

## ANALISIS COOLING WATER TEMPERATURE TERHADAP PERFORMA TURBIN UAP DI PT GEO DIPA ENERGI (PERSERO) UNIT PATUHA

### ANALYSIS OF COOLING WATER TEMPERATURE ON STEAM TURBINE PERFORMANCE IN PT GEO DIPA ENERGI (PERSERO) PATUHA UNIT

Firman Kesumah Wardhani,  
Mukhammad Ramdhan Kirom, M.Si.,

Ir. Dodi Herman

Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[firbankwfirm@gmail.com](mailto:firbankwfirm@gmail.com)

[mramdhanikirom@telkomuniversity.ac.id](mailto:mramdhanikirom@telkomuniversity.ac.id)

[dodi@geodipa.co.id](mailto:dodi@geodipa.co.id)

#### Abstract

Cooling water has a function in the process of condensing steam from turbines flowing into the condenser. On the other hand, the function of cooling water is as a pressure guard on the condenser so that it is in a vacuum and minimizes uncondensed steam or commonly called NCG (Non Condensable Gas) inside the condenser and the steam that enters the condenser can be maximally condensed. In knowing the magnitude of the effect of the value of the cooling water temperature on the geothermal power generation system, the calculation of the performance of the steam turbine will be carried out. Therefore, this study aims to analyze how the influence of cooling water temperature on the performance of steam turbines at PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha. This research begins by observing the condition of the actual steam turbine and the data specifications of the steam turbine design including the surrounding environment. Followed by activities in the form of a review and observation of how the influence of the cooling water temperature value of the geothermal power system on the performance of steam turbines. After that, it is continued with the field data retrieval then the data is processed to get the turbine performance value. Based on the results of data processing will be analyzed and obtained a comparison of cooling water temperature graphs on the performance of steam turbines. From the graph that has been obtained, it is found that the cooler or lower the cooling water temperature, the higher the value of the performance of the steam turbine, where the lowest cooling water temperature of  $19.7^{\circ}\text{C}$  produces a steam turbine performance of  $656.0199 \text{ kJ / kg}$  while the highest cooling water temperature at  $23.4^{\circ}\text{C}$  which results in a steam turbine performance of  $635.4263 \text{ kJ / kg}$ . The difference between the highest and lowest cooling water temperatures is  $3.70\text{C}$  and the performance difference is  $20.5936 \text{ kJ / kg}$ .

**Keywords:** performance, cooling water temperature, condenser vacuum pressure, steam turbine.

#### 1. PENDAHULUAN

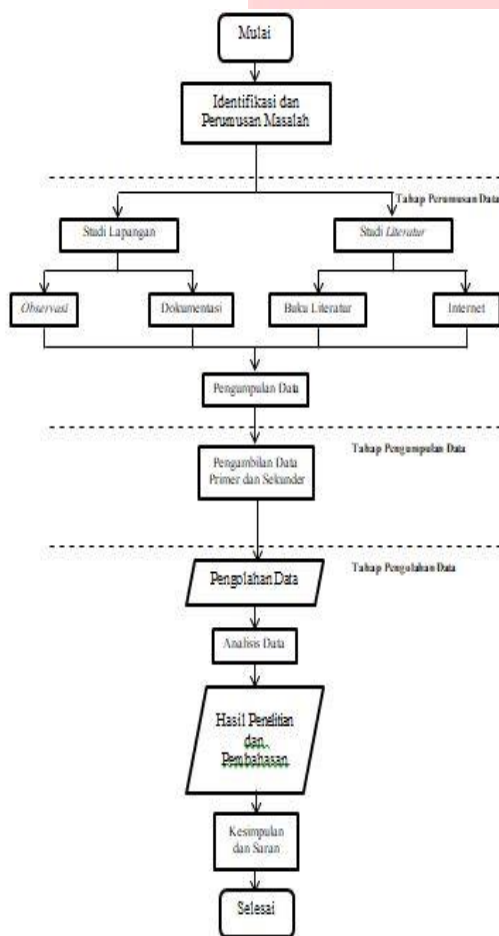
Pemanfaatan energi dalam kehidupan sehari-hari memiliki banyak manfaat bagi kehidupan makhluk hidup, salah satu contohnya yaitu pemanfaatan energi sebagai sistem pembangkit listrik. Pembangkit listrik merupakan industri yang bergerak dalam bidang produksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber energi seperti nuklir, air angin, minyak, batu bara, panas bumi, surya, gas, biomassa. Di Indonesia hampir seluruh sumber energi ada dan sudah dimanfaatkan, tetapi ada salah satu sumber energi yang memiliki potensi sangat besar dan pemanfaatannya terbelah belum berkembang banyak, sumber energi tersebut yaitu panas bumi. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Indonesia diperkirakan memiliki potensi sumber energi panas bumi mencapai 27.000 MW atau 40% dari potensi dunia, tetapi baru 1.179 MW atau 4% saja yang dimanfaatkan untuk membangkitkan

tenaga listrik.<sup>[1]</sup> Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pembangkit listrik tenaga panas bumi yaitu PLTP PT. Geo Dipa Energi (Persero). Pembangkit listrik tenaga panas bumi memanfaatkan uap panas bumi untuk memutar turbin uap yang terhubung dengan generator sehingga berputar dan menghasilkan listrik. Turbin uap apabila dioperasikan terus menerus, maka akan terjadi pengurangan pada performa dari turbin uap tersebut. Hal ini akan mengakibatkan penambahan biaya operasional. Uap keluaran turbin akan dimasukkan ke dalam kondensor, di mana uap tersebut akan dirubah fasa menjadi air akibat adanya pendinginan dan proses kondensasi atau pendinginan di kondensor sangat berhubungan dengan air yang keluar dari *cooling tower*. Performa turbin uap dapat dihitung dengan persamaan (3), di mana selisih antara entalpi masuk turbin dengan entalpi keluar turbin (kondensor). Untuk itu penyusun mengangkat judul "Analisis Cooling Water Temperature Terhadap Performa

Turbin di PLTP PT. Geo Dipa Energi Unit Patuha". Dalam proses perhitungan ini akan didapatkan nilai berupa ada atau tidaknya penurunan performa turbin uap di PLTP PT. Geo Dipa Energi, dan apabila terjadi penurunan yang dialami oleh turbin uap, maka dapat dilakukan suatu tindakan pemeliharaan guna mempertahankan performa turbin uap.

## 2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan kerangka mendasar dari suatu tahapan penyelesaian studi. Metodologi tersebut meliputi segala kegiatan yang dilakukan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisis terhadap suatu permasalahan dalam studi ini.



### A. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dalam suatu penelitian, identifikasi terhadap suatu masalah merupakan tahap yang paling awal dilakukan. Dalam hal ini, identifikasi masalah masih pada bentuk konsep yang akan digunakan untuk menjadi dasar suatu penelitian. Pada tahap ini penyusun tertarik untuk menganalisis bagaimana pengaruh *cooling water temperature* terhadap performa turbin uap.

### B. Tahap Perumusan Data

Pada umumnya penelitian itu dilakukan bertujuan untuk memperoleh data yang dapat digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan, pada tahap ini penyusun melakukan proses merumuskan masalah yang telah ditentukan. Untuk lebih jelasnya, maka penyusun melakukan studi lapangan berupa observasi serta dokumentasi dan studi literatur dari berbagai buku maupun internet sebagai acuan dalam merumuskan masalah yang sedang diteliti yaitu bagaimana pengaruh *cooling water temperature* terhadap performa turbin uap.

### C. Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini penyusun mengambil dua pengumpulan sumber data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dapat dikumpulkan oleh penyusun yaitu data berupa foto. Penyusun juga mengumpulkan data sekunder yang berupa *logsheet* dan database *control room* pada PLTP PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha. Data tersebut digunakan oleh penyusun untuk menunjang data primer dalam memperjelas masalah yang akan diangkat oleh penyusun.

### D. Tahap Pengolahan Data

Setelah penyusun memperoleh data primer dan sekunder di atas, maka penyusun memulai analisis dengan melihat pengaruh *cooling water temperature* terhadap performa turbin uap. Di sini penyusun mengambil temperatur yang berada pada *cooling tower*, di mana dapat dilihat dari *control room* untuk mendapatkan datanya. Sehingga dapat diperoleh kesimpulan bahwa apakah *cooling water temperature* dapat memengaruhi performa turbin uap atau tidak. Berikut ini merupakan tahapan untuk menghitung performa turbin uap di PLTP PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha :

1. Mencari nilai dari entalpi masuk turbin uap ( $h_3$ ) dan entropi masuk turbin uap ( $S_3$ ) dengan menggunakan nilai parameter tekanan uap masuk turbin dengan tabel *Appendix 1 Property Tables and Charts (SI Units)* menggunakan data *Table A-5 Saturated Water-Pressure Table*.
2. Mencari nilai dari entropi uap ( $s_g$ ), entropi fluida ( $s_f$ ), dan entropi campuran ( $s_{fg}$ ) pada tekanan keluar turbin uap dengan tabel *Appendix 1 Property Tables and Charts (SI Units)* menggunakan data *Table A-5 Saturated Water-Pressure Table*.
3. Mencari nilai dari entalpi uap ( $h_g$ ), entalpi campuran ( $h_{fg}$ ), dan entalpi fluida ( $h_f$ ) pada tekanan keluar turbin uap dengan tabel *Appendix 1 Property Tables and Charts (SI Units)* menggunakan data *Table A-5 Saturated Water-Pressure Table*.
4. Menghitung fraksi atau kadar uap keluaran turbin dengan asumsi bahwa nilai entropi masuk turbin uap sama

dengan entropi keluar turbin uap dengan persamaan :

$$x = \frac{s_3 - s_f}{s_{fg}} \quad (1)$$

5. Mencari nilai dari entalpi keluaran turbin uap dengan persamaan :

$$h_{4x} = h_f + x \cdot h_{fg} \quad (2)$$

6. Menghitung performa turbin uap menggunakan persamaan :

$$W_T = h_3 - h_{4x} \quad (3)$$

7. Menghitung daya yang dibangkitkan oleh turbin uap dengan persamaan :<sup>[2]</sup>

$$P = \dot{m} \times \eta_{\text{turbin}} \times W_T \quad (4)$$

Dengan menggunakan efisiensi desain turbin uap sebesar 85,37%.

8. Melakukan perbandingan antara daya perhitungan dengan daya yang ada di lapangan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Asumsi

Asumsi ini digunakan untuk mempermudah dalam proses perhitungan dan penyelesaian masalah yaitu sebagai berikut :

1. Efisiensi turbin uap menggunakan efisiensi desain turbin sebesar 85,37%.
2. Nilai entropi masuk turbin sama dengan entropi keluar turbin karena *isentropic*.
3. Kadar uap masuk turbin sebesar 100%.

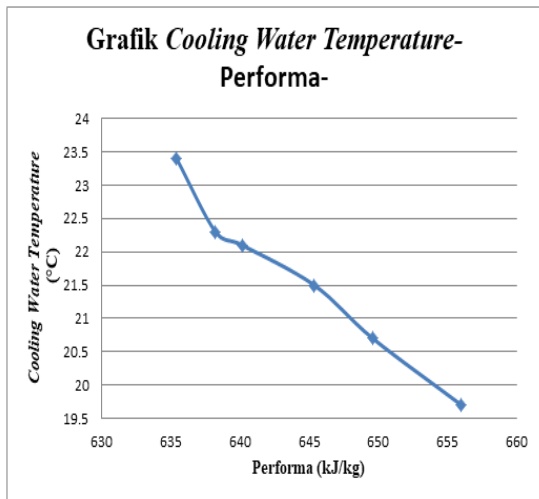
#### B. Data rata-rata dari Bulan Januari hingga Mei 2019.

Berdasarkan data yang didapatkan di PT. Geo Dipa Energi (Persero) tepatnya di *control room*, pengambilan data dilakukan pada tanggal 20 Mei – 5 Juli 2019 dan 22 Juli – 23 Juli 2019, dan data yang digunakan dalam penelitian yaitu mulai dari bulan Januari 2019 hingga Mei 2019. Berikut nilai rata-rata data yang penulis masukkan ke dalam bentuk tabel:

Bulan	Cooling Water Temp (Celcius)	Performa kJ/kg	Daya Perhitungan (MW)	Daya Lapangan (MW)	% Error
Januari	21.69354839	649.4660133	52.72589135	55.005645	4.1478534
Februari	21.8547619	646.829814	51.76486482	54.342837	4.7445825
Maret	21.69285714	647.2736318	51.63182553	53.411905	3.4158791
April	22.44736842	643.4455556	50.97557	53.48167	4.677188
Mei	22.037634	649.61038	51.6761	54.394355	5.0398694

Berdasarkan pengolahan data berupa tabel dari bulan Januari 2019 hingga Mei 2019 di atas dapat terlihat bahwa PLTP PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha memiliki performa turbin uap rata-rata pada angka 650.0422 kJ/kg dengan temperatur *cooling water* rata-rata sebesar 21,89°C, daya perhitungan memiliki rata-rata sebesar 52.48304 MW, daya lapangan memiliki rata-rata

sebesar 54.14 MW, selisih antara daya lapangan dan daya perhitungan sebesar 1.65696 MW, dan nilai error antara daya perhitungan dan daya lapangan sebesar 3.060512%. Sementara itu untuk nilai performa turbin uap rata-rata terbesar berada pada bulan Mei dengan nilai 649.61038 kJ/kg dengan temperatur *cooling water* rata-rata sebesar 22.03763°C, daya perhitungan dengan rata-rata sebesar 51.6261 MW, lalu daya lapangan rata-rata sebesar 54.394355 MW, di mana selisih antara rata-rata daya lapangan dengan daya perhitungan sebesar 2.768255 MW, dan nilai error rata-rata 5.089232%. Hal ini memperlihatkan bahwa persamaan yang dipakai dapat digunakan untuk melakukan perhitungan yang kemudian dilakukan sebagai pembandingan antara daya perhitungan atau perhitungan dengan daya lapangan yang berada di lapangan apabila diperlukan. Nilai tersebut dipengaruhi oleh parameter kondisi di lapangan seperti tekanan dan temperatur. Kemudian berdasarkan data yang diambil dari bulan Januari 2019 hingga Mei 2019 terlihat bahwa temperatur *cooling water* terendah berada pada tanggal 12 Februari 2019 shift malam dengan angka 19.7°C dan menghasilkan performa turbin uap sebesar 656.0199 kJ/kg dengan daya yang dibangkitkan turbin sebesar 52.42636 MW, sedangkan temperatur tertinggi terdapat pada tanggal 29 April 2019 shift sore dengan angka 23.4°C dan menghasilkan performa turbin uap sebesar 635.4263 kJ/kg dengan daya yang dibangkitkan turbin sebesar 49.31897 MW. Selisih antara *cooling water temperature* tertinggi dan terendah sebesar 3,7°C, selisih performa sebesar 20.5936 kJ/kg dan daya yang dibangkitkan sebesar 3.10739 MW. Hal ini menunjukkan bahwa semakin panas atau tinggi temperatur *cooling water* dapat menghasilkan penurunan pada performa turbin uap. Naik atau turunnya dari performa turbin uap akan berpengaruh terhadap beban yang dibangkitkan turbin uap, karena beban yang dihasilkan turbin uap berbanding lurus dengan performanya. Berdasarkan persamaan (1) di atas bahwa penyebab terjadinya penurunan performa turbin diakibatkan oleh kenaikan nilai entalpi keluaran turbin uap ( $h_{4x}$ ), kenaikan ini salah satunya disebabkan oleh temperatur *cooling water* yang memengaruhi besarnya nilai tekanan vakum pada kondensor sehingga proses kondensasi uap pada kondensor kurang baik. Hal ini akan berdampak pada ruang vakum di dalam kondensor karena kondensor akan dipenuhi oleh NCG (*Non Condensable Gas*) dan oleh karena itu NCG tersebut dihisap oleh *ejector* untuk dibuang melalui kipas yang berada pada *cooling tower*. Berikut merupakan grafik antara *cooling water temperature* terhadap performa turbin uap.



#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan pengolahan dan analisis data pada bab sebelumnya yaitu temperatur *cooling water* memiliki pengaruh terhadap performa turbin uap di PLTP PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha, di mana semakin tinggi *cooling water temperature* maka menghasilkan performa turbin uap semakin kecil, sedangkan semakin rendah *cooling water temperature* maka menghasilkan performa turbin uap semakin besar. Performa turbin uap akan berpengaruh terhadap beban yang dibangkitkan oleh turbin uap, di mana performa turbin uap yang tinggi akan menghasilkan beban tinggi yang dibangkitkan oleh turbin uap dan berlaku sebaliknya. *Cooling water temperature* terendah berada pada tanggal 12 Februari 2019 shift malam dengan angka  $19.7^{\circ}\text{C}$  dan menghasilkan performa turbin uap sebesar  $656.41 \text{ kJ/kg}$  dengan daya yang dibangkitkan turbin sebesar  $52.486 \text{ MW}$ , sedangkan temperatur tertinggi terdapat pada tanggal 29 April 2019 shift sore dengan angka  $23.4^{\circ}\text{C}$  dan menghasilkan performa turbin uap sebesar  $638.28 \text{ kJ/kg}$  dengan daya yang dibangkitkan turbin sebesar  $49.307 \text{ MW}$ . Selisih antara *cooling water temperature* tertinggi dan terendah sebesar  $3,7^{\circ}\text{C}$ , selisih performa sebesar  $18,5 \text{ kJ/kg}$  dan daya yang dibangkitkan sebesar  $3.179 \text{ MW}$ . Performa turbin uap yang berada di PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha dapat dikatakan dalam kondisi yang baik.

##### B. Saran

Adapun saran yang penulis berikan sebagai berikut :

1. Perhitungan pada tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai pembandingan dengan keadaan di lapangan apabila diperlukan karena *cooling water temperature* memiliki pengaruh terhadap performa turbin uap dan performa turbin uap berpengaruh terhadap daya yang dibangkitkan oleh turbin.
2. Melakukan pemeliharaan pada *cooling tower* salah satu contohnya pada *filler* agar proses perpindahan panas baik

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suyanto, 2009, Cadangan Panas Bumi di Indonesia Dapat Menghasilkan 27.000 Megawatt, <http://www.bppt.go.id>.
- [2] Indriawati, Katherin dan Junaldi. 2012.” Prediksi Daya Listrik *Geothermal Power Plant* Berdasarkan Metode *Weighted Moving Average* di PT. GEO DIPA ENERGI Unit Dieng”. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, (2012).