Maka, untuk mengetahui kebutuhan AC pada suatu ruangan dapat menggunakan rumus perhitungan berikut (Fitria et al., 2017):

$$\text{Beban AC} = \frac{(P L T I E)}{60} \quad (2.2)$$

Beban AC: jumlah daya pendingin yang dibutuhkan suatu ruangan dalam satu jam (BTU/hour)

P : Panjang ruangan (*feet*)

L : Lebar ruangan (*feet*)

T : Tinggi ruangan (*feet*)

L : Bernilai 10 jika ruangan berinsulasi (berada dilantai bawah, atau berhimpit dengan ruangan lain), bernilai 18 jika ruangan tidak berinsulasi (berada dilantai atas)

E : Bernilai 16 jika jendela menghadap ke utara, bernilai 17 jika menghadap ke timur, bernilai 18 jika menghadap selatan, dan bernilai 20 jika menghadap ke barat.

2.1.3 Sistem Manajemen Energi (ISO 50001)

Sistem Manajemen Energi adalah kerangka kerja yang mengatur kebijakan energi, tujuan, sasaran, dan rencana kerja yang diperlukan untuk mencapai tujuan energi. ISO 50001 adalah standar internasional sukarela yang memberikan panduan bagi organisasi untuk mengelola dan meningkatkan efisiensi energi secara internasional. Standar ini

mencakup pengukuran, dokumentasi, dan pelaporan konsumsi energi serta praktik desain dan pengadaan peralatan yang intensif energi dan faktor-faktor lain yang dapat dikendalikan oleh organisasi(Rachman (2024).

Manajemen energi adalah program yang dilakukan secara sistematis untuk penggunaan energi yang efisien dan ekonomis melalui perencanaan, pencatatan, pemantauan, dan evaluasi berkelanjutan tanpa mempengaruhi kualitas produk, ekspor, dan jasa. Tujuan manajemen energi adalah konservasi sumber daya alam, perlindungan iklim, dan pengurangan biaya. Bagi konsumen, manajemen energi mempermudah akses energi tepat saat dibutuhkan. Manajemen energi mencakup manajemen lingkungan, pengendalian produksi, logistik, dan fungsi bisnis lainnya(Rachman (2024).

Konsep sistem manajemen energi mencakup empat proses utama yang dikenal sebagai PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), yaitu perencanaan, pelaksanaan, pengecekan, dan tindakan. Ridwan (2020) menjelaskan proses PDCA sebagai berikut:

- a. Mengembangkan pedoman penggunaan energi yang lebih efisien.
- b. Menetapkan tujuan dan sasaran untuk memenuhi kebijakan.
- c. Menggunakan data untuk memahami dan membuat keputusan tentang penggunaan dan konsumsi energi.
- d. Mengukur hasil.
- e. Meninjau efektivitas kebijakan.
- f. Terus meningkatkan manajemen energi.

Sama dengan standar manajemen lainnya yang diterbitkan oleh Organisasi Internasional Standardisasi, ISO 50001 didasarkan pada pendekatan *Plan-Do-Check-Act* untuk mencapai perbaikan

berkelanjutan dalam kinerja energi. Pendekatan ISO 50001:2011 mencakup proses Plan-Do-Check-Act sebagai berikut (Ridwan (2020):

- a. *Plan* : Melakukan tinjauan energi dan menetapkan baseline, melakukan benchmark, menetapkan tujuan dan target, mengembangkan sumber daya, dan membuat rencana kerja yang diperlukan sesuai dengan kebijakan energi organisasi.
- b. *Do* : Melaksanakan rencana kerja.
- c. *Check* : Memantau dan mengukur proses, meninjau pencapaian target, dan menilai efektivitas Sistem Manajemen Energi (EnMS) terhadap tujuan kebijakan energi.
- d. *Act*: Mengevaluasi pencapaian, mengambil tindakan untuk terus meningkatkan kinerja energi dan EnMS, serta menetapkan tujuan baru.

2.2 Panel Surya

2.2.1 Semikonduktor

Semikonduktor adalah sebuah bahan dengan konduktivitas listrik yang berada di antara isolator dan konduktor. Semikonduktor disebut juga sebagai bahan setengah penghantar listrik. Sebuah semikonduktor bersifat sebagai isolator pada temperatur yang sangat rendah, namun pada temperatur ruangan bersifat sebagai konduktor. Semikonduktor sangat berguna dalam bidang elektronik, karena konduktansinya yang dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut pendonor elektron)(Samsurizal et al., 2021)

2.2.2 Foton

Foton adalah partikel elementer dalam fenomena cahaya. Foton tidak bermassa dan dalam ruang vakum foton selalu bergerak dengan kecepatan cahaya. Energi foton cahaya yang sampai ke bumi dinyatakan dengan persamaan: $E = h \nu$ dengan E menyatakan energi foton (eV), h konstanta

planck, $h = 6,63 \times 10^{-34}$ (Js), dan ν frekuensi foton (Hz)(Samsurizal et al., 2021).

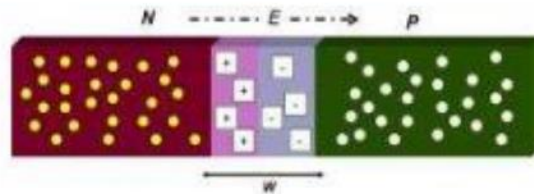
2.2.3 Proses Konversi Panel Surya

Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi karena bahan yang membentuk sel surya berupa semikonduktor. Secara khusus, sel surya terdiri dari dua jenis semikonduktor, yaitu tipe n dan tipe p. Semikonduktor tipe n memiliki kelebihan elektron, sehingga memiliki muatan negatif ($n = \text{negatif}$), sementara semikonduktor tipe p memiliki kelebihan hole, yang menghasilkan muatan positif ($p = \text{positif}$). Awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini bertujuan untuk meningkatkan konduktivitas atau kemampuan semikonduktor alami dalam menghantarkan listrik dan panas. Dalam semikonduktor alami, jumlah elektron dan hole adalah seimbang. Kelebihan elektron atau hole ini berfungsi untuk meningkatkan daya hantar listrik dan panas semikonduktor. Ketika semikonduktor tipe n dan p disambungkan, mereka membentuk sambungan p-n atau dioda p-n. Segera setelah sambungan ini terjadi, elektron-elektron dari semikonduktor n berpindah ke semikonduktor p, sementara hole bergerak dari semikonduktor p ke semikonduktor n.

Elektron dari semikonduktor tipe n bergabung dengan hole pada semikonduktor tipe p, yang mengakibatkan pengurangan jumlah hole pada semikonduktor p. Akibatnya, daerah ini menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat bersamaan, hole dari semikonduktor p bergabung dengan elektron pada semikonduktor n, yang menyebabkan jumlah elektron di daerah tersebut berkurang. Hal ini membuat daerah ini lebih bermuatan positif.

Daerah yang bermuatan negatif dan positif ini disebut sebagai daerah deplesi (depletion region). Elektron dan hole yang ada di daerah deplesi disebut sebagai pembawa muatan minoritas (minority charge carriers) karena mereka berada di jenis semikonduktor yang berbeda. Karena adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, muncul medan listrik internal yang mengalir dari sisi positif ke sisi negatif,

yang berusaha menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan arah dengan pergerakan hole dan elektron yang terjadi pada awal terbentuknya daerah deplesi.



Gambar 2. 1. Timbulnya beban listrik internal Samsurizal et al. (2021)

Adanya medan listrik menyebabkan sambungan p-n berada pada kondisi setimbang, yaitu saat jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n seimbang dengan jumlah hole yang ditarik kembali ke semikonduktor p oleh medan listrik E . Begitu pula, jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p diimbangi dengan elektron yang kembali mengalir ke semikonduktor n karena tarikan medan listrik E . Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik berlangsung.

Untuk sel surya, semikonduktor n terletak pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke cahaya matahari, dan dibuat lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh pada permukaan sel dapat terserap dan masuk ke daerah deplesi serta semikonduktor p. Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, elektron memperoleh energi dari cahaya tersebut untuk melepaskan diri dari semikonduktor n, daerah deplesi, atau semikonduktor p. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole di daerah yang ditinggalkannya, yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole, yaitu terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat paparan cahaya matahari (Samsurizal et al., 2021)

2.2.4 Perhitungan PLTS

Sebelum menjalankan simulasi pada perangkat lunak *PVsyst*, terlebih dahulu akan dilakukan perhitungan manual terkait jumlah komponen berdasarkan jumlah beban harian. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Menentukan Jumlah Panel Surya

Kapasitas daya panel dapat dihitung berdasarkan beberapa faktor, seperti total kebutuhan energi rata-rata dan intensitas radiasi matahari yang bervariasi di setiap daerah. Intensitas radiasi ini dapat diperoleh melalui dua metode: pengukuran langsung atau data sekunder. Data sekunder umumnya berasal dari lembaga atau otoritas yang berwenang menerbitkan informasi iradiasi, seperti NASA, *Solargis*, atau *Meteonorm*.

Setelah memperoleh nilai luas array modul surya, nilai PSI di Indonesia, dan efisiensi panel surya yang akan digunakan, kapasitas daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh pembangkit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Hajir, 2021):

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Daya PLTS} &= \frac{\text{Jumlah total kebutuhan energi (Wh)}}{\text{Equivalen Sun Hours (h)}} \\ \text{Jumlah panel surya} &= \frac{\text{Kebutuhan Daya (W)}}{\text{Kapasitas Modul (Wp)}} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Kapasitas daya maksimum panel surya ditentukan berdasarkan spesifikasi dari pabrikan untuk jenis modul surya yang diinginkan atau ditetapkan. Untuk mengetahui jumlah panel surya yang diperlukan agar dapat menghasilkan daya maksimum, dapat menggunakan persamaan berikut (Hajir, 2021):

$$\text{Jumlah panel} = \frac{P_{\text{wattpeak}}}{P_{\text{max}}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

P_{max} : Kapasitas daya maksimal panel surya (W_p)

Perhitungan Kapasitas Inverter

Untuk menghitung kapasitas inverter yang akan digunakan, total kebutuhan maksimum dikalikan dengan 125% atau 1,25. Inverter beroperasi dalam kondisi normal, rata-rata, maupun saat daya puncak, sehingga diperlukan faktor keamanan sebagai perlindungan jika terjadi beban puncak dan sebagai cadangan daya untuk memenuhi kebutuhan awal listrik. Pemilihan inverter yang sesuai dengan kebutuhan daya dilakukan menggunakan persamaan (2.5) (Hajir, 2021):

$$\text{Kapasitas Inverter} = P_{mpp} \times \text{safety factor} \quad (2.5)$$

Keterangan :

P_{mpp} : Daya maksimal array (W)

Safety factor : Faktor keamanan (1,25 atau 125%)

Perhitungan Jumlah dan Kapasitas Baterai

Proses pengisian dan pengosongan baterai disebut sebagai satu siklus baterai. Kedalaman pengosongan (Depth of Discharge atau DOD) baterai umumnya dinyatakan dalam bentuk persentase. Sebagai contoh, jika sebuah baterai memiliki DOD sebesar 80%, berarti 80% dari energi yang tersedia dapat digunakan, sedangkan 20% tetap tersimpan sebagai cadangan. Pengaturan DOD sangat penting untuk memperpanjang umur baterai. Semakin dalam DOD yang diterapkan, semakin pendek siklus hidup baterai tersebut (Suhendar, 2022).

Jumlah kapasitas baterai yang diperlukan untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Satryawan, 2018):

$$C = \frac{EL \ N}{Vs \ DoD \ n} \quad (2.6)$$

Keterangan :

C : Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)

N : Jumlah hari otonom (hari)

EL : Energi rata-rata dimalam hari (kWh)

Vs : Tegangan Sistem (V)

DoD = *Depth of Discharge* (%)

n : Efisiensi baterai (%)

Untuk mengetahui banyaknya baterai yang disusun seri dan paralel untuk mendapatkan tegangan sistem yang diinginkan dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Baterai Seri} = \frac{\text{Tegangan Kerja Sistem}}{\text{Tegangan Kerja Baterai}} \quad (2.7)$$

$$\text{Baterai Paralel} = \frac{\text{Kapasitas yang dibutuhkan}}{\text{Kapasitas baterai}} \quad (2.8)$$

$$\text{Jumlah baterai} = \text{Baterai seri} \times \text{Baterai paralel} \quad (2.9)$$

2.2.5 PVsyst

PVsyst adalah *software* simulasi yang pertama kali dirancang di Jenewa dan membantu dalam perhitungan kerja dan operasional panel surya. Perangkat lunak ini membantu dalam merancang konfigurasi sistem dan juga memungkinkan untuk menghitung jumlah energi yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada gambar 2.2. *Outputnya* didasarkan pada simulasi sistem pengukuran yang selanjutnya bergantung terutama pada lokasi geografis panel surya. Hasil mungkin mencakup beberapa simulasi variabel yang dapat ditampilkan secara bulanan, harian, atau per jam nilai-nilai. "*Loss Diagram*" memprediksi kelemahan dalam sistem desain. Simulasi pada *PVSyst* dilakukan sebagai berikut :

Langkah:

- a. Mendefinisikan proyek

Berbagai situs dan file cuaca sudah ada di *PVSyst database* tetapi seseorang dapat membuat proyeknya sendiri tergantung pada lokasi situs dan file cuaca yang akan digunakan.

b. Membuat varian sistem:

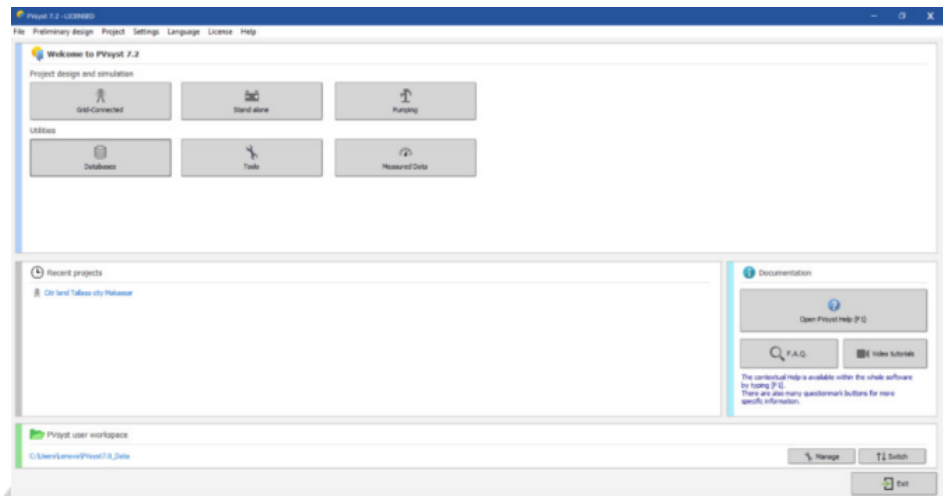
Versi perhitungan proyek yang dibuat pada langkah 1 dibuat oleh pengguna. Orientasi modul, konfigurasi sistem, dan parameter kerugian harus ditentukan oleh pengguna.

c. Menjalankan simulasi

Simulasi menghasilkan grafik dan laporan yang berbeda untuk panel surya. Pengguna dapat menganalisis hasil dalam program, mengeksport mereka ke program lain atau menyimpan hasilnya untuk evaluasi lebih lanjut.

Tujuan dari simulasi ini adalah sebagai berikut:

Untuk menilai potensi energi surya di lokasi tertentu, diperlukan beberapa langkah penting. Pertama, menghitung beban minimum yang diperlukan untuk menjalankan Mekanik Kantor departemen jika terjadi pemadaman listrik. Hal ini memastikan bahwa sistem yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan dasar selama kondisi darurat. Selanjutnya, merancang sistem PV dan tata letaknya berdasarkan kebutuhan beban merupakan langkah krusial. Sistem PV harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mengakomodasi beban yang dibutuhkan dengan efisiensi maksimal. Selain itu, untuk menentukan rasio kinerja dan kerugian, penggunaan software simulasi seperti *PVsyst* sangat dianjurkan. Software ini membantu dalam memodelkan dan mengoptimalkan kinerja sistem PV, memastikan bahwa semua aspek dari potensi energi surya hingga efisiensi sistem telah diperhitungkan dengan baik.



Gambar 2. 2 Halaman utama aplikasi *PVsyst*

2.3 Analisa Ekonomi

Analisis biaya dilakukan dengan menghitung jumlah dana yang diperlukan untuk membangun PLTS atap. Ini mencakup penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) secara detail dan mengevaluasi peluang penghematan. Hasil dari analisis ini dapat digunakan sebagai acuan untuk investasi awal dalam pemasangan sistem.

Net Present Value

Net present value (NPV) menggambarkan bahwa semua aliran kas bersih dihitung pada nilai sekarang berdasarkan faktor diskonto. Metode ini menghitung selisih antara seluruh kas bersih pada nilai sekarang dengan investasi awal. Rumusnya adalah (Fachrezy H, 2022):

$$\sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - IA \quad (2.10)$$

Keterangan :

NFCt : Net Cash Flow periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n (Rp)

n : Umur investasi (tahun)

i : Suku bunga (%)

IA : Investasi Awal (Rp)

Profitability Index (PI)

PI adalah rasio antara nilai keuangan dari data investasi asli. Sistem ini juga dikenal sebagai jumlah uang (cash value). PI dihitung menggunakan persamaan berikut (Chandra, 2016):

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t(1+i)^{-t}}{n} \quad (2.12)$$

Keterangan :

NCF_t = Net Cash Flow periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n

II = Investasi awal (Rp)

n = Umur investasi (tahun)

i = Suku bunga (%)

2.4 Analisa Ekologi

2.4.1 Estimasi Penurunan emisi

Dalam Peraturan Menteri LHK No. 21/2022, Pasal 60 ayat (2) huruf f disebutkan bahwa penerbitan SPE-GRK dari Offset emisi persyaratan perhitungan yang digunakan untuk mengukur capaian kinerja Pengurangan emisi GRK harus memenuhi salah satu kriteria n yaitu, (1) ditetapkan oleh Direktur Jenderal; (2) ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional; atau (3) diakui oleh UNFCCC.

Guna memfasilitasi persyaratan dimaksud, melalui Keputusan Direktur Jenderal PPI No. 22/PPI/IGAS/PPI.2/6/2017, telah dibentuk Tim Panel Metodologi. Tim Panel Metodologi menetapkan perhitungan yang dapat diusulkan dan digunakan oleh penanggung jawab aksi. Dikarenakan dalam kegiatan mitigasi ini mengacu pada panel surya *stand-alone* maka perhitungan yang digunakan adalah metodologi MSEP-007.

Dalam menentukan energi baseline dapat merujuk pad perhitungan MSEP-007.

$$EB_y = E_{BL,y} \times FE_y \times \frac{1}{(1-TDL)} \quad (2.13)$$

Jika diasumsikan penggunaan solar menggunakan bahan bakar panas matahari maka, sumber emisi dalam proyek ini adalah nol.

$$EP_y = 0$$

Perhitungan penurunan emisi,

$$PE_y = EB_y - EP_y \quad (2.14)$$



BAB III

