

ANALISIS KELAYAKAN PLTS ATAP MENGGUNAKAN METODE REAL OPTION DENGAN PEMANFAATAN INSENTIF PENDANAAN: STUDI KASUS SMA FUTURE GATE

FEASABILITY PV ROOFTOP ANALYSIS USING REAL OPTION METHOD BY UTILIZING FUNDING INCENTIVES: CASE STUDY AT SMA FUTURE GATE

M. Zubair Abdurrohman*¹, Hakimul Batih²

*Email: zubair1910001@itpln.ac.id, hakimul.batih@itpln.ac.id

¹Pasca Sarjana Teknik Elektro, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN, Jakarta

Abstrak— Sampai saat ini listrik banyak diproduksi oleh pembangkit listrik tenaga batu bara. Pembangkit ini memiliki kekurangan diantaranya keandalan sistem. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penggunaan pembangkit ini juga sejalan dengan komitmen pemerintah menuju *Net Zero Emission*. Pemerintah pun menyediakan insentif bagi konsumen yang sedang membangun PLTS. Insentif ini dihibahkan oleh Sustainable Energy Fund (SEF) dengan tujuan mengejar target pembangunan energi baru terbarukan. SMA Future Gate merupakan salah satu sekolah yang masih menggunakan listrik tenaga batu bara. Beberapa kali listrik mati ketika semua pendingin ruangan dinyalakan. Solusi yang dapat dilakukan adalah penggunaan pembangkit listrik tenaga surya. Proyek tersebut perlu dianalisis sejak perencanaan proyek. Oleh karena itu tujuan penulisan jurnal ini adalah menentukan nilai kelayakan proyek PLTS. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode *Net Present Value* dan *real option analysis*. Ketika proyek dihitung dengan menggunakan metode NPV serta mendapatkan insentif, maka hasil yang didapat sebesar Rp 94,964,090.17. Namun saat insentif tidak disetujui nilai Net Present Value (NPV) sebesar -Rp 353,489,741.01. Karena hasil negatif maka perlu dianalisis ulang dengan menggunakan metode *real option analysis*. Dari analisis tersebut didapatkan nilai NPV strategis sebesar Rp 898,585,337.01. Hasil yang bernilai positif mengindikasikan bahwa proyek layak dilaksanakan. Hasil dari option premium sebesar Rp 1,252,075,078.02 mengindikasikan bahwa proyek memberikan keuntungan setelah periode berakhir.

Kata kunci — Pembangkit listrik tenaga surya, Kelayakan proyek, Real option analysis, Real option analysis

Abstract— Currently, a lot of electrical energy had been producing by coal-fired power plant. This power plant has some lack in its system reliability. One of solutions is using solar photovoltaic (PV) power plant. The use of this power plant is also in line with the government's commitment to Net Zero Emissions. The government also provides incentives for consumers who are building solar photovoltaic (PV) power plant. This incentive has granted by Sustainable Energy Fund (SEF) to aim the renewable energy goal. SMA Future Gate is one of schools that still uses coal-fired power plant. Sometimes there were blackouts when all the air conditioners are turned on. A solution that can be applied is using a solar photovoltaic (PV) power plant. That power plant must be analyzed since project planing. Therefore the purpose of this research is to determine the feasibility of the PV power plant project. The method used in this research is Net Present Value and real option analysis. When the project is calculated using the NPV method and getting incentives, the result is Rp. 94,964,090.17. However, when the incentive is not approved, value of Net Present Value (NPV) equal to -Rp 353,489,741.01. Because of negative result, project must be reanalyzed with real option analysis. From that analysis, the strategic NPV value is Rp 898,585,337.01. A positive result indicates that the project is feasible to build. Result of option premium is Rp 1,252,075,078.02 that indicate the project will make profit after project finish.

Keywords — Project feasibility, Real option analysis, Sustainable Energy Fund, solar photovoltaic (PV) power plant.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat diperlukan manusia. Dimana banyak aktivitas yang bergantung pada pasokan energi listrik. Listrik di Indonesia sendiri saat ini masih banyak menggunakan batu bara sebagai pembangkitannya. Hal tersebut tentu memiliki dampak negatif pada lingkungan seperti gas nitrogen oksida, gangguan pernapasan, menimbulkan penyakit akibat PM_{2,5}, serta pencemaran air tanah [1]. Masalah ini pun menjadi latar belakang munculnya salah satu isu utama pada pembahasan presidensi G20 Indonesia. Isu utama tersebut adalah transisi energi berkelanjutan menuju energi bersih. Diharapkan dimasa depan dapat mengurangi perubahan iklim secara nyata serta mengedepankan keamanan energi, aksesibilitas, dan keterjangkauan listrik. Karena pemanfaatan energi bersih sendiri sebagai sumber energi baru 2.5% dari potensi yang ada [2].

Keamanan listrik menandakan bahwa listrik yang dikonsumsi masyarakat harus aman dari gangguan saat penyalutannya. Jika keamanan tidak dijaga maka dapat menyebabkan pemutusan aliran listrik secara mendadak. Terputusnya aliran listrik secara mendadak dapat mengganggu aktivitas manusia. Selain itu pemadaman yang sering juga dapat menyebabkan peralatan rumah tangga yang mudah rusak. Bahkan di beberapa sektor seperti industri dapat mengalami kerugian materi yang tidak sedikit.

Salah satu upaya untuk menjaga keandalan dan ketersediaan energi listrik adalah penggunaan pembangkit listrik tenaga surya untuk energi alternatif baru terbarukan. Peran lain PLTS dalam sistem kelistrikan ternyata dapat berkontribusi menambah jam ketersediaan listrik, khususnya pada wilayah kepulauan yang masih menggunakan PLTD. Seperti sistem kelistrikan pada Pulau Tunda yang hanya mampu beroperasi selama 13 jam jika menggunakan PLTD. Dampak PLTS ketika masuk ke sistem kelistrikan ternyata mencapai 18,7 % dari total listrik yang dihasilkan bersama PLTD [3].

Pemanfaatan PLTS sejalan dengan komitmen pemerintah menuju *Net Zero Emission*. Sebagaimana yang disampaikan pada agenda sidang 1st ETWG G20. Agenda tersebut juga membahas bahwa PLTS menjadi salah satu teknologi energi yang bersih serta usaha untuk mendukung teraksennya energi listrik pada masyarakat. Selain itu pemanfaatan PLTS dalam sistem kelistrikan merupakan salah satu dari program bauran energi baru terbarukan (EBT)

sebesar 23% pada tahun 2025. Bahkan menjadi prioritas dalam rencana strategis energi nasional [4].

Salah satu proyek model PLTS yang dikembangkan adalah PLTS terapung dengan potensi sebesar 1900 MW. Rencana proyek tersebut tertuang dalam RUPTL 2021-2030. Pada wilayah perkotaan yang didominasi oleh konsumen rumah tangga dengan lahan sempit maka model PLTS atap dapat dijadikan sebagai alternatif. Sehingga masyarakat dapat mendukung program bauran EBT 23% pada tahun 2025. PLTS sendiri memiliki potensi yang melimpah bahkan mencapai 207,8 GW. Karena wilayah Indonesia selalu disinari langsung oleh matahari selama satu tahun [5].

Dalam prakteknya analisis investasi kelayakan ekonomi proyek pada pembangunan PLTS perlu dibuat agar tidak terjadi kerugian besar. Selain itu dengan adanya acuan analisis kelayakan maka masyarakat menjadi lebih yakin dalam mengikuti program transisi energi dari PLTU menuju PLTS. Ada beberapa metode dalam menganalisis kelayakan proyek PLTS diantaranya Discounted cash flow (NPV) dan real option analysis. Discounted cash flow merupakan metode analisis kelayakan proyek yang sudah lama digunakan. Kendala dari NPV ialah tidak mampu mempertimbangkan kefleksibilitas proyek [6]. Adapun metode real option digunakan untuk mendapatkan nilai volatilitas (fleksibilitas), decline rate, rising rate, dan growth rate. Kemudian parameter tersebut dijadikan model pohon binomial. Hasil akhir binomial tersebut berbentuk opsi untuk memutuskan proyek kedepan. Metode ini membutuhkan 5 parameter dalam analisisnya. Kelima parameter tersebut adalah aset pokok NPV, strike price, umur proyek, nilai volatilitas, dan risk free rate [7].

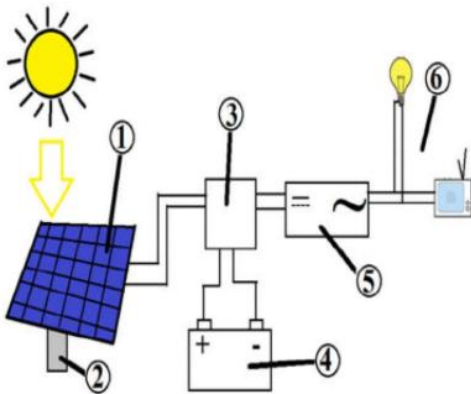
SMA Future Gate merupakan salah satu sekolah di bawah naungan kementerian pendidikan dan kebudayaan yang menyelenggarakan pendidikan menengah. Lembaga ini membutuhkan minimal 12 ruang kelas dalam penyelenggaraan kegiatan belajar mengajar. Setiap ruangan memerlukan pendingin ruangan dengan jumlah 2 mesin. Jika seluruh kelas dan ruangan lainnya menyalakan pendingin maka akan terjadi kelebihan beban listrik yang menyebabkan matinya aliran listrik. Sampai saat ini upaya yang dilakukan adalah dengan bergantian menyalakan pendingin ruangan. Hal tersebut tidak efektif karena ruang kelas yang mendapat giliran

tanpa pendingin menjadi panas terutama ketika suhu luar sedang naik. Oleh karena itu usulan yang dapat dilakukan adalah pemasangan PLTS sebagai pembangkit tambahan pada sistem kelistrikan. Selain meningkatkan efektivitas sistem kelistrikan, pemasangan PLTS dapat mendukung program bauran energi baru terbarukan. Agar usulan tersebut dapat diimplementasikan, maka perlu diadakan analisis kelayakan investasi PLTS menggunakan metode real option analysis. Metode Real Option Analysis dipilih karena dalam proyek PLTS selalu ada nilai fleksibilitas seperti kebijakan pemerintah. Kebijakan yang dimaksud adalah kebijakan insentif yang diberikan dalam batas tertentu. Hasil analisis ini diharapkan menjadi acuan penerapan real option analysis pada gedung sekolah

I. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu jenis pembangkit alternatif energi baru terbarukan. Pembangkit ini memanfaatkan energi surya sebagai bahan baku yang diubah menjadi energi listrik menggunakan sel fotovoltaik. Listrik yang dihasilkan berupa listrik arus searah. Namun listrik tersebut dapat digunakan untuk jaringan arus bolak balik dengan menggunakan inverter [8].

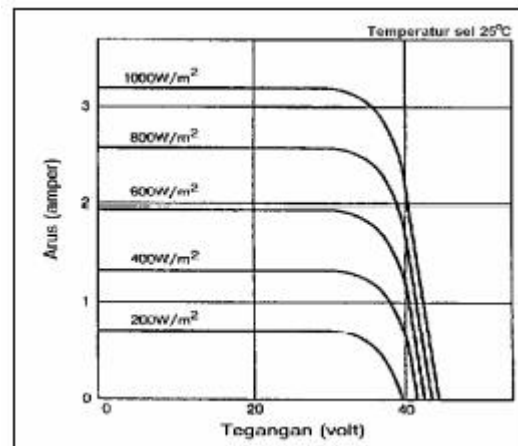


Gambar 1. Rangkaian sederhana PLTS [8]

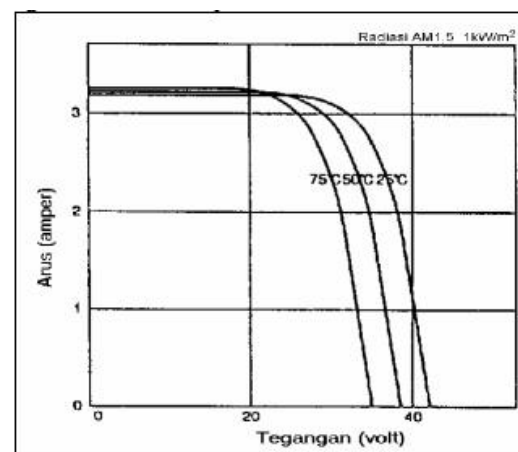
Dari gambar 1 di atas setidaknya PLTS terdiri dari:

1. Modul panel
2. Inverter
3. Baterai (opsional)
4. Solar charger controller
5. Konverter/rectifier
6. Beban listrik yang ingin dialiri listrik

Temperatur dan intensitas cahaya dapat memengaruhi efektivitas dari modul PLTS [9]. Pada gambar-2 dijelaskan bahwa pada suhu 25 °C semakin besar intensitas cahaya, maka semakin besar arus yang dihasilkan oleh modul PLTS. Ketika arus meningkat tegangan juga meningkat secara logaritmik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa arus berbanding lurus dengan intensitas cahaya. Pada Gambar-3 dijelaskan bahwa pada kondisi intensitas cahaya konstan 1 kW/m², dan air mass (AM) 1,5 ketika temperatur meningkat maka arus meningkat sedikit. Namun tegangan yang dihasilkan menurun seiring bertambahnya temperatur. Hal itu terjadi karena adanya penyempitan celah energi.



Gambar 2. Pengaruh intensitas cahaya pada output PLTS [9]

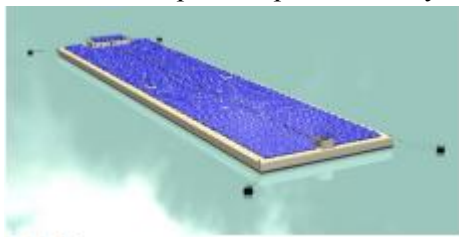


Gambar 3. Pengaruh temperatur terhadap keluaran PLTS [9]

Dari segi penyusun modulnya sel surya terdiri dari 2 jenis. Yaitu sel surya kristal dan silikon yang sering disebut amorf. Sel surya kristal dapat ditemukan dalam 2 jenis yaitu sel kristal tunggal dan sel kristal jamak. Sel surya kristal jamak lebih efektif dalam konversi listrik dibanding kedua jenis lainnya.

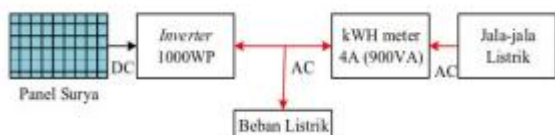
Hal ini dilihat dari efisiensi sel kristal jamak dengan nilai antara 14%-16% [9].

Dalam instalasi pemasangannya PLTS dapat dipasang pada lahan kosong, atas atap, bahkan mengapung di perairan. PLTS apung lebih cocok dimanfaatkan pada daerah kepulauan dengan perairan yang tenang. Modul panel yang digunakan diletakkan pada kapal yang sudah didesain khusus PLTS. Berikut ini desain PLTS atas air yang diteliti oleh Halida dan Wasis pada Kepulauan Selayar [10].



Gambar 4 Desain PLTS air [10]

Adapun PLTS lahan dengan PLTS atap cocok dipasang di daerah daratan. Namun perbedaan keduanya ialah pada kepadatan rumah dan sedikitnya lahan. Jika suatu daerah memiliki lahan yang kecil dan padat penduduk maka PLTS atas atap sangat cocok diterapkan. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Iswanjono dan Tjendro pada masyarakat daerah Yogyakarta. Hasil penelitian membuktikan bahwa PLTS atap yang dipasang dapat menghasilkan efisiensi 30%. Nilai tersebut dapat menghemat pembayaran listrik 8% tiap bulannya [11].



Gambar 5 Blok diagram PLTS atap on-grid [11]

Sebagaimana proyek pada umumnya, PLTS membutuhkan studi analisis kelayakan sebelum pembangunan. Analisis tersebut dilakukan agar terhindar dari kerugian investasi yang besar. Analisis kelayakan ekonomi PLTS sudah banyak dilakukan dengan metode NPV. Sebagaimana yang telah dilakukan oleh Yudi Chandra pada Politeknik Negeri Ketapang. Hasil penelitian menjelaskan bahwa pemasangan PLTS di POLINEKA layak untuk dilanjutkan. Nilai NPV yang dihasilkan sebesar 3.780.859.337 dan 1.261.298.274 [12]. Nilai proyek yang dilakukan tidak memperhitungkan fleksibilitas perubahan harga jual listrik. Kenyataannya PLTS merupakan proyek energi terbarukan yang membutuhkan alokasi waktu sangat panjang dalam

pengembalian investasinya. Hal ini tidak dapat dianalisis kelayakan ekonominya hanya dengan menggunakan metode NPV saja. Karena karakteristik dari metode NPV yang hanya memutuskan lanjut atau tidak saja. Sedangkan PLTS sendiri memiliki waktu lama dalam pengembalian investasinya akibat dari ketidakpastian dan fleksibilitas. Sehingga butuh metode baru untuk menganalisis ketidakpastian dan fleksibilitas yang memengaruhi kelayakan tersebut. Metode tersebut adalah metode real option. Metode ini masih sangat baru untuk analisis kelayakan ekonomi pada PLTS. Real option akan mempertimbangkan ketidakpastian perubahan tarif dan biaya investasinya [13].

B. Metode Real Options

Suatu pembangunan proyek membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Perlu adanya perencanaan kelayakan investasi agar tidak terjadi defisit anggaran. Investasi sendiri memiliki 3 karakteristik penting, yaitu [14]:

- Investasi tidak dapat dikembalikan sebagian atau seluruhnya jika terjadi kegagalan investasi
- Investasi bersifat tidak pasti dan berdampak pada masa depan
- Investasi sangat mempertimbangkan waktu. Jika menunda lebih baik, maka investasi dapat ditunda

Proyek di sektor energi merupakan salah satu yang harus memperhatikan nilai investasi. Awalnya sektor ini diatur dan dimonopoli oleh negara. Namun seiring berjalannya waktu, banyak perusahaan swasta yang mendirikan pembangkitan sendiri. Terutama dalam energi terbarukan seperti energi PV dan energi angin. Ketika perusahaan swasta ini masuk maka harga pasar dapat berubah. Harga pasar inilah yang mempengaruhi investasi proyek yang sudah direncanakan. Sehingga perlu metode yang dapat melihat tingkat ketidakpastian suatu proyek.

Salah satu metode yang dapat mengatasi ketidakpastian tersebut adalah metode real option. Metode real option dapat meninjau lebih lanjut kelayakan proyek yang dianalisis menggunakan metode NPV. Ternyata proyek yang NPV nya bernilai negatif tidak selalu berharga mati. Disinilah peran real option dalam meninjau ulang nilai NPV yang negatif. Real option akan memberikan 5 pilihan yang dapat dipilih oleh manajer setelah analisis dilakukan. Ke-5 pilihan tersebut dikelompokkan menjadi 3. Kelompok pertama jika proyek sukses akan ada 2 pilihan yaitu opsi expand atau opsi extend. Kelompok kedua jika proyek kurang sukses maka ada opsi yang dapat dipilih yaitu opsi

mengurangi atau opsi dihentikan. Opsi kelima sekaligus kelompok terakhir ialah opsi menunda proyek [6].

Metode real option mempertimbangkan penilaian opsi untuk menentukan keputusan proyek. Opsi tersebut dipengaruhi nilai ketidakpastian. Contoh ketidakpastian pada PLTS adalah kenaikan harga listrik dan juga bi 7 days repo rate. Metode ini membutuhkan 5 parameter dalam analisisnya. Kelima parameter berikut ialah [7]:

1. *Underlying asset* (aset pokok), nilai ini didapat dari total NPV pada proyek dan biaya kapital. NPV dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \left[\frac{Arus\ kas_t}{(1+i)^t} \right] - H \quad (1)$$

di mana,

NPV : nilai kelayakan net present value

n : umur proyek

i : discount rate

t : periode proyek (tahun ke-)

H : investasi awal

Jika nilai NPV > 0, maka investasi layak dilanjutkan. Adapun NPV < 0 maka investasi tidak layak dilanjutkan

2. *Strike price* (biaya kapital) didapat dari nilai investasi awal
3. Nilai n yang berupa umur proyek
4. Nilai ketidakpastian (volatilitas) kenaikan NPV dalam 10 tahun ke belakang. Volatilitas dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$U_i = \ln \frac{NPV_{n+1}}{NPV} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{U_i - U_i^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

Di mana,

U_i : *growth rate*

σ : *volatilitas NPV*

\bar{U}_i : *rata-rata laju pertumbuhan*

5. Risk free rate yang berupa laju pengembalian tanpa risiko. Sebagai pembanding nilai pengembalian. Nilai ini diambil dari Treasury Bill Bank Federal US. Nilai Risk free rate sendiri sebesar 0.0038

Setelah parameter dan data terkumpul, analisis kelayakan dilanjutkan dengan menghitung nilai probabilitas, nilai naik (*up*), dan nilai turun (*down*). Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menentukan

opsi dalam proyek. Berikut ini persamaan yang dapat digunakan untuk mencari nilai-nilai di atas

$$u = e^{\sigma\sqrt{T}} \quad (4)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T}} \quad (5)$$

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d} \quad (6)$$

Di mana,

u: laju kenaikan

d: laju penurunan

p: probabilitas

T: periode

r: risk free rate

Nilai tersebut digunakan untuk menghitung nilai opsi. Nilai opsi (*strategic NPV*) merupakan nilai akhir proyek yang ditarik ke awal investasi. Nilai ini juga penjumlahan dari NPV dan nilai tambah aliran kas yang memperhitungkan kenaikan harga. Berikut ini persamaan nilai opsi

$$f = e^{-r\Delta t} (pfu + (1-p)fd) \quad (7)$$

Di mana,

f: nilai opsi

fu: nilai aset pokok dikali laju kenaikan

fd: nilai aset pokok dikali laju penurunan

Nilai akhir dari metode real option adalah nilai opsi dan nilai premium. Di mana nilai premium dihitung dari selisih antara nilai opsi dan NPV. Jika keduanya positif maka opsi melanjutkan proyek diutamakan [15].

C. Sustainable Energy Fund (SUF)

Sustainable energy fund (SUF) merupakan salah satu program insentif berupa hibah yang dibuat oleh Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (DJEBTKE) Kementerian ESDM bekerjasama dengan United Nations Development Programme (UNDP) dalam proyek Market Transformation for Renewable Energy and Energy Efficiency (MTRE3). Sistem insentif ini berasal dari Global Environment Facility (GEF) yang akan dikelola oleh Badan Pengelola Dana Lingkungan Hidup (BPD LH). Tujuan pengadaan insentif adalah sebagai percepatan penggunaan EBT di masyarakat. Hal ini sejalan dengan program transisi energi zero emission yang ditargetkan pemerintah. Dalam program tersebut pemerintah menyediakan insentif sebesar 5 MWp untuk 1.296 pelanggan. Ada 4 kategori yang dapat mengajukan insentif yaitu sosial, bisnis, industri, dan rumah tangga [16]. Pelanggan dapat meninjau lebih lanjut persyaratan dari website

<https://isurya.mtre3.id/>. Di dalamnya juga terlihat jumlah pengajuan tersisa, diproses, dan disetujui.

GOLONGAN PELANGGAN DAN DAYA LISTRIK TERPASANG	MINIMUM KAPASITAS PLTS ATAP (kWp)	UNIT VOUCHER	JUMLAH E-VOUCHER YANG DISETUJUI	JUMLAH E-VOUCHER DALAM PROSES VERIFIKASI	JUMLAH E-VOUCHER YANG MASIH TERSEDIA	
Rumah Tangga (R1-R3) 1300 VA s/d > 5500 VA	1 kWp	2,800,000/1kWp	603	200	1,132	Ajukan
Bisnis (B1) 1300 VA s/d 5500 VA	1 kWp	5,400,000/1kWp	30	24	481	Ajukan
Bisnis (B2 - B3) 6600 VA s/d 200 kVA	1 kWp	2,100,000/1kWp	90	314	1,558	Ajukan
Industri (I1-I2) 2200 VA s/d 200 kVA	1 kWp	4,550,000/1kWp	0	0	311	Ajukan
Industri (I3) > 200 kVA	5 kWp	4,550,000/5kWp	17	36		Ajukan
Sosial (S2) 3500 VA s/d 200 kVA	1 kWp	7,700,000/1kWp	85	20	798	Ajukan
Sosial (S3) > 200 kVA	1 kWp	7,700,000/1kWp	11	0		Ajukan
Total					4,280	

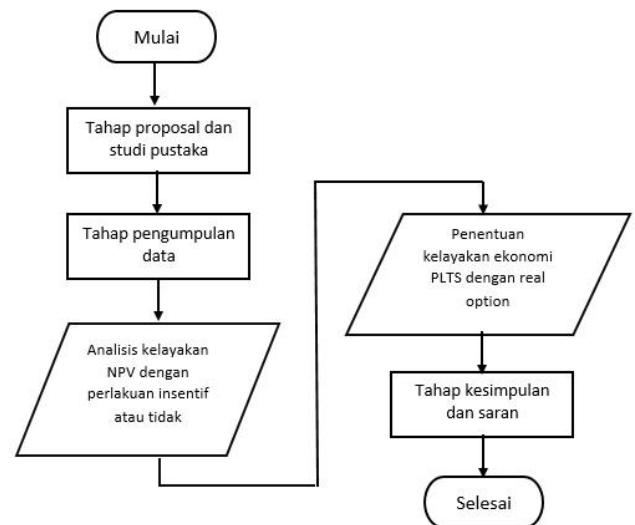
Gambar 6 Voucher insentif yang tersisa

D. SMA Future Gate

SMA Future Gate merupakan sebuah sekolah swasta yang berada di bawah naungan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Sekolah ini berada di Jl. Yudistira, kompleks Pemda Jatiasih Blok A, Kota Bekasi. Institusi ini menyelenggarakan program sekolah menengah atas yang memiliki 3 jurusan yaitu jurusan Ilmu Pengetahuan Alam, Ilmu Pengetahuan Sosial, dan Bahasa. Penyelenggaraan kegiatan belajar mengajar dibagi menjadi 2 jenis yaitu fullday dan boarding. Siswa boarding akan tetap tinggal di lingkungan sekolah sampai akhir pekan lalu pulang ke rumah masing-masing. Sekolah memiliki 3 gedung yang digunakan dalam kegiatan belajar mengajar. Gedung utama memiliki 22 ruangan yang terdiri 12 ruang kelas, 2 ruang administrasi, 2 ruang pengurus sekolah, 1 ruang guru, 2 ruang staff sekolah, 1 ruang uks, 1 ruang laboratorium, dan 1 ruang learning centre. Ruang kelas, laboratorium, ruang guru, dan ruang pengurus sekolah menggunakan 2 pendingin ruangan. Sedangkan ruang administrasi, ruang uks, ruang staff sekolah menggunakan 1 pendingin ruangan. Sehingga total pendingin ruangan pada gedung utama adalah 38. Gedung boarding memiliki 6 ruangan dengan 1 pendingin setiap ruangnya. Gedung masjid memiliki 8 pendingin ruangan. Sehingga total penggunaan pendingin ruangan untuk semua gedung adalah 52. Jika rata-rata pendingin ruangan 1 Pk memiliki 800 watt, maka total daya untuk penggunaan pendingin ruangan adalah 41000 watt dalam 1 waktu.

II. METODE

Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahapan yang digambarkan dalam gambar berikut



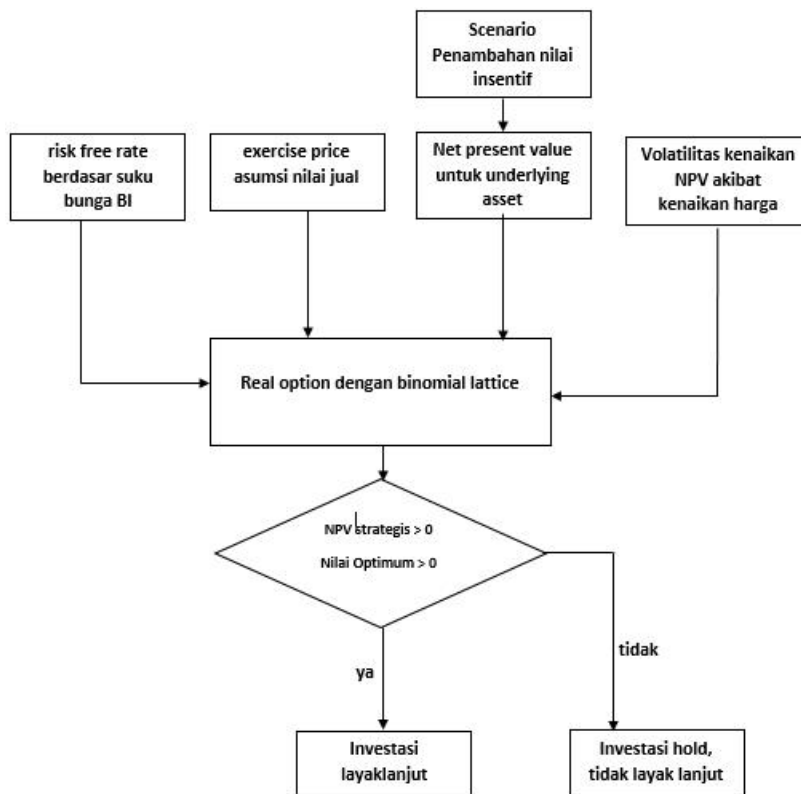
Gambar 7 Tahapan penelitian

Tahapan pertama adalah studi literatur dan pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi dan studi historis kelistrikan SMA Future Gate. Studi literatur dilakukan untuk meninjau kembali metode yang digunakan pada penelitian. Data yang dibutuhkan dalam penelitian adalah kebutuhan daya listrik, biaya investasi awal pada instalasi, dan data parameter PLTS dari website global solar atlas.

Tahap kedua merupakan tahap analisis data dan pembahasannya. Penelitian ini menggunakan metode real option untuk mengolah datanya. Pada proses

analisis, akan diberikan 2 perlakuan. Perlakuan pertama ketika investasi tanpa menggunakan insentif pemerintah. Adapun perlakuan kedua memanfaatkan subsidi insentif dari pemerintah. Dari kedua

perlakuan tersebut akan dilihat perbedaannya. Setelah data diproses, langkah selanjutnya membahas keluaran data. Keputusan akhir proyek akan dibahas mengacu pada literatur yang ada.



Gambar 8 Tahap analisis data

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Historis Kelistrikan SMA Future Gate

Data pertama yang dibutuhkan adalah kebutuhan daya untuk kelistrikan SMA Future Gate. Sebagian besar daya digunakan untuk mengoperasikan pendingin ruangan.

Tabel 1. Kebutuhan daya listrik

No	Peralatan	Daya (W)	Jumlah	Total daya (W)
1	AC kelas	800 W	24	19200 W
2	AC ruang administrasi	800 W	14	11200 W
3	AC masjid	800 W	8	6400 W
4	AC asrama	800 W	6	4800 W
5	PC 1 set	200 W	4	800 W
6	Pompa air	900 W	2	1800 W
total				44200 W

Model PLTS yang direncanakan adalah PLTS atap yang dipasang di atas gedung. Berikut ini gedung SMA Future Gate yang layak dipasang PLTS. Untuk gedung asrama dan masjid tidak layak dipasang PLTS karena bentuk atap yang tidak linier. Sehingga jumlah maksimal PLTS yang dipasang ada 5 modul. Dengan kapasitas setiap modul sebesar 10000 Wp.

Tabel 2 Atap yang layak dipasang PLTS

No	tempat	Luasan (m ²)	Wp	jumlah
1	Gedung utama SMA Future Gate	533,5 m ²	10000 Wp	3
2	Gedung asrama	225 m ²	10000 Wp	0
3	parkiran motor	68,67 m ²	10000 Wp	1
4	parkiran mobil	113 m ²	10000 Wp	1
5	masjid	300 m ²	10000 Wp	0

Data penunjang lain adalah besar pembayaran listrik yang dipakai selama setahun. Pada tahun 2021 sekolah mengeluarkan biaya sebesar Rp 73,434,235.00. Biaya tersebut sedikit berkurang

karena beberapa kali pembelajaran dilakukan secara daring. Jika dalam kondisi normal maka biaya pembayaran listrik akan semakin besar.

Tabel 3. Pemakaian dan pengeluaran listrik 2021

No	Bulan	Pemakaian (kWh)	Pengeluaran (Rp)
1	Januari	7422 kWh	Rp 6,686,277.00
2	Februari	6562 kWh	Rp 5,911,503.00
3	Maret	6423 kWh	Rp 5,780,700.00
4	April	6716 kWh	Rp 6,044,400.00
5	Mei	6322 kWh	Rp 5,695,748.00
6	Juni	6910 kWh	Rp 6,219,000.00
7	Juli	6273 kWh	Rp 5,645,700.00
8	Agustus	6933 kWh	Rp 6,239,700.00
9	September	6642 kWh	Rp 5,983,953.00
10	Oktober	7506 kWh	Rp 6,994,791.00
11	November	8291 kWh	Rp 7,467,621.00
12	Desember	5102 kWh	Rp 4,764,842.00
total		81102 kWh	Rp 73,434,235.00

B. Nilai Investasi Awal (*Strike Price*)

Sebelum kelayakan NPV dihitung. Langkah pertama adalah menghitung nilai investasi awal. Investasi awal pada proyek ini terdiri dari biaya pembelian komponen dan pemasangannya, penyangga modul PLTS, serta biaya tak terduga. Biaya tak terduga dianggarkan 5% dari sub total komponen PLTS. Biaya PLTS ditentukan oleh Solar Energy Power selaku pihak ketiga instalasi PLTS. Untuk harga kanopi rangka PLTS ditentukan oleh raja canopy selaku pihak ketiga. Harga-harga tersebut didapat melalui survey dan observasi pasar.

Tabel 4. Nilai Investasi Awal (*Strike Price*)

No	Pengeluaran	Jumlah	Total Harga (Rp)
1	1 Paket sistem PLTS 50000 wattpeak	1	Rp 975,000,000.00
2	Kanopi dan penyangga PLTS	300 m ²	Rp 150,000,000.00
Sub total			Rp 1,125,000,000.00
3	Biaya tak terduga, 5% dari sub total		Rp 48,750,000.00
Total tanpa insentif			Rp 1,173,750,000.00
4	Insentif		Rp 385,000,000
Total ketika insentif disetujui			Rp 788,750,000.00.

Dari tabel di atas dijelaskan bahwa nilai investasi awal sebelum mendapat insentif sebesar Rp 1,173,750,000.00. Jika insentif yang diajukan disetujui maka investasi awal dapat dikurangi. Besaran insentif yang diberikan sesuai dengan jumlah daya PLTS yang diminta. Untuk golongan

sosial dengan jumlah daya PLTS antara 3500 VA s/d 200 kVA adalah 7,700,000/1kWp. Sehingga total insentif yang diterima saat proyek PLTS sebesar 50 kVA adalah Rp 385,000,000. Ketika pengajuan insentif disetujui maka investasi awal menjadi Rp 788,750,000.00.

C. Nilai Net Present Value (NPV) Proyek PLTS

Nilai NPV merupakan *Underlying asset* atau aset pokok. Nilai ini perlu dihitung sebelum menganalisis proyek secara ROV. Setelah menghitung menggunakan persamaan 1, didapatkan hasil total *present value* sebesar Rp 451,750,666.15.

Tabel 4. Nilai present value proyek PLTS

No	Cash inflow	Discount ed Factor	Present value
1	Rp 49,768,500.00	0.91	Rp 45,244,090.91
2	Rp 49,768,500.00	0.83	Rp 41,130,991.74
3	Rp 49,768,500.00	0.75	Rp 37,391,810.67
4	Rp 49,768,500.00	0.68	Rp 33,992,555.15
5	Rp 49,768,500.00	0.62	Rp 30,902,322.87
6	Rp 49,768,500.00	0.56	Rp 28,093,020.79
7	Rp 49,768,500.00	0.51	Rp 25,539,109.81
8	Rp 49,768,500.00	0.47	Rp 23,217,372.55
9	Rp 49,768,500.00	0.42	Rp 21,106,702.32
10	Rp 49,768,500.00	0.39	Rp 19,187,911.20
11	Rp 49,768,500.00	0.35	Rp 17,443,555.64
12	Rp 49,768,500.00	0.32	Rp 15,857,777.85
13	Rp 49,768,500.00	0.29	Rp 14,416,161.68
14	Rp 49,768,500.00	0.26	Rp 13,105,601.53
15	Rp 49,768,500.00	0.24	Rp 11,914,183.21
16	Rp 49,768,500.00	0.22	Rp 10,831,075.64
17	Rp 49,768,500.00	0.2	Rp 9,846,432.40
18	Rp 49,768,500.00	0.18	Rp 8,951,302.19
19	Rp 49,768,500.00	0.16	Rp 8,137,547.44
20	Rp 49,768,500.00	0.15	Rp 7,397,770.40
21	Rp 49,768,500.00	0.14	Rp 6,725,245.82
22	Rp 49,768,500.00	0.12	Rp 6,113,859.84
23	Rp 49,768,500.00	0.11	Rp 5,558,054.40
24	Rp 49,768,500.00	0.1	Rp 5,052,776.72
25	Rp 49,768,500.00	0.09	Rp 4,593,433.39
total			Rp 451,750,666.15

Nilai total *present value* kemudian dikurangkan dengan nilai investasi awal tanpa insentif sebesar Rp 1,173,750,000.00. Sehingga didapatkan nilai NPV tanpa insentif sebesar -Rp 353,489,741.01. Ketika nilai NPV negatif maka proyek tidak layak dilanjutkan menurut metode DCF. Namun menurut metode ROV nilai NPV negatif perlu dihitung kembali. Terutama untuk proyek yang bersifat dinamis seperti PLTS. Di sisi lain ketika insentif disetujui maka nilai NPV menjadi Rp 94,964,090.17. Kita tidak dapat memastikan insentif akan disetujui.

Oleh karena itu uji kelayakan lanjutan menggunakan metode ROV harus dilakukan.

D. Analisis Nilai fleksibilitas kenaikan harga

Hal pertama yang harus dilakukan sebelum menguji menggunakan ROV ialah mencari nilai fleksibilitasnya. Pada proyek PLTS nilai fleksibilitas yang dapat digunakan adalah kenaikan harga listrik. Kenaikan harga listrik akan dilihat historisnya selama 10 tahun terakhir. Data harga listrik 10 tahun terakhir sebesar Rp 755 pada tahun 2012, Rp 789 pada tahun 2013-2015, dan Rp 900 pada tahun 2016-2022. Dari data tersebut kemudian dicari nilai NPV sebagaimana NPV pada tahun 2022. Tabel di bawah merupakan hasil perhitungan NPV 10 tahun terakhir

Tabel 5. NPV pada saat harga listrik berbeda

Tahun	NPV	Aset Pokok
2012	-Rp 516,810,013.56	Rp 656,939,986.44
2013	-Rp 478,514,225.52	Rp 695,235,774.48
2014	-Rp 478,514,225.52	Rp 695,235,774.48
2015	-Rp 478,514,225.52	Rp 695,235,774.48
2016	-Rp 353,489,741.01	Rp 820,260,258.99
2017	-Rp 353,489,741.01	Rp 820,260,258.99
2018	-Rp 353,489,741.01	Rp 820,260,258.99
2019	-Rp 353,489,741.01	Rp 820,260,258.99
2020	-Rp 353,489,741.01	Rp 820,260,258.99
2021	-Rp 353,489,741.01	Rp 820,260,258.99
2022	-Rp 353,489,741.01	Rp 820,260,258.99

Dari data kenaikan NPV maka dengan menggunakan persamaan 2 didapatkan nilai growth rate sebesar $-0.07699,0$, dan -0.30283 . Kemudian setelah dihitung rata-ratanya didapatkan rata-rata laju kenaikan sebesar -0.037 . Nilai ini akan digunakan untuk menghitung nilai volatilitas.

E. Nilai Keputusan Proyek

Pada akhir analisis nilai NPV, fleksibilitas, dan aset pokok akan diolah menggunakan *binomial lattice*. Dari hasil tersebut kita dapat meninjau kembali apakah proyek layak diteruskan atau ditahan. Hasil pengolahan dengan binomial lattice dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 6. Parameter binomial lattice

No	Parameter	Nilai
1	Aset Pokok	Rp 820,260,258.99
2	NPV	-Rp 353,489,741.01
3	Option Premium	Rp 1,252,075,078.02
4	NPV Strategis	Rp 898,585,337.01
5	Volatilitas	0.096152587

Nilai aset pokok sebesar Rp 820,260,258.99 didapat dari penjumlahan NPV dengan investasi

awal tanpa insentif. Nilai volatilitas sebesar 0.096152587 dicari menggunakan persamaan 3. Nilai ini digunakan untuk menghitung laju kenaikan dan laju penurunan. Nilai tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan 4, 5, dan 6. Hasil laju kenaikan sebesar 1.617307833, laju penurunan sebesar 0.198432193, dan nilai probabilitas sebesar 0.635169593. Semakin kecil nilai volatilitas maka tingkat fleksibilitasnya semakin rendah. NPV strategis atau nilai opsi merupakan nilai akhir proyek yang ditarik ke tahun pertama.

Saat uji kelayakan PLTS menggunakan metode DCF didapatkan hasil NPV sebesar -Rp 353,489,741.01. Setelah diuji lebih lanjut menggunakan menggunakan metode ROV, hasil NPV opsi positif dengan nilai Rp 898,585,337.01. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada harapan proyek memberikan keuntungan jika dilanjutkan. Nilai option premium yang besar menandakan bahwa proyek dapat memberikan keuntungan setelah melewati umur proyek PLTS. Nilai optimum yang tinggi mengindikasikan bahwa proyek PLTS memberikan keuntungan yang besar setelah periode berakhir.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Proyek PLTS pada SMA Future Gate layak untuk dibangun. Baik ketika mendapatkan insentif dari SEF atau tidak. Nilai NPV saat mendapat insentif sebesar Rp 94,964,090.17. Saat insentif tidak disetujui nilai NPV sebesar -Rp 353,489,741.01. Walau NPV negatif kelayakan dapat ditinjau lebih lanjut menggunakan metode ROV. Didapatkan nilai NPV strategis sebesar Rp 898,585,337.01 dan nilai option premium sebesar 1,252,075,078.02.

B. Saran

Penelitian kedepan perlu menambah variasi dalam tingkat suku bunga. Karena nilai suku bunga yang bersifat dinamis. Sehingga parameter volatilitas dapat dipengaruhi oleh suku bunga tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan pada SMA Future Gate yang telah membantu kami dalam menyediakan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Albertus and Y. Zalukhu, "Dampak Dan Pengaruh Pertambangan Batubara Terhadap Masyarakat Dan Lingkungan Di Kalimantan Timur," *LEGALITAS*, vol. IV, no. 1, pp. 42-56, 2019.
- [2] S. N. Qodriyatun, "Green Energy Dan Target Pengurangan Emisi," Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI, Jakarta Pusat, 2021.
- [3] P. G. Chamdareno and H. Hilal, "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten," *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liStrik kOmputeR)*, pp. 37-44, 2018.
- [4] F. P. Martha, "Sidang 1st Energy Transitions Working Group (ETWG) G20 Tuntas, Sepakati Tiga Isu Utama," 26 Maret 2022. [Online]. Available: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20220326/44/1515308/sidang-1st-energy-transitions-working-group-etwg-g20-tuntas-sepakati-tiga-isu-utama>.
- [5] R. R. A. Hakim, "Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review," *ANDASIH Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. I, no. 1, pp. 1-11, 2020.
- [6] A. Witjaksono, "REAL OPTION ANALYSIS (ROA)," *The WINNERS*, pp. 54-61, 2003.
- [7] M. K. E. Husin, Aryo Prawoto Wibowo and F. A. Rosyid, "APLIKASI METODE EVALUASI EKONOMI REAL OPTION PADA RENCANA INVESTASI SMELTER NICKEL PIG IRON," in *PROSIDING TPT XXIX PERHAPI*, Jakarta Selatan, 2020.
- [8] D. E. M. Rumbayan, *ENERGI SURYA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF YANG TERBARUKAN*, Ahlimedia Book, 2020.
- [9] K. Akhmad, "PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PENERAPANNYA UNTUK DAERAH TERPENCIL," *Dinamika Rekayasa*, vol. I, no. 1, pp. 28-33, 2005.
- [10] H. A. E. Islamy and W. D. A. , "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Apung untuk Wilayah Kepulauan Selayar, Sulawesi Selatan," *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. VII, no. 2, pp. G161-G166, 2018.
- [11] Iswanjonoa and Tjendro, "Studi Kelayakan Sistem PLTS Atap On-Grid 1000WP pada Pelanggan Listrik PLN 900VA R1M," in *SNISTEK 4*, Batam, 2022.
- [12] Y. Chandra, "Analisis Ekonomi Energi Perencanaan Pembangunan PLTS (Studi Kasus Gedung Kuliah Politeknik Negeri Ketapang)," *Jurnal ELKHA* , vol. VIII, no. 1, pp. 25-31, 2016.
- [13] F. Penizzotto, R. Pringles and F. Olsina, "Real options valuation of photovoltaic power investments in existing buildings," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 114, no. 114, pp. 1-14, 2019.
- [14] A. Gazheli and J. v. d. Bergh, "Real options analysis of investment in solar vs. wind energy: Diversification strategies under uncertain prices and costs," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, no. 3, pp. 2693-2704, 2018.
- [15] D. P. TUA, A. P. WIBOWO and F. A. ROSYID, "Coal Reserves Evaluation by Considering Option Value," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. XVI, no. 3, pp. 139-147, 2020.
- [16] Admin, "HIBAH SUSTAINABLE ENERGY FUND (SEF) INSENTIF PLTS ATAP," 15 Maret 2022. [Online]. Available: <https://www.id.undp.org/content/indonesia/en/home/projects/isurya-mtre3.html>.