

SIMULASI DAN PERANCANGAN AWAL PLTA DENGAN BANTUAN RETSCREEN

Ibrahim Husaini^{1*}, Suardi Nur²

^{1,2}Universitas Islam Ar-raniry, Lorong Ibnu Sina No.2, Darussalam, Kopelma Darussalam, Kota Banda Aceh, Aceh 23111, Telp. (0651) 75512921

Keywords:

RETScreen, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Simulasi Energi Terbarukan, Analisis Kelayakan Teknis dan Ekonomis, Potensi Energi Air

Correspondent Email:

200211032@student.ar-raniry.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan dan merancang sistem awal Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) menggunakan perangkat lunak RETScreen pada. Simulasi ini difokuskan pada tahap awal identifikasi potensi energi air dan analisis kelayakan teknis dan ekonomis secara umum. RETScreen sebagai alat bantu analisis energi terbarukan digunakan untuk mengevaluasi potensi lokasi, konsumsi energi, serta estimasi biaya dan manfaat. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa RETScreen dapat memberikan gambaran awal yang cukup akurat untuk mendukung perencanaan PLTA skala kecil hingga menengah.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. This study aims to document and design the initial system of a Hydroelectric Power Plant (PLTA) using RETScreen software at. This simulation focuses on the initial stage of air energy potential identification and general technical and economic feasibility analysis. RETScreen as a renewable energy analysis tool is used to emit potential locations, energy consumption, and cost and benefit estimates. The results of the simulation show that RETScreen can provide a fairly accurate initial picture to support small to medium scale hydroelectric planning.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat di Indonesia mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan, termasuk energi air[1]. PLTA merupakan salah satu solusi energi yang ramah lingkungan, dengan potensi besar di daerah pegunungan dan aliran sungai[2]. Namun, perencanaan dan analisis awal sistem PLTA membutuhkan pendekatan teknis dan ekonomis yang sistematis.

RETScreen merupakan perangkat lunak yang banyak digunakan dalam studi kelayakan energi terbarukan, termasuk PLTA[3]. Dengan fitur, RETScreen dapat digunakan untuk

simulasi awal guna mengevaluasi potensi energi dan estimasi kelayakan proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan sistem PLTA pada tahap awal dengan menggunakan RETScreen, sebagai dasar pertimbangan untuk kelanjutan perencanaan proyek energi air[4][5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu bentuk pemanfaatan energi terbarukan yang mengandalkan potensi energi kinetik dan potensial dari aliran air untuk menghasilkan listrik. Teknologi ini dikenal

ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca selama operasinya[6]. PLTA dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan kapasitas dan desainnya, seperti PLTA skala besar, *mini-hidro*, dan *mikro-hidro*, yang disesuaikan dengan potensi air dan kebutuhan energi di wilayah[7].

Efisiensi dan keberlanjutan PLTA sangat bergantung pada analisis awal yang melibatkan studi hidrologi, topografi, serta perencanaan teknis yang matang. Oleh karena itu, diperlukan alat bantu analisis yang dapat mengevaluasi kelayakan teknis dan ekonomis dari suatu proyek PLTA secara menyeluruh.

2.2 Simulasi dan Perancangan Awal PLTA

Simulasi dalam perancangan awal PLTA berperan penting dalam menentukan kapasitas daya yang dapat dihasilkan, efisiensi sistem, dan kelayakan proyek. Data-data penting seperti debit air, ketinggian jatuh air (*head*), serta efisiensi turbin dan generator menjadi dasar dalam proses simulasi ini [8]. Model simulasi bertujuan untuk memprediksi produksi energi tahunan, potensi pengurangan emisi, dan perhitungan biaya investasi maupun operasional.

Perancangan awal melibatkan penentuan konfigurasi sistem, pemilihan jenis turbin, serta estimasi performa energi yang akan dihasilkan. Tahapan ini sangat penting sebagai dasar pengambilan keputusan sebelum proyek masuk ke tahap implementasi.

2.3 RETScreen sebagai Alat Bantu Analisis Energi Terbarukan

RETScreen adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Natural Resources Canada (NRCan) yang digunakan untuk menganalisis kelayakan energi bersih dan efisiensi energi dari suatu proyek. RETScreen mendukung berbagai jenis teknologi energi, termasuk PLTA, dengan fitur analisis energi, finansial, emisi gas rumah kaca, dan risiko [9].

Dalam konteks PLTA, RETScreen memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi berdasarkan input teknis dan iklim, sehingga mempermudah proses perancangan awal proyek. Penggunaan RETScreen juga dapat membantu meminimalkan risiko kegagalan proyek karena memberikan gambaran potensi produksi energi dan estimasi pengembalian investasi (ROI) secara sistematis [10].

2.4 Implementasi RETScreen dalam Studi PLTA

Beberapa studi telah berhasil memanfaatkan RETScreen dalam perencanaan PLTA skala kecil dan menengah. Penelitian ini menunjukkan bahwa RETScreen dapat memberikan estimasi energi tahunan yang akurat serta mendukung analisis kelayakan finansial proyek mikrohidro[11]. Hal ini menjadikan RETScreen sebagai salah satu alat yang efektif untuk tahap simulasi awal dan pengambilan keputusan dalam pengembangan proyek energi terbarukan di daerah terpencil atau daerah dengan akses listrik terbatas.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi simulasi. Data potensi energi air diperoleh dari data sekunder seperti debit sungai dan elevasi ketinggian, yang kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak RETScreen[12]. Tahapan penelitian meliputi:

1. Pengumpulan data lokasi dan karakteristik hidrologi.
2. Input data ke RETScreen .
3. Analisis hasil output teknis dan finansial.
4. Evaluasi hasil simulasi.

Instrumen penelitian utama adalah software RETScreen Expert yang digunakan untuk melakukan perhitungan teknis (kapasitas daya, output energi) dan finansial (biaya investasi awal, biaya operasional, dan payback period).

3.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lokasi yang disimulasikan sebagai potensi pembangunan PLTA. Data ini meliputi:

- a. Debit air sungai (*Q*), yang diukur menggunakan alat pengukur debit atau metode pelampung.
- b. Elevasi atau tinggi jatuh air (*head*), yang diukur menggunakan altimeter atau peta kontur topografi.
- c. Koordinat dan lokasi geografis untuk memastikan kesesuaian dengan model RETScreen.

Pengukuran dilakukan pada lokasi yang potensial di daerah aliran sungai dengan karakteristik debit stabil dan beda tinggi cukup signifikan untuk pemanfaatan energi hidro.

3.2 Biaya Investasi

Estimasi biaya investasi dihitung berdasarkan komponen utama dalam

pembangunan PLTA skala kecil hingga menengah, yaitu:

Biaya pembangunan infrastruktur (bendungan kecil, saluran air, dan rumah turbin).

1. Biaya pengadaan turbin dan generator.
2. Biaya instalasi dan operasional awal.
3. Biaya pemeliharaan tahunan.

Data ini dimasukkan ke dalam RETScreen pada bagian analisis finansial, yang secara otomatis menghitung nilai IRR, NPV, dan periode balik modal (payback period)[14].

3.3 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari dokumen dan sumber publikasi yang relevan, seperti:

- a. Data iklim (curah hujan, suhu, kelembaban) dari BMKG.
- b. Data teknis standar dari Kementerian ESDM dan literatur akademik terkait desain dan efisiensi PLTA.
- c. Informasi umum proyek PLTA serupa dari jurnal ilmiah dan studi kasus sebelumnya.

Data sekunder digunakan sebagai pelengkap input pada RETScreen, khususnya pada bagian parameter teknis dan kondisi iklim historis.

3.4 Pengolahan Data dan Analisis Data

Data yang diperoleh, baik primer maupun sekunder, diinput ke dalam perangkat lunak RETScreen Expert (Level 1). Pengolahan dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak untuk menghasilkan:

1. Potensi energi listrik tahunan (kWh)
2. Efisiensi sistem
3. Proyeksi biaya dan keuntungan
4. Analisis sensitivitas dan finansial (IRR, NPV, Payback)

Hasil output dibandingkan dengan literatur sebagai acuan validitas simulasi. Selanjutnya, dilakukan interpretasi mengenai kelayakan teknis dan ekonomis dari proyek PLTA yang dirancang.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Diskusi menyusun 60-70% dari naskah. Bagian ini adalah bagian utama dari artikel penelitian.

4.1 Input Data Perhitungan RETScreen

Perangkat lunak RETScreen dimanfaatkan dalam simulasi untuk mengevaluasi kelayakan dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan terhadap proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang direncanakan di Aceh Jaya, Aceh[13]. Parameter utama yang dijadikan

dasar dalam analisis ditampilkan pada tabel berikut:

Parameter	Value
Kapasitas daya	50 MW
Perusahaan manufaktur	Alstom
Model	Pelton
Jumlah turbin	1
Faktor kapasitas	60%
Biaya awal	\$4,100
Biaya O&M (penghematan)	\$205,000,000
Harga ekspor listrik	\$0.10
Listrik yang diekspor ke jaringan	262,800 MWh
Pendapatan ekspor listrik	\$26,280,000

Jenis fasilitas : Pembangkit listrik tenaga air

Kapasitas per unit turbin : 44 MW

Jumlah unit turbin : 1 unit

Total kapasitas terpasang : 50 MW

Rata-rata potensi tenaga PLTA: 51,4 kWh/kWp

Lokasi fasilitas : Aceh Jaya, Aceh

Sumber data iklim : RETScreen, Global Solar Atlas

Informasi tersebut dijadikan acuan utama dalam menghitung potensi output energi, estimasi biaya investasi, serta dampak lingkungan dari proyek pembangkit listrik tenaga air ini.

4.2 Aspek Teknik

Analisis teknis menunjukkan bahwa proyek PLTA di Aceh Jaya memiliki potensi energi Hydro yang tinggi, dengan intensitas rata-rata mencapai 4.000 MW. Dengan kapasitas terpasang sebesar 50 MW dan faktor kapasitas 50%, sistem ini mampu memproduksi sekitar 400.000 MWh energi listrik per tahun.

Parameter	Value
Kapasitas daya	50 MW
Perusahaan manufaktur	Alstom
Model	Pelton
Jumlah turbin	1
Faktor kapasitas	60%
Biaya awal	\$4,100
Biaya O&M (penghematan)	\$205,000,000
Harga ekspor listrik	\$0.10
Listrik yang diekspor ke jaringan	262,800 MWh
Pendapatan ekspor listrik	\$26,280,000

Kapasitas terpasang : 50 MW (1 unit × 11 MW)

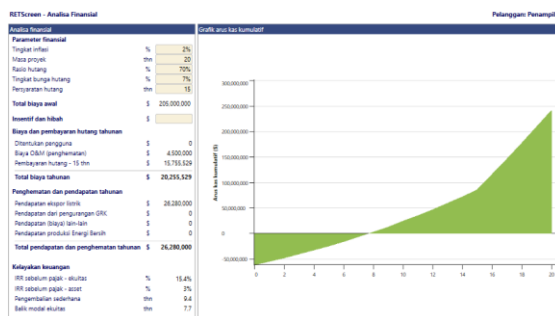
Faktor kapasitas : 60%

Produksi energi per tahun (total) : 262.800 MWh

Produksi energi per unit turbin: 90 kWh/tahun

Output energi tahunan ini memperhitungkan faktor-faktor efisiensi, kerugian sistem termal, dan variasi iklim sepanjang tahun. Nilai faktor kapasitas 50% tergolong seimbang untuk sistem hydro, yang mengindikasikan bahwa lokasi Aceh jaya memiliki kondisi Aliran air yang sangat mendukung pengoperasian turbin air secara optimal. Selain itu, data menunjukkan kestabilan output energi tahunan yang menjadi indikator baik untuk keberlanjutan sistem.

4.3 Aspek Finansial



Aspek finansial dianalisis untuk menilai kelayakan proyek dari segi ekonomi. Simulasi dilakukan dengan parameter sebagai berikut:

Tingkat inflasi : 2%

Masa proyek : 20 tahun

Rasio hutang : 70%

Biaya awal (total) : Rp. 205.000.000

Pendapatan dari penjualan energi tahunan : Rp. 26.280.000

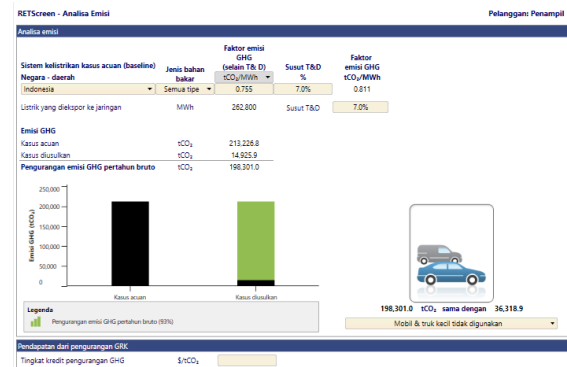
Dari hasil simulasi RETScreen, diperoleh hasil analisis finansial sebagai berikut:

Tingkat pengembalian investasi sebelum pajak (IRR): 7,5%

Periode pengembalian modal (Payback Period): 15 tahun

Nilai IRR yang positif menunjukkan bahwa proyek layak secara ekonomi dalam kondisi saat ini, karena mampu memberikan tingkat pengembalian yang melebihi biaya modal. Payback period yang mencapai hampir 7,7 tahun juga sangat bagus untuk umur teknis sistem PLTA, yang umumnya dirancang untuk 20 tahun. Dengan demikian, proyek PLTA ini menguntungkan secara finansial dan tidak membutuhkan intervensi seperti subsidi, tarif feed-in yang lebih tinggi, atau efisiensi teknologi yang lebih baik.

4.4 Aspek Lingkungan



Proyek PLTA di Aceh jaya sudah layak secara finansial, dari sisi lingkungan sistem ini menawarkan manfaat signifikan[15]. Berdasarkan data RETScreen, penggunaan PLTA menggantikan pembangkit berbahan bakar fosil dapat mengurangi emisi karbon secara substansial. Estimasi pengurangan emisi tahunan adalah sebagai berikut:

Emisi CO₂ dari sistem referensi (fosil): ± 213.226,8 ton CO₂/tahun

Emisi dari sistem PLTA: ± 14.925,9 ton CO₂/tahun

Total pengurangan emisi: ±198.301,0 ton CO₂/tahun

Pengurangan emisi tersebut setara dengan tidak mengoperasikan sekitar 27.176 kendaraan bermotor selama satu tahun. Selain itu, sistem PLTA ini tidak menghasilkan limbah berbahaya, baik cair maupun padat, sehingga sangat sesuai untuk dikembangkan di wilayah Aceh jaya yang memiliki nilai konservasi lingkungan yang tinggi.

4.5 Analisis Sensivitas

4.5.1 Perubahan Harga Jual Listrik

Berdasarkan simulasi pada data RETScreen, diketahui bahwa dengan tarif penjualan listrik sebesar \$0,10/kWh dan kenaikan tahunan sebesar 15%, nilai IRR sebelum pajak terhadap aset hanya mencapai 3%, Angka ini menunjukkan bahwa meskipun proyek masih memiliki arus kas positif dalam jangka panjang, tingkat pengembalian investasi tergolong rendah. Apabila harga jual listrik ditingkatkan secara bertahap atau dinaikkan lebih dari 2,5% per tahun, maka IRR berpotensi meningkat dan mendekati nilai ambang kelayakan investasi. Sebaliknya, jika harga listrik turun atau tidak mengalami kenaikan tahunan, maka proyek dapat mengalami arus kas negatif yang lebih besar dan waktu pengembalian modal menjadi lebih lama. Hal ini mengindikasikan bahwa sensitivitas

terhadap harga jual listrik sangat tinggi, dan menjadi faktor kunci dalam menentukan kelayakan finansial proyek pembangkit listrik tenaga air ini.

4.5.2 Perubahan Biaya Investasi Awal

Berdasarkan data dari simulasi RETScreen, total biaya awal proyek sebesar \$205.000.000, dengan sumber pendanaan 30% dari utang dan 70% dari ekuitas. Saat ini, IRR sebelum pajak terhadap aset hanya mencapai 2.5%, yang mencerminkan tingkat pengembalian investasi yang rendah. Jika dilakukan skenario pengurangan biaya investasi awal sebesar 70%, maka IRR proyek meningkat secara signifikan dan mendekati titik impas (break-even point), sehingga memperbaiki kelayakan ekonomi proyek secara keseluruhan. Sebaliknya, jika biaya awal meningkat sebesar 10%, IRR akan turun lebih jauh dari ambang batas kelayakan dan memperbesar risiko kerugian finansial. Oleh karena itu, efisiensi dalam biaya awal serta optimalisasi skala ekonomi menjadi sangat krusial untuk mendorong keberhasilan dan daya saing proyek pembangkit listrik tenaga air ini di Aceh Jaya.

4.6 Pembahasan

Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Aceh Jaya menunjukkan kelayakan tinggi dari segi teknis, finansial, dan lingkungan berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak RETScreen. Dengan kapasitas terpasang 50 MW dan faktor kapasitas 60%, proyek ini mampu menghasilkan sekitar 262.800 MWh per tahun. Dari aspek lingkungan, pengurangan emisi karbon mencapai sekitar 198.301 ton CO₂ per tahun, menjadikannya solusi energi bersih yang sejalan dengan upaya mitigasi perubahan iklim dan konservasi lingkungan daerah.

Namun, analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kelayakan finansial proyek sangat dipengaruhi oleh dua faktor utama: harga jual listrik dan biaya investasi awal. Penurunan harga jual atau peningkatan biaya awal secara signifikan dapat menurunkan IRR dan memperpanjang periode pengembalian modal. Oleh karena itu, keberhasilan finansial proyek sangat bergantung pada strategi pengendalian biaya dan kebijakan tarif listrik yang stabil atau meningkat. Meskipun demikian, potensi teknis dan manfaat lingkungan yang besar tetap menjadikan proyek

PLTA ini sebagai investasi strategis yang patut dikembangkan di wilayah Aceh Jaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan jurnal ini, khususnya kepada dosen pembimbing atas arahan dan masukan yang sangat berarti, serta kepada pihak yang telah membantu dalam penyediaan data dan penggunaan perangkat lunak RETScreen. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan yang turut memberikan kontribusi melalui diskusi dan bantuan teknis, serta kepada keluarga atas doa dan dukungan moral yang tiada henti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Situmorang, H., & Widodo, W. (2021). Penggunaan RETScreen dalam Evaluasi Kelayakan Proyek PLTA Skala Menengah. *Jurnal Teknologi Energi*, 5(1), 22–30.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2023). *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*. Jakarta: KESDM.
- [3] Siregar, R. H., & Lubis, F. (2021). Simulasi dan Analisis Kelayakan PLTA Menggunakan Software RETScreen. *Jurnal Teknologi Energi*, 6(1), 45–54.
- [4] International Energy Agency (IEA). (2021). *Hydropower Special Market Report*. Paris: IEA.
- [5] Hasan, M., & Haris, A. (2020). Perencanaan Awal Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Kecil Berdasarkan Data Hidrologi Lokal. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 8(2), 101–109.
- [6] Kusuma, A. D., & Setiawan, B. (2017). Kajian Potensi Energi Mikrohidro untuk Pembangkit Listrik di Daerah Terpencil. *Jurnal Energi Terbarukan*, 12(2), 45–52.
- [7] Purnomo, H., Santosa, B., & Rachman, D. (2019). Desain Sistem PLTA Skala Kecil untuk Daerah Pedesaan. *Jurnal Teknik Energi*, 5(1), 33–41.
- [8] Yulianto, T., Ramadhan, F., & Siregar, A. (2020). Analisis Potensi Energi dan Kelayakan PLTA dengan Pendekatan Simulasi. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi*, 8(3), 90–98.

- [9] Natural Resources Canada. (2020). *RETScreen Clean Energy Management Software*.
<https://www.nrcan.gc.ca>
- [10] Situmorang, H., & Widodo, W. (2021). *Penggunaan RETScreen dalam Studi Kelayakan Proyek Energi Terbarukan*. Jurnal Teknologi Energi, 4(2), 25–33.
- [11] Prasetyo, Y., & Handoko, R. (2021). *Pemodelan Mikrohidro Menggunakan RETScreen: Studi Kasus di Desa Karangrejo*. Jurnal Rekayasa Energi, 7(2), 67–75.
- [12] Green, R., Newman, P., & Smith, M. (2015). *Sustainable Infrastructure: Principles into Practice*. London: ICE Publishing.
- [13] EBTKE. (2022). *Potensi Energi Baru Terbarukan Indonesia*. Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM. Retrieved from <https://ebtke.esdm.go.id>
- [14] Justus, C. G., Hargraves, W. R., & Yalcin, A. (1976). Nationwide assessment of potential output from wind-powered generators. *Journal of Applied Meteorology*, 15(7), 673–678.
- [15] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2021). *Data Hidrologi dan Potensi Air*. Kementerian PUPR. Retrieved from <https://sda.pu.go.id>