



Strategi Pengembangan Kecamatan Tapen Kabupaten Bondowoso Berbasis Energi Minihidro *Development Strategy for Tapen Subdistrict, Bondowoso Regency, Based on Minihidro Energy*

Asroful Abidin

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
asroful07@gmail.com

Abstrak

Kecamatan Tapen memiliki potensi sumber daya energi alternatif berupa pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM) yang cukup besar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji strategi pengembangan kecamatan Tapen berbasis PLTM. Kajian potensi dan strategi PLTM di kecamatan Tapen mengacu pada RPJPD kabupaten Bondowoso terkait pengembangan energi terbarukan. Kajian ini menggunakan analisis kebutuhan energi hingga 2025, analisis daya PLTM, analisis ekonomi, dan analisis SWOT. Hasil analisis menyebutkan bahwa kebutuhan konsumsi energi di kecamatan Tapen pada tahun 2025 mencapai 14630,33 MW sedangkan daya PLTM yang dibangkitkan 7476,43 MW. Total anggaran biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan PLTM adalah Rp 18.578.420.025 dengan *benefit* mencapai Rp 4.198.284.372 per tahun dan *payback period* (PBP) selama 4,92 tahun. Analisis SWOT terhadap potensi PLTM Sampean Baru menempatkan PLTM ini pada kuadran I. Strategi pengembangan PLTM Sampean Baru adalah strategi SO yang agresif yaitu: peningkatan skala investasi, membangun sentra usaha pendukung dalam suatu sistem kawasan PLTM, mempertahankan penguasaan pasar, serta meningkatkan peranan daerah dan masyarakat.

Kata Kunci: manajemen energi, energi terbarukan, minihidro, analisis ekonomi, analisis SWOT.

Abstract

Tapen District has the potential for alternative energy resources in the form of a large mini-hydropower plant (PLTM). The purpose of this research is to study the development strategy of the PLTM-based Tapen district. The study of the potential and strategy of PLTM in the Tapen sub-district refers to the Bondowoso Regency RPJPD related to renewable energy development. This study uses an energy demand analysis up to 2025, power analysis of PLTM, economic analysis, and SWOT analysis. The results of the analysis show that the demand for energy consumption in the Tapen sub-district in 2025 will reach 14630.33 MW while the PLTM power generated is 7476.43 MW. The total budget spent for PLTM development is IDR 18,578,420,025 with benefits reaching IDR 4,198,284,372 per year and a payback period (PBP) of 4.92 years. SWOT analysis of the potential of PLTM Sampean Baru places this PLTM in quadrant I. The strategy for developing PLTM Sampean Baru is an aggressive SO strategy, namely: increasing the investment scale, building supporting business centers in a PLTM area system, maintaining market control, and increasing the role of the region and the community.

Keywords: energy management, renewable energy, mini-hydro, economic analysis, SWOT analysis.

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk, peningkatan perekonomian, dan kemajuan teknologi menyebabkan peningkatan konsumsi energi di Indonesia. Di sisi lain, cadangan minyak bumi Indonesia per 1 Januari 2015 adalah 3,7 miliar barel dengan total produksi mencapai 251,87 juta ton per tahun [1]. Berdasarkan rasio tersebut,

maka cadangan minyak bumi Indonesia diprediksikan akan habis dalam waktu 15 tahun bahkan lebih cepat.

Penggunaan bahan bakar fosil juga berdampak terhadap lingkungan dalam hal emisi CO₂ dan terjadinya pemanasan global [2]. Kepedulian terhadap permasalahan-permasalahan di atas mendorong banyak peneliti untuk menganalisis dan memanfaatkan energi terbarukan sebagai pengganti dari energi fosil yang ada.

Dalam Undang-undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan ditetapkan bahwa sumber energi primer yang terdapat di dalam negeri atau berasal dari luar negeri harus dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan kebijakan energi nasional untuk menjamin penyediaan tenaga listrik yang berkelanjutan, dan selanjutnya ditetapkan juga bahwa dalam pemanfaatan tersebut diutamakan sumber energi baru dan terbarukan.

Indonesia dialiri oleh beberapa aliran sungai dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Lokasi dari sungai-sungai tersebut sebagian besar terletak di daerah terpencil. Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) merupakan teknologi yang tepat untuk memanfaatkan sungai-sungai di daerah yang belum dialiri listrik.

Kecamatan Tapen merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Bondowoso yang terdiri dari 9 desa dan 52 dusun [3]. Pada tahun 2016 populasi di kecamatan ini mencapai 33541 jiwa [4]. Kecamatan Tapen dialiri oleh sungai Sampean Baru dan mayoritas penduduknya adalah seorang petani. Kondisi Bendungan Sungai Sampean Baru di kecamatan Tapen ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sungai sampean baru

Sungai Sampean Baru merupakan sungai terbesar yang berada di kabupaten Bondowoso, memiliki ketersediaan air sepanjang tahun yang cukup melimpah dan debit yang dapat diandalkan. Akan tetapi pemanfaatannya masih belum maksimal, seperti halnya masih digunakan untuk kegiatan irigasi, mandi, dan mencuci pakaian. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah usaha untuk memberdayakan potensi sungai Sampean Baru menjadi sumber yang bermanfaat contohnya sebagai pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM). Pemanfaatannya sebagai PLTM diharapkan dapat membantu pemerintah untuk program perancangan sistem energi berdasarkan potensi energi terbarukan dan membantu meningkatkan kondisi ekonomi masyarakat sekitar.

METODE PENELITIAN

Kecamatan Tapen memiliki potensi energi terbarukan berupa pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM). Lokasi potensi PLTM terletak di Desa Bunotan, Kecamatan Tapen, Kabupaten Bondowoso, Provinsi Jawa Timur. PLTM Sampean Baru memanfaatkan debit dari aliran sungai Sampean Baru yang mengalir di bagian timur wilayah kecamatan Tapen. Peta lokasi Daerah aliran sungai (DAS) Sampean Baru ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. DAS sampean baru

Daerah aliran sungai Sampean Baru merupakan Daerah aliran sungai terbesar yang ada di Kabupaten Bondowoso dengan luas mencapai 1.206 km². Distribusi listrik di kecamatan Tapen ini sebagian besar masih menggunakan listrik dari PLN dan rata-rata mata pencaharian penduduk di sini adalah sebagai petani. Akses jalan di kecamatan dengan luas wilayah 4.860 ha ini sudah cukup memadai dan tergolong mudah, sehingga untuk mobilisasi dan pendistribusian alat PLTM mudah untuk dijalankan.

Strategi pengembangan kawasan berbasis energi terbarukan dalam analisis ini menggunakan data sekunder. Data sekunder diperoleh dari data-data kearsipan yang diperlukan dalam perencanaan yang diperoleh dari instansi terkait, yaitu dari data BPS kabupaten Bondowoso, BPS kecamatan Tapen, RPJPD kabupaten Bondowoso 2005-2025, dan data pendukung lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

RPJPD Kabupaten Bondowoso Tahun 2005-2025

Dalam RPJPD kabupaten Bondowoso telah disebutkan terkait misi pembangunan di kabupaten Bondowoso yang berbunyi mewujudkan tata kelola lingkungan hidup secara seimbang dan berkelanjutan yang diarahkan pada pengembangan sumber daya alam hayati, pengembangan energi, dan pemanfaatan sumber daya alam terbarukan.

Arahan kebijakan RPJPD di kabupaten Bondowoso tentang pengembangan energi diarahkan menuju pemenuhan, pemerataan distribusi energi, dan pengembangan pemanfaatan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, seperti pengembangan energi mikrohidro, panas bumi, dan sumber energi alternatif

lainnya [5]. Mengacu pada arahan tersebut, maka dilakukan kajian tentang potensi PLTM di sungai Sampean Baru.

Pengaruh Bahan Bakar terhadap *Fuel Consumption*

Menurut data statistik, pada tahun 2016 jumlah pelanggan listrik di kecamatan Tapen mencapai 7259 pelanggan [6]. Menurut data PLN bahwa pertumbuhan konsumsi listrik adalah 8,3% per tahun dan konsumsi listrik rata-rata adalah 1065 kW. Dari data tersebut dicari konsumsi energi listrik hingga 2025 dengan persamaan:

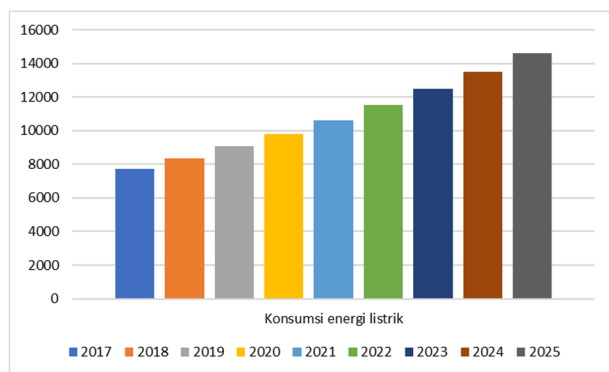
$$K_e = \sum \text{pelanggan} \times P_r \quad (1)$$

Sehingga didapatkan nilai

$$K_e = 7259 \times 1065$$

$$K_e = 7730835 \text{ kWh} \approx 7730,84 \text{ MW}$$

Jadi konsumsi energi pada tahun 2017 adalah 7730,84 MW. Dengan pertumbuhan konsumsi listrik sejumlah 8,3% per tahun maka pada tahun 2025 jumlah konsumsi energi adalah 14630,33 MW. Gambar 3 menunjukkan pertumbuhan konsumsi energi dari tahun 2017 hingga 2025. Digunakannya skenario kebutuhan energi hingga 2025 berlandaskan pada RPJPD kabupaten Bondowoso tahun 2005-2025.



Gambar 3. Pertumbuhan konsumsi energi

Analisis Potensi PLTM

Dalam analisis daya PLTM dibutuhkan data rata-rata debit aliran sungai pada tempat yang akan dipasang suatu PLTM. Menurut Imron dan Lasminto potensi debit andalan pada saluran masuk bendungan Sampean Baru sebesar 7 m³/s dengan *head* 8 m [7].

Perencanaan Bangunan Pengambilan (*Intake*)

Bangunan pengambilan direncanakan ada di sebelah kanan bendung. Debit pengambilan adalah sebesar 7 m³/s. Berdasarkan peraturan dari Dinas Pengairan, besarnya debit desain yang melalui bangunan pengambilan adalah 1,2 kali lebih besar dari debit rencana. Hal ini

dimaksudkan untuk menambah fleksibilitas dan dapat memenuhi kebutuhan yang lebih tinggi. Lebar ambang saluran *intake* adalah 1 m dengan delta ketinggian masing-masing 1 dan 2 m. Kehilangan energi (*headloss*) pada saluran pengambilan dapat diperoleh dengan persamaan (2).

$$H = \frac{Q^2}{2g \cdot (b \cdot C_d \cdot (H_2 - H_1))^2} \quad (2)$$

Keterangan:

H = Kehilangan energi (m)

Q = Debit (m³/s)

Cd = Koefisien debit (m³/s)

b = Lebar ambang (m)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

H1, H2 = Delta ketinggian (m)

Sehingga diperoleh:

$$H = \frac{7^2}{2,9,81 \cdot ((1,1,2,7) \cdot (2 - 1))^2}$$

$$H = \frac{49}{19,62 \cdot ((84) \cdot (1))^2}$$

$$H = 0,0354 \text{ m}$$

Jadi kehilangan energi pada saluran pengambilan adalah 0,0354 m.

Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang membawa air dari sungai Sampean Baru dengan bantuan dari bendung yang menuju ke bak penenang sehingga sebagian air di bak penenang dilepaskan ke saluran irigasi untuk keperluan perkebunan masyarakat. Saluran pembawa dibuat dengan tampang persegi karena kemudahan dalam konstruksi di lapangan. Bahan dari saluran pembawa dari pasangan batu yang memiliki nilai koefisien *manning* 0,025–0,030. Panjang saluran pembawa yaitu 382 m dengan masing-masing lebar dan kedalaman saluran 1 m serta luas tampang aliran sebesar 1 m² dan keliling basah 3 m². *Headloss* pada saluran pembawa dihitung menggunakan rumus *manning* pada persamaan (3) sebagai berikut.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (3)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran

R = Jari-jari hidraulis

n = Koefisien *manning* (0,02)

i = Kemiringan

Jari-jari hidraulis (R) diperoleh dari perbandingan antara luas tampang aliran dengan keliling basah, dan diperoleh nilai R yaitu 0,3333 m.

Sehingga diperoleh:

$$V = \frac{1}{0,02} 0,3333^{2/3} i^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,02} 0,4807 i^{1/2}$$

$$V = 24,04 i^{1/2}$$

Nilai kemiringan (i) diperoleh dari pembagian antara debit dengan kecepatan aliran (V). Sehingga nilai i diperoleh 0,2912 m, kemudian *headloss* didapat dari hasil kuadrat dari nilai i dan dihasilkan 0,0848 m. Total *headloss* dari saluran pembawa diperoleh dengan mengalikan panjang saluran pembawa dengan *headloss*, sehingga didapatkan nilai *headloss* pada saluran pembawa adalah 32,3952 m.

Bak Penenang (Forebay)

Bak penenang merupakan tempat terakhir untuk pengendapan sedimen dan pembuangan sampah-sampah yang ikut mengalir di saluran pembawa.

Pipa Pesat (Penstock)

Dalam perencanaan pipa pesat, parameter yang diperhitungkan ada 4, yaitu diameter pipa, ketebalan pipa, dan kehilangan energi (*headloss*) yang terjadi di dalam pipa. Debit yang digunakan untuk PLTM adalah 7 m³/s.

a. Diameter pipa

Pipa pesat direncanakan dengan menggunakan baja. Baja merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk pipa pesat karena memiliki tekanan mencapai 133 kgf/cm². Dalam perencanaan diameter pipa, dicari dulu sudut rata-rata dari pipa pesat untuk mendapatkan kecepatan umum (V_{opt}). Sudut rata-rata pipa (A_p) adalah perbandingan antara ketinggian dari bak penenang ke *power house* (H_p) dengan panjang pipa (L_p). Panjang pipa (L_p) adalah 8 m dan beda tinggi (H_p) adalah 30 m. Sudut rata-rata pipa adalah.

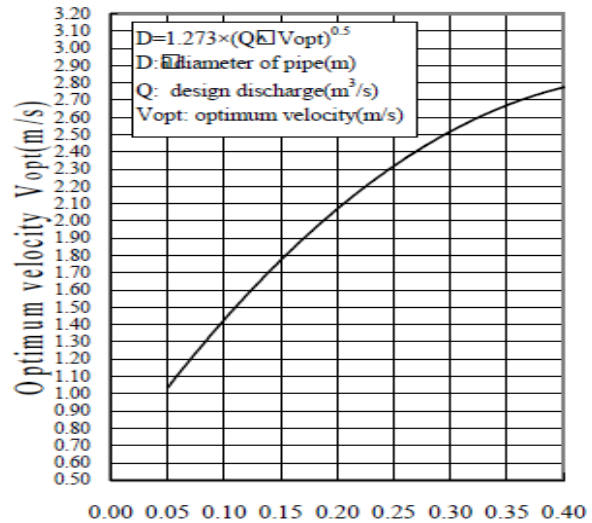
$$A_p = \frac{H_p}{L_p} \quad (4)$$

$$A_p = \frac{30}{8}$$

$$A_p = 3,8 \text{ m} \approx 0,38 \text{ cm}$$

Setelah didapat sudut rata-rata lalu tinggal diplot ke grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4 maka akan didapatkan kecepatan optimum dari pipa pesat (V_{opt}) = 2,7 m/s. Dengan didapatkan kecepatan optimum, diameter

pipa pesat bisa dicari dengan menggunakan Persamaan (5). Debit yang digunakan untuk PLTMH adalah 7 m³/s maka diameter pipa pesat adalah sebagai berikut.



Average angle of penstock A_p

Gambar 4. Plot dari sudut rata-rata

$$d = 1,273 \left[\frac{Q_d}{V_{opt}} \right]^{0.5} \quad (5)$$

Sehingga diperoleh:

$$d = 1,273 \left[\frac{7}{2,7} \right]^{0.5}$$

$$d = 2,0497 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

b. Ketebalan pipa

Ketebalan pipa yang diperhitungkan menggunakan Persamaan (6). Tekanan hidrostatik pipa adalah beda tinggi bak penenang dan *power house* sebesar 8 m diameter pipa adalah 2 m maka ketebalan pipa pesat adalah sebagai berikut.

$$\delta = \frac{PD}{2\theta\alpha\eta} + \delta_{min} \quad (6)$$

Keterangan:

δ = Ketebalan pipa (cm)

P = Tekanan hidrostatik (1,1)

D = Diameter

θα = Tekanan ijin bahan, ss 400 (1400 kgf/cm²)

η = Efisiensi las (0,85-0,9)

δ_{min} = Faktor korosi (1,5 mm)

Sehingga:

$$\delta = \frac{(1,1 \cdot 1,9 \cdot 1) \cdot 2}{2 \cdot 1400 \cdot 0,85} + 0,0015$$

$$\delta = \frac{42,02}{2380} + 0.0015$$

$$\delta = 0,0192 \text{ m} \approx 1,92 \text{ cm}$$

Dari perhitungan didapatkan tebal pipa yang digunakan adalah 1,92 cm.

c. Kehilangan tenaga

Kehilangan tenaga yang terjadi di pipa pesat ada 4, yaitu kehilangan tenaga karena gaya gesek, kehilangan tenaga di *inlet*, kehilangan tenaga di *outlet*, dan kehilangan tenaga karena belokan.

1. Kehilangan tenaga karena gaya gesek

Kehilangan energi karena gaya gesek dihitung dari persamaan (7). Kecepatan di pipa dihitung dengan membagi debit dengan luas pipa. Setelah didapat kecepatan, dihitung kehilangan tenaga dengan nilai kekasaran pipa (n) = 0,012.

$$h_f = f \frac{LV^2}{2gD} \quad (7)$$

Keterangan:

- h_f = Headloss (m)
- f = $124.5n^2/D$
- L = Panjang *penstock* (m)
- V = Kecepatan *penstock* (m/s)
- D = Diameter *penstock* (m)
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)
- n = Koefisien kekasaran (0,012)

Sehingga:

$$h_f = 0,008964 \frac{30 \cdot (2,23)^2}{2,9,81 \cdot 2}$$

$$h_f = 0,008964 \frac{149,093}{39,24}$$

$$h_f = 0,0341 \text{ m}$$

Jadi nilai kehilangan tenaga akibat gaya gesek pada *penstock* adalah 0,0341 m.

2. Kehilangan tenaga di *inlet* pipa pesat

Kehilangan tenaga di *inlet* pipa pesat dihitung dengan Persamaan (8) dengan nilai $k = 0,5$.

$$h_i = k \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Sehingga:

$$h_i = 0,5 \frac{2,23^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_i = 0,5 \frac{4,97}{19,62}$$

$$h_i = 0,1267 \text{ m}$$

Jadi nilai kehilangan tenaga di inlet pipa pesat adalah 0,1267 m.

3. Kehilangan tenaga di *outlet* pipa pesat

Kehilangan tenaga di *outlet* pipa pesat dihitung dengan Persamaan (9) dengan nilai $k = 1$.

$$h_o = k \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

Sehingga:

$$h_o = 1 \frac{2,23^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_o = 1 \frac{4,97}{19,62}$$

$$h_o = 0,2533 \text{ m}$$

Jadi nilai kehilangan tenaga di *outlet* pipa pesat adalah 0,2533 m.

4. Kehilangan tenaga karena belokan

Belokan pada yang ada pada pipa adalah sebesar 20°. Sehingga nilai koefisien kehilangan pada belokan yaitu 0,05. Kehilangan tenaga karena belokan dapat dihitung dengan persamaan (10) berikut.

$$h_e = k \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

Sehingga:

$$h_e = 0,05 \frac{2,23^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_e = 0,05 \frac{4,97}{19,62}$$

$$h_e = 0,0127 \text{ m}$$

Jadi nilai kehilangan tenaga karena belokan di pipa pesat adalah 0,0127 m.

5. Total kehilangan tenaga

Kehilangan tenaga yang telah dihitung sebelumnya ditambahkan semua sehingga didapatkan total kehilangan tenaga di dalam pipa pesat adalah.

$$h = h_f + h_i + h_o + h_e \quad (11)$$

Dari kehilangan tenaga yang ada maka tinggi efektif untuk PLTM adalah.

$$h = 0,0341 + 0,1267 + 0,2533 + 0,0127$$

$$h = 0,43$$

$$h_{\text{eff}} = H - h_f$$

$$h_{\text{eff}} = 8 - 0,43$$

$$h_{\text{eff}} = 7,57 \text{ m}$$

Sehingga total tinggi efektif yang dihasilkan adalah:
 Total $h_{eff} = h_{eff} + h_{intake} + h_{headrace}$
 Total $h_{eff} = 7,57 + 0,0354 + 32,3952$
 Total $h_{eff} = 40,0006 \text{ m} \approx H_n = 40,0006 \text{ m}$

Daya PLTMH yang Dihasilkan

Dalam perhitungan jumlah daya yang dihasilkan oleh PLTMH Sampean Baru, nilai-nilai koefisien diambil dari [8] dengan persamaan.

$$P_t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta_o \quad (12)$$

Keterangan:

- P_t = Daya terbangkitkan (W)
- ρ = Rapat massa air (kg/m^3)
- g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- Q = Debit aliran (m^3/s)
- D = Diameter penstock (m)
- H_n = Tinggi jatuh (m)
- η_o = Efisiensi, (50-70%)

Sehingga:

$$P_t = 1000 \cdot 9,81 \cdot 7,40 \cdot 0,0006 \cdot 0,6$$

$$P_t = 1648242,81 \text{ W} \approx 1,6 \text{ MW}$$

Jadi potensi pembangkit listrik tenaga air di Sampean Baru adalah 1,6 MW. Setelah potensi diperoleh, maka dicari generator yang cocok untuk digunakan lalu dihitung daya yang dihasilkan dari generator tersebut. Efisiensi generator yang digunakan adalah 0,7 (mengacu standar generator). Sehingga besarnya keluaran daya pada generator PLTM Sampean Baru adalah sebagai berikut:

$$P_t = 1000 \cdot 9,81 \cdot 7,40 \cdot 0,0006 \cdot 0,6 \cdot 0,7$$

$$P_t = 1153769,96 \text{ W} \approx 1,2 \text{ MW}$$

PLTM diprediksikan tidak akan berfungsi optimal pada bulan 7 hingga 9. Hal tersebut disebabkan memasuki musim kemarau dan berkurangnya ketersediaan air untuk membangkitkan energi listrik. Sehingga dalam satu tahun energi minimal yang dihasilkan sebesar.

$$E = P \cdot t \quad (13)$$

Keterangan:

- E = Energi listrik (kWh)
- P = Daya (kW)
- t = Waktu (jam)

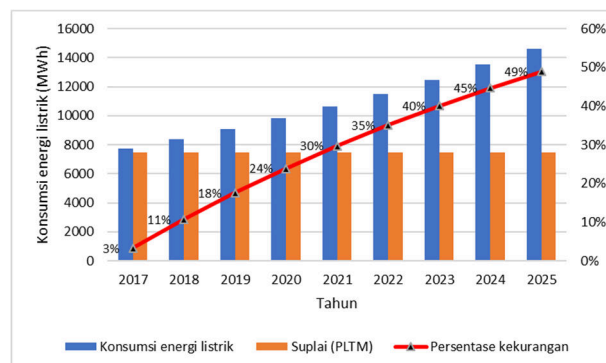
Sehingga:

$$E = 1153,77 \times 9 \text{ bulan}$$

$$E = 1153,77 \times 6480$$

$$E = 7476429,6 \text{ kWh} \approx 7476,43 \text{ MWh}$$

Berdasarkan perhitungan konsumsi energi yang telah di analisis sebelumnya, bahwa kebutuhan konsumsi energi di kecamatan Tapen pada tahun 2025 mencapai 14630,33 MW sedangkan daya PLTM yang dibangkitkan sebesar 7476,43 MW. Sehingga jika menggunakan potensi teknologi PLTM Sampean Baru sebagai suplai listrik, daya yang dihasilkan oleh PLTM dapat memenuhi 49% kebutuhan listrik di kecamatan Tapen. Gambar 5 menunjukkan hubungan antara suplai listrik dan kebutuhan energi listrik di kecamatan Tapen dengan suplai PLTM Sampean Baru.



Gambar 5. Suplai dan kebutuhan listrik

Analisis Tekno Ekonomi PLTM Sampean Baru

Performa Cash Flow

Penyusunan *cash flow* diasumsikan dengan tingkat inflasi 4%, kenaikan tarif listrik pertahun 2%, suku bunga 10%, dan usia pembangkit 20 tahun dengan pajak 30%.

Investasi Pertama

Tabel 1. Total Rab

No	Keterangan	Total
1	Pra design	200000000
2	Bangunan sipil	8700000000
3	Peralatan	7662327000
4	Jaringan 20 kV	167651750
5	Sistem <i>safety</i> , pengukuran, <i>switching</i> , alat tambahan	159494000
Jumlah		16889472750
Ppn 10%		1688947275
Total (jumlah+ppn)		18578420025

Total anggaran biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan PLTM adalah Rp 18.578.420.025

Penerimaan

Berdasarkan asumsi kapasitas daya PLTM yang terserap pada beban yaitu sebesar 85,68% dan harga jual listrik PLTM sebesar Rp 656/kWh (ESDM) maka pendapatan dalam satu tahun sebesar;

$$85,6\% \times 656 \times 1153,77 \times 6480 = \text{Rp } 4.198.284.372$$

Biaya Pengeluaran Per Bulan

- 1. Operasional = 12 x Rp 1000000
= Rp 12000000/th
- 2. Gaji = 12 x Rp 1500000
= 18000000/th
- 3. Lain-lain = 12 x Rp 1000000
- Total pengeluaran = Rp 42000000/th

Nilai Residu Dan Penyusutan

- 1. Nilai residu
- Investasi awal = Rp 18578420025
- Nilai residu = 10% x Rp 18578420025
= Rp 1857842003

2. Penyusutan

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{investasi} - \text{residu}}{20}$$

$$\text{Penyusutan} = \frac{18578420025 - 1857842003}{20}$$

Penyusutan = Rp 836028901,1

Net Present Value (NPV)

NPV adalah merupakan selisih antara *benefit* (penerimaan) dengan *cost* (pengeluaran) yang telah dipresent valuekan.

Perhitungan faktor diskonto (DF):

Diketahui: *i* (tingkat suku bunga) = 10 %

Tahun ke - 0 = $\frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,10)^0} = 1$

Benefit = (0+0) x 1 = 0 (belum ada *benefit*)

Tahun ke - 1 = $\frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,10)^1}$
= 0,909090909

Benefit = (Rp 4198284372 + Rp 836028901,1)
x 0,909090909
= Rp 4576648430

Cost = (Rp 42000000+Rp 836028901,1) x
0,909090909
= Rp 798208091,8

Cash flow tahun pertama sebesar
= Rp 4576648430 - Rp 798208091,8
= Rp 3778440338,2

Nilai *cash flow* tahun pertama yaitu Rp 3778440338,2 kemudian dari NPV tahun pertama dicari nilai NPV selama 20 tahun yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Present Value

Tahun	Benefit	Cost	Cashflow
0	-	20969820025	20969820025
1	4576648430	798208091,9	3778440338,18
2	4225135717	736901155,9	3488234560,68
3	3900884433	680348855,2	3220535577,67
4	3601757668	628178493,5	2973579174,85
5	3325787949	580046925,9	2745741023,08
6	3071163637	535638186,7	2535525450,03
7	2836216440	494661311,2	2341555129,27
8	2619409935	456848333	2162561601,83
9	2419329013	421952445,1	1997376568,11
10	2234670193	389746308,5	1844923884,69
11	2064232707	360020498,8	1704212208,52
12	1906910313	332582077,4	1574328235,49
13	1761683763	307253278,6	1454430484,77
14	1627613887	283870302,7	1343743584,26
15	1503835222	262282205,2	1241553016,33
16	1389550163	242349877,1	1147200286,24
17	1284023584	223945105,4	1060078478,81
18	1186577882	206949710,4	979628171,86
19	1096588429	191254751,3	905333677,26
20	1013479379	176759795,6	836719583,13
Jumlah	47645498744	29279617734	18365881010,04

Total *benefit* yang diperoleh selama 20 tahun sebesar Rp 47.645.498.744 sedangkan *cost* total selama 20 tahun sebesar Rp 29.279.617.734 sehingga NPV yang didapatkan sebesar Rp 18.365.881.010,04 sehingga nilai NPV bernilai positif (NPV>0).

Benefit Cost Ratio (BCR)

Perhitungan *Benefit Cost Ratio* (BCR) adalah sebagai berikut:

$$BCR = \frac{\sum_{k=0}^N B_k}{\sum_{k=0}^N C_k} \quad (14)$$

$$BCR = \frac{Rp 47.645.498.744}{Rp 29.279.617.734} = 1,63$$

Hasilnya menunjukkan bahwa nilai BCR lebih dari 1, maka PLTM bisa untuk dikembangkan.

Pay Back Period (PBP)

Perhitungan *Pay Back Period* (PBP) adalah sebagai berikut:

$$PBP = \frac{\text{Biaya investasi}}{\text{Benefit}-\text{cost}} \quad (15)$$

$$PBP = \frac{18578420025}{4576648430 - 798208091,8} = 4,92$$

Jadi *pay back period* pada PLTM adalah 4,92 tahun.

Analisis SWOT

Melalui data potensi yang sudah dianalisis seperti potensi daya sungai, daya PLTM yang mampu dihasilkan, konsumsi energi, dan analisis ekonomi maka beberapa alternatif strategi telah disusun untuk mengambil langkah dalam menghadapi perubahan faktor eksternal. Matriks SWOT dari hasil adalah sebagai berikut.

a) *Strength* (S)

1. Dapat diandalkan untuk mengatasi *peakload* di kecamatan Tapen.
2. Dapat membuka lapangan kerja sehingga dapat meningkatkan keadaan ekonomi masyarakat sekitar kawasan PLTM Sampean Baru.
3. Dapat memberi pasokan listrik terhadap rumah tangga maupun UKM yang berada di kawasan PLTM karena daya yang dihasilkan mencapai 1,2 MW per hari.
4. Debit andalan yang cukup stabil dan besar yang dimiliki oleh sungai Sampean Baru hingga 7 m³/s.
5. Akses mobilisasi infrastruktur PLTM yang cukup mudah.
6. Keuntungan dari penjualan daya yang dihasilkan PLTM Sampean Baru cukup menggiurkan bagi investor, hingga mencapai Rp 4.198.284.372

b) *Weakness* (W)

1. Investasi awal masih cenderung mahal khususnya untuk infrastruktur PLTM.
2. Konflik penggunaan air antara kebutuhan untuk sistem irigasi atau PLTM, karena sebagian masyarakat di daerah Sampean Baru rata-rata adalah petani.
3. Membutuhkan rencana jangka panjang, khususnya dalam pencarian data debit andalan sungai Sampean Baru.
4. PLTM dapat mengubah kualitas air sungai dan ekosistem di dalamnya.
5. Daya PLTM yang dibangkitkan belum bisa memenuhi kebutuhan listrik secara total, masih perlu adanya suplai dari PLN.
6. Minimnya SDM di kecamatan Tapen untuk operasi dan perawatan PLTM.

c) *Opportunity* (O)

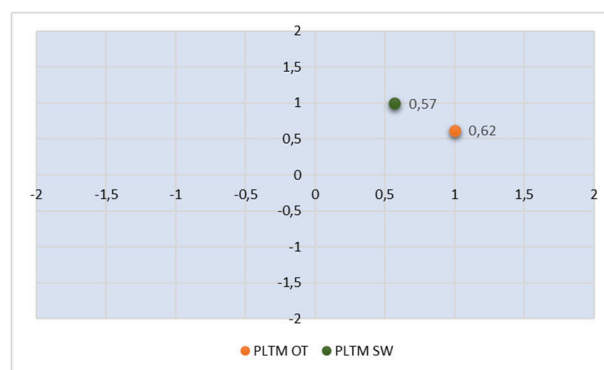
1. Menjadi contoh dari daerah lain untuk menerapkan sistem PLTM.
2. Dukungan pemerintah untuk pengembangan dan pemanfaatan energi baru terbarukan.
3. Program energi bersih bebas emisi dan pemerataan energi yang terdapat pada RPJPD kabupaten Bondowoso.

4. Harga listrik yang semakin mahal akibat pemangkasan subsidi dan menipisnya cadangan energi fosil.
5. Berkembangnya wisata tentang konsep energi terbarukan di kabupaten Bondowoso dan sekitarnya.
6. Banyak perusahaan lokal yang mulai masuk di sektor elektrikal dan mekanikal dari PLTM, sehingga harga investasi dapat direduksi.

d) *Threats* (T)

1. Probability investasi bisa gagal karena kurangnya data pada saat survei.
2. Bencana alam.
3. Kondisi menumpuknya sampah dari aliran sungai lain maupun dari kegiatan warga.
4. Daya yang dihasilkan tiba-tiba turun akibat penurunan debit.
5. Sulit dan mahalnya suku cadang PLTM jika terjadi *fail*, apalagi kondisi wilayah PLTM Sampean Baru yang jauh dari pabrik manufaktur PLTM.

Hasil evaluasi faktor internal dan eksternal kemudian disusun matriks yang menggambarkan posisi potensi PLTM Sampean Baru sebagaimana disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Matriks SWOT PLTM sampean baru

PLTM Sampean Baru berada pada kuadran I, yaitu potensi produk sangat unggul, baik secara internal maupun eksternal. Kecamatan Tapen memiliki potensi energi terbarukan berupa PLTM Sampean Baru yang memiliki debit andalan hingga 7 m³/s dengan *head* 8 m yang berpotensi sebagai konversi energi dari energi potensial air menjadi energi listrik, dengan daya yang dihasilkan mencapai 1,2 MW per hari. Produk listrik dari PLTM ini juga terbuka untuk pasar energi, terutama sebagai suplai terhadap kebutuhan listrik PLN. Dengan harga jual listrik PLTM sebesar Rp 656/kWh (ESDM), pendapatan PLTM ini dalam satu tahun mencapai 4,19 miliar dan bisa balik modal dalam waktu 4,92 tahun.

Pada sektor internal, energi air dengan skala mini ini jika dikelola dengan manajemen yang bagus, manfaatnya dapat dirasakan oleh berbagai pihak misalnya dapat membuka lapangan kerja bagi warga sekitar, dapat menjadi tempat destinasi wisata, dapat menumbuhkan rasa

cinta terhadap sungai sehingga tercipta kegiatan semisal restorasi sungai dan dapat meningkatkan keadaan ekonomi masyarakat sekitar. Di lain sisi belum dikuasai sepenuhnya teknologi PLTM bagi masyarakat sekitar, dikarenakan tingkat SDM yang kurang mencukupi, akan tetapi teknologi PLTM ini cenderung lebih sederhana dibandingkan dengan teknologi EBT lainnya, sehingga lebih mudah untuk dipelajari dan diaplikasikan.

Strategi pengembangan potensi energi terbarukan PLTM Sampean Baru dengan menggunakan hasil analisis SWOT disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Strategi Pengembangan

<u>Strategi SO</u>	<u>Strategi WO</u>
1. Peningkatan skala investasi PLTM.	1. Peningkatan ketrampilan SDM melalui pendidikan dan pelatihan berkala tentang PLTM Sampean Baru dan restorasi sungai.
2. Membangun sentra usaha pendukung dalam sistem wilayah PLTM Sampean Baru, misalnya warung kopi, destinasi wisata, dan sebagainya.	2. Kebijakan mengenai pengelolaan sumber daya dan potensi energi.
3. Meningkatkan peranan daerah tentang kebijakan energi khususnya tentang EBT.	3. Peningkatan infrastruktur pendukung dalam PLTM, misalnya akses jalan.
<u>Strategi ST</u>	<u>Strategi WT</u>
1. Diversifikasi energi.	1. Meningkatkan fasilitas infrastruktur.
2. Sosialisasi terhadap masyarakat tentang pentingnya energi ramah lingkungan.	2. Perbaikan kelembagaan terkait pengelola dan pemangku kebijakan PLTM Sampean Baru.
3. Perbaikan iklim usaha melalui kebijakan daerah dan pusat.	3. Sosialisasi terhadap masyarakat.

Secara umum dapat dirumuskan strategi pengembangan investasi PLTM yaitu.

- Tersedianya infrastruktur yang mendukung PLTM, termasuk beberapa informasi terkait pembangunan dan pemasaran PLTM.
- Penyediaan Litbang energi, yaitu dimaksudkan sebagai upaya untuk mengisi lebih banyak *local content* dari teknologi energi alternatif yang dibangun. Karena penguasaan teknologi proses pengembangan energi alternatif masih sangat lemah, sehingga peningkatan kapasitas litbang menjadi bagian kunci dalam proses alih teknologi.
- Pengembangan kerja sama pasar, selain dikategorikan sebagai strategi fasilitasi investasi juga termasuk strategi subsidi harga jual dari komponen produknya.

d. Sosialisasi kepada masyarakat luas, adalah strategi fasilitasi investasi yang berhubungan langsung dengan aspek sosial masyarakat. Karena pengembangan usaha baru di bidang energi terbarukan pada tahap inisiasi memerlukan sosialisasi dari berbagai pihak, misalnya dari pihak pemerintah, BUMN, Swasta atau pihak-pihak lainnya. Karena sebagai upaya percepatan pengembangan PLTM itu sendiri.

e. Memberikan pelatihan berkala tentang pentingnya sumber daya air bagi kehidupan, sehingga masyarakat dapat saling menjaga ekologi sungai. Karena jika ekologi sungai bagus dan tidak ada sampah maka debit aliran sungai tidak terganggu dan daya yang dihasilkan PLTM tetap stabil.

PENUTUP

Simpulan

Kecamatan Tapen memiliki sumber daya energi air yang cukup besar, potensi pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM) Sampean Baru di wilayah ini mencapai 1,2 MW dan pada skenario kebutuhan energi di tahun 2017 mampu menyuplai energi keseluruhan hingga 97%.

Hasil analisis SWOT terhadap potensi PLTM Sampean Baru, menempatkan PLTM ini pada kuadran I (produk unggul, baik dari sisi internal maupun eksternal).

Strategi yang diperlukan untuk PLTM Sampean Baru adalah strategi SO yang agresif yakni: peningkatan skala investasi, membangun sentra usaha pendukung dalam suatu sistem klaster, mempertahankan penguasaan pasar, dan meningkatkan peranan daerah.

Strategi pengembangan wilayah di kecamatan Tapen berdasarkan potensi EBT perlu memperhatikan beberapa faktor seperti keberadaan sumber daya, kondisi sosial budaya, infrastruktur, pasar, dan komitmen kuat dari pemangku kepentingan daerah.

Saran

Melakukan penyusunan peta potensi energi terbarukan lainnya di kecamatan Tapen, karena jika menggunakan satu potensi pembangkit di wilayah tersebut, maka suplai listrik dari PLTM pada skenario tahun 2025 hanya bisa mencukupi 51% perlu suatu sistem hibrid yang mampu menyuplai jika terjadi penurunan daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sugiyono, Anindhita, L. M. A. Wahid, and Adiarso, *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta: Center for Technology of Energy Resources and Chemical Industry, 2016.
- [2] T. R. Anderson, E. Hawkins, and P. D. Jones, "CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to

today's Earth System Models," *Endeavour*, vol. 40, no. 3, pp. 178–187, 2016, doi: 10.1016/j.endeavour.2016.07.002.

- [3] Kabupaten Bondowoso, "Peraturan Daerah Kabupaten Bondowoso," 2014.
- [4] B. Bondowoso, "Kecamatan tapen dalam angka 2017," 2017.
- [5] RPJPD, "Bupati bondowoso," pp. 1–11, 2010.
- [6] BPS Kabupaten Bondowoso, "Kabupaten Bondowoso Dalam Angka 2017," p. 624, 2017, doi: 35055.15.02.
- [7] A. Imron and U. Lasminto, "Optimalisasi Pembagian Air Daerah Irigasi Sampean Baru antara Areal yang di Kabupaten Bondowoso dan Areal yang di Kabupaten Situbondo," 2015.
- [8] JICA, "Manual Pembangunan PLTMH," 2010.