

Analisis Perhitungan Ekonomi-Teknik Dan Kelayakan Ekonomi Dalam Pengembangan Energi Baru Terbarukan

1st Muhammad Agung Ramadhan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
agngramadhan@student.telkomuniver
ty.ac.id

2nd Jangkung Raharjo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
jangkungraharjo@student.telkomuniver
sity.ac.id

3rd Efri Suhartono
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
efrisuhartono@student.telkomuniver
sity.ac.id

Abstrak — Potensi energi baru terbarukan di Indonesia mencapai 443 GW, termasuk energi air, angin, surya, biomassa, mikrohidro, dan panas bumi. Pemerintah telah mendorong penggunaan energi terbarukan melalui kebijakan seperti Perpres No. 22 tahun 2017, dengan target bauran energi 23% pada 2025 dan 31% pada 2050. Namun, pengembangan energi terbarukan memerlukan biaya investasi yang lebih tinggi dibandingkan pembangkit fosil, sehingga perlu dilakukan upaya untuk menganalisa aspek keekonomiannya. Pertimbangan ekonomi juga menjadi faktor penting dalam pengoperasian dan pembangunan pembangkit energi terbarukan, termasuk pengembangan jenis pembangkit hybrid yang optimal. Dalam hal ini, diperlukan analisis ekonomi-teknik dan kelayakan ekonomi sebagai parameter dalam mengoptimalkan pengembangan energi terbarukan dan membantu dalam mengevaluasi pengembangan energi baru terbarukan. Parameter yang digunakan dalam aspek ekonomi ialah LCC, CRF, dan COE sebagai parameter ekonomi-teknik sedangkan NPV, BCR dan DPP sebagai parameter kelayakan ekonomi. Dengan menganalisa aspek keekonomian dalam mengembangkan energi baru terbarukan, hasil pengembangan akan lebih optimal dilihat dari aspek ekonomi

Kata kunci— Potensi energi terbarukan, Analisa Kelayakan Investasi, Ekonomi-Teknik.

I. PENDAHULUAN

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) merilis capaian kinerja tahun 2020 di subsektor ketenagalistrikan. Rasio elektrifikasi tercatat mencapai 99,20 persen. Jumlah rumah tangga yang berlistrik telah meningkat 14,85% dalam enam tahun terakhir. Tahun ini, Kementerian ESDM menargetkan rasio elektrifikasi mencapai 100% [1]. Namun, melihat kondisi sumber daya alam yang semakin menipis maka dibutuhkan terobosan baru untuk mengurangi ketergantungan akan sumber energi fosil. Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi salah satu solusi yang tepat, dengan memanfaatkan sumber energi seperti angin, air, cahaya matahari, dsb.

Energi baru terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang semakin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan [2]. Transisi energi konvensional ke

EBT merupakan upaya bersama antara PLN, Pemerintah dan semua pihak, sehingga dampak biayanya agar tidak dibebankan hanya pada PLN maupun masyarakat, namun perlu didukung juga oleh Pemerintah maupun lembaga-lembaga internasional. Pemahaman yang perlu ditanamkan dalam pengaplikasian energi baru terbarukan terhadap masyarakat ialah tentang analisis kelayakan investasi. PLN telah membuat rancangan usaha penyedia tenaga listrik (RUPTL) tahun 2021-2030 guna perencanaan jumlah kapasitas dalam pengembangan pembangkit EBT [3].

Dalam memaksimalkan proses target roadmap yang sudah ditentukan oleh RUPTL maka dibutuhkan sebuah sistem perhitungan yang dapat membantu pengembangan EBT. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan membahas mengenai algoritma analisis kelayakan investasi yang dikembangkan menggunakan perangkat lunak secara *realtime* (Berbasis Web). Dalam aplikasi tersebut terdapat sebuah sistem yang dapat menghitung biaya investasi, serta dapat memberikan analisis kelayakannya dalam pembangunan EBT. Melalui sistem aplikasi tersebut akan memungkinkan para pemangku kepentingan, seperti pengembang proyek, investor, dan pemerintah, dapat mengakses informasi yang akurat dan terkini terkait tingkat kelayakan investasi pada proyek EBT. Dengan demikian, mereka dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam perencanaan dan pengembangan proyek serta mempercepat transisi menuju sistem energi yang berkelanjutan.

II. KAJIAN TEORI

A. Potensi Energi Terbarukan

Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat besar, mencapai 443 GW, yang meliputi energi air, angin, surya, biomassa, mikrohidro, dan panas bumi. Pemerintah Indonesia telah menetapkan target bauran energi sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 melalui kebijakan Perpres Nomor 22 tahun 2017. Pemanfaatan energi terbarukan menjadi fokus dalam upaya mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mempromosikan keberlanjutan energi [1].

Namun, melihat kondisi sumber daya alam yang semakin menipis maka dibutuhkan terobosan baru untuk mengurangi ketergantungan akan sumber energi fosil. Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi salah satu solusi yang tepat, dengan memanfaatkan sumber energi seperti angin, air, cahaya matahari, dsb.

Energi baru terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang semakin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan [4]

B. Analisis Ekonomi-Teknik

Dalam menghitung ekonomi-teknik di perlukan metode-metode untuk melakukan perhitungan.. Hal ini menjadi acuan untuk mengestimasi biaya yang terkait dengan pengembangan proyek energi baru terbarukan. Untuk metode yang digunakan ialah :

1. Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost) [5]

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama kehidupannya. Biaya siklus hidup (LCC) diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$LCC = C + MPW + RPW$$

Dimana :

LCC = Biaya siklus hidup (Life Cycle Cost).

C = Biaya investasi awal adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk pembelian komponen-komponen PLTS, biaya instalasi dan biaya lainnya misalnya biaya untuk rak penyangga.

MPW = Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.

RPW = Biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian yang harus dikeluarkan selama umur proyek. Contohnya adalah biaya untuk penggantian baterai.

2. Faktor Pemulihan Modal (Capital Recovery Factor) [5]

Faktor pemulihan modal diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

CRF = Faktori Pemulihan Modal

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi)

3. Biaya Energi (Cost of Energy) [6]

Biaya energi (Cost Of Energy) PLTS diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Cost of Energy (COE)} = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}}$$

Dimana :

COE = Cost of Energy atau Biaya Energi (Rp/kWh)

CRF = Faktor pemulihan modal

A kWh = Energi yang di bangkitkan tahunan (kWh/tahun)

C. Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan investasi energi terbarukan adalah proses evaluasi yang dilakukan untuk menentukan apakah pengembangan proyek EBT secara finansial layak atau tidak. Analisis ini mencakup perhitungan biaya investasi, estimasi pendapatan, pengeluaran operasional, dan tingkat pengembalian investasi. Faktor-faktor seperti harga energi, insentif pemerintah, dan faktor risiko juga diperhitungkan dalam mengevaluasi keuntungan investasi jangka panjang. Melalui analisis kelayakan investasi energi terbarukan, dapat

diidentifikasi proyek yang menguntungkan dan berkelanjutan secara ekonomi. Dalam analisis kelayakan investasi menggunakan beberapa persamaan, yaitu:

1. Net Present Value (NPV) [7][8]

Untuk menghitung Net Present Value (NPV) dipergunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Net Present Value (NPV)} = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - II \dots$$

Dimana :

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

II = Investasi awal (Initial Investment)

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi)

NPV positif menandakan proyek layak dilaksanakan karena memberikan keuntungan selama periode yang diperhitungkan.

NPV negatif menandakan proyek tidak layak dilaksanakan karena tidak memberikan keuntungan selama periode yang diperhitungkan.

2. Benefit Cost Rate (B-CR) [9]

Dalam melakukan perhitungan *Cost Benefit* digunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Benefit Cost Ratio (BCR)} = \frac{B}{C} = \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} \dots$$

Dari persamaan diatas, bisa diketahui nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR). Jika *B/C Ratio* lebih besar dari 1, maka manfaat (*Benefit*) yang dihasilkan selama umur ekonomis proyek lebih dari biaya (*Cost*) dan investasi (*Investement*), sehingga proyek tersebut baik (*Favourable*). Apabila *B/C Ratio* kurang dari 1, maka manfaat yang dihasilkan selama umur ekonomis proyek tidak cukup untuk menutupi biaya dan investasi, sehingga proyek disebut tidak baik (*Unfavourable*).

3. Discounted payback period (DPP) [7][8]

Payback period adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek. *Discounted payback period* (DPP) adalah periode pengembalian uang yang dihitung dengan menggunakan discount factor. DPP dapat dicari dengan menghitung berapa tahun alur kas bersih nilai sekarang kumulatif yang ditaksir akan sama dengan investasi awal.

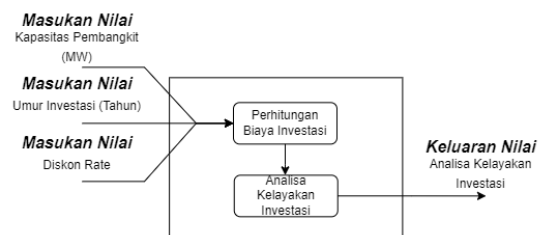
Kriteria pengambilan keputusan apakah proyek yang ingin dijalankan layak atau tidak layak untuk metode ini adalah :

Investasi proyek akan dinilai layak apabila DPP memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek.

Investasi proyek belum dinilai layak apabila DPP memiliki periode waktu lebih panjang dari umur proyek.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Rancangan Umum Sistem



GAMBAR 1.

Diagram Blok Rancangan Umum Sistem

Rancangan umum sistem untuk aplikasi analisis kelayakan investasi dalam pengembangan EBT mencakup beberapa komponen utama. Pertama, aplikasi akan memiliki antarmuka pengguna yang memungkinkan pengguna memasukkan data terkait proyek pengembangan EBT, seperti jumlah kapasitas pembangkit (MW), dan jangka waktu investasi (Tahun) dan discount rate. Hasil yang didapatkan dari perhitungan biaya investasi (*LCC, CRF dan COE*) berdasarkan masukkan data oleh pengguna, akan diolah oleh sistem aplikasi untuk mendapatkan analisis tingkat kelayakan investasi. Kedua, sistem analisis kelayakan investasi dilengkapi dengan metode kelayakan ekonomi, seperti *Net Present Value (NPV)*, *Benefit Cost-Rate (BCR)*, dan *Discounted Payback Period (DPP)*. Sistem aplikasi akan mengolah data yang didapatkan dari perhitungan biaya investasi dan memberikan hasil evaluasi kelayakan investasi berdasarkan parameter-parameter tersebut. Selanjutnya, aplikasi akan menyediakan laporan dan visualisasi data yang membantu pengguna memahami hasil analisis dengan lebih jelas mengenai proyeksi keuangan dan tingkat pengembalian investasi.

B. Rancangan Sistem Aplikasi

Dalam rancangan sistem aplikasi analisis kelayakan keekonomian, dilakukan konversi rumus-rumus ekonomi-teknik (*LCC, CRF dan COE*) dan kelayakan ekonomi seperti NPV, BCR, dan DPP ke dalam bentuk program yang digunakan dalam sistem aplikasi. Sistem dimulai dengan pengguna memasukkan nilai kapasitas pembangkit dan jangka waktu investasi. Selanjutnya, sistem melakukan perhitungan investasi, seperti menghitung Life Cycle Cost (LCC), Capital Recovery Factor (CRF), Cost of Energy (COE). Sistem melanjutkan dengan melakukan analisis kelayakan investasi. Hasil analisis kelayakan investasi kemudian ditampilkan sebagai keluaran nilai kepada pengguna.



GAMBAR 2.
Diagram Alur Sistem Aplikasi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Ekonomi-Teknik dan Kelayakan Ekonomi.

Analisis ekonomi-teknik bertujuan untuk menjadi tolak ukur dalam pengembangan energi terbarukan mulai dari biaya investasi, biaya komponen, pemeliharaan serta menentukan harga listrik. Analisis kelayakan ekonomi sendiri bertujuan untuk menentukan layak tidaknya pengembangan EBT untuk dilanjutkan, nilai kapasitas akan menggunakan jumlah kapasitas sesuai RUPTL pada tahun 2023 (Tabel 1), untuk nilai *default* yang digunakan pada umur investasi adalah 20-30 tahun, mengacu umur lifetime PLT lain pada umumnya, dan 5%-10% untuk discount rate.

TABEL 1.
Roadmap RUPTL pada Tahun 2023

Roadmap RUPTL 2021-2030			
No	Pembangkit-EBT	Kapasitas	2023
1	PLTP	Mw	190
2	PLTA	Mw	132
3	PLTM	Mw	277
4	PLTS	Mw	1306
5	PLT Bio	Mw	88
Jumlah		Mw	1993

B. Perhitungan Tekno Ekonomi Pada EXCEL

TABEL 2.
Perhitungan Ekonomi-Teknik PLTP

Jenis Pembangkit	PLTP
Kapasitas	190
LCC	Rp13.721.952.000.000
CRF	0,08
COE	Rp919

TABEL 3.
Perhitungan Ekonomi-Teknik PLTA

Jenis Pembangkit	PLTA
Kapasitas	132
LCC	Rp6.415.200.000.000,00
CRF	0,08
COE	Rp618

TABEL 4.
Perhitungan Ekonomi-Teknik PLTM

Jenis Pembangkit	PLTMikro
Kapasitas	277
LCC	Rp6.980.400.000.000
CRF	0,08
COE	Rp321

Tabel 5
Perhitungan Ekonomi-Teknik PLTS

Jenis Pembangkit	PLTS
Kapasitas	1036
LCC	Rp18.648.000.000.000
CRF	0,08
COE	Rp229

TABEL 6.
Perhitungan Ekonomi-Teknik PLTBio

Jenis Pembangkit	PLTBio
Kapasitas	88
LCC	Rp13.544.784.000.000
CRF	0,08
COE	Rp1.958

Berdasarkan perhitungan investasi energi terbarukan dilakukan dengan metode LCC, CRF, COE. Ialah :

- Perbandingan LCC Terlihat perbedaan yang signifikan dalam estimasi biaya total (LCC) antara berbagai jenis pembangkit. PLTS memiliki LCC tertinggi sebesar Rp18.648.000.000.000, sedangkan PLTA memiliki LCC terendah sebesar Rp6.415.200.000.000. Hal ini menunjukkan bahwa pembangkit dengan kapasitas

yang lebih besar cenderung memiliki LCC yang lebih tinggi.

1. Perbandingan COE atau biaya energi per kWh juga bervariasi antara jenis pembangkit. PLTS memiliki COE terendah sebesar Rp.229 per kWh, sedangkan PLTBiomassa memiliki COE tertinggi sebesar Rp1.958 per kWh. COE yang lebih rendah menunjukkan bahwa pembangkit tersebut dapat menghasilkan energi dengan biaya yang lebih efisien.
2. Pengaruh kapasitas Terlihat bahwa semakin besar kapasitas pembangkit, semakin tinggi estimasi biaya investasi yang diperlukan. Hal ini terlihat dari perbandingan antara PLTS (1306 MW) dengan PLTA (88 MW), di mana PLTS memiliki LCC yang lebih tinggi.

C. Kelayakan Ekonomi(EXCEL)

TABEL 7.
Hasil Perhitungan Manual Kelayakan Investasi PLTP

Jenis Pembangkit	PLTP
Kapasitas	277
NPV	Rp7.783.460.280.627
BCR	1,65
PP	8,0

TABEL 8.
Hasil Perhitungan Manual Kelayakan Investasi PLTA

Jenis Pembangkit	PLTA
Kapasitas	132
NPV	Rp8.525.402.216.015
BCR	2,45
PP	5,4

TABEL 9.
Hasil Perhitungan Manual Kelayakan Investasi PLTM

Jenis Pembangkit	PLTMikro
Kapasitas	277
NPV	Rp24.372.227.377.546
BCR	4,72
PP	2,8

TABEL 10.
Hasil Perhitungan Manual Kelayakan Investasi PLTS

Jenis Pembangkit	PLTS
Kapasitas	1036
NPV	Rp98.613.090.119.631
BCR	6,60
PP	2,0

TABEL 11.
Hasil Perhitungan Manual Kelayakan Investasi PLT Biomasa

Jenis Pembangkit	PLTBio
Kapasitas	88
NPV	-Rp3.584.382.522.657
BCR	0,77
PP	16,9

1. Nilai NPV yang positif tertinggi seperti hasil analisis dari PLTS sebesar Rp98.613.090.119.631, dan nilai NPV terendah dari PLTBio sebesar -Rp3.584.382.522.657 yang menunjukkan bahwa proyek pengembangan EBT dapat memberikan keuntungan finansial yang lebih tinggi daripada biaya investasi awalnya. Hal ini mengindikasikan kelayakan investasi dalam jangka waktu yang telah ditentukan (20 tahun).
2. Nilai BCR yang mencapai di atas satu berjumlah 4 dari 5 pembangkit EBT yaitu PLTP, PLTA, PLTM dan PLTS jadi 4 pembangkit layak di kembangkan sedangkan untuk PLTBio tidak layak di kembangkan karena mendapat nilai BCR di bawah satu.
3. Nilai PP yang layak di teruskan adalah ketika nilai PP berada di bawah umur investasi yakni 20 tahun dan 5 pembangkit dapat nilai yang berada di bawah umur investasi(20 tahun)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, dan hasil pengujian yang sudah dibuat pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan hasil analisis keekonomian menggunakan metode ekonomi-teknik seperti *Life Cycle Cost (LCC)*, *Capital Recovery Factor*, dan *Cost of Energy* sedangkan untuk menguji kelayakan ekonomi menggunakan metode *Net Present Value*, *Benefit-Cost Ratio (BCR)*, dan *Discounted Payback Period (DPP)*, dapat ditarik kesimpulan pengembangan dari 5 pembangkit EBT, hanya 4 pembangkit yang dapat di lanjutkan karna sudah memenuhi syarat kelayakan dalam metode yang di pakai yakni PLTP, PLTA, PLTM dan PLTS sedangkan untuk PLTBiomassa tidak dapat dilanjutkan karna

nilai NPV bernilai negative dan nilai BCR di bawah 1. Hal ini terjadi karena kurangnya data yang di peroleh.

REFERENSI

- [1] Kementerian ESDM. (2021, Januari, 13). Capaian Kinerja Ketenagalistrikan 2020, Rasio Elektrifikasi Capai 99,20% [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/capaian-kinerja-ketenagalistrikan-2020-rasio-elektrifikasi-capai-9920>
- [2] Hidayat. Fian, "Sosialisasi dan Instalasi Panel Surya Sebagai Energi Terbarukan Menuju Kesadaran Lingkungan Indonesia Bebas Emisi". Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri, VOL. 2, NO. 1, 2, Desember 2019.
- [3] Direktorat Perencanaan Korporat. (2021). Diseminasi RUPTL 2021-2030 [Presentasi PowerPoint]. Available: <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2021/10/materi-diseminasi-2021-2030-publik.pdf>
- [4] Hidayat. Fian, "Sosialisasi dan Instalasi Panel Surya Sebagai Energi Terbarukan Menuju Kesadaran Lingkungan Indonesia Bebas Emisi". Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri, VOL. 2, NO. 1, 2, Desember 2019
- [5] I. K. Bachtiar and M. Syafik, "Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan Software HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam," J. Sustain., vol. 5, no. 02, 2016.
- [6] A. Setiawan and A. Hermanto, "Pengembangan perangkat lunak optimasi ekonomi dan analisa finansial PLTS studi kasus PLTS 10 MWAC," J. Tek. Mesin Indones., vol. 17, no. 2, pp. 59–71, 2022, doi: 10.36289/jtmi.v17i2.342.
- [7] A. M. Thyra, M. Facta, and Karnoto, "ANALISIS EKONOMI PENGGUNAAN INVERTER SEL SURYA PELANGGAN RUMAH TANGGA TERHUBUNG DENGAN JARINGAN PADA PERUMAHAN SYAILENDRA RESIDENCE BANYUMANIK SEMARANG," pp. 1–15, 2015.
- [8] P. H. J, "ANALISIS KEEKONOMIAN KOMPLEKS PERUMAHAN BERBASIS ENERGI SEL SURYA (STUDI KASUS: PERUMAHAN CYBER ORCHID TOWN HOUSES, DEPOK)," FT UI, 2012
- [9] D. G. Newnan, T. G. Eschenbach, and J. P. Lavelle, ENGINEERING ECONOMIC ANALYSIS. 2004.