

## Peran Teknologi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Geothermal Guna Mendukung Tercapainya Net Zero Emission (NZE)

Ice Fahmi<sup>1</sup> Fajar Gunawan Afandi<sup>2</sup> Nugroho Adi Sasongko<sup>3</sup> Donny Yoesgiantoro<sup>4</sup>

Universitas Pertahanan Republik Indonesia<sup>1,2,3,4</sup>

Email: [icefahmi77@gmail.com](mailto:icefahmi77@gmail.com)<sup>1</sup> [fajargunawan0afandi@gmail.com](mailto:fajargunawan0afandi@gmail.com)<sup>2</sup>  
[nugroho.adi.sasongko@gmail.com](mailto:nugroho.adi.sasongko@gmail.com)<sup>3</sup> [energyprogram@gmail.com](mailto:energyprogram@gmail.com)<sup>4</sup>

### Abstrak

Energi listrik merupakan suatu faktor penting dalam kehidupan. Hampir seluruh kegiatan dalam kehidupan sehari-hari membutuhkan dukungan energi listrik. Tidak hanya itu, energi listrik juga berperan penting untuk memutar roda perekonomian suatu negara, bahkan dalam bidang pertahanan energi listrik memiliki peranan yang sangat penting seperti menghidupkan radar-radar yang ada di perbatasan sehingga kedaulatan suatu negara tetap terjaga. Oleh sebab itu, cadangan listrik suatu negara merupakan suatu faktor yang sangat penting untuk dipikirkan bersama. Dewasa ini, listrik dapat dihasilkan melalui banyak sumber daya. Bahkan terdapat sumber daya energi listrik yang tidak menghasilkan emisi, atau yang lebih dikenal dengan istilah Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Salah satu sumber daya EBT yang melimpah di Indonesia adalah panas bumi (geothermal). Indonesia termasuk dalam negara yang dilintasi ring of fire sehingga memiliki banyak sekali potensi panas bumi. Untuk mengubah sumber daya panas bumi menjadi energi listrik dapat dilakukan dengan 3 jenis teknologi, yaitu flash steam, dry steam, dan binary cycle. Dalam penerapannya, efisiensi dari teknologi binary cycle merupakan yang tertinggi dan tingkat efisiensi terendah adalah teknologi dry steam.

**Kata Kunci:** Teknologi, Net Zero Emission

### Abstract

*Electrical energy is an important factor in life. Almost all activities in everyday life require the support of electrical energy. Not only that, electrical energy also plays an important role in turning the wheels of a country's economy, even in the field of defense, electrical energy has a very important role such as turning on radars on the border so that a country's sovereignty is maintained. Therefore, a country's electricity reserves are a very important factor to think about together. Nowadays, electricity can be generated through many power sources. There are even electrical energy resources that do not produce emissions, or better known as New and Renewable Energy (EBT). One of the abundant NRE resources in Indonesia is geothermal. Indonesia is included in the country crossed by the ring of fire so that it has a lot of geothermal potential. To convert geothermal resources into electrical energy can be done with 3 types of technology, namely flash steam, dry steam, and binary cycle. In its application, the efficiency of binary cycle technology is the highest and the lowest level of efficiency is dry steam technology.*

**Keywords:** Technology, Net Zero Emission



Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

### PENDAHULUAN

Saat ini listrik merupakan suatu kebutuhan yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Listrik juga sangat berperan penting untuk mendukung pertahanan suatu negara mengingat saat ini berbagai alat pertahanan yang digunakan membutuhkan sumber daya listrik, seperti radar dan alat komunikasi. Kebutuhan akan listrik kian hari semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan sektor industri yang semakin merajalela. Demi memenuhi kebutuhan listrik yang semakin meningkat, dibutuhkan pembangkit listrik dengan daya yang cukup besar untuk menyuplai pasokan listrik kepada para konsumen. Saat ini, kebutuhan listrik tersebut sebagian besar disuplai oleh PLTU dengan batu bara sebagai sumber bahan bakar utamanya.

Sayangnya penggunaan batu bara sebagai sumber bahan bakar di PLTU menimbulkan masalah baru yaitu emisi karbon yang sangat besar. Emisi karbon yang dihasilkan oleh PLTU biasanya berkisar 1 *kg/kWh*. Misalnya pada PLTU Banten menghasilkan emisi sebesar 1,033 *kg/kWh*, PLTU Indramayu menghasilkan 1,002 *kg/kWh*, PLTU Rembang menghasilkan 1,136 *kg/kWh* (Rizki, 2013). Jumlah ini tentu sangat besar mengingat listrik yang mampu dihasilkan satu pembangkit listrik mencapai lebih dari 4 milyar *kWh*, sebagai contoh pada PLTU Indramayu mampu menghasilkan 6937920000 *kWh*.

Dengan kata lain PLTU Indramayu menghasilkan 6953,1 kTon emisi CO<sub>2</sub> (Rizki, 2013). Emisi karbon dalam jumlah yang sangat besar tentu memiliki dampak negatif bagi lingkungan, seperti pemansan global, meningkatnya suhu bumi yang mengakibatkan mencairnya es di kutub, bahkan perubahan iklim. Untuk menanggulangi hal ini, pemerintah dunia berkomitmen untuk mengurangi emisi karbon di dunia melalui program NZE (Net Zero Emission) dimana salah satu targetnya yaitu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber daya pembangkit listrik.

Demi mencapai NZE, pemerintah Indonesia mengambil langkah strategis dengan mengurangi jumlah emisi yang dihasilkan PLTU dengan menggunakan teknologi baru seperti perangkap karbon yang dipasang di cerobong-cerobong asap PLTU atau dengan melakukan gasifikasi batubara sehingga emisi yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Untuk menekan angka emisi tersebut, pemerintah juga membangun berbagai pembangkit listrik dari sumber energi baru dan terbarukan, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga panas bumi.

Potensi panas bumi yang ada di Indonesia sangat besar, yaitu sekitar 28,5 Gwe yang bersumber dari 17.453 MW reserves dan 11.073 MW resources (Kementrian ESDM, 2018). Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) memiliki tingkat emisi yang jauh lebih rendah dibandingkan PLTU. Sebagai contoh, pada PLTP Ulubelu Unit 1 dengan daya keluaran 54.17 MW menghasilkan Emisi CO<sub>2</sub> sebesar 56,898 kTon emisi CO<sub>2</sub> (Alimuddin, 2018). Pembangkit listrik tenaga panas bumi memiliki tiga jenis teknologi pembangkit yang dapat mengubah potensi panas bumi menjadi sumber daya listrik, yaitu yaitu *flash steam*, *dry steam*, dan *binary cycle*.

Masing-masing jenis teknologi tersebut tentu memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh sebab itu, makalah ini akan membahas efisiensi yang dihasilkan dari masing-masing jenis teknologi dalam penerapannya pada beberapa pembangkit listrik tenaga panas bumi di Indonesia.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan melakukan pendekatan melalui studi literatur. Data-data yang diperoleh dari penelitian ini didapatkan dari informasi yang bersumber dari website resmi.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### *Flash Steam System*

Sistem flash steam biasanya digunakan pada reservoir yang suhunya antara 125°C-225°C dan didominasi oleh air (*water dominated system*), sehingga material yang diangkat dari reservoir akan berupa uap dan air panas. Hal yang membedakan antara sistem ini dengan sistem lainnya adalah terdapat separator yang berfungsi untuk memisahkan uap dan air panas. Uap panas yang telah terpisah akan dialirkan menuju *scrubber* untuk melalui proses pemurnian, sedangkan air panas di separator akan dialirkan kembali menuju reservoir untuk dipanaskan kembali oleh magma.

Uap panas yang telah melalui proses pemurnian akan disalurkan ke generator yang selanjutnya akan memutar turbin sehingga dapat menghasilkan listrik. Salah satu PLTP yang menerapkan sistem ini adalah PLTP Dieng. PLTP Dieng memiliki suhu reservoir yang tinggi, yaitu 306°C. Total eksergi yang terdapat pada PLTP ini adalah 66.204 kW. Dengan eksergi tersebut, PLTP Dieng mampu menghasilkan listrik sebesar 24.300 kW atau efisiensinya sebesar 36,7%. *Losses* terbesar terjadi pada saat pemisahan uap panas dengan air pada separator yaitu 8.334 kW atau sekitar 12,59% dan uap air panas yang dikembalikan ke reservoir (*waste brine*) mengakibatkan *losses* sebesar 12.605 kW atau sekitar 19,04 %. *Losses* lainnya terjadi pada *inter condenser* sebesar 1019 kW (1,54%), *after condenser* sebesar 1584 kW (2,39%), *purifier* sebesar 146,9 kW (0,22%), *cooling tower* sebesar 2832 (4,28%), *main condenser* sebesar 3639 kW (5,5%), *turbine* sebesar 5492 kW (8,3%), *flasher* sebesar 3652 kW (5,52%), dan *parasitic load* sebesar 2600 kW (3,93%).

### **Dry Steam System**

Sistem dry steam biasanya digunakan pada reservoir yang memiliki suhu diatas 225° C dan didominasi oleh uap (*vapour dominated system*). Suhu yang tinggi dari reservoir mampu menghasilkan uap yang sangat panas secara alami, sehingga bisa langsung dimanfaatkan untuk memutar turbin. Pada sistem dry steam biasanya tidak diperlukan separator untuk memisahkan uap dengan air panas karena material yang diambil dari reservoir hanya berupa uap kering saja. Secara sederhana, uap kering yang keluar dari reservoir selanjutnya akan disalurkan menuju generator yang memutar turbin sehingga mampu mengasihkan listrik.

Salah satu PLTP yang menerapkan sistem ini adalah PLTP kamojang. Suhu reservoir yang ada pada PLTP kamojang sekitar 245° C dan didominasi oleh uap. Total eksergi yang berada pada PLTP ini sekitar 309.456 kW. PLTP Kamojang dengan sistem dry steam mampu menghasilkan listrik sebesar 111.044 kW atau sekitar 35,83% dari total eksergi yang tersedia. Pada sistem ini *losses* terbesar terjadi pada kondenser utama yaitu sebesar 180.783 kW atau sekitar 58,33%. *Losses* lainnya disebabkan oleh *header* penerimaan uap sebesar 96 kW (0,03%), *separator* sebesar 401 kW (0,13%), *demister* sebesar 760 kW (0,25%), *after condenser* 3726 kW (1,2%), *inter condenser* sebesar 5118 kW (1,65%), dan *turbine* 8025 kW (2,5%).

### **Binary Cycle System**

Sistem binary cycle memnfaatkan air panas yang diambil dari reservoir. Air dari reservoir akan disalurkan menuju rangkaian pembangkit listrik melalui pipa, air panas tersebut kemudian didistribusikan ke masing-masing generator dalam rangkaian pembangkit listrik yang saling terhubung. Setiap generator akan menghasilkan daya sendiri secara bersamaan. Dalam sistem biner ini, air reservoir tidak bersentuhan dengan turbin tetapi panasnya dipindahkan ke fluida kerja sekunder saat melewati kumparan di tangki. Karena fluida kerja sekunder memiliki titik didih yang lebih rendah daripada air, fluida ini akan menghasilkan uap dengan cepat pada suhu 57° F dan uap tersebut akan disalurkan menuju turbin yang akan memutar poros pada generator sehingga menghasilkan listrik.

Air panas yang telah melewati rangkaian pembangkit akan disalurkan kembali menuju reservoir melalui sumur injeksi sehingga dapat dipanaskan kembali oleh magma. Salah satu pembangkit yang menggunakan sistem ini adalah PLTU Ampallas di Sulawesi Barat. Suhu fluida pada reservoir yang ada di PLTP Ampallas sekitar 172° C, ketika mencapai pinch, suhu fluida menurun menjadi 134° C, dan saat diinjeksikan kembali ke reservoir, suhu fluida berada pada 108° C. PLTP Ampallas mampu menghasilkan listrik sebesar 22,539 MW atau efisiensinya mencapai 82,12%.

## Pembahasan Isu terkini

saat ini masing-masing negara sedang berusaha untuk menghadapi ancaman perubahan iklim. Ancaman ini disebabkan oleh tingginya tingkat emisi yang dihasilkan oleh manusia sehingga mempengaruhi suhu bumi dan berakibat terjadinya perubahan iklim dunia. Pemerintah Indonesia saat ini tengah berusaha untuk menurunkan tingkat emisi karbon menjadi low carbon. Usaha ini tentu melibatkan beberapa sektor seperti KLHK melalui deforestasi, dan tentunya sektor energi terbarukan dengan target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada 2025. Dalam mencapai target bauran energi pada tahun 2025 dibutuhkan dukungan dari pemerintah. Salah satu BUMN yang memegang peranan penting untuk mewujudkan target ini adalah PT. GeoDipa. Perusahaan ini melaksanakan tugas untuk merealisasikan target RUEN (Rencana Umum Energi Nasional) yang tertuang pada Peraturan Presiden nomor 22 Tahun 2017, yaitu target PLTP 7,2 GW pada tahun 2025 (16% dari total target EBT) dan 17,5GW pada 2050 (10% dari total target EBT). Peran PLTP dalam mengurangi total emisi GRK nasional sangat penting. Dalam Road Map GeoDipa untuk 1000 MW PLTP baru menyumbangkan penurunan emisi GRK nasional dengan total sekitar 130 juta Ton CO<sub>2e</sub>. Dengan kata lain, apabila 8000 MW PLTP terwujud, maka Indonesia akan menyumbangkan emisi GRK sekitar 1040 juta Ton CO<sub>2e</sub> setiap tahunnya.

## KESIMPULAN

Efisiensi masing-masing PLTP dapat berbeda-beda meskipun menggunakan sistem teknologi yang sama, hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti suhu lingkungan, jarak sumur ke generator, dan beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi efisiensi. Akan tetapi berdasarkan isi pembahasan di atas, dapat diketahui bahwa teknologi pembangkit listrik panas bumi yang memiliki efisiensi terbesar adalah binary cycle system dengan efisiensi sekitar 82,12 % pada PLTP Ampallas. Kemudian tingkat efisiensi terbesar selanjutnya adalah sistem single flash steam pada PLTP Dieng dengan tingkat efisiensi sebesar 36,7% dan yang terakhir adalah sistem dry steam pada PLTU Kamojang dengan tingkat efisiensi sebesar 35,83%. Selain lebih efisien, sistem binary cycle juga tidak membutuhkan suhu reservoir yang sangat tinggi, sehingga sistem ini dapat menjadi rekomendasi untuk diterapkan pada sumber panas bumi yang memiliki suhu dibawah 200° C yang tersebar diseluruh Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alimuddin, Armansyah H. Tambunan, Machfud, Andi Novianto. 2018. Analisis Emisi CO<sub>2</sub> Pembangkit Listrik Panas Bumi Ulubelu Lampung dan Kontribusinya Terhadap Pengembangan Pembangkit Listrik di Provinsi Lampung. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 9(2): 287-304.
- Bayu Rudiyanto, Ibnu Atho Illah, dkk. 2017. Preliminary analysis of dry-steam geothermal power plant by employing exergy assessment: Case study in Kamojang geothermal power plant, Indonesia. *Journal Case Studies in Thermal Engineering*  
<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/ini-dia-sebaran-pembangkit-listrik-panas-bumi-di-indonesia>
- <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/mengenal-teknologi-pembangkit-listrik-panas-bumi>
- <https://www.geodipa.co.id/geodipa-dukung-upaya-pemerintah-hadapi-dampak-perubahan-iklim/>
- N. Nasruddin, Irfan Dwi Saputra, Tania Mentari, André Bardow, Olga Marcelina. 2020. Exergy, exergoeconomic, and exergoenvironmental optimization of the geothermal binary cycle

power plant at Ampallas, West Sulawesi, Indonesia. Journal Thermal Science and Engineering Progress.

Nugroho Agung Pambudi, Ryuichi Itoi, Saeid Jalilinasrabady, Khasani Jaelani. 2015. Performance improvement of a single-flash geothermal power plant in Dieng, Indonesia, upon conversion to a double-flash system using thermodynamic analysis. Journal Renewable Energy 80 424-431.

Rizki Firmansyah Setya Budi, Suparman. 2013. Perhitungan Faktor Emisi Co2 Pltu Batubara Dan Pltn. Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 15 No. 1.