

## ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI *ROOFTOP SOLAR PV ON GRID SYSTEM* BAGI KONSUMEN DI PT SUMBERDAYA SEWATAMA

Aldi Wahyudi<sup>1</sup>, Nur Yulianti Hidayah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri Universitas Pancasila, Srengseng Sawah-Jagakarsa-DKI Jakarta (12940)

Email korespondensi: [nurhidayah@univpancasila.ac.id](mailto:nurhidayah@univpancasila.ac.id)

### ABSTRAK

Listrik telah menjadi kebutuhan primer bagi kehidupan manusia. Cadangan bahan bakar fosil untuk menghasilkan listrik saat ini sudah semakin menipis dan gas buang dapat mengganggu lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan untuk menghasilkan listrik seperti pembangkit listrik dengan Solar PV yang dikembangkan oleh PT Sumberdaya Sewatama. Namun biaya investasi sangat mahal membuat konsumen berfikir panjang untuk berinvestasi Solar PV. Oleh karena itu, diperlukan analisa kelayakan investasi pada pembangkit listrik Solar PV dari aspek teknis, aspek finansial serta aspek lingkungan. Dari aspek teknis dinyatakan layak karena luas area yang tersedia cukup untuk memasang Solar PV. Dari aspek finansial dinyatakan layak karena nilai NPV > 0, IRR > MARR (11%) dan Payback Periode < 25 tahun. Dari aspek lingkungan, dengan menggunakan Solar PV dapat mengurangi emisi karbon. Dari hasil analisis sensitivitas menunjukkan nilai NPV semakin kecil, jika terjadi penurunan pemakaian listrik atau kenaikan biaya investasi.

**Kata kunci:** Analisis Kelayakan Investasi, Aspek Finansial, Aspek Lingkungan, Aspek Teknis, Solar PV

### ABSTRACT

*Electricity has become a primary need for human life. Reserves of fossil fuels to produce electricity are now depleting and exhaust gases can disrupt the environment. Therefore, an environmentally friendly renewable energy source is needed to produce electricity such as a power plant with Solar PV developed by PT Sumberdaya Sewatama. But the very expensive investment costs make consumers think long to invest in Solar PV. Therefore, an analysis of the feasibility of investment in the Solar PV power plant is needed. The technical aspect was declared feasible because the available area was enough to install Solar PV. The financial aspect was declared feasible because NPV value > 0, IRR > MARR (11%) and Payback Period < 25 years. From the environmental aspect, Solar PV will be able to reduce carbon emissions. The sensitivity analysis of NPV value will be smaller if there is a decrease in electricity consumption or an increase in investment costs.*

**Keywords:** Financial Aspects, Environmental Aspects, Investment Feasibility Analysis, Solar PV, Technical Aspects

**Citation:** Wahyudi, A., Hidayah, N.Y., (2019). Analisis Kelayakan Investasi Rooftop Solar PV on Grid System Bagi Konsumen di PT. Sumberdaya Sewatama. Jurnal Rekayasa dan Optimasi Sistem Industri, 01(1), 01-08, doi:xx.xxxxxx/jrosi.xx.xxxx-xx

### 1. Pendahuluan

Saat ini tidak hanya sandang, papan, dan pangan yang menjadi kebutuhan primer kehidupan manusia, akan tetapi kini listrik sudah menjadi kebutuhan primer. Listrik dapat dihasilkan dari berbagai macam sumber. Secara umum ada dua sumber energi listrik yaitu sumber yang berasal dari bahan bakar fosil dan ada pula yang berasal dari sumber energi terbarukan.

Diperkirakan cadangan minyak bumi di Indonesia akan habis dalam kurun waktu 9 tahun lagi atau pada tahun 2025. Demikian juga dengan

cadangan gas bumi, diperkirakan habis dalam kurun waktu 42 tahun atau pada tahun 2058. Produksi batubara untuk kebutuhan dalam negeri dan ekspor terus meningkat membuat cadangan batubara mengalami penurunan sebesar 11,8% terhadap tahun 2015. Dengan tingkat produksi batubara saat ini sekitar 417 juta ton, semua jenis cadangan batubara habis dalam kurun waktu 68 tahun [1]. Selain masalah yang berkaitan cadangan bahan bakar fosil, dampak yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil juga patut diperhatikan.

Potensi energi baru dan terbarukan (EBT) di Indonesia cukup besar, dengan variasi jenis energi yang beragam. Namun potensi EBT tersebut belum optimal dikembangkan karena berbagai kendala penerapannya, seperti biaya investasi yang tinggi, efisiensi teknologi yang relatif rendah, letak geografis, dan faktor sosial masyarakat sebagai pengguna energi [1].

Keadaan inilah yang memicu PT Sumberdaya Sewatama yang merupakan perusahaan *independent power plant producer* untuk mengembangkan produk pembangkit tenaga listrik yang ramah lingkungan dengan energi baru dan terbarukan. Salah satu pembangkit listrik energi baru dan terbarukan yang dikembangkan adalah panel surya (*Solar PV*). Solar PV (*Photovoltaic*) adalah pembangkit tenaga listrik dengan mengubah radiasi matahari menjadi listrik arus searah (DC) menggunakan semikonduktor yang menunjukkan efek Photovoltaic.

Keuntungan pemakaian solar PV diantaranya adalah tidak membutuhkan bahan bakar fosil sehingga tidak menghasilkan polusi akibat pembakaran bahan bakar fosil tersebut, membutuhkan pemeliharaan yang sedikit, cukup praktis karena dapat dipasang di mana saja asal terdapat banyak sinar matahari, tidak menimbulkan kebisingan seperti halnya pembangkit listrik yang menggunakan turbin (PLTD, PLTU, dan lain-lain).

Ada dua jenis Rooftop solar panel yaitu ada *off grid system* dan *on grid system*. *Off grid system* merupakan sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian Solar PV untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan untuk *on grid system* merupakan rangkaian sistem yang tetap terhubung dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi dari panel surya untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin.

Sel surya merupakan komponen penting dalam konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang pada umumnya dibuat dari bahan semikonduktor sehingga menghasilkan energi listrik (DC). Tenaga listrik yang dibangkitkan dari sel surya kecil sehingga dibutuhkan beberapa sel surya yang digabungkan menjadi sebuah komponen yang disebut panel surya atau solar module. Dan apabila beberapa panel surya digabungkan menjadi satu akan membentuk suatu komponen yang disebut solar array. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya [2].

Keuntungan *solar PV on grid system* dibanding *off grid system* diantaranya adalah biaya investasi dan perawatan lebih ekonomis karena tidak memerlukan battery, pada saat daya dari pembangkit lebih besar dari pada beban (penggunaan listrik kelebihan daya dapat disalurkan ke jaringan listrik PLN sehingga tagihan rekening listrik dapat berkurang, dan lebih ramah lingkungan karena mengurangi sampah battery yang memerlukan perlakuan khusus.

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar dengan udara di dalam mesin [4]. Pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil mempunyai potensi dalam menimbulkan pencemaran udara. Sisa pembakaran yang dikeluarkan di cerobong asap yang

telah melewati exhaust dapat berupa CO<sub>2</sub> (karbon dioksida), SO<sub>2</sub> (sulfur oksida), NO<sub>x</sub> (Nitrogen oksida) dan debu yang mengandung logam berat<sup>[5]</sup>

Untuk menghitung jumlah emisi karbon yang berasal dari energi yang dibeli atau didatangkan dari luar, misalnya listrik yang dipakai dari PLN, data yang diperlukan adalah data jumlah listrik (dalam kWh) yang bias didapatkan dari tagihan listrik PLN dengan persamaan (2.1)<sup>[6]</sup>

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Pemakaian listrik (kWh)} \times \text{Faktor konversi (kg/kWh)/1000} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana sesuai dengan surat menteri ESDM No 3783/12/600.5/2008, besar faktor konversi adalah 0.891 kg/kWh<sup>[6]</sup>

Target pasar Solar PV PT Sumberdaya Sewatama adalah konsumen dengan kebutuhan listrik mulai dari 7 kW hingga 20.000 kW. Dalam rangka meningkatkan kegiatan pemasaran pada tahun-tahun berikutnya dari produk solar PV, maka PT Sumberdaya Sewatama perlu membuat suatu analisis ekonomi untuk dapat menunjukkan manfaat dari produk solar PV kepada konsumen dimana hasil analisis ekonomi yang terperinci dapat menjadi keunggulan PT Sumberdaya Sewatama dibanding dengan perusahaan lainnya. Dalam hal analisis ekonomi tersebut, maka penelitian ini memerlukan beberapa sampel dari masing-masing tipe konsumen yang terdiri dari konsumen rumah tangga yang diwakili oleh *pilot project* PT Sumberdaya Sewatama dengan kapasitas daya 21 kW, konsumen perkantoran yang diwakili oleh gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila dengan kapasitas daya 277 kW, dan konsumen industri yang diwakili oleh PT Quest Internasional Indonesia dengan kapasitas daya 2.770 kW

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini sumber data yang akan dianalisis terdiri dari data primer dan sekunder.

Biaya adalah jumlah uang yang harus dikeluarkan untuk memproduksi sesuatu (*cost of production*) atau harga yang harus dibayar untuk mendapatkan sesuatu (*supply price*) [7].

Investasi adalah memberikan dolar saat ini untuk periode waktu tertentu untuk memperoleh pembayaran di masa depan yang akan memberikan imbalan kepada investor untuk (1) waktu dana tersebut diberikan, (2) tingkat inflasi yang diharapkan, (3) ketidakpastian pembayaran di masa depan [8].

Pengkajian kelayakan atas suatu usulan proyek bertujuan untuk mempelajari usulan tersebut dari segala segi secara professional agar setelah usulan proyek tersebut diterima dan dilaksanakan, betul-betul dapat mencapai hasil sesuai dengan yang direncanakan; jangan sampai terjadi setelah proyek selesai dibangun dan dioperasikan, apalagi yang berskala besar, memerlukan dana dan upaya lain yang juga besar, sehingga cukup berpengaruh terhadap kelangsungan hidup perusahaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian serta pengkajian yang seksama dan sistematis sebelum pengkajian menanani modal untuk implementasi. Kriteria keberhasilan proyek pada penelitian ini dititik beratkan pada keberhasilan proyek dari aspek finansial dan ekonomi. Hal ini bukan berarti mengabaikan pengkajian aspek lainnya seperti pemasaran, teknik dan engineering, dampak lingkungan, dan lain-lain. Aspek-aspek tersebut

juga perlu dilihat karena memberi masukan penting kepada masalah finansial dan ekonomi proyek investasi [9].

Ekuivalensi didasarkan pada pandangan bahwa aliran kas yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang dapat ditukar dengan suatu aliran kas sekarang ini. Apabila dipinjamkan uang dari sebuah bank pada waktu sekarang dan pinjaman tersebut harus dilunasi secara bertahap atau sekaligus di masa yang akan datang, maka sesungguhnya mengkonversi aliran kas yang akan dikeluarkan untuk membayar pinjaman tersebut pada masa yang akan datang (F) ke suatu nilai ekuivalen sekarang ini (P). Sebaliknya, apabila dipinjamkan uang kepada bank (dalam bentuk tabungan atau deposito) atau menginvestasikan uang tersebut dalam suatu usaha, maka berusaha mengkonversi nilai uang yang diinvestasikan (P) ke aliran kas masuk (pendapatan) yang diperoleh dalam masa yang akan data (F). Dengan demikian, kedua aliran kas (P dan F) memiliki nilai riil yang ekuivalen pada suatu tingkat suku bunga [10].

Besarnya perubahan nilai nominal dari uang yang diinvestasikan atau uang yang dipinjam setelah suatu periode waktu secara umum digolongkan sebagai bunga (interest). Berdasarkan definisi ini, bunga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [10]:

$$\text{Bunga} = \frac{\text{Nilai pada akhir periode} - \text{Nilai awal}}{\dots} \dots \dots (1)$$

Secara umum ada dua model cara menghitung bunga yaitu model bunga sederhana (*simple interest model*) dan model bunga majemuk (*compound interest model*) [10].

Rumus-rumus bunga fundamental yang menyatakan hubungan diantara P, F, dan A dalam bentuk i dan n adalah sebagai berikut [11]:

Apabila ingin menghitung nilai sekarang (P) jika diketahui nilai yang akan datang (F) dapat menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$P = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] = F(P/F, i, n) \dots \dots \dots (2)$$

Apabila ingin menghitung nilai sekarang (P) jika diketahui nilai seragam tahunan (A) dapat menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = A(P/A, i, n) \dots \dots \dots (3)$$

Apabila ingin menghitung nilai yang akan datang (F) jika diketahui nilai sekarang (P) dapat menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$F = P(1+i)^n = P(F/P, i, n) \dots \dots \dots (4)$$

Apabila ingin menghitung nilai yang akan datang (F) jika diketahui nilai seragam (A) dapat menggunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$$F = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] = A(F/A, i, n) \dots \dots \dots (5)$$

Apabila ingin menghitung nilai seragam (A) jika diketahui nilai sekarang (P) dapat menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:

$$A = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = P(A/P, i, n) \dots \dots \dots (6)$$

Apabila ingin menghitung nilai seragam (A) jika diketahui nilai yang akan datang (F) dapat menggunakan persamaan (7) sebagai berikut

$$A = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = F(A/F, i, n) \dots \dots \dots (2.7)$$

Menurut Irham Fahmi studi kelayakan bisnis adalah suatu kajian ilmu yang menilai pengerjaan suatu bisnis untuk dilihat layak atau tidak layak (*feasible or infeasible*) dilaksanakan dengan menempatkan ukuran-ukuran baik secara kualitatif dan kuantitatif yang akhirnya terangkum dalam sebuah rekomendasi. Untuk mengkaji dan menganalisis studi kelayakan bisnis dibutuhkan alat ukur dengan pendekatan kuantitatif berupa *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Payback Period (PBP)* dapat dianggap sebagai penguat dalam mendukung keputusan bisnis [2].

Untuk menghitung NPV dapat menggunakan persamaan (8) atau persamaan (9) sebagai berikut [10]:

$$NPV = \sum PV_{Benefit} - \sum PV_{Cost} \dots \dots \dots (8)$$

Atau

$$NPV = \sum PV_{(Benefit-Cost)} - \text{Initial Investment Cost} \quad (9)$$

Dimana:

$\sum PV_{Benefit}$  = Total nilai sekarang dari semua penerimaan

$\sum PV_{Cost}$  = Total nilai sekarang dari semua biaya

$\sum PV_{(Benefit-cost)}$  = Nilai sekarang dari aliran arus kas

Initial Investment cost = Biaya Investasi Awal

Persamaan dari IRR adalah sebagai berikut

$$NPV = 0 \dots \dots \dots (10)$$

$$\sum PV_{Benefit} - \sum PV_{Cost} = 0$$

$$\frac{\sum PV_{Benefit}}{\sum PV_{Cost}} = 1$$

Dari permasalahan yang melatarbelakangi penelitian kemudian ditentukan studi pustaka kemudian mengumpulkan data-data yang dibutuhkan. Data yang dikumpulkan berupa:

- a. Data daya terpasang pada objek penelitian
- b. Data pemakaian listrik pada objek penelitian enam bulan
- c. Data tagihan listrik enam bulan
- d. Data komponen-komponen solar PV beserta harga dan biaya maintenancenya
- e. Tarif dasar listrik tahun 2018 dan 2019

Setelah data-data yang diperlukan terkumpul, lalu dilakukan pengolahan data berupa

- a. Memperkirakan pemakaian listrik selama 25 tahun ke depan
- b. Memperkirakan persentase pemakaian listrik
- c. Analisis teknis.
- d. Menghitung biaya investasi rooftop solar PV
- e. Memperkirakan biaya operasional selama 25 tahun beserta biaya pemakaian listrik PLN bila

memakai *rooftop solar PV on grid* dan tanpa menggunakan *rooftop solar PV on grid*.

- f. Menghitung manfaat yang didapatkan konsumen berupa penghematan dari biaya pemakaian listrik PLN.
- g. Menganalisa kelayakan dengan menggunakan metode NPV, metode IRR dan metode *Payback*.
- h. Analisis sensitivitas.
- i. Analisis aspek lingkungan.

Selanjutnya menarik kesimpulan dari penelitian ini yaitu menentukan layak atau tidaknya investasi yang dikeluarkan konsumen untuk membeli dan memasang panel solar PV. Dan memberikan saran terhadap penelitian yang dilakukan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Analisis Teknis *Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama*

Analisis aspek teknis dilakukan untuk menganalisa komponen-komponen yang dibutuhkan untuk memasang *solar PV on grid* sesuai dengan daya terpasang dari objek penelitian dan menganalisa kelayakan luas area bangunan untuk menginstal komponen-komponen solar PV tersebut. Daya terpasang dari objek penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Daya Terpasang pada Objek Penelitian

Objek Penelitian	Daya Terpasang(kW)
<i>Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama</i>	21
Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila	277
PT Quest Internasional Indonesia	2.770

Sumber: PT Sumberdaya Sewatama, Universitas Pancasila & PT Quest Internasional Indonesia

Sesuai dengan data pada Tabel 1, komponen-komponen solar PV yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Komponen Solar PV pada Objek *Pilot Project Solar PV*

Komponen	Kapasitas Satuan(Watt)	Qty	UoM
Inverter	20.000	1	PCS
Modul PV	350	58	PCS

Untuk memasang komponen-komponen tersebut membutuhkan luas area 238,2 m<sup>2</sup>, dengan luas bangunan objek penelitian sekitar 1.300 m<sup>2</sup> maka *solar PV on grid* tersebut terpenuhi (*feasible*) untuk dipasang pada objek penelitian tersebut.

Sesuai dengan data pada Tabel 4.1, komponen-komponen solar PV yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Data Komponen Solar PV pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Komponen	Kapasitas Satuan(watt)	Qty	UoM
Inverter	60.000	4	PCS
Inverter	30.000	1	PCS
Modul PV	350	772	PCS

Untuk memasang komponen-komponen tersebut membutuhkan luas area 2.664,9 m<sup>2</sup>, dengan luas bangunan objek penelitian sekitar 2.900 m<sup>2</sup> maka *solar PV on grid* tersebut terpenuhi (*feasible*) untuk dipasang pada objek penelitian tersebut.

Sesuai dengan data pada Tabel 1, komponen-komponen solar PV yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Data Komponen Solar PV Objek PT Quest Internasional Indonesia

Komponen	Kapasitas Satuan(watt)	Qty	UoM
Inverter	60.000	46	PCS
Modul PV	350	7.886	PCS

Untuk memasang komponen-komponen tersebut membutuhkan luas area 20.608,8 m<sup>2</sup>, dengan luas bangunan objek penelitian sekitar 36.890 m<sup>2</sup> maka *solar PV on grid* tersebut terpenuhi (*feasible*) untuk dipasang pada objek penelitian tersebut

#### 3.2. Analisis Aspek Finansial

Analisis aspek finansial dilakukan untuk menganalisis arus kas beserta tingkat pengembalian investasi dari pemasangan *panel solar PV on grid* pada masing-masing objek penelitian.

##### 1. NPV *Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama*

Perhitungan NPV *Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama* sebagai berikut

$$NPV = \{Rp \ 64.905.496 \ (P/F, 11\%, 1) \ + \ Rp \ 59.872.701 \ (P/F, 11\%, 2) \ + \ Rp \ 75.978.774 \ (P/F, 11\%, 25)\} - Rp \ 317.326.136 = Rp \ 129.945.051$$

Dari hasil perhitungan di atas, nilai NPV *Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama* lebih besar dari 0, maka investasi penggunaan Solar PV dinyatakan layak (*feasible*).

##### 2. NPV Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Perhitungan NPV Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila sebagai berikut

$$NPV = \{Rp \ 661.118.904 \ (P/F, 11\%, 1) \ + \ Rp \ 577.835.704 \ (P/F, 11\%, 2) \ + \ Rp \ 455.849.506 \ (P/F, 11\%, 25)\} - Rp \ 3.924.948.769 = Rp \ 86.986.581$$

Dari hasil perhitungan di atas, nilai NPV Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila lebih besar dari 0, maka investasi penggunaan Solar PV dinyatakan layak (*feasible*).

##### 3. NPV PT Quest Internasional Indonesia

Perhitungan NPV PT Quest Internasional Indonesia sebagai berikut:

$$NPV = \{Rp \ 6.851.407.270 \ (P/F, 11\%, 1) \ + \ Rp \ 6.128.630.567 \ (P/F, 11\%, 2) \ + \ Rp \ 7.543.733.785 \ (P/F, 11\%, 25)\} - Rp \ 39.866.215.530 = Rp \ 8.924.453.549$$

Dari hasil perhitungan di atas, nilai NPV PT Quest Internasional Indonesia lebih besar dari 0, maka

investasi penggunaan Solar PV dinyatakan layak (*feasible*).

#### 5. IRR Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama

Berikut perhitungan nilai IRR Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama

$$NPV=0 \\ \{Rp \quad 64.905.496 \quad (P/F,i,1) \quad + \quad .. \quad + \\ Rp \quad 75.978.774 \quad (P/F,i,25)\} - Rp \quad 317.326.136 = 0$$

Dengan cara *trial and error*, asumsikan suku bunga (i) = 16%, maka NPV menjadi

$$NPV=\{Rp \quad 64.905.496 \quad (P/F,16\%,1) \quad + \quad .. \quad + \\ Rp \quad 75.978.774 \quad (P/F,16\%,25)\} - Rp \quad 317.326.136 = \\ Rp \quad 8.999.585$$

Asumsikan kembali suku bunga (i) = 17%, maka NPV menjadi

$$NPV = \{Rp \quad 64.905.496 \quad (P/F,17\%,1) \quad + \quad .. \quad + \\ Rp \quad 75.978.774 \quad (P/F,17\%,25)\} - Rp \quad 317.326.136 = -Rp \\ 8.076.703$$

Berdasarkan hukum proporsionalitas, maka nilai IRR adalah sebagai berikut

$$\frac{i-16\%}{17\%-16\%} = \frac{0-Rp \quad 8.999.585}{-Rp \quad 8.076.703-Rp \quad 8.999.585} \\ \frac{i-16\%}{1\%} = \frac{-Rp \quad 8.999.585}{-Rp \quad 17.076.288} \\ i=16,5\%$$

Nilai IRR dari Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama (16,5%) lebih besar dari MARR (11%), maka investasi Solar PV pada Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama dinyatakan layak (*feasible*).

#### 6. IRR Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Berikut perhitungan nilai IRR Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

$$NPV = 0 \\ \{Rp \quad 661.118.904 \quad (P/F,i,1) \quad + \quad Rp \quad 577.835.704 \\ (P/F,i,2) \quad + \quad .. \quad + \\ Rp \quad 455.849.506 \quad (P/F,i,25)\} - Rp \quad 3.924.948.769 = 0$$

Dengan cara *trial and error*, asumsikan suku bunga (i) = 11%, maka NPV menjadi

$$NPV = \{Rp \quad 661.118.904 \quad (P/F,11\%,1) \quad + \\ ..+ \quad Rp \quad 455.849.506 \quad (P/F,11\%,25)\} - Rp \\ 3.924.948.769 = Rp \quad 86.986.581$$

Asumsikan kembali suku bunga (i) = 12%, maka NPV menjadi

$$NPV= \{Rp \quad 661.118.904 \quad (P/F,12\%,1) \quad + \quad ..+Rp \\ 455.849.506 \quad (P/F,12\%,25)\} - \\ Rp \quad 3.924.948.769 = -Rp \quad 157.628.412$$

Berdasarkan hukum proporsionalitas, maka nilai IRR adalah sebagai berikut

$$\frac{i-11\%}{12\%-11\%} = \frac{0-Rp \quad 86.986.581}{-Rp \quad 157.628.412-Rp \quad 86.986.581} \\ \frac{i-11\%}{1\%} = \frac{-Rp \quad 86.986.581}{-Rp \quad 244.614.993} \\ i=11,4\%$$

Nilai IRR dari Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila (11,4%) lebih besar dari MARR (11%), maka

investasi Solar PV pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila dinyatakan layak (*feasible*).

#### 8. IRR PT Quest Internasional Indonesia

Berikut perhitungan nilai IRR PT Quest Internasional Indonesia

$$NPV = 0 \\ \{Rp \quad 6.851.407.270 \quad (P/F,i,1) \quad + \quad .. \quad + \\ Rp \quad 7.543.733.785 \quad (P/F,i,25)\} - \\ Rp \quad 39.866.215.530 = 0$$

Dengan cara *trial and error*, asumsikan suku bunga (i) = 14%, maka NPV menjadi

$$NPV = \{Rp \quad 6.851.407.270 \quad (P/F,14\%,1) \quad + \quad .. \quad + \\ Rp \quad 7.543.733.785 \quad (P/F,14\%,25)\} - Rp \quad 39.866.215.530 \\ = Rp \quad 17.012.931$$

Asumsikan kembali suku bunga (i) = 15%, maka NPV menjadi

$$NPV = \{Rp \quad 6.851.407.270 \quad (P/F,15\%,1) \quad + \quad .. \quad + \\ Rp \quad 7.543.733.785 \quad (P/F,15\%,25)\} - Rp \quad 39.866.215.530 \\ = Rp \quad 2.321.417.121$$

Berdasarkan hukum proporsionalitas, maka nilai IRR adalah sebagai berikut

$$\frac{i-14\%}{15\%-14\%} = \frac{0-Rp \quad 17.012.931}{-Rp \quad 2.321.417.121-Rp \quad 17.012.931} \\ \frac{i-14\%}{1\%} = \frac{-Rp \quad 17.012.931}{-Rp \quad 2.338.430.052} \\ i=14,01\%$$

Nilai IRR dari PT Quest Internasional Indonesia (14,01%) lebih besar dari MARR (11%), maka investasi Solar PV pada PT Quest Internasional Indonesia dinyatakan layak (*feasible*).

#### 9. Payback Periode Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama

Dari perhitungan kumulatif arus kas, Payback Periode Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama berada pada tahun ke-6 dan ke-7. Pada tahun ke-6 arus kas kumulatif sebesar -Rp 9.175.601 dan pada tahun ke-7 arus kas kumulatif sebesar Rp 54.119.157. Dengan menggunakan metode interpolasi berikut perhitungan payback periode

$$\frac{n-6}{7-6} = \frac{0-(-9.175.601)}{54.119.157-(-9.175.601)} \\ \frac{n-6}{1} = \frac{9.175.601}{63.294.758} \\ n = 6,1 \text{ tahun}$$

Karena *payback periode* sebelum tahun ke 25 maka investasi pemasangan Solar PV pada Pilot project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama dinyatakan layak (*Feasible*)

#### 1. Payback Periode Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Dari perhitungan kumulatif arus kas, Payback Periode Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila berada pada tahun ke-7 dan ke-8. Pada tahun ke-7 arus kas kumulatif sebesar -Rp305.227.713 dan pada tahun ke-8 arus kas kumulatif sebesar Rp 250.511.374. Dengan menggunakan metode interpolasi berikut perhitungan payback periode

$$\begin{aligned} \frac{n-7}{8-7} &= \frac{0-(-305.227.713)}{250.511.374-(-305.227.713)} \\ \frac{n-7}{1} &= \frac{305.227.713}{555.739.087} \\ n &= 7,5 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Karena *payback periode* sebelum tahun ke 25 maka investasi pemasangan Solar PV pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila dinyatakan layak (*Feasible*)

10. *Payback Periode* PT Quest Internasional Indonesia

Dari perhitungan kumulatif arus kas, *Payback Periode* PT Quest Internasional Indonesia berada pada tahun ke-6 dan ke-7. Pada tahun ke-6 arus kas kumulatif sebesar -R 6.100.871.430 dan pada tahun ke-7 arus kas kumulatif sebesar Rp 347.233.650. Dengan menggunakan metode interpolasi berikut perhitungan *payback periode*

$$\begin{aligned} \frac{n-6}{7-6} &= \frac{0-(-6.100.871.430)}{347.233.650-(-6.100.871.430)} \\ \frac{n-6}{1} &= \frac{6.100.871.430}{6.448.105.080} \\ n &= 6,9 \text{ tahun} \end{aligned}$$

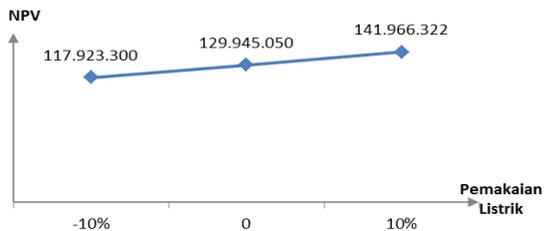
Karena *payback periode* sebelum tahun ke 25 maka investasi pemasangan Solar PV pada PT Quest Internasional Indonesia dinyatakan layak (*Feasible*)

11. Analisis Sensitivitas

a. Perubahan Pemakaian Listrik

*Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama

Berikut grafik perubahan nilai NPV terhadap pemakaian listrik pada *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama yang disajikan dalam Gambar 1

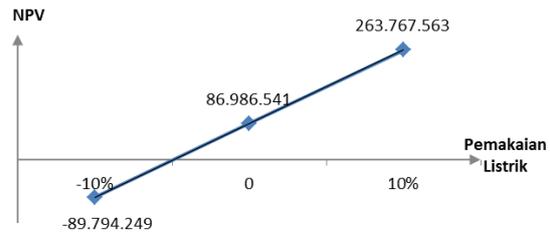


Gambar 1 Grafik Sensitivitas Pemakaian Listrik Terhadap Nilai NPV *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama

Dari Gambar 1 terlihat nilai NPV mengalami penurunan dikarenakan semakin turunnya pemakaian listrik pada *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama. Sehingga pemakaian listrik menjadi salah satu hal sensitif atau patut untuk diperhatikan dalam investasi pemasangan solar PV pada *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama.

b. Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Berikut grafik perubahan nilai NPV terhadap pemakaian listrik pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila yang disajikan dalam Gambar 4.2

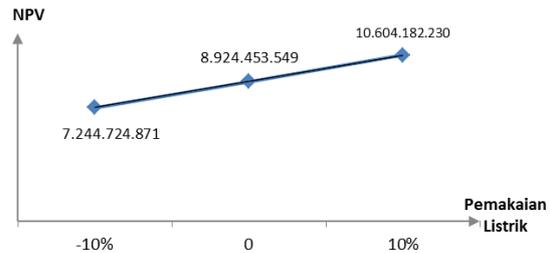


Gambar 2 Grafik Sensitivitas Pemakaian Listrik Terhadap Nilai Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Dari Gambar 2 terlihat nilai NPV mengalami penurunan dikarenakan semakin turunnya pemakaian listrik pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila, bahkan pada penurunan pemakaian listrik sebesar 10% nilai NPV lebih kecil dari 0 yang artinya investasi menjadi tidak layak. Sehingga pemakaian listrik menjadi salah satu hal sensitif atau patut untuk diperhatikan dalam investasi pemasangan solar PV pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila.

c. PT Quest Internasional Indonesia

Berikut grafik perubahan nilai NPV terhadap pemakaian listrik pada PT Quest Internasional Indonesia yang disajikan dalam Gambar 3



Gambar 3 Grafik Sensitivitas Pemakaian Listrik Terhadap Nilai NPV PT Quest Internasional Indonesia

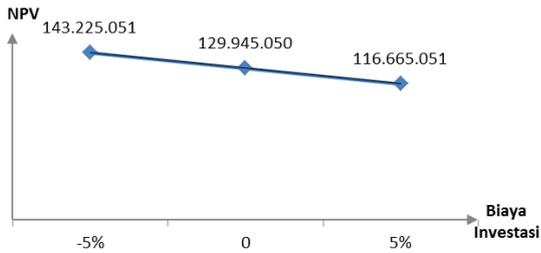
Dari Gambar 3 terlihat nilai NPV mengalami penurunan dikarenakan semakin turunnya pemakaian listrik pada PT Quest Internasional Indonesia. Sehingga pemakaian listrik menjadi salah satu hal sensitif atau patut untuk diperhatikan dalam investasi pemasangan solar PV pada PT Quest Internasional Indonesia.

d. Perubahan Biaya Investasi

1. *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama

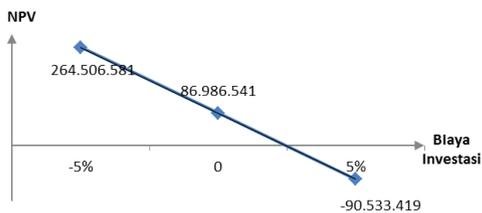
Berikut grafik perubahan nilai NPV terhadap Biaya Investasi pada *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama yang disajikan dalam Gambar 4.

Dari grafik 4 terlihat nilai NPV mengalami penurunan dikarenakan semakin tinggi biaya investasi pada *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama. Sehingga biaya investasi menjadi salah satu hal sensitif atau patut untuk diperhatikan dalam investasi pemasangan solar PV pada *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewatama.



Gambar 4.4 Grafik Sensitivitas Biaya Investasi Terhadap Nilai NPV Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama

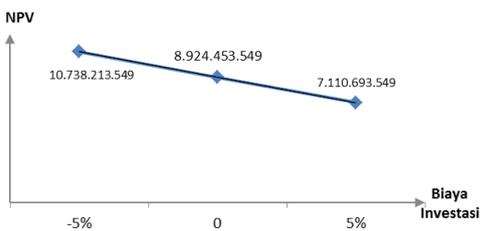
2. Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila  
Berikut grafik perubahan nilai NPV terhadap Biaya Investasi pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila yang disajikan dalam Gambar 4.5



Gambar 5 Grafik Sensitivitas Biaya Investasi Terhadap Nilai NPV Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Dari Gambar 5 terlihat nilai NPV mengalami penurunan dikarenakan semakin tinggi biaya investasi pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila, bahkan pada kenaikan biaya investasi sebesar 5% nilai NPV lebih kecil dari 0 yang artinya investasi menjadi tidak layak. Sehingga biaya investasi menjadi salah satu hal sensitif atau patut untuk diperhatikan dalam investasi pemasangan solar PV pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila.

3. PT Quest Internasional Indonesia  
Berikut grafik perubahan nilai NPV terhadap Biaya Investasi pada PT Quest Internasional Indonesia yang disajikan dalam Gambar 6



Gambar 6 Grafik Sensitivitas Biaya Investasi Terhadap Nilai NPV PT Quest Internasional Indonesia

Dari grafik 6 terlihat nilai NPV mengalami penurunan dikarenakan semakin tinggi biaya investasi pada PT Quest Internasional Indonesia. Sehingga biaya investasi menjadi salah satu hal sensitif atau patut untuk diperhatikan dalam

investasi pemasangan solar PV pada PT Quest Internasional Indonesia.

## 12. Analisis Aspek Lingkungan

### 1. Pengurangan Emisi Karbon pada Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama

Estimasi total emisi karbon yang dapat dikurangi selama 25 tahun adalah sebagai berikut

$$\text{Emisi CO 25 thn} = 47,92 \text{ kg/tahun} \times 25 \text{ tahun} = 1.198,09 \text{ kg}$$

### 2. Pengurangan Emisi Karbon pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Estimasi total emisi karbon yang dapat dikurangi selama 25 tahun adalah sebagai berikut

$$\text{Emisi CO 25 thn} = 646,97 \text{ kg/thn} \times 25 \text{ thn} = 16.174,24 \text{ kg}$$

### 3. Pengurangan Emisi Karbon pada PT Quest Internasional Indonesia

Estimasi total emisi karbon yang dapat dikurangi selama 25 tahun adalah sebagai berikut

$$\text{Emisi CO 25 thn} = 6.613,47 \text{ kg/thn} \times 25 \text{ thn} = 165.336,70 \text{ kg}$$

## 4. KESIMPULAN

Data-data yang dihasilkan dari pengolahan data pada bab sebelumnya adalah sebagai berikut:

### a. Berikut rincian total biaya investasi dari masing-masing objek penelitian:

1. Pada Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama membutuhkan biaya investasi Rp 317.326.136.
2. Pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila membutuhkan biaya investasi Rp 3.924.948.769
3. Pada PT Quest Internasional Indonesia membutuhkan biaya investasi Rp 39.866.215.530

### b. Total biaya operasional dan manfaat dari pemasangan Rooftop Solar PV on grid adalah sebagai berikut

1. Pada Pilot Project Solar PV PT Sumberdaya Sewatama
  - Estimasi luas area yang diperlukan untuk memasang Rooftop Solar PV on grid sebesar 238,2 m<sup>2</sup>.
  - Estimasi total biaya operasional selama 25 tahun sebesar Rp 578.488.848 yang terdiri dari biaya maintenance per tahun dan biaya penggantian inverter per 5 tahun.
  - Estimasi penghematan tagihan listrik yang diestimasikan sebesar Rp 1.926.969.145 selama 25 tahun.
  - Estimasi pengurangan emisi karbon sebesar 1.198,09 kg selama 25 tahun.
2. Pada Project Gedung Teknik Universitas Pancasila
  - Estimasi luas area yang diperlukan untuk memasang Rooftop Solar PV on grid sebesar 2.664,9 m<sup>2</sup>.
  - Estimasi total biaya operasional selama 25 tahun sebesar Rp 5.760.267.506

- yang terdiri dari biaya maintenance per tahun dan biaya penggantian inverter per 5 tahun.
- Estimasi penghematan tagihan listrik yang diestimasi sebesar Rp 16.527.972.590 selama 25 tahun.
  - Estimasi pengurangan emisi karbon sebesar 16.174,24 kg selama 25 tahun.
3. Pada PT Quest Internasional Indonesia
- Estimasi luas area yang diperlukan untuk memasang *Rooftop Solar PV on grid* sebesar 20.608,8 m<sup>2</sup>.
  - Estimasi total biaya operasional selama 25 tahun sebesar Rp 56.104.427.180 yang terdiri dari biaya maintenance per tahun dan biaya penggantian inverter per 5 tahun.
  - Estimasi penghematan tagihan listrik yang diestimasi sebesar Rp 203.415.467.986 selama 25 tahun.
  - Estimasi pengurangan emisi karbon sebesar 165.336,70 kg selama 25 tahun.
4. Analisa kelayakan investasi *rooftop solar pv on grid* dari aspek finansial adalah sebagai berikut:  
Pada *Pilot Project Solar PV* PT Sumberdaya Sewaatama dinyatakan layak (*feasible*) karena
- Nilai NPV lebih besar dari 0 (Rp 129.945.051).
  - Nilai IRR (16,5%) lebih besar dari MARR (11%) investasi *rooftop solar pv on grid* sebesar 16,5% atau 1 maka investasi dinyatakan layak (*feasible*)
  - *Payback Periode* kurang dari 25 tahun yaitu pada tahun ke 6,1 tahun
5. Pada Project Gedung Teknik Universitas Pancasila
- Nilai NPV lebih besar dari 0 (Rp 86.986.581)
  - Nilai IRR(11,4%) lebih besar dari MARR (11%)
  - *Payback Periode* kurang dari 25 tahun yaitu pada tahun ke 7,5 tahun
6. Pada PT Quest Internasional Indonesia
- Nilai NPV lebih besar dari 0 (Rp 8.924.453.549)
  - Nilai IRR (14,01%) lebih besar dari MARR (11%)
  - *Payback Periode* kurang dari 25 tahun yaitu pada tahun ke 7,5 tahun)
7. Analisis sensitivitas dari investasi *rooftop solar PV on grid* adalah sebagai berikut:  
Jika pemakaian listrik mengalami penurunan, maka nilai NPV akan semakin berkurang. Ini disebabkan karena listrik produksi solar PV semakin sedikit yang dipakai sehingga semakin banyak listrik yang diekspor ke jaringan PLN yang harga per kWh nya hanya 65% dari TDL sedangkan biaya operasional tetap sehingga nilai manfaat semakin berkurang.  
Jika investasi mengalami kenaikan maka nilai NPV akan semakin berkurang. Ini disebabkan biaya operasional diawal (biaya investasi) semakin bertambah sedangkan

nilai manfaat tetap sehingga arus kas semakin berkurang pada awal tahun.

8. Hasil penelitian dapat memberikan rekomendasi kepada konsumen agar tidak ragu untuk berinvestasi pemasangan solar PV karena hasil dari penelitian nilai NPV dinyatakan layak dan juga dapat mengurangi emisi karbon. Untuk penelitian berikutnya, untuk mendapatkan data yang lebih valid dan aktual pengukuran load profile dapat dilakukan secara langsung di lokasi objek penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yudiantono, Anindhita, A. Sugiyonom, L. M. . Wahid, dan Adiarso, *Outlook Energi Indonesia 2018*. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) BPPT, 2018.
- [2] M. F. Hakim, "Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal," *J. Din. DotCom*, vol. 8, no. 1, hal. 1-11, 2017.
- [3] Abdul Malek Zulkurnain, "Solar panel figuration cell module array," 2019. [Daring]. Tersedia pada: [https://www.researchgate.net/profile/Zulkurnain\\_Abdul-Malek/publication/270706722/figure/fig1/AS:367670466760706@1464670878662/Solar-panel-figuration-cell-module-array.png](https://www.researchgate.net/profile/Zulkurnain_Abdul-Malek/publication/270706722/figure/fig1/AS:367670466760706@1464670878662/Solar-panel-figuration-cell-module-array.png).
- [4] B. Ali dan P. A. Nugroho, "Analisis Pemakaian Bahan Bakar High Speed Diesel dan Biodiesel (B30) Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel PLTD 1.4 MW," *Presisi*, vol. 18, no. 2, hal. 30-41, 2017.
- [5] A. Suyuti, "PENGUKURAN EMISI UDARA NO<sub>x</sub> PADA PLTD SECARA REAL TIME BERBASIS MIKROKONTROLER," *Gr. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, hal. 978-979, 2012.
- [6] R. Y. S. R. Boedisantoso dan M. Razif, "Kajian Carbon Footprint dari Kegiatan Industri di Kota Surabaya," *Semnastekling VII*, hal. 148-158, 2010.
- [7] A. Marshall, *Principles of Economics*. Amherst, N.Y: Prometheus Books, 1997.
- [8] Relly, F. K, dan B. K. C, *Investment Analysis and Portfolio Management*. Orlando Florida: The Dryden Press, 1997.
- [9] I. Soeharto, *Studi Kelayakan Proyek Industri*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2002.
- [10] Salengke, *Engineering Economy*. Makassar: UNHAS, 2012.
- [11] E. L. Grant, W. G. Ireson, dan R. S. Leavenworth, *Dasar-Dasar Ekonomi Teknik*, 1st ed. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1996.
- [12] Z. Yamit, *Manajemen Keuangan: Ringkasan Teori dan Penyelesaian Soal*, 1st ed. Yogyakarta, 2000.