

## **BAB 4**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum Obyek Penelitian**

Gambaran obyek penelitian ini adalah kebijakan energi terbarukan pada PT Pindad Persero yang dapat diterapkan saat terjadinya perang berlarut. Ancaman perang berlarut bisa terjadi dengan memanasnya hubungan China dan Indonesia di Laut China Selatan. Terdapat paling sedikit dua hal yang membuat Laut China Selatan menjadi wilayah perairan yang rawan konflik. Pertama, Laut China Selatan adalah sebuah kawasan perairan dengan potensi sumber daya alam (SDA) yang kaya. Kedua, letaknya berada di jalur perlintasan kapal-kapal internasional yang melewati Selat Malaka, yakni Asia Tenggara, Asia Timur dan Asia-Pasifik, maka selain negara pengklaim itu, negara-negara yang terletak di sekitar Laut China Selatan tersebut, seperti Indonesia dan Singapura, bahkan Amerika Serikat (AS), berkepentingan terjaganya stabilitas dan keamanan di Laut China Selatan (Poltak Partogi, 2013). Indonesia dan China berseteru terutama soal Natuna, Kepulauan Riau. Pada tahun 2016, kapal penangkap ikan asal China juga ditembak dan ditangkap karena memasuki wilayah kedaulatan NKRI (Lidya Kambaren, 2020). Diperlukan alusita guna mendukung adanya ancaman perang berlarut salah satu industri pertahanan yang memproduksi senjata adalah PT Pindad Persero. Kebutuhan alusita saat perang ini berdasarkan produksi tahunan di PT Pindad Persero.

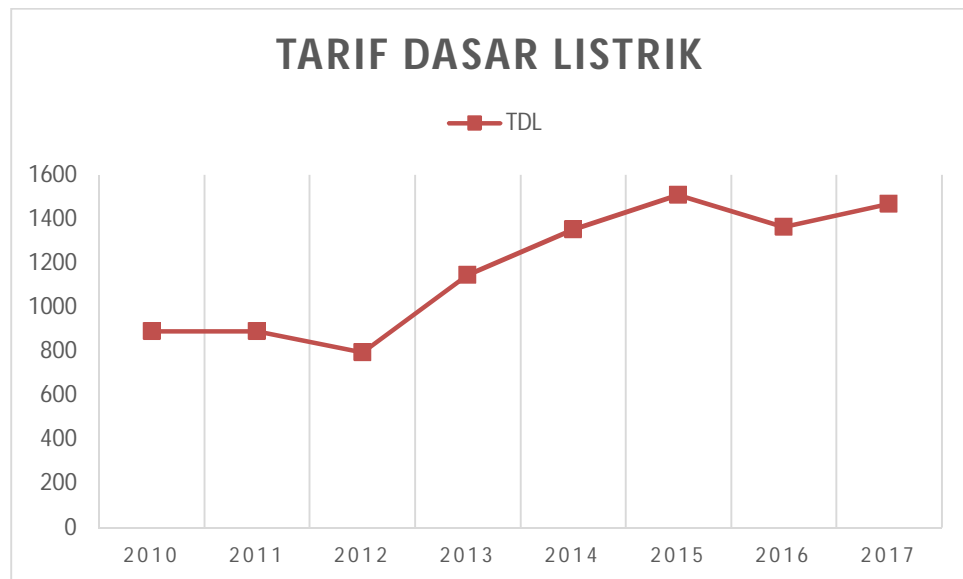
PT Pindad Persero di jalan terusan terusan Gatot Subroto No.517 Kebon Kangkung, Sukapura, Kec. Kiaracondong, Kota Bandung, Jawa Barat mempunyai luas enam puluh hektar. Berikut ini realisasi produksi PT Pindad Persero tahu 2019-2020:

**Tabel 4. 1 Realisasi Produksi PT Pindad Persero 2019-2020**

Uraian	Anggaran dalam (M)	
	2019	2020
Produk Senjata	25,884	34,718
Produk Munisi	127,442,133	122,962,137
Produk Kendaraan Khusus	31	102
Produk Alat Berat	3,971	111
Produk mining Service	56,705,991	50,254,552
Produk Infrastruktur Perhubungan	1,427,185	3,984,598
Peralatan Industri & Jasa		61,512
Total	185,605,195	177,299,750

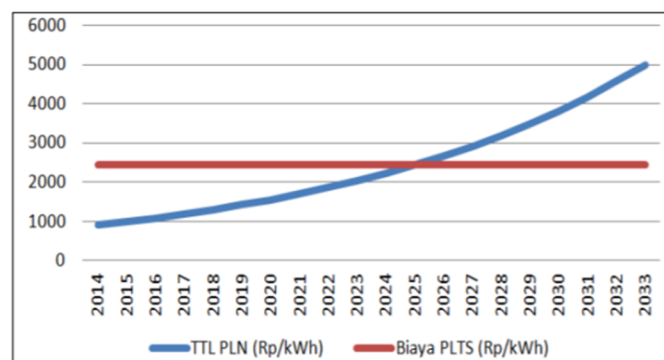
*Sumber: Annual Report PT Pindad 2020*

Adanya kebutuhan produksi alusita guna mendukung ancaman perang berlarut maka dibutuhkan aliran listrik stabil. Salah satunya dengan menggunakan energi terbarukan, dalam penelitian ini di pilih energi surya. Secara ekonomis, berdasarkan survey pasar saat ini harga satuan instalasi pembangkit listrik tenaga surya atau PLTS bervariasi antara US\$2-4/Wp, angka ini berkorelasi dengan harga satuan listrik antara 0.15 – 0.25 USD/kWh. Sementara tarif dasar listrik bersubsidi naik dari waktu ke waktu. Berikut ini grafik kenaikan tarif dasar listrik dimasa lampau. (Road Map Pengembangan Energi, 2018)

**Grafik 4. 1 Kenaikan Tarif Dasa Listrik**

*Sumber: diolah penulis*

Berdasarkan grafik 4.1 dibuat sebuah prediksi terhadap estimasi tarif dasar listrik bersubsidi dimasa mendatang dan dibandingkan dengan harga listrik PLTS saat ini, hasilnya ditampilkan pada grafik 4.2. Dapat disimpulkan di masa mendatang PLTS akan lebih ekonomis dibandingkan dengan tarif dasar listrik konvensional dari PT PLN Persero.

**Grafik 4. 2 Grafik Perbandingan Tarif Dasar Listrik dan Harga Listrik PLTS**

*Sumber: Road Map Pengembangan Energi*

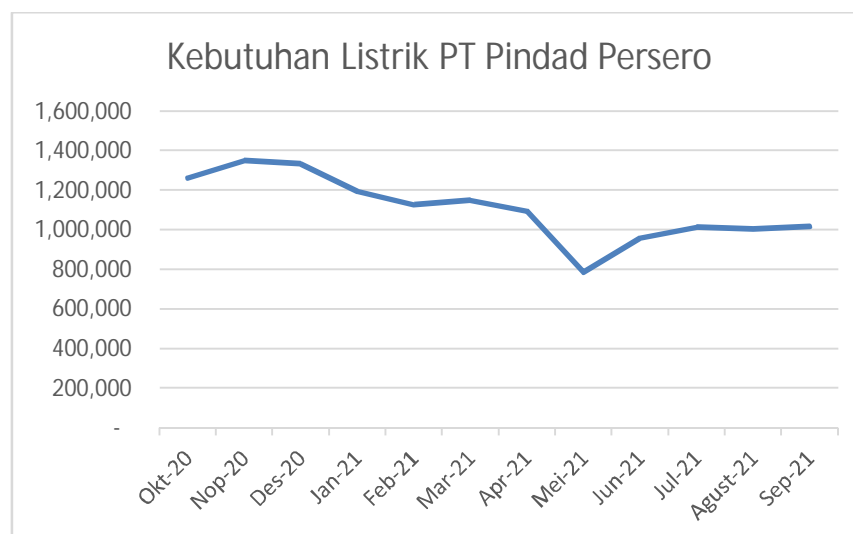
## 4.2 Hasil Pengumpulan Data

### 4.2.1 Data Kelistrikan PT Pindad Persero

Dari hasil observasi di dapatkan bahwa kelistrikan PT Pindad Persero dipasok oleh PT PLN Persero dengan dua jalur sambungan yaitu 5.540 kVA dan 3.465 kVA. Kemudian untuk keadaan darurat, PT Pindad Persero memiliki 2 Unit Genset dengan kapasitas maksimal 1,8 MW.

Data kebutuhan listrik PT Pindad Persero dalam satu tahun dari grafik diketahui bahwa kebutuhan rata-rata perbulan adalah 1.107.321 kwh/bulan. Dihitung rata-rata jam kerja PT Pindad Persero adalah 8 jam dan 5 hari jam kerja dalam satu minggu atau 168 jam kerja dalam satu bulan. Maka kebutuhan listrik satu jam PT Pindad Persero adalah 6.591 kWh/m<sup>2</sup>

**Grafik 4. 3 Kebutuhan Listrik PT Pindad Persero**

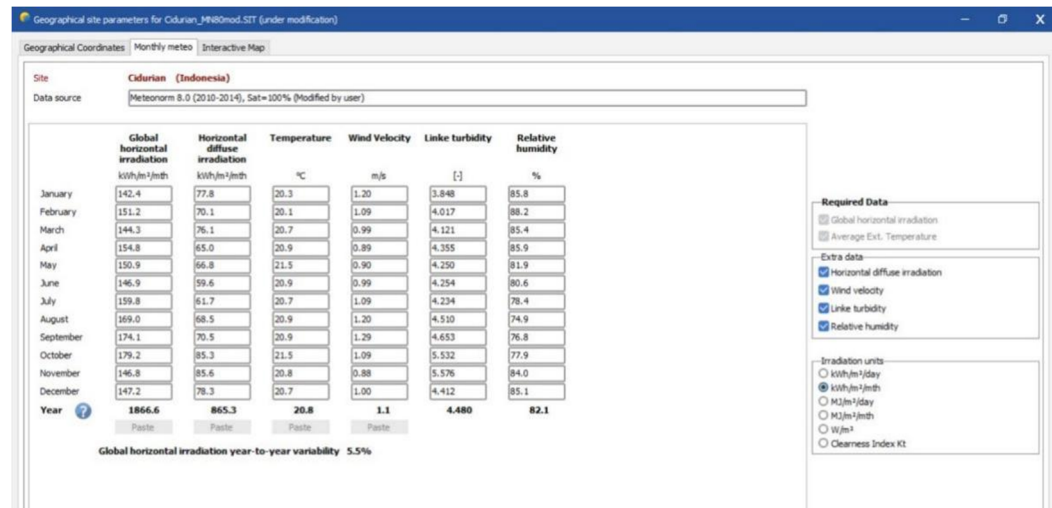


Sumber: Diolah oleh penulis

### 4.2.2 Data Potensi Energi Surya

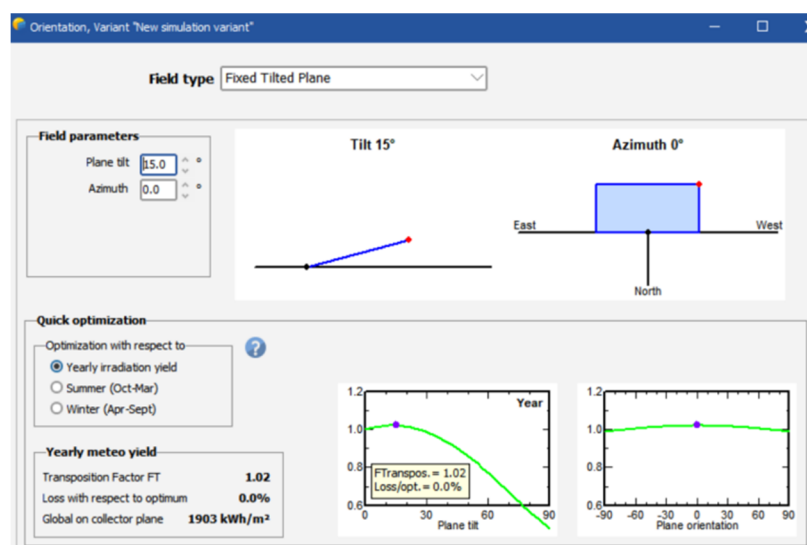
Berdasarkan hasil observasi dengan menggunakan program PSVsyst didapatkan data untuk titik koordinat PT Pindad Persero. Dari gambar 4.2 dapat dilihat insolasi matahari setiap bulannya berbeda-beda. Insolasi matahari tertinggi adalah pada bulan November yaitu sebesar 85,6 (kWh/m<sup>2</sup>/month). Insolasi matahari terendah adalah pada bulan juni yaitu

sebesar 59,6 (kWh/m<sup>2</sup>/month). Insolasi matahari dalam satu tahun adalah 865.3 (kWh/m<sup>2</sup>/month).



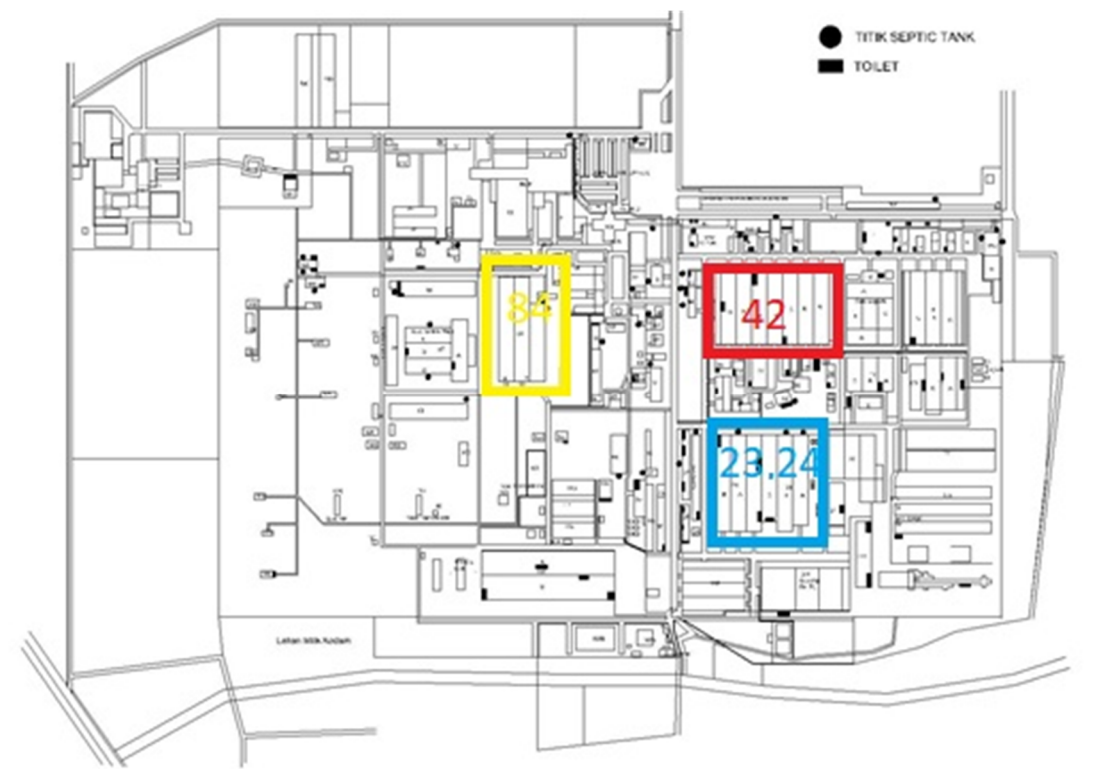
**Gambar 4. 1** Potensi Energi Surya Setiap Bulan

Berdasarkan hasil observasi menggunakan software PVSyst, menunjukkan parameter orientasi, dimana pada menu ini akan diperlihatkan derajat kemiringan dan titik azimuth posisi panel surya. Derajat kemiringan atau tilt pada parameter ini dapat diubah dengan memasukkan derajat kemiringan pada tilt sampai mendapatkan lossis 0,0%, sehingga didapatkan nilai tilt sebesar 15<sup>0</sup>, dengan titik azimuth 0<sup>0</sup>.



**Gambar 4. 2** Titik Azimuth Area PT Pindad Persero

Berdasarkan hasil obesrvasi, PT Pindad Persero mempunyai bangunan yang sangat baik untuk di pasang solar sell yaitu pada unit 42 yang merupakan tempat produksi alat berat dan infrastruktur. Unit 42 mempunyai panjang 140 meter dengan 95 meter, sehingga luasan yang dapat digunakan untuk pemasangan solar panel 13.775 m<sup>2</sup>. Unit 22 dan 23 yang merupakan area infratsruktur dengan luasan 14.600 m<sup>2</sup>. Unit 84 yang merupakan tempat produksi kendaraan khusus dengan luasan 5.400 m<sup>2</sup>. Sehingga total luasan area yang dapat digunakan untuk pemasangan solar panel area atap adalah 33.775 m<sup>2</sup>.



**Gambar 4. 3 Area PT Pindad Persero**

### 4.3 Hasil Pengolahan Data

Dari data kebutuhan listrik satu jam PT Pindad Persero adalah 6.591 kWh/m<sup>2</sup> dan luasan bangunan yang dapat digunakan pemasangan solar panel area atap adalah 33.775 m<sup>2</sup> di PT Pindad Persero, dengan

menggunakan software PSVsyst dengan menentukan jenis solar panel mono 440 Wp 35 V, didapatkan hasil simulasi:

The screenshot shows the PSVsyst software interface with the following details:

- Sub-array:** Name: PV Array, Orient: Fixed Tilted Plane, Tilt: 15°, Azimuth: 0°.
- Pre-sizing Help:** Enter planned power: 6591.0 kWp, or available area(modules): 33582 m².
- Select the PV module:** 440 Wp 35V, Mono 440 Wp Twin 144 half-cells bifacial. Sizing voltages:  $V_{mp}$  (60°C) 35.8 V,  $V_{oc}$  (-10°C) 55.2 V.
- Select the inverter:** Output voltage 800 V Tri 50Hz, 2000 kW, 800 - 1500 V TL, 50/60 Hz, 2000 kWac central inverter. Operating voltage: 800-1500 V, Global Inverter's power: 6000 kWac, Input maximum voltage: 1500 V.
- Design the array:** Number of modules and strings: Mod. in series 26, Nb. strings 576. Operating conditions:  $V_{mp}$  (60°C) 932 V,  $V_{mp}$  (20°C) 1104 V,  $V_{oc}$  (-10°C) 1436 V. Plane irradiance: 1090 W/m², Impp (GMax) 6690 A, Isc (GMax) 6394 A. Max. operating power (at 1090 W/m² and 50°C): 6516 kW. Array nom. Power (STC): 6589 kWp.
- List of subarrays:**

Name	#Mod #Inv.	#String #MPPT
Generic - Mono 440 Wp Twin 144 half-cells bifacial	26	576
Generic - 2000 kWac central inverter	3	1
- Global system summary:**

Nb. of modules	14976
Module area	33573 m²
Nb. of inverters	3
Nominal PV Power	6589 kWp
Maximum PV Power	6516 kWDC
Nominal AC Power	6000 kWAC
Pnom ratio	1.098

**Gambar 4. 4 Hasil Simulasi Kebuthan Listrik PT Pindad Persero**

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan simulasi maka di pilih solar panel 440 Wp 35 V, pada penelitian ini digunakan spesifikasi produk sebagai berikut.



**Gambar 4. 5 Gambar Sollar Sell**

Spesifikasi:

Power : 440Wp

Voc	: 49.6 V
Isc	: 11.33 A
Vmpp	: 41 V
Impp	: 10.74 A
Effisiensi	: 19,8%
Dimensi	: 2115 x 1052 x 35mm
Tipe Sel	: Monocrystal
No. of cells	: 144 (6x24)
Weight	: 24 kg

#### Garansi

10 Tahun (Product Warranty)

25 Tahun (ar Power Output Warranty)

Berdasarkan spesifikasi produk yang telah disesuaikan dengan kebutuhan listrik  $6.591 \text{ kWh/m}^2$  maka dibutuhkan luasan  $33.573 \text{ m}^2$ , dengan banyak modul sebanyak 14.976 unit solar panel. Penempatan modul solar panel di bagi menjadi 3 area sehingga dibutuhkan 3 unit inverter dan charger control tipe 2000 kWac.

Untuk kebutuhan 1 hari diperlukan cadangan battery sebesar  $6.591 \text{ kwh/m}^2 \times 8 \text{ jam}$ , maka kebutuhan battery sebesar  $52.728 \text{ kW}$ . Berdasarkan ketersediaan produk di lapangan maka di dapatkan spesifikasi produk sebagai berikut:



**Gambar 4. 6 Battery Sollar Sell**

## Spesifikasi

Dimensi	: 166 x 206 x 505 (mm)
Berat	: 42kg
Garansi	: 25 Tahun
Kapasitas	= 500 Ah
Tegangan	= 12 V
Qty	= 1 Pcs
DOD	= 80 %

$$\begin{aligned}
 \text{Energi yang bisa dipakai} &= \text{Kapasitas} \times \text{Tegangan} \times \text{Qty} \times \text{DOD} \\
 &= 500 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} \times 1 \text{ Pcs} \times 80 \% \\
 &= 4.800 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk mecadangkan energi 1 hari dengan menyesuaikan spesifikasi yang ada diperlukan  $52.728\text{kW}/4.8\text{kW}$  adalah 10.985 pcs.

Biaya konstruksi untuk PLTS 10-15%, ditetapkan untuk biaya kosntruksi sebesar 15% dari komponen utama. Maka dapat disimpulkan biaya investasi untuk perencanaan PLTS di area PT Pindad Persero adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 2 Biaya Investasi PT Pindad Persero**

Unit	Harga	Qty	Total
Solar Penel 400WP	5,005,000	14976	74,954,880,000
Battery 500 Ah	3,500,000	10985	38,447,500,000
Inverter	7,645,000	3	22,935,000
Sollar Charge Controller		3	1,150,000
Biaya Konstruksi	15%	1	17,013,969,750
Total			130,440,434,750

#### 4.4 Hasil Analisis Data

Dengan menggunakan simulasi PSVsyst, diketahui bahwa dengan luasan yang dimiliki PT Pindad Persero dapat memenuhi kebutuhan listrik dengan system energi surya, sehingga jika terjadi perang berlarut, PT Pindad Persero masih dapat memproduksi alusita.

##### 4.4.1 Biaya pemeliharaan dan biaya operasional (M)

Setelah mengetahui besarnya biaya investasi yang di butuhkan, maka dihitung besarnya biaya pemeliharaan dan biaya operasionalnya. Biaya pemeliharaan dan operasional PLTS ditentukan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal. Berdasarkan acuan tersebut di tetapkan biaya pemeliharaan 2%. Sehingga untuk menghitung biaya pemeliharaan dan operasional pertahun dapat dihitung:

$$M = 2\% \times \text{nilai investasi}$$

$$M = 2\% \times 130.440.434.750$$

$$= 2.608.808.695$$

##### 4.4.2 Biaya siklus hidup (PLTS)

Biaya siklus hidup PLTS dapat dihitung dengan mejumlahkan biaya investasi yang dibutuhkan dengan biaya pemeliharaan dan operasionalnya.

$$LCC = C + Mpw$$

PLTS ini diperkirakan dapat beroperasi 15-20 tahun, maka ditetapkan PLTS beroperasi 15 tahun. Untuk mengetahui berapa biaya yang harus dikeluarkan maka perlu pertimbangan tingkat diskonto. Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) definisi diskonto adalah potongan atau bunga yang harus dibayar oleh orang yang menjual wesel atau surat dagang yang diuangkan sebelum waktunya. Berdasarkan data badan pusat statistik 2021 tingkat bunga bank pemerintah untuk biaya investasi adalah 9 sampai 11 persen, maka ditetapkan bunga sebesar 11%., sehingga besarnya biao (present value) PLTS selama beroperasi dalam waktu 15 tahun yaitu:

$$Mpw = M \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

$$Mpw = 2.608.808.695 \frac{(1 + 0.11)^{15} - 1}{0.11(1 + 0.11)^{15}}$$

$$Mpw = 18,759,943,326$$

Sehingga siklus hidup (LCC) untuk PLTS yang akan dikembangkan selama 15 tahun diperoleh sebagai berikut:

$$LCC = C + Mpw$$

$$LCC = 130,440,434,750 + 18,759,943,326$$

$$= 149,200,378,076$$

**Tabel 4. 3Nilai Diskonto Faktor (DF) BPS 2021**

Kelompok Bank	Suku Bunga Kredit Rupiah Menurut Kelompok Bank												
	2021												
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Tahunan
Bank Persero - Modal Kerja	8.86	8.82	8.70	8.70	8.63	8.59	8.55	8.53	8.51	8.47	-	-	-
Bank Persero - Investasi	8.82	8.82	8.77	8.77	8.73	8.67	8.63	8.60	8.60	8.58	-	-	-
Bank Persero - Konsumsi	10.57	10.54	10.51	10.49	10.47	10.37	10.28	10.25	10.22	10.18	-	-	-
Bank Pemerintah Daerah - Modal Kerja	10.18	10.20	10.10	10.06	10.02	9.86	9.90	9.87	9.82	9.82	-	-	-
Bank Pemerintah Daerah - Investasi	10.10	10.08	9.91	9.87	9.81	9.77	9.72	9.67	9.60	9.53	-	-	-
Bank Pemerintah Daerah - Konsumsi	11.46	11.42	11.39	11.37	11.34	11.30	11.27	11.24	11.20	11.16	-	-	-
Bank Swasta Nasional - Modal Kerja	9.75	9.71	9.63	9.58	9.53	9.59	9.57	9.45	9.34	9.30	-	-	-
Bank Swasta Nasional - Investasi	8.79	8.67	8.66	8.55	8.51	8.72	8.61	8.55	8.50	8.42	-	-	-
Bank Swasta Nasional - Konsumsi	10.61	10.57	10.57	10.53	10.47	10.47	10.41	10.38	10.33	10.29	-	-	-
Bank Asing dan Bank Campuran - Modal Kerja	6.74	6.67	6.54	6.40	6.28	6.19	6.18	6.14	6.04	6.00	-	-	-
Bank Asing dan Bank Campuran - Investasi	7.18	7.10	6.75	6.75	6.69	6.74	6.76	6.58	6.46	6.27	-	-	-
Bank Asing dan Bank Campuran - Konsumsi	21.50	22.84	22.80	22.68	23.94	23.76	23.02	23.03	22.98	22.85	-	-	-
Bank Umum - Modal Kerja	9.21	9.17	9.06	9.03	8.96	8.96	8.94	8.87	8.81	8.75	-	-	-
Bank Umum - Investasi	8.83	8.77	8.73	8.68	8.64	8.70	8.63	8.58	8.54	8.52	-	-	-
Bank Umum - Konsumsi	10.95	10.94	10.91	10.87	10.87	10.81	10.73	10.69	10.65	10.61	-	-	-

Sumber : Bank Indonesia

#### 4.4.3 Menghitung biaya energi PLTS ( Levelized Cost of Energy)

Biaya Energi (Levelized Cost Control) suatu PLTS, di tentukan oleh biaya siklus hidup (LCC). Factor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan. Faktor pemulihan modal untuk mengkonversi semua ke arus biaya siklus hidup menjadi serangkaian biaya tahunan yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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

$$CRF = \frac{0.11(1+0.11)^{15}}{(1+0.11)^{15} - 1}$$

$$= 0.139$$

Sedangkan produksi kWh tahunan nilainya sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Produksi kwh tahunan} &= \text{kwh produksi harian} \times 365 \\ &= 52.728 \text{ kWh} \times 365 \\ &= 19.245.720 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Setelah memperoleh nilai LCC, CR dan kWh produksi tahunan, maka besar biaya energy (LCoE) untuk perencanaan system PLTS ini adalah sebagai berikut:

$$LCoE = \frac{LCC \times CRF}{\text{Produksi KWh Tahunan}}$$

$$= \frac{149,200,378,076 \times 0.139}{19.245.270}$$

$$= 1.077 / \text{kWh}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa nilai nilai jual minimum 1.077/ kWh dimana untuk PT Pindad Persero sendiri biaya per kWh yang di tagihkan oleh PLM adalah 1.162/kWh. Harga yang di hasilkan oleh PLTS lebih murah di bandingan harga PLN.

#### 4.5.4 Analisa kelayakan Investasi

Kelayakan investasi PLTS ditentukan berdasarkan hasil NPV, Profitability Index (PI) dan Diskonto Payback Period (DPP).

Untuk menghitung kelayakan investasi PLTS digunakan biaya energi yaitu Rp 1.077/ kWh. Dengan biaya energi tersebut dan kWh produksi tahunan sebesar 19.245.270 kWh, maka arus kas masuk tahunannya sebesar Rp 20.727.155.790. Sedangkan pengeluaran atau arus kas keluar pertahun Rp 2.608.808.695 yang ditentukan berdasarkan biaya pemeliharaan dan operasional tahunan. Faktor diskonto sebesar 11%, maka dapat hitung nilai arus kas bersih factor dikonto (FD), sebagai berikut

$$DF = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

$$DF = \frac{1}{(1 + 0.11)^1} = 0.9009$$

Berikut merupakan tabel perhitungan NFC, DF dan PVNCF dengan faktor diskonto 11%

Tabel 4. 4 Perhitungan NFC, DF dan PVNCF dengan Faktor Diskonto 11%

Th	Biaya (Rp)	Masuk kas masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Arus kas Bersih (NCF) (Rp)	Discount Factor (DF) 11% (Rp)	Present Value NCF x DF (Rp)	Kumulatif PVNCF (NCF+PV NCF) (Rp)
					1		
1	130,440,434,750	20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.901	16,322,835,221	16,322,835,221
2		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.812	14,705,256,956	31,028,092,176
3		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.731	13,247,979,239	44,276,071,416
4		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.659	11,935,116,432	56,211,187,847
5		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.593	10,752,357,146	66,963,544,993
6		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.535	9,686,808,239	76,650,353,233
7		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.482	8,726,854,270	85,377,207,502
8		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.434	7,862,030,874	93,239,238,376
9		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.391	7,082,910,697	100,322,149,073
10		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.352	6,381,000,628	106,703,149,701
11		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.317	5,748,649,214	112,451,798,915
12		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.286	5,178,963,256	117,630,762,171
13		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.258	4,665,732,663	122,296,494,835
14		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.232	4,203,362,760	126,499,857,594
15		20,727,155,790	2,608,808,695	18,118,347,095	0.209	3,786,813,297	130,286,670,891

a. Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah sebuah parameter yang menggambarkan sebuah pendapatan yang diperoleh dimasa depan yang bunganya telah dibayar diawal atau diskonto. Nilai NPV adalah nilai selisih dari Future Value atau total pendapatan bersih (netto benefit) dengan nilai present value sistem atau investasi awal pembangunan sistem. Dalam perhitungan NPV menguji kelayakan secara finansial dengan memperhitungkan *cashflow* untuk tiap tahunnya. Tujuan dari perhitungan NPV adalah digunakan untuk menghitung alokasi modal untuk menganalisa keuntungan dalam sebuah proyek yang dilaksanakan agar dapat membangun proyek yang sama di masa depan. Teknik Net Present Value, dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \left( \frac{NFCt}{(1 + 0.11)^t} \right) - 1A$$

Pada Tabel 4.4 Menunjukkan bahwa nilai total kas bersih (PV NCF) untuk 15 tahun sebesar Rp 130,286,670,891 dengan biaya awal Rp 130,440,434,750 maka nilai NPV adalah:

$$\begin{aligned} NPV &= 130,286,670,891 - 130,440,434,750 \\ &= - 153.763.859 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa, untuk nilai investasi bernilai negatif Rp -153.763.859 (<1) menunjukkan bahwa PLTS yang akan dikembangkan tersebut tidak layak untuk di investasikan.

b. Profitabilty Index (PI)

Profitability Index (PI) adalah sebuah metode pendekatan yang hampir sama dengan NPV. Jika NPV menghitung berapa rupiah kelebihan present value cash inflow di atas present value initial investment, sedangkan PI mengukur present value untuk setiap rupiah yang diinvestasikan. Indeks profitabilitas, juga dikenal sebagai rasio investasi

laba dan rasio investasi nilai, adalah rasio pembayaran terhadap investasi dari proyek yang diusulkan. Ini adalah alat yang berguna untuk memeringkat proyek karena memungkinkan untuk mengukur jumlah nilai yang dibuat per unit investasi.

Teknik Profitability Index dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Total arus kas bersih selama 15 tahun Rp 130,286,670,891 dan biaya investasi awal sebesar Rp 130,440,434,750 maka besar nilai PI adalah:

$$\begin{aligned} PI &= \frac{130,286,670,891}{130,440,434,750} \\ &= 0.9988 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan PI yang berilai 0,9988 (<1), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan tidak layak untuk dilaksanakan.

#### c. Discounted Payback Period (DPP)

Discounted Payback Period (DPP) diperoleh dengan menghitung berapa tahun nilai sekarang arus kas bersih komulatif (komulatif PV NCF) akan sama dengan nilai investasi. Dari tabel perhitungan kelayakan investasi, didapatkan informasi bahwa investasi akan kembali ketika nilai PVNCF lebih besar dari nilai investasi awal. Sehingga Payback Period dari sistem PLTS ini lebih dari 15 tahun.

#### d. Internal Rate of Return (IRR)

IRR dipakai untuk menentukan sebuah investasi dilaksanakan atau tidak, biasanya digunakan acuan kalau investasi tersebut harus lebih tinggi dari Minimum *acceptable rate of return* atau Minimum *attractive rate of return*. Pada suku bunga IRR akan diperoleh NPV=0, atau biasa disebut

dengan IRR mengandung makna suku bunga yang dapat diberikan investasi, yang memberikan NPV = 0.

Untuk bisa memperoleh hasil akhir dari IRR kita harus mencari *discount rate* yang menghasilkan NPV positif, kemudian setelah itu cari *discount rate* yang menghasilkan NPV negatif. IRR pada saat NPV=0 digunakan metode interpolasi antara tingkat suku bunga yang menghasilkan NPV positif dan tingkat bunga yang menghasilkan NPV negatif. Digunakan persamaan berikut :

$$IRR = i1 + \frac{NPV1}{NPV1 - NPV2} \times (i1 - i2)$$

Dengan melihat data badan pusat statistik bahwa faktor diskonto terendah pada tahun 2021 adalah 9.5%, maka dapat di bandingkan nilai NPV1 dengan faktor diskonto 11% dan 9,5% sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Internal Rate of Return (IRR)

	Arus kas bersih	DF 11%	PV 11%	DF 9,5%	PV 9,5%
1	18,118,347,095	0.901	16,322,835,221	0.913	16,546,435,703
2	18,118,347,095	0.812	14,705,256,956	0.834	15,110,900,186
3	18,118,347,095	0.731	13,247,979,239	0.762	13,799,908,845
4	18,118,347,095	0.659	11,935,116,432	0.696	12,602,656,480
5	18,118,347,095	0.593	10,752,357,146	0.635	11,509,275,324
6	18,118,347,095	0.535	9,686,808,239	0.580	10,510,753,720
7	18,118,347,095	0.482	8,726,854,270	0.530	9,598,861,845
8	18,118,347,095	0.434	7,862,030,874	0.484	8,766,083,877
9	18,118,347,095	0.391	7,082,910,697	0.442	8,005,556,052
10	18,118,347,095	0.352	6,381,000,628	0.404	7,311,010,093
11	18,118,347,095	0.317	5,748,649,214	0.369	6,676,721,546
12	18,118,347,095	0.286	5,178,963,256	0.337	6,097,462,599
13	18,118,347,095	0.258	4,665,732,663	0.307	5,568,458,995
14	18,118,347,095	0.232	4,203,362,760	0.281	5,085,350,680
15	18,118,347,095	0.209	3,786,813,297	0.256	4,644,155,872
Total			130,286,670,891		141,833,591,818
			9.5879		

Diperoleh nilai IRR lebih dari faktor nilai diskonto, maka dapat disimpulkan bahwa perencanaan PLTS pada PT Pindad Persero dapat dikatakan **layak** jika faktor diskonto kurang dari 9,5879%.

Tabel 4.6 Analisa kelayakan investasi PLTS.

Analisa Kelayakan	Kriteria kelayakan	Hasil analisa investasi	Kesimpulan
Net Present Value (PV)	Layak (NPV > 0) Tidak Layak (NPV < 0)	Nilai NPV = -153.763.859	Investasi dianggap <b>tidak layak</b> dinvestasikan dengan umur project lebih kurang dari 15 tahun dengan nilai diskonto 11%
Profitability Index	Layak (IP > 0) Tidak Layak (IP < 0)	0,9988	Hasil perhitungan PI yang berilai 0,9988 (<1), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan <b>tidak layak</b> untuk dilaksanakan
Discounted Payback Period (DPP)		Lebih dari 15 Tahun	Payback Period dari sistem PLTS ini lebih dari 15 tahun
Internal Rate of Return (IRR)		9,5879%	perencanaan PLTS pada PT Pindad Persero dapat dikatakan <b>layak</b> jika faktor diskonto kurang dari 9,5879%

#### 4.5.5 Analisa Biaya Manfaat

##### a. Skenario dengan menambahkan nilai SCOC

Skenario pertama yaitu dengan menambahkan variabel SCOC (*Social Cost Carbon*) yaitu nilai ekonomi yang terkait dengan kerusakan dan manfaat lingkungan dari kualifikasi emisi karbon. Berdasarkan kementerian ESDM Average grid emission faktor untuk Indonesia pada 2015 0,867 kg CO<sub>2</sub>/kWh, mengalami peningkatan menjadi 0,934 kg

CO<sub>2</sub>/kWh di 2017, kemudian pada tahun 2018 grid emission factor mengalami peningkatan lagi karena keterlambatan pengoperasian PLTP dan PLTA. Namun pada 2024 grid emission factor akan mengalami penurunan menjadi 0,757 kgCO<sub>2</sub>/kWh menyusul beroperasinya proyek - proyek PLTA dan PLTP. Nilai untuk SCOC adalah US \$ 40.00 per ton karbon/tahun ( Donny Yusgiantoro,2020) dengan nilai tukar saat ini adalah Rp 14.500,00

Sehingga nilai manfaat dari emisi karbon tersebut adalah.

$$\begin{aligned} \text{Nilai SCOC} &= \frac{\text{kwh} \times \text{emisi faktor}}{1000} \times \text{Nilai SCOC ton} \times \text{nilai tukar} \\ \text{Nilai SCOC} &= \frac{19.245.720 \text{ kwh} \times 0,757 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}}{1000} \times 40 \times 14.500 \\ &= \text{Rp } 8.450.025.823,00 \end{aligned}$$

Kelayakan investasi dengan menambahkan variabel nilai manfaat pada PLTS digunakan biaya energi yaitu Rp 1.077/ kWh. Dengan biaya energi tersebut dan kWh produksi tahunan sebesar 19.245.270 kWh, Sehingga arus kas masuk tahunan sebesar Rp 20.727.155.790 dan nilai manfaat akibat adanya variabel SCOC sebesar Rp 8.450.025.823 maka nilai pemasukan sebesar Rp. 29.177.181.613. Sedangkan pengeluaran atau arus kas keluar pertahunan Rp 2.608.808.695 yang ditentukan berdasarkan biaya pemeliharaan dan operasional tahunan. Faktor diskonto sebesar 11%, maka dapat hitung nilai arus kas bersih factor dikonto (FD), sebagai berikut:

**Tabel 4. 6 Perhitungan NFC, DF dan PVNCF dengan Faktor Diskonto 11% Variabel SCOC**

Th	Biaya (Rp)	Masuk kas masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Arus kas Bersih (NCF) (Rp)	Discount Factor (DF) 11% (Rp)	Present Value NCF x DF (Rp)	Kumulatif PVNCF (NCF+PV NCF) (Rp)
					1		
1	130,440,434,750	29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.901	23,935,471,097	23,935,471,097
2		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.812	21,563,487,475	45,498,958,572
3		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.731	19,426,565,293	64,925,523,865
4		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.659	17,501,410,174	82,426,934,039
5		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.593	15,767,036,193	98,193,970,231
6		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.535	14,204,537,110	112,398,507,342
7		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.482	12,796,880,280	125,195,387,621
8		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.434	11,528,720,973	136,724,108,594
9		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.391	10,386,235,110	147,110,343,705
10		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.352	9,356,968,568	156,467,312,273
11		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.317	8,429,701,413	164,897,013,685
12		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.286	7,594,325,597	172,491,339,282
13		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.258	6,841,734,772	179,333,074,054
14		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.232	6,163,725,020	185,496,799,074
15		29,177,181,613	2,608,808,695	26,568,372,918	0.209	5,552,905,423	191,049,704,497

Secara keseluruhan, jumlah manfaat yang diperoleh dengan penambahan variabel biaya manfaat variabel SCOC sebesar Rp. 191,049,704,497. Hasil menghitung nilai biaya manfaat sekarang dikurangi nilai sekarang dari biaya investasi atau modal menghasilkan Net Present Nilai (NPV) sebesar Rp. 60.609.269.747. maka dapat di bandingkan nilai IRR menggunakan analisa biaya manfaat SCOC yaitu sebesar 18.84%

Ini membuktikan bahwa adanya variabel SCOC memberikan banyak manfaat bagi PT Pindad Persero dan masyarakat. Akhirnya, nilai rasio biaya-manfaat dicapai dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$BC = \frac{\text{Nilai Manfaat}}{\text{Biaya Produksi}}$$

$$BC = \frac{191,049,704,497}{130,440,434,750}$$

$$= 1.46$$

Hasilnya mengungkapkan bahwa skenario ini dapat dilaksanakan dan juga memberikan manfaat yang besar bagi PT Pindad dan masyarakat.

b. Skenario dengan menambahkan nilai REDD++

Skenario kedua yaitu dengan menambahkan variabel REDD++ (Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation) yaitu kebijakan negara dalam pengurangan emisi dan peningkatan stok karbon di hutan. Nilai untuk REDD++ adalah US \$ 5.00 per ton karbon/tahun (Donny Yusgiantoro, 2020) dengan nilai tukar saat ini adalah Rp 14.500,00

Sehingga nilai manfaat dari emisi karbon tersebut adalah.

$$\text{Nilai REDD} = \frac{\text{kwh} \times \text{emisi faktor}}{1000} \times \text{Nilai REDD ton} \times \text{nilai tukar}$$

$$\text{Nilai REDD} + + = \frac{19.245.720 \text{ kwh} \times 0,757 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}}{1000} \times 5 \times 14.500$$

$$= \text{Rp } 1.056.253.228,00$$

Untuk menghitung kelayakan investasi dengan menambahkan nilai manfaat pada pembangunan PLTS digunakan biaya energi yaitu Rp 1.077/ kWh. Dengan biaya energi tersebut dan kWh produksi tahunan sebesar 19.245.270 kWh, Sehingga arus kas masuk tahunan sebesar Rp 20.727.155.790 dan nilai manfaat sebesar Rp 1.056.253.228 maka nilai pemasukan sebesar Rp. 21,783,409,018 . Sedangkan pengeluaran atau arus kas keluar pertahun Rp 2.608.808.695 Secara keseluruhan, jumlah manfaat yang diperoleh dengan penambahan variabel biaya manfaat REDD++ sebesar Rp. 137,882,050,093 Hasil menghitung nilai sekarang dari manfaat dikurangi nilai dari biaya investasi atau modal menghasilkan Net Present Nilai (NPV) sebesar Rp. 7,441,615,343. maka dapat di bandingkan nilai IRR menggunakan analisa biaya manfaat REDD++ yaitu sebesar 11.5%

Ini membuktikan bahwa skenario II memberikan manfaat bagi PT Pindad Persero. Akhirnya, nilai rasio biaya-manfaat adalah dicapai dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$BC = \frac{\text{Nilai Manfaat}}{\text{Biaya Produksi}}$$

$$BC = \frac{137,882,050,093}{130,440,434,750}$$

$$= 1.05$$

Hasilnya mengungkapkan bahwa skenario ini dapat dilaksanakan dan juga memberikan manfaat untuk PT Pindad Persero

**Tabel 4. 7 Perhitungan NFC, DF dan PVNCF dengan Faktor Diskonto 11% Variabel REDD++**

Th	Biaya (Rp)	Masuk kas masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Arus kas Bersih (NCF) (Rp)	Discount Factor (DF) 11% (Rp)	Present Value NCF x DF (Rp)	Kumulatif PVNCF (NCF+PV NCF) (Rp)
					1		
1	130,440,434,750	21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.901	17,274,414,705	17,274,414,705
2		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.812	15,562,535,771	32,836,950,476
3		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.731	14,020,302,496	46,857,252,972
4		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.659	12,630,903,150	59,488,156,122
5		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.593	11,379,192,027	70,867,348,148
6		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.535	10,251,524,348	81,118,872,497
7		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.482	9,235,607,521	90,354,480,018
8		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.434	8,320,367,136	98,674,847,154
9		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.391	7,495,826,249	106,170,673,403
10		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.352	6,752,996,620	112,923,670,023
11		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.317	6,083,780,739	119,007,450,762
12		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.286	5,480,883,549	124,488,334,311
13		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.258	4,937,732,927	129,426,067,238
14		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.232	4,448,408,042	133,874,475,280
15		21,783,409,018	2,608,808,695	19,174,600,323	0.209	4,007,574,813	137,882,050,093

#### 4.5 Interpretasi Data

Menurut Mudji (2005), data merupakan deskripsi dan ekspresi dalam penelitian kualitatif, yang berusaha menggali pengetahuan tentang data atau peristiwa melalui pemikiran yang lebih dalam. Berdasarkan hasil analisis data perhitungan biaya manfaat di atas, maka dapat disimpulkan bahwa skenario dengan menambahkan faktor SCOC (*social cost carbon*) adalah skenario dengan nilai terbaik. Dalam skenario ini, ada penambahan sub variabel yang mempengaruhi nilai NPV yaitu:

- a. Variabel penjualan, dimana nilai penjualan di tetapkan RP Rp 1.077/ kWh. Dengan biaya energi tersebut dan kWh produksi tahunan sebesar 19.245.270 kWh, Sehingga arus kas masuk tahunan sebesar Rp 20.727.155.790/ tahun
- b. Biaya perawatan berdasarkan geografis sebesar 2% dari modal sebesar Rp 2.608.808.695
- c. Biaya modal awal sebesar Rp 130.440.434.750 dengan rincian dapat dilihat pada tabel 4.2, dimana nilai ini diasumsikan penyimpanan power baterai selama 1 hari untukantisipasi adanya ancaman perang.
- d. Variabel SCOC dengan nilai awal USD 40 per ton karbon per tahun sehingga meningkatkan nilai keuntungan hingga RP 191,049,704,497 dengan periode balik modal 8 tahun.
- e. Variabel REDD++ dengan nilai awal USD 5 per ton karbon per tahun mencapai sehingga meningkatkan nilai keuntungan hingga RP 137,882,050,093 dengan periode balik modal 14 tahun.

Tabel 4.6 Analisa Biaya Manfaat.

<b>Analisa Kelayakan</b>	<b>Tanpa Biaya SCOC dan REDD++</b>	<b>SCOC</b>	<b>REDD</b>
Net Present Value (PV) Rupiah	- (153.763.859)	60.609.269.747	7,441,615,343
Profitability Index	0,9988	1.46	1.05
Discounted Payback Period (DPP)	Lebih dari 15 Tahun	8 Tahun	14 Tahun
Internal Rate of Return (IRR)	9,5879%	18.84%	11.5%

#### 4.6 Pembahasan

Memahami semua hasil, maka skenario dengan SCOC menunjukkan nilai NPV tertinggi dengan nilai Rp. 60.609.269.747, dengan waktu pengembalian tercepat yaitu tahun kedelapan. Hal ini diperkuat oleh nilai IRR yaitu 18.84% dan cost-benefit ratio dari skenario ini 1.46. Ini membuktikan bahwa dengan menambahkan SCOC dalam proyek pembangunan pembangkit listrik energi surya atau PLTS pada PT Pindad akan memberikan manfaat yang jauh lebih besar kepada PT Pindad Persero, jauh lebih besar dari keuntungan finansial yang diterima oleh PLTS itu sendiri.

Dalam perhitungan keuangan PLTS pada PT Pindad Persero tanpa menambahkan faktor SCOC dan REDD++, nilai finansial NPV menunjukkan minus Rp 153.763.859 dengan IRR 9,5879% dan cost-

benefit ratio 0,9988. Ini juga mendukung fakta bahwa proyek ini tidak bisa dilaksanakan selama rentang waktu 15 tahun.

Dalam pengujian sensitivitas masing-masing variabel pada skenario variabel SCOC adalah variabel ketiga yang paling sensitif terhadap perubahan nilai NPV, penurunan nilai ton karbon per tahun melebihi level akan membuat proyek dalam skenario ini tidak layak. Namun dalam praktiknya, angka negatif pada variabel yang mengubah nilai NPV adalah sesuatu yang tidak nyata sehingga variabel yang memiliki bilangan negatif dapat dihilangkan dari pertimbangan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa arus kas keluar merupakan variabel yang paling sensitif mempengaruhi nilai NPV. Jika nilai arus kas keluar melebihi Rp 130,440,434,750 akan menyebabkan NPV negatif sehingga proyek tidak layak untuk dilanjutkan. Beberapa faktor dapat membuat biaya belanja modal melebihi apa yang telah dianggarkan.