



# NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



## ANALISIS ENERGI DAN EKSERGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI DIENG DENGAN PENAMBAHAN SISTEM DOUBLE-FLASH MENGGUNAKAN METODE TERMODINAMIKA

Arya Pramudya Pramundana, Nugroho Agung Pambudi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,  
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Corresponding author: [agung.pambudi@staff.uns.ac.id](mailto:agung.pambudi@staff.uns.ac.id)

### ABSTRACT

*Indonesia possesses significant geothermal energy potential, accounting for approximately 40% of the world's total reserves. However, its utilization in power generation remains suboptimal due to system efficiency limitations. Despite numerous studies on geothermal power plants, there is still a lack of plant-specific, simulation-based thermodynamic modeling that integrates real operational data to evaluate performance enhancement strategies, particularly for existing single-flash systems such as the Dieng Unit 1 Geothermal Power Plant (GPP). This study aims to assess the thermal performance of the Dieng Unit 1 GPP, which currently operates with a 55 MW single-flash system, and to evaluate performance improvements through the integration of a double-flash configuration. The novelty of this research lies in the application of a data-driven, simulation-based thermodynamic model using Engineering Equation Solver (EES), combined with exergy analysis and parametric optimization of separator pressure and turbine efficiency, to quantify performance gains in an existing geothermal facility. The methodology employs a simulation-based thermodynamic modeling approach, utilizing actual operational data from January to February 2025. The model evaluates energy and exergy performance under both single-flash and double-flash configurations, followed by sensitivity analysis on Low Pressure Separator (LPS) pressure and turbine efficiency. The results indicate that the implementation of the double-flash system enhances energy efficiency from 71.87% to 84.1%, and exergy efficiency from 43.17% to 49.11%. Net power output increased by 7,560 kW through the re-utilization of brine from the high-pressure separator. Furthermore, the optimal LPS pressure was identified at 1.6 bar, maximizing exergy input and system performance. These findings confirm that the double-flash system effectively reduces energy losses and significantly improves the plant's thermodynamic performance. This research provides practical and strategic insights for optimizing geothermal power systems, particularly in high-potential regions such as Indonesia.*

**Keywords:** *geothermal energy, Dieng geothermal plant, double-flash system, thermal efficiency, exergy analysis, EES simulation.*

## A. PENDAHULUAN

Energi panas bumi merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia, karena Indonesia memiliki cadangan energi panas bumi sebesar 40% dari total energi panas bumi di dunia. (EBTKE, 2020). Pemanfaatannya dalam sektor pembangkitan listrik, menjadi salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan dan target dari bauran energi baru terbarukan. Salah satunya PLTP Dieng milik PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng Jawa Tengah yang memiliki kapasitas 60 MW, yang terbagi menjadi 2 sistem pembangkit PLTP Dieng Unit 1 berkapasitas 55 MW dan *Small scale* berkapasitas 5 MW. (PT Geo Dipa Energi (Persero), 2022).

Namun demikian, pemanfaatan energi panas bumi dalam pembangkitan listrik masih menghadapi permasalahan utama berupa keterbatasan efisiensi sistem, khususnya pada konfigurasi single-flash yang belum mampu memaksimalkan potensi energi dari fluida panas bumi. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji peningkatan performa PLTP melalui analisis energi dan eksergi serta pengembangan sistem double-flash, yang terbukti mampu meningkatkan output daya dan efisiensi

termal. Akan tetapi, sebagian besar studi tersebut masih bersifat umum dan belum mengintegrasikan data operasional aktual serta pendekatan pemodelan termodinamika berbasis simulasi secara spesifik pada kondisi lapangan tertentu.

Berdasarkan hal tersebut, terdapat gap penelitian berupa keterbatasan studi yang mengkaji optimasi performa PLTP eksisting berbasis data nyata dengan pendekatan simulation-based thermodynamic modeling. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja termal PLTP Dieng Unit 1 serta menganalisis peningkatan performa melalui penerapan sistem double-flash. Novelty dari penelitian ini terletak pada penggunaan model simulasi berbasis Engineering Equation Solver (EES) yang dikombinasikan dengan analisis eksergi dan optimasi parameter operasi, sehingga memberikan pendekatan yang lebih komprehensif dan aplikatif dalam meningkatkan efisiensi pembangkit panas bumi.

PLTP Dieng memiliki *fluida geothermal* dengan komposisi 40% uap dan 60% air. Sumur pengeboran yang ada di PLTP Dieng memiliki suhu *reservoir* yaitu sebesar 306°C dan entalpi fluidanya rata-rata sebesar 1379,7 kJ/kg serta masih menggunakan

sistem *single-flash*. (Wirawan, 2019). Dalam pemanfaatannya terdapat masalah dalam pengembangan PLTP Dieng salah satu permasalahan utama adalah dengan sistem *single-flash* tingkat efisiensi masih rendah. (Wirawan, 2019). Hal ini menjadi tantangan yang perlu diselesaikan guna meningkatkan optimalisasi pemanfaatan energi panas bumi.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi PLTP Dieng Unit 1 adalah dengan menerapkan sistem *double-flash*. Metode ini memungkinkan ekstraksi energi lebih maksimal dari *fluida geothermal* dari sumur produksi dan hasil pemisahan di separator utama sebelum akhirnya dibuang akan di *flashing* kembali. (Raihan, 2022). Dalam sebuah penelitian menyebutkan bahwa penggunaan sistem *double-flash* pada PLTP dapat meningkatkan *output daya* sebesar 15-25% dibandingkan dengan PLTP jenis sistem *single-flash* pada tahun 2008. (Pambudi et al., 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis energi dan eksergi guna mengevaluasi kinerja sistem sebelum dan sesudah penambahan sistem *double-flash* pada PLTP Dieng Unit 1. Analisis energi dilakukan untuk menilai keseimbangan energi dan efisiensi termal sistem,

sedangkan analisis eksergi digunakan untuk mengidentifikasi tingkat irreversibilitas serta kehilangan energi yang tidak dapat dimanfaatkan, sehingga memberikan gambaran kualitas energi dalam proses pembangkitan. Penambahan sistem *double-flash* dianalisis sebagai upaya peningkatan performa melalui pemanfaatan kembali fluida brine dari separator tekanan tinggi ke separator tekanan rendah untuk menghasilkan tambahan uap dan meningkatkan daya keluaran.

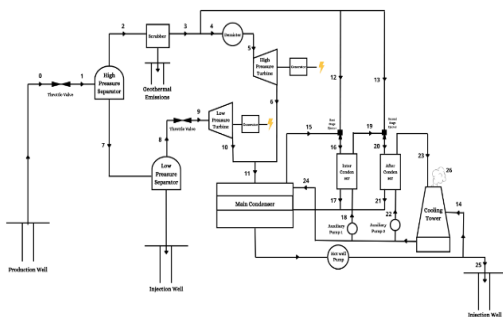
Selain itu, penelitian ini disusun berdasarkan kerangka konsep yang menggambarkan alur sistematis, dimulai dari pengumpulan data operasional, pengembangan model termodinamika berbasis simulasi, hingga evaluasi kinerja melalui analisis energi dan eksergi pada kondisi sebelum dan sesudah penerapan sistem *double-flash*.

Dengan adanya kajian ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi teknis yang dapat diterapkan dalam pengembangan dan peningkatan efisiensi pembangkit listrik berbasis panas bumi di Indonesia (Ahluriza & Harmoko, 2021).

## **B. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis deskriptif kuantitatif dengan metode analisis energi dan eksergi

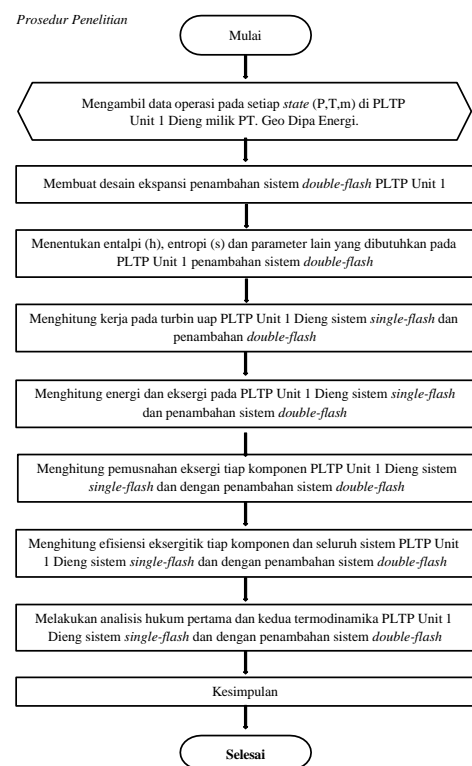
untuk mengevaluasi efisiensi sistem PLTP Dieng Unit 1. Rancangan penelitian ini dilakukan melalui perhitungan dan perbandingan efisiensi energi sebelum dan sesudah penambahan sistem *double-flash* pada PLTP Dieng Unit 1. Penelitian ini dirancang dengan pendekatan eksperimen berbasis simulasi numerik menggunakan bantuan *software Engineering Equation Solver (EES)* untuk menganalisis kinerja PLTP Dieng Unit 1. Model yang dikembangkan mencakup alur konversi energi dari ekstraksi fluida panas bumi, pemisahan uap dan brine pada separator, hingga proses kondensasi. Rancangan penelitian ini berfokus pada identifikasi titik-titik kehilangan energi (*eksergi loss*) serta evaluasi peningkatan efisiensi dengan penambahan sistem *double-flash* pada PLTP yang selama ini mengoperasikan sistem *single-flash* (DiPippo, 2012).



**Gambar 1.** Desain Penambahan sistem *double-flash* pada sistem utama PLTP Unit 1

Sebagai dasar analisis, penelitian ini dilengkapi dengan diagram alur penelitian yang menggambarkan tahapan sistematis

mulai dari pengumpulan data operasional, penentuan parameter input, pengembangan model termodinamika dalam EES, proses simulasi numerik, analisis energi dan eksergi, hingga evaluasi perbandingan kinerja antara sistem *single-flash* dan *double-flash*. Diagram ini juga menunjukkan keterkaitan antar variabel utama seperti tekanan separator, efisiensi turbin, serta daya keluaran yang dihasilkan.



**Gambar 2.** Diagram Alur Penelitian

Dalam proses simulasi, beberapa asumsi digunakan untuk menyederhanakan model tanpa mengurangi validitas analisis, yaitu: sistem beroperasi pada kondisi steady-state; tidak terdapat kehilangan massa dalam sistem; perubahan energi kinetik dan potensial diabaikan; fluida kerja

diasumsikan sebagai air-uap jenuh; proses ekspansi turbin mengikuti efisiensi isentropik tertentu; proses pemisahan pada separator berlangsung ideal; tidak terjadi kehilangan panas ke lingkungan; serta kondisi lingkungan dianggap konstan selama periode analisis. Asumsi-asumsi ini penting untuk memastikan konsistensi model serta memudahkan proses perhitungan dalam simulasi.

Populasi penelitian adalah PLTP Unit 1 dengan kapasitas terpasang 55 MW, di mana sampel diambil melalui data operasional harian selama periode Januari–Februari 2025. Data yang dikumpulkan mencakup parameter teknis seperti temperatur *reservoir* (306°C), tekanan uap (11,98 bar), dan entalpi fluida (sekitar 1731 kJ/kg), serta kondisi lingkungan seperti ketinggian (2000 mdpl), suhu sekitar 20°C, dan tekanan atmosfer (78,06 kPa).

Teknik analisis data melibatkan perhitungan energi dan eksergi pada setiap tahap proses serta evaluasi efisiensi sistem berdasarkan hukum termodinamika (Putra & Pariaman, 2020). Analisis termodinamika melalui penerapan Hukum Pertama dan Kedua Termodinamika sangat penting, di mana analisis energi mengukur keseimbangan energi, sedangkan analisis eksergi mempertimbangkan *irreversibilitas* untuk mengevaluasi potensi kerja maksimal sistem. (Környey, 2020). Hasil analisis

diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam terkait peningkatan efisiensi pembangkit listrik panas bumi serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan teknis untuk optimalisasi sistem.

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Performance PLTP Dieng Unit 1 dan Penambahan sistem *double-flash*

Penelitian ini menganalisis efisiensi energi dan eksergi PLTP Dieng sebelum dan sesudah penambahan sistem *double-flash* menggunakan pendekatan termodinamika. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Engineering Equation Solver (EES)* berdasarkan rata-rata data operasi aktual selama bulan Januari - Februari 2025. Analisis *performance* termodinamika pada kedua sistem ditunjukkan pada tabel 1, sebagai berikut:

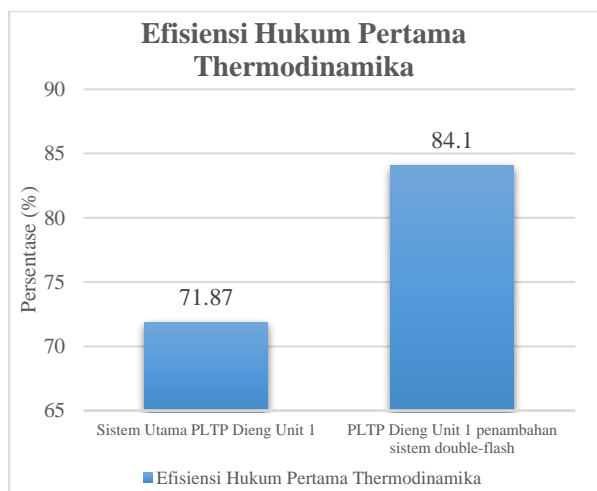
**Table 1.** Performance Hukum Termodinamika

Parameter	Sistem	Sistem
	Utama	<i>Double-flash</i>
Energi input (kW)	385326	385326
Eksergi input (kW)	127396	127396
Laju Energi (kW)	276948	323937
Net Power Ouput (kW)	55000	62560
First law (%)	71,87	84,1
Second law (%)	43,17	49,11

### 2. Analisis Hukum Pertama & Kedua Termodinamika

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat divisualisasikan terkait efisiensi berdasarkan Hukum Pertama Termodinamika untuk

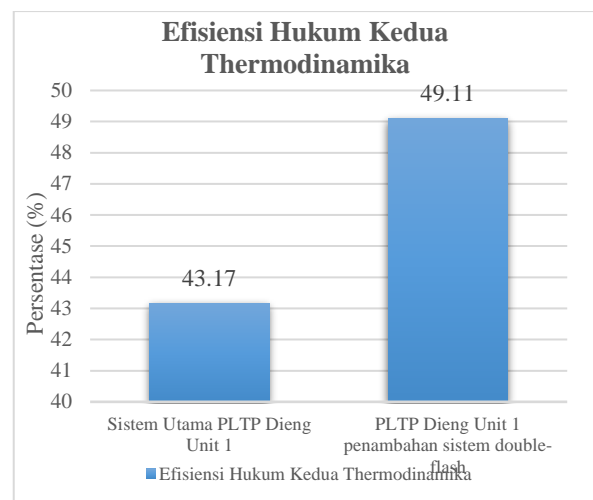
sistem utama PLTP Dieng Unit 1 serta penambahan sistem *double-flash*. Diagram tersebut membantu dalam memahami sejauh mana peningkatan efisiensi yang dicapai melalui penerapan sistem *double-flash* serta dampaknya terhadap kinerja keseluruhan pembangkit listrik tenaga panas bumi ini. Sistem *single-flash* menghasilkan daya listrik bersih sebesar 55.000 kW dengan efisiensi energi (hukum pertama termodinamika) sebesar 71,87%. Setelah penambahan sistem *double-flash*, daya bersih meningkat menjadi 62.560 Kw, Efisiensi energi meningkat menjadi 84,1%.



**Gambar 3.** Efisiensi Hukum Pertama Termodinamika

Hal Serupa juga terjadi pada analisis Hukum Kedua Termodinamika, Analisis Efisiensi dengan membandingkan *net power output* terhadap total eksergi yang masuk ke dalam sistem. Pada sistem utama PLTP Dieng Unit 1, *net power output* yang dihasilkan mencapai 55.000 kW. Untuk penambahan sistem *double-flash* memiliki

penambahan dari Turbin tekanan rendah sebesar 7.560 kW, sehingga *Net Power Output total* pada penambahan sistem *double-flash* sebesar 62.560 kW. Perbandingan *net power output* masing masing sistem berdasarkan Eksergi yang masuk dari kedua sistem sebesar 43,17% dan 49,11% dari eksergi yang masuk sebesar 127.396 Kw.



**Gambar 4.** Efisiensi Hukum Kedua Termodinamika

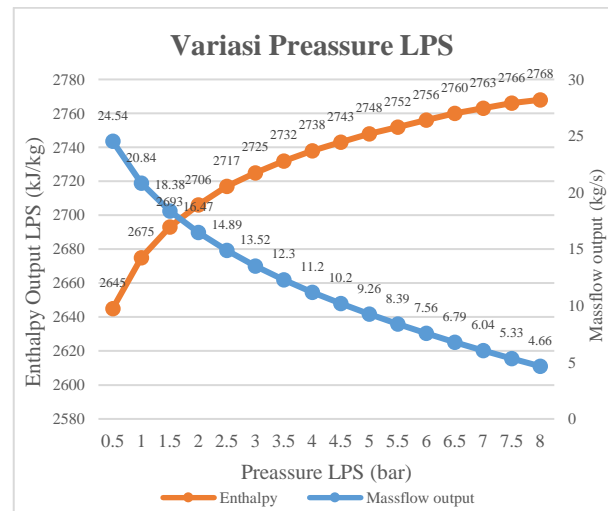
Peningkatan efisiensi terutama disebabkan oleh pemanfaatan kembali *brine* (air panas sisa) dari separator tekanan tinggi yang sebelumnya dibuang, kini diolah lebih lanjut melalui separator tekanan rendah. Proses ini menghasilkan tambahan uap yang digunakan untuk menggerakkan turbin tekanan rendah (LPT), sehingga energi termal yang sebelumnya hilang dapat dikonversi menjadi energi listrik tambahan sebesar 7.560 kW.

Temuan ini menunjukkan bahwa implementasi sistem *double-flash* dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi panas bumi. Hal ini sejalan dengan teori eksergi yang menekankan pentingnya meminimalkan *irreversibilitas* sistem untuk meningkatkan efisiensi. Hasil penelitian ini mendukung temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa sistem *double-flash* mampu meningkatkan produksi listrik hingga 15–25% dibandingkan dengan sistem *single-flash* (Pambudi et al., 2015), serta mengonfirmasi relevansi pendekatan analisis termodinamika dalam optimasi sistem pembangkitan energi.

### 3. Optimalisasi Penambahan Sistem Double-flash pada PLTP Dieng Unit 1

Pengaruh variasi dalam pengimplementasian sistem *double-flash*. Analisis dilakukan guna mengetahui pengaruh variasi tekanan *Low Pressure Separator (LPS)* yang digunakan dan efisiensi turbin terhadap *daya output* yang dihasilkan *Low Pressure turbine (LPT)*. Pemilihan tekanan pada *LPS* memiliki dampak signifikan terhadap jumlah eksergi yang masuk ke *LPT*. Hal ini dikarenakan besarnya eksergi yang keluar dari *LPS* sama dengan eksergi yang masuk ke *LPT*. Pengaturan tekanan yang optimal sangat penting untuk meningkatkan efisiensi

sistem, terutama dalam penambahan sistem *double-flash* pada sistem utama PLTP Dieng.

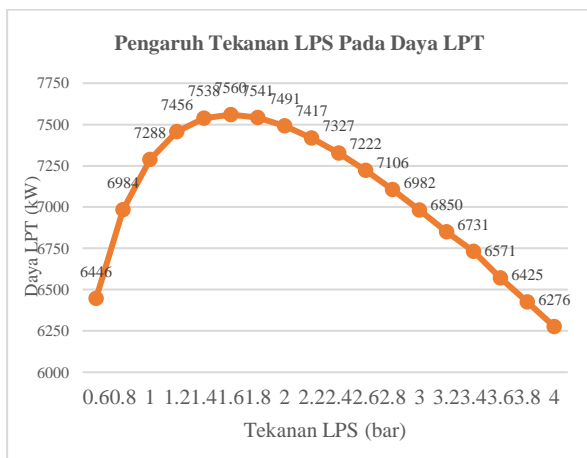


**Gambar 5.** Variasi Preasure terhadap massa dan enthalpy

Grafik diatas menggambarkan pengaruh variasi tekanan pada *Low-Pressure Separator (LPS)* terhadap *exergy input* pada *Low-Pressure Turbine (LPT)*. Dapat diamati bahwa nilai massa yang dihasilkan berbanding terbalik dengan enthalpy yang dihasilkan. Grafik menunjukkan semakin tinggi tekanan yang digunakan pada *LPS* maka massa uap yang dihasilkan semakin kecil, namun enthalpy yang dihasilkan semakin besar. Untuk mencari efisiensi eksergi tertinggi yang nantinya akan dikonversi menjadi energi listrik maka perlu adanya kesetimbangan antara keduanya, dikarenakan daya *LPT* yang dihasilkan menggunakan pendekatan (Monintja, 2020):

$$\dot{W}_{Turbin\ Ideal} = \dot{m}_{in} * (h_{in} - h_{out})$$

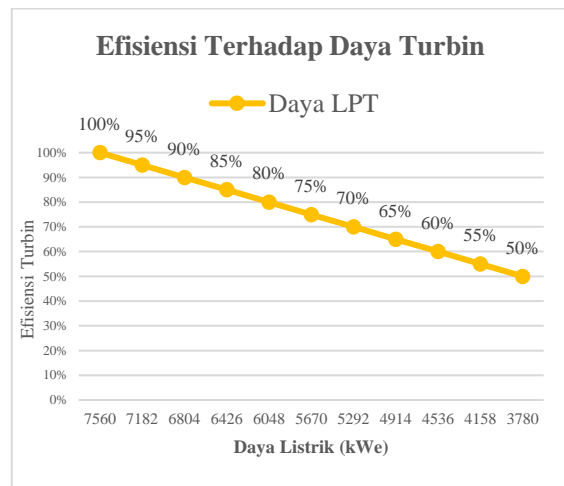
Hal tersebut diperkuat dari grafik pada gambar 4, Ketika tekanan pada *LPS* setelah melewati 1,6 bar, terjadi penurunan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kondisi optimal tekanan *LPS*, yaitu pada 1,6 bar, yang menghasilkan eksergi input tertinggi ke *LPT* sebesar 7560 kW. Daya yang dihasilkan dikarenakan adanya kesetimbangan yang terjadi yaitu antara massa uap sebesar 17,96 kg/s dan enthalpy sebesar 2696 kJ/kg. Analisis ini memberikan wawasan mengenai pentingnya pengaturan tekanan pada *LPS* untuk mengoptimalkan eksergi yang masuk ke *LPT*, yang pada akhirnya berdampak pada efisiensi keseluruhan sistem PLTP.



**Gambar 6.** Pengaruh LPS terhadap LPT

Selain dengan pemilihan variasi tekanan pada *LPS*, Efisiensi pada output daya yang dihasilkan juga dipengaruhi dari keadaan turbin yang nantinya dapat dilihat dari efisiensi turbin dalam mengkonversi menjadi energi Listrik. Pengaruh efisiensi turbin yang akan dihasilkan pada

penambahan sistem *double-flash* perlu dianalisis guna mengetahui daya actual yang di hasilkan yang nantinya digunakan untuk mengevaluasi efisiensi sistem terhadap daya listrik yang di hasilkan. Proses ini didukung oleh perhitungan yang telah diimplementasikan dalam *Software EES* dalam simulasi yang digunakan dalam analisis eksergi PLTP Dieng Unit 1 dengan penambahan sistem *double-flash* (Chapman, 2004).



**Gambar 7.** Variasi Efisiensi daya turbin

Dengan menggunakan pendekatan pada analisis pengaruh efisiensi turbin terhadap daya yang di hasilkan :

$$W_{Turbin\ actual} = m_{in} * (h_{in} - h_{out}) * \eta_{Turbine}$$

Dalam grafik tersebut, terdapat garis kuning yang menunjukkan nilai efisiensi. Simulasi perhitungan menggunakan *software EES* menetapkan nilai ini sebagai batas tertinggi efisiensi turbin yang dapat diterapkan dalam sistem. Berdasarkan data yang dianalisis, daya turbin ideal yang menghasilkan

efisiensi tertinggi berada pada angka 7560 kW, dengan efisiensi 100%. Turbin dikatakan sangat baik jika efisiensi turbinya diantaranya sebesar 90%-95%. Pada batas aman efisiensinya yaitu 80%-90%, dan untuk dibawah 80%-60% maka turbin perlu adanya perbaikan dan *overhaul* sedangkan turbin dibawah 50% maka perlu adanya pergantian dan perbaikan total. Dengan diketahui daya turbin yang dihasilkan maka dapat mengetahui kinerja dan keadaan turbin.

Temuan ini memberikan dampak penting bahwa optimasi parameter operasi, khususnya tekanan LPS dan efisiensi turbin, dapat meningkatkan performa sistem tanpa perubahan besar pada infrastruktur. Secara praktis, operator PLTP dapat menggunakan hasil ini sebagai acuan dalam menentukan kondisi operasi optimal guna memaksimalkan output daya dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Selain itu, pendekatan ini dapat diterapkan pada PLTP lain dengan karakteristik serupa untuk meningkatkan kinerja pembangkitan energi panas bumi di Indonesia.

#### **D. PENUTUP**

##### **Simpulan**

Penelitian ini membuktikan bahwa penambahan sistem *double-flash* pada PLTP Dieng Unit 1 secara signifikan meningkatkan efisiensi energi dan eksergi

sistem pembangkitan listrik. Hasil simulasi menggunakan data aktual dan perangkat lunak *Engineering Equation Solver (EES)* menunjukkan peningkatan efisiensi energi dari 71,87% menjadi 84,1%, dan efisiensi eksergi dari 43,17% menjadi 49,11%. Peningkatan daya bersih sebesar 7.560 kW juga berhasil dicapai melalui pemanfaatan kembali brine yang sebelumnya terbuang.

Model penambahan sistem *double-flash* pada PLTP Dieng Unit 1 memiliki efisiensi terbaik dengan berdasarkan pemilihan jenis tekanan separator kedua LPS y sebesar 1,6 bar. Berdasarkan dengan karakteristik geothermal di dieng berupa 60% air dan 40% uap serta pemisahan separator pertama dengan tekanan separator sebesar 11,98 bar. Efisiensi Daya Turbin ideal yang dapat dihasilkan LPT maksimal berdasarkan simulasi perhitungan mekanisme yang berjalan menggunakan bantuan *software EES* dan jika efisiensi Turbin mampu mengkonversi 100% maka listrik tambahan yang dapat di hasilkan di LPT sebesar 7.560 kW.

Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan model termodinamika berbasis simulasi yang mengintegrasikan data operasional aktual dengan analisis energi dan eksergi untuk mengevaluasi performa sistem single-flash dan double-flash secara komprehensif. Selain itu, penelitian ini memberikan pendekatan

optimasi parameter operasi, khususnya tekanan LPS dan efisiensi turbin, yang dapat digunakan sebagai acuan dalam meningkatkan performa PLTP eksisting.

Implikasi industri dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem double-flash pada pembangkit panas bumi yang sudah beroperasi dapat menjadi solusi strategis untuk meningkatkan kapasitas daya tanpa memerlukan eksplorasi sumber baru. Peningkatan efisiensi dan output daya ini tidak hanya berdampak pada peningkatan keandalan sistem, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi melalui optimalisasi pemanfaatan energi dan pengurangan losses. Oleh karena itu, hasil penelitian ini berpotensi untuk diimplementasikan pada PLTP lain dengan karakteristik serupa guna mendukung pengembangan energi panas bumi yang lebih efisien dan berkelanjutan di Indonesia.

### Saran

Secara keseluruhan, implementasi sistem *double-flash* dapat menjadi solusi strategis dalam pengembangan teknologi pembangkitan listrik berbasis energi panas bumi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan dan optimalisasi sistem PLTP, khususnya di wilayah dengan potensi panas bumi tinggi seperti Indonesia.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahluriza, P., & Harmoko, U. (2021). Analisis Pemanfaatan Tidak Langsung Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(1), 53–59. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11075>
- DiPippo, R. (2012). *Environmental Impact of Geothermal Power Plants* (pp. 483–506). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098206-9.00023-3>
- Dr. Nita C V Monintja, ST., M. (2020). Termodinamika Teknik II. In *Unsrat Press* (Vol. 1). [https://repo.unsrat.ac.id/2872/1/BUKU\\_TERMODINAMIKA\\_TEKNIK\\_II.pdf](https://repo.unsrat.ac.id/2872/1/BUKU_TERMODINAMIKA_TEKNIK_II.pdf).
- EBTKE, K. E. B. T. dan K. E. (2020). *Potensi Pengembangan Energi Panas Bumi di Indonesia*. Layanan Informasi Dan Investasi Energi Baru, Terbarukan Dan Konservasi Energi (Lintas Ebtke). <https://ebtke.esdm.go.id/lintas/id/investasi-ebtke/sektor-panas-bumi/potensi>
- Edition, F., & Chapman, S. J. (n.d.). *Electric Machinery Fundamentals*. [https://books.google.co.id/books/about/Electric\\_Machinery\\_Fundamentals.html?hl=id&id=uRSAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.id/books/about/Electric_Machinery_Fundamentals.html?hl=id&id=uRSAAAAMAAJ&redir_esc=y).
- Környey, T. (2020). Termodinamika. *Termodinamika*, 1–16. <https://doi.org/10.1556/9789634545705>
- Pambudi, N. A., Itoi, R., Jalilinasraby, S., Sirait, P., & Jaelani, K. (2015). Preliminary analysis of single flash combined with binary system using thermodynamic assessment: a case study of Dieng geothermal power plant. *International Journal of Sustainable Engineering*, 8(4–5), 258–267. <https://doi.org/10.1080/19397038.2014.915895>
- PT Geo Dipa Energi (Persero). (2022). *Annual Report 2022: Transformation Towards a Geothermal Developer with*

*the Implementation of Exploration & Production Well Drilling.*  
www.geodipa.co.id.

- Putra, A. K., & Pariaman, H. (2020). Analisis Energi dan Eksergi Pembangkit Listrik Tenaga Gas-Uap Blok 1 Unit Pembangkitan Gresik. *Jurnal Power Plant*, 8(1), 30–38. <https://media.neliti.com/media/publications/523911-none-0645190e.pdf>
- Raihan. (2022). Article Review: Konsep Dasar Termodinamika. *ENOTEK : Jurnal Energi Dan Inovasi Teknologi*, 1(2), 25–27. <https://doi.org/10.30606/enotek.v1i2.127>
- Wirawan, A. Y. (2019). Pengaruh Sumur Injeksi Terhadap Reservoir Panas Bumi Dominasi Air pada Simulasi Lapangan Panas Bumi Dieng Unit II Menggunakan Software Tough-2. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.30588/jo.v3i1.489>