

STUDI PRAKIRAAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK PANAS BUMI DI PUSUK BUHIT KELURAHAN SIOGUNG-OGUNG KABUPATEN SAMOSIR

Handika Roberto Nainggolan ^[1], Eddy Warman ^[2]

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

email: handikarobertonainggolan@gmail.com

Abstrak

Sumber energi Geothermal atau panas bumi adalah salah satu kekayaan sumber daya mineral yang belum banyak dimanfaatkan. Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP) merupakan solusi kebutuhan Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk mengatasi kebutuhan energi dan ketergantungan terhadap energi tak terbarukan. Tulisan ini membahas tentang prakiraan potensi panas bumi sebagai bahan bakar PLTP pada daerah Pusuk Buhit Kabupaten Samosir. Dengan parameter yang akan dianalisa antara lain adalah aspek teknis, aspek ekonomis dan aspek lingkungan. Hal ini dikarenakan di bumi Indonesia terkandung potensi energi panas bumi yang sangat besar. Salah satu sumber panas bumi yang berpotensi besar tetapi belum dieksploitasi adalah yang ada di Pusuk Buhit Kabupaten Samosir Sumatera Utara. Daerah ini memiliki prakiraan potensi yang terduga dengan daya sebesar 54,6 MWe dan jumlah pembangkitan energi listrik sebesar 210.240.000 kWh per tahun. Sehingga diharapkan dapat mengatasi krisis energi listrik yang terjadi saat ini di Sumatera Utara.

Kata Kunci : PLTP, EBT, Daya

1. Pendahuluan

Energi panas bumi (*Geothermal*) merupakan sumber energi terbarukan berupa energi *thermal* (panas) yang dihasilkan dan disimpan di dalam inti bumi. Saat ini energi panas bumi mulai menjadi perhatian dunia. Dengan sejumlah penduduk dan sejumlah aktivitas yang dilakukan di Sumatera Utara khususnya Kabupaten Samosir maka tentunya membutuhkan suatu penyediaan energi listrik yang berkualitas dan kontinu karena menyangkut pelayanan dan aktivitas industri, sekolah, perkantoran dan masyarakat. Namun kita ketahui kondisi kelistrikan di Sumatera Utara saat ini mengalami defisit energi listrik. Banyak unit-unit pembangkit yang sudah tua dan tidak mampu beroperasi dengan maksimal selain itu pembangunan pembangkit baru yang sulit perizinannya dan perkembangan beban yang begitu pesat. Dengan adanya kondisi tersebut diatas maka dituntut suatu sistem kelistrikan yang mempunyai keandalan dan kontinuitas yang tinggi dalam penyediaan dan penyaluran daya listrik. Untuk menjaga keandalan dan kontinuitas kelistrikan yang baik, maka dengan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi di Pusuk Buhit Kabupaten Samosir diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di Provinsi Sumatera Utara mengingat Kebijakan pemerintah dalam diversifikasi

dan konservasi energi, menjadi suatu alasan untuk melakukan studi Ketenagalistrikan tentang prakiraan potensi di Pusuk Buhit Kabupaten Samosir, Provinsi Sumatera Utara.

2. Studi Pustaka

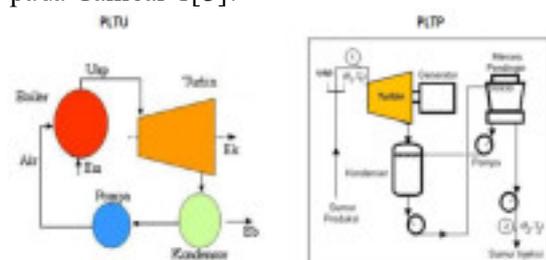
Panas bumi didefinisikan sebagai panas yang berasal dari dalam bumi. Sedangkan energi panas bumi adalah energi panas yang tersimpan dalam batuan di bawah permukaan bumi dan fluida yang terkandung didalamnya. Panas bumi menghasilkan energi yang bersih dan berkesinambungan atau dapat diperbarui.

Adanya sumber daya panas bumi pada suatu daerah dapat diketahui dari gejala /aktivitas yang dapat ditemukan pada permukaan bumi. Seperti adanya semburan uap panas dan mata air panas yang dapat terjadi apabila terdapat komponen penyusun panas bumi sebagai berikut [1]:

1. Adanya sumber magma
2. Adanya sumber air yang cukup, yang berada dekat sumber magma
3. Terdapat batuan berpori yang menyimpan sumber uap dan air panas
4. Terjadi gejala tektonik yang membentuk rekahan batuan di perut bumi yang merupakan jalan bagi uap panas bergerak menuju permukaan bumi
5. tercapainya suhu $> 2000^{\circ}\text{C}$ pada reservoir panas bumi.

2.1.Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP) pada prinsipnya sama seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), hanya pada PLTU, uap dibuat di permukaan menggunakan boiler, sedangkan pada PLTP, uap berasal langsung dari perut bumi [2]. Uap panas bumi didapatkan dari suatu kantong uap di perut bumi. Tepatnya diatas lapisan batuan yang keras diatas magma dan mendapatkkan air dari lapisan humus dibawah hutan penahan air hujan. Pengeboran dilakukan diatas permukaan bumi kantong uap tersebut, hingga uap dalam akan menyembur keluar. Semburan uap dialirkan ke turbin penggerak generator, disini listrik akan terbangkitkan. Setelah menggerakkan turbin, uap akan diembunkan dalam kondensor menjadi air dan disuntikkan kembali kedalam perut bumi menuju kantong uap dapat dilihat pada Gambar 1[3].



Gambar 1. Skema PLTU dan PLTP

2.2. Sistem Kerja PLTP

Masalah yang paling penting dan sangat mendasar dalam merencanakan pembangkit listrik tenaga panas bumi adalah bagaimana mengubah secara efisien energi panas bumi dengan kandungan kalor yang rendah menjadi energi listrik.

Ada tiga macam teknologi pembangkit listrik panas bumi yaitu *dry steam*, *flash steam*, dan *binary cycle*.

2.2.1. Dry Steam Power Plants

Pembangkit sistem *dry steam* mengambil sumber uap panas dari bawah permukaan [3].Pembangkit jenis ini memanfaatkan reservoir panas bumi berupa uap dengan suhu lebih besar dari 370 °C.Sistem ini dipakai jika fluida yang dikeluarkan melalui sumur produksi berupa dominasi uap. Uap tersebut yang langsung dimanfaatkan untuk memutar turbin dan kemudian turbin akan mengubah energi panas bumi menjadi energi gerak yang

akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik.

2.2.2. Flash Steam Power Plants

Pembangkit jenis ini merupakan jenis yang paling umum digunakan. Pembangkit jenis ini memanfaatkan reservoir panas bumi yang berisi air dengan temperatur antara 170 – 370 ° C [3]. Air yang sangat panas ini dialirkan ke atas melalui pipa sumur produksi dengan tekanannya sendiri. Karena mengalir keatas, tekanannya menurun dan beberapa bagian dari air menjadi uap. Uap ini kemudian dipisahkan dari air dan dialirkan untuk memutar turbin untuk mengaktifkan generator yang kemudian menghasilkan energi listrik.

2.2.3. Binary Cycle Power Plants

Pada sistem *Binary Cycle Power Plants* air panas yang berasal dari sumur produksi tidak pernah menyentuh turbin. Pembangkit jenis ini memanfaatkan reservoir panas bumi yang berisi air dengan temperatur antara 150 – 205 ° C [3]. Air panas bumi digunakan untuk memanaskan apa yang disebut fluida kerja yang biasanya senyawa organik (isobutana – C₄H₁₀) pada heat exchanger. Fluida kerja kemudian menjadi panas dan menghasilkan uap. Uap yang dihasilkan di heat *exchanger* tadi lalu dialirkan untuk memutar turbin dan selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan sumber daya listrik.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data potensi panas bumi milik PT Optima Nusantara Energi. Melalui data potensi energi panas bumi dapat dihitung potensi cadangan panas dan potensi listrik yang dapat dibangkitkan untuk Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP).

Metode perhitungan yang digunakan adalah metode perhitungan biaya pembangkitan tahunan, terdiri dari tiga komponen biaya, yaitu : biaya investasi modal (*capital cost*), biaya bahan bakar (*fuel cost*), serta biaya operasi dan perawatan (*O & M cost*) dapat dihitung dengan Persamaan 1 [1].

$$TC = CC + FC + O\&M \quad (1)$$

Keterangan:

TC = Biaya total

CC = Biaya modal

FC = Biaya bahan bakar

OM = Biaya operasional dan perawatan

3.1. Biaya Modal

Biaya investasi pembangkit listrik yang dipengaruhi oleh tingkat suku bunga dan umur ekonomis pembangkit listrik itu sendiri disebut biaya modal (*capital cost*) [1].

Besar biaya modal dapat dihitung melalui Persamaan 2.

$$CC = \frac{\text{biaya pembangunan} \times \text{kapasitas pembangkit} \times CRF}{\text{besar energi listrik yang dibangkitkan}} \quad (2)$$

Capital Recovery Factor (CRF) dapat dihitung melalui Persamaan 3.

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (3)$$

Keterangan:

CC = *Capital Cost*

CRF = *Capital Recovery Factor* (desimal)

I = Suku bunga (%)

N = Umur pembangkit (tahun)

3.2. Biaya Operasi dan Perawatan

Biaya operasional dan perawatan adalah semua biaya yang digunakan selama pembangkit beroperasi. Biaya operasional dan perawatan meliputi biaya tetap (*fixed cost*) yaitu biaya yang tidak berhubungan terhadap besar tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga. Biaya tidak tetap (*variable cost*) adalah biaya yang berkaitan dengan pengeluaran untuk alat-alat dan perawatan yang dipakai dalam periode pendek dan tergantung pada besar tenaga listrik yang dihasilkan [1].

3.3. Biaya Bahan Bakar

Biaya bahan bakar ini merupakan biaya yang hanya dikeluarkan apabila pusat pembangkit dioperasikan untuk membangkitkan tenaga listrik. Biaya bahan bakar ini merupakan biaya pembelian Uap Panas Bumi sebagai bahan bakar utama Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Besar biaya bahan bakar dapat dihitung melalui Persamaan 4:

$$Fc = CxP \quad (4)$$

Keterangan:

Fc = Biaya bahan bakar

C = Konsumsi bahan bakar

P = Harga bahan bakar

3.4. Biaya Operasi dan Pemeliharaan

Biaya operasional adalah semua biaya yang digunakan selama pembangkit beroperasi. Biaya operasional dan perawatan meliputi

biaya tetap yaitu biaya yang tidak berhubungan terhadap besar tenaga listrik yang dihasilkan oleh suatu pembangkit tenaga listrik. Biaya tidak tetap adalah biaya yang berkaitan dengan pengeluaran untuk alat – alat dan perawatan yang dipakai dalam periode pendek dan tergantung pada besar tenaga listrik yang dihasilkan [1].

Besar biaya operasi dan perawatan dapat dihitung melalui Persamaan 5:

$$OM = \frac{\text{Biaya O\&M}}{CF \times T \times C} \quad (5)$$

Keterangan:

OM = Operasi dan Perawatan

CF = Faktor kapasitas

T = Waktu (Jam/tahun)

C = Kapasitas Pembangkitan

3.5. Analisa Investasi Pembangkit

Analisis *Payback Period* (PBP) pada dasarnya bertujuan mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi / modal. Lamanya periode pengembalian (k) saat kondisi pulang pokok/modal. *Payback Period* dapat dihitung melalui Persamaan 6 [4].

$$K_{(PBP)} = \frac{\text{investasi}}{\text{annual CIF}} \times \text{Periode wakt} \quad (6)$$

Jika :

- PBP ≤ umur investasi, maka investasi layak
- PBP ≥ umur investasi, maka investasi tidak layak.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisa Teknik

Adapun potensi energi panas bumi di Pusuk Buhit dapat dilihat pada Tabel 1 [5].

Tabel 1. Potensi Panas Bumi Pusuk Buhit

Simbol	Keterangan	Banyaknya
A	Area (km ²)	10,4
T	Suhu Bawah Permukaan (°C)	240
T _{cutoff}	Suhut Cut Off dalam (°C)	180
H	Kedalaman (m)	750
P _r	Kepadatan batuan (kg/m ³)	2500
C _{pr}	Kapasitas batuan panas (J.kg.m ³)	1000
	Sifat Menyerap	0,1
	Faktor Kapasitas	0,8
	Recovery Factor	0,30
	Conversion Factor	0,16
	Masa operasi (tahun)	30

Perhitungan potensi energi panas bumi berdasarkan perhitungan “*Stored Heat Calculation Method*” sebagai berikut [5]:

Potensi Cadangan Panas (J)

$$= 10^6 \times H(m) \times pr \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times Cpr \times T(^{\circ}C) \times A(km^2)$$

$$= 10^6 \times 750 \times 2500 \times 1000 \times 240 \times 10,4$$

$$= 4,68 \times 10^{18} \text{Joule}$$

Potensi Listrik (MWe)

$$= 10^6 \times 10^3(m) \times Pr \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times Cpr \left(\frac{J}{kgm^3} \right) \times A(km^2)$$

$$\times (T - T_{cutoff}(^{\circ}C)) \times 10^{-6} \times N \times L(s)$$

$$= 10^6 \times 10^3(m) \times 2,5 \times 10^3 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times 10^3 \left(\frac{J}{kgm^3} \right)$$

$$\times A(km^2) \times (T - T_{cutoff}(^{\circ}C)) \times 10^{-6}$$

$$\times 0,035 \times 10^{-9}$$

$$= 10^6 \times 10^3 \times 2500 \times 10^3 \times 10,4 \times (240 - 180) \times 10^{-6}$$

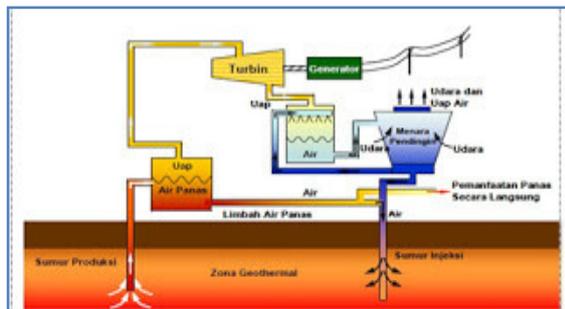
$$\times 0,035 \times 10^{-9}$$

$$= 2,5 \times 0,035 \times 10,4 \times 60$$

$$= 54,6 \text{ MWe}$$

Dari data tersebut, PLTP pusuk Buhit direncanakan akan menggunakan 2 unit jenis Generator yang berkapasitas 15 MW, sehingga total pembangkitannya 2 x 15 = 30 MW.

Sumber panas bumi di Pusuk Buhit adalah sumber uap panas. Sehingga dari data – data pada tabel 4.1 dan suhu *reservoir* sebesar 240 ° C [5], maka cocok apabila menggunakan jenis teknologi *Flushed Steam System* sebagai pembangkitan energi listrik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa PLTP *Flushed Steam System*

4.2. Analisa Ekonomi

4.2.1. Analisa Ekonomi Pembangkitan

Adapun total biaya pembangkitan energi listrik dari PLTP Pusuk Buhit 2 x 15 MW, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Biaya Pembangkitan PLTP Pusuk Buhit

Perhitungan	Suku Bunga	
	6%	9%
Biaya Pembangunan (US\$/kW)	3800	3800
Umur operasi (tahun)	30	30
Kapasitas (MW)	30	30
Biaya bahan bakar (US\$)	0.0225	0.0225
Biaya O&M (US\$ / kW)	0.00342	0.00342
Biaya Modal (US\$/kWh)	0.0390	0.0525
Biaya pembangkitan (US\$/kW)	0.0649	0.0784
Investasi (juta US\$)	114	114

4.2.2. Pendapatan Pertahun

Jumlah pendapatan pertahun dapat dihitung dari kWh *output* dan selisih harga pembelian (HP) oleh PLN dan biaya pembangkitan (BP) atau dengan kata lain Pendapatan Produksi (PP) [6].

a. Untuk suku bunga 6%:

$$\text{Pendapatan Produksi (PP)} = 0,0531/kW$$

$$\text{Cash in Flow (CIF)} = \text{US\$ } 11,16 \times 10^6$$

b. Untuk suku bunga 9%:

$$\text{Pendapatan Pertahun (PP)} = 0,0396/kW$$

$$\text{Cash in Flow (CIF)} = \text{US\$ } 8,32 \times 10^6$$

4.3. Analisa *Payback Period*

Payback Period adalah lama waktu yang dibutuhkan agar nilai investasi yang diinvestasikan dapat kembali dengan utuh.

a. Untuk suku bunga 6% :

$$K_{PBP} = \frac{114 \times 10^6}{11,16 \times 10^6} \times 1 = 10,21 \text{ ta un}$$

b. Untuk suku bunga 9% :

$$K_{PBP} = \frac{114 \times 10^6}{8,32 \times 10^6} \times 1 = 13,70 \text{ ta un}$$

Dari hasil perhitungan *Payback Period* maka dapat dianalisa bahwa dengan suku bunga 6% maupun 9% proyek layak untuk dilaksanakan.

4.4. Analisa Dampak Lingkungan

Prakiraan dampak penting dalam perencanaan Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP) Pusuk Buhit ini ialah upaya pemantauan lingkungan untuk kegiatan perencanaan pembangkit. Prakiraan dampak yang akan terjadi akan ditinjau dalam 4 (empat) tahapan:

1. Tahap Persiapan
2. Tahap Kontruksi
3. Tahap Operasional
4. Tahap Pasca Operasi

Pengelompokan yang baik dan benar dengan memperhatikan perubahan lingkungan dan sumber dampak yang terjadi, akan dapat meredam dan menekan dampak negative yang mungkin terjadi bahkan mungkin dapat merubah berbalik menjadi positif. Secara umum, upaya pengelolaan lingkungan ini adalah pengelolaan rencana kegiatan yang akan membuat pengaruh (dampak) terhadap lingkungan, mulai dari tahap kegiatan persiapan, konstruksi dan pasca konstruksi sehingga dampak yang terjadi dapat ditekan seminimal mungkin.

4.4.1. Dampak Positif

Dampak positif dari perencanaan PLTP ini adalah:

1. Membantu mengatasi krisis energi listrik yang ada di Sumatera Utara
2. Membuka peluang kerja, pembangunan proyek ini akan banyak membutuhkan pekerja baik pada saat tahap konstruksi maupun pada tahap operasi.
3. Meningkatkan pendapatan pemerintah, dengan dibangunnya PLTP ini maka akan banyak memberi masukan terutama dari sektor pajak.
4. Belerang yang diolah dapat dimanfaatkan juga dapat dijual.

4.4.2. Dampak Negatif

Selain dampak positif di atas terdapat dampak negatif yang dapat ditimbulkan dari perencanaan proyek ini antara lain:

1. Belerang yang telah dipisahkan akan menjadi masalah jika dibuang sembarangan misalnya jika dibuang ke Danau Toba maka akan terjadi pencemaran air dimana air Danau Toba merupakan sumber kehidupan oleh masyarakat sekitar sehingga limbahnya harus diolah dan dimanfaatkan.
2. Uap panas bumi yang keluar dari sumur terdiri atas uap air, uap air panas. Penanggulangan dampak ini antara lain: pada alat pemisah dan pembersih, pengotoran – pengotoran (belerang) dipisahkan.
3. Meningkatnya kebisingan dan getaran, hal ini dapat diatasi dengan menaruh turbin dalam ruangan tertutup.

4.5. Kendala Operasi pada PLTP

4.5.1. Kendala Operasi Teknis

Kendala operasi teknis yang timbul akibat pembangunan proyek ini antara lain:

1. Karena perubahan beban akan menyangkut perubahan peyediaan uap dari perut bumi maka PLTP hanya dapat mengambil beban dasar dalam sistem, dalam arti harus berbeban konstan.
2. Sumber daya mempunyai kandungan panas atau cadangan yang besar sehingga mampu memproduksi uap untuk jangka waktu yang lama, yaitu sekitar 25-30 tahun.
3. Masalah pengoperasian, yang harus beroperasi selama 24 jam sepanjang tahun.
4. Gangguan dan kerusakan
5. Perkembangan teknologi pembangkitan

4.5.2. Kendala Operasi Non Teknis

Selain kendala teknis diatas terdapat kendala operasi non teknis yang dapat ditimbulkan dari pengoperasian PLTP ini antara lain:

1. Penyediaan suku cadang karena sebagian besar peralatan harus diimpor.
2. Masalah sosial, misal : keengganan dan protes dari masyarakat
3. Rawan terjadi kecelakaan kerja, hal ini dapat ditanggulangi dengan menerapkan standar K3 yang ketat seperti pembatasan ruang akses bagi yang tidak berwenang.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 54,6 MWe.
2. Sistem Pembangkit Listrik Panas Bumi yang cocok digunakan berdasarkan temperaturnya yaitu *Flushed Steam System*.
3. Biaya Pokok Pembangkitan PLTP Pusuk Buhit 2 x 15MW untuk suku bunga 9% adalah 0,0784 US\$/kWh
4. Dari analisis perhitungan kelayakan investasi PLTP 2 x 15 MW, tampak bahwa kombinasi suku bunga, 6% dan 9%, dengan lama pengembalian modal 10,21 dan 13,70 tahun. Maka nilai Payback Periodnya lebih kecil dari umur investasi pembangkit, hal ini berarti investasi untuk PLTP ini layak.

5. Pembangunan pembangkit panas bumi mendapat prioritas pertama dalam segi biaya operasi dan penggunaan energi yang efisien sehingga PLTP Pusuk Buhit 2 x 15 MW layak untuk dibangun.

6. Daftar Pustaka

- [1] Yusufa, Berdik An, “Studi pembangunan PLTP Sorik Merapi 55 MW untuk memenuhi kebutuhan energy listrik di propinsi Sumatera Utara,” Skripsi, ITS, 2008.
- [2] Mulianti, “Studi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Atadei 40 MW di Lembata Nusa Tenggara Timur dan Pengaruhnya Terhadap Tarif Listrik Regional”, Skripsi ITS, 2010.
- [3] Saptadji, Nenny, “Sekilas tentang panas bumi”, Institut Teknologi Bandung, 2013.
- [4] Giatman, M., “Ekonomi Teknik”, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta, 2006.
- [5] Laporan Evaluasi Terpadu, “Survei Pendahuluan Panas Bumi Daerah Simbolon-Samosir, Provinsi Sumatera Utara oleh PT. Optima Nusantara Energi”. Jakarta.
- [6] Ifandry, Ariono, “Analisa Skema Bisnis Pengembangan dan Penentuan Harga Listrik Panas Bumi di Indonesia”, Tesis Universitas Indonesia, 2012.