

# ANALISIS PENGARUH TEKANAN VAKUM DAN PERUBAHAN SUHU AIR TERHADAP EFEKTIVITAS MAIN CONDENSER DI PLTP LAHENDONG UNIT 2

Efrem Jesky Arruan<sup>1)</sup>, Cyrke Bujung<sup>2)</sup>, Jeferson Polii<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Fisika FMIPAK Universitas Negeri Manado

E-mail: [jeskyarruan@gmail.com](mailto:jeskyarruan@gmail.com)

## ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi adalah salah satu usaha untuk memenuhi kebutuhan Energi listrik. Dengan kemajuan teknologi dan industri yang menyebabkan penggunaan listrik semakin meningkat. Kondenser adalah salah satu komponen utama pada PLTP yang Efektivitas kerjanya harus terus dijaga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh tekanan vakum dan perubahan suhu air terhadap efektivitas main condenser. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Dengan teknik pengumpulan data melalui data teknis yang dilakukan dengan cara pengamatan langsung dan melalui metode literatur dimana data diperoleh dari buku design. Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh tekanan vakum dan perubahan suhu air terhadap efektivitas main condenser dimana semakin naik nilai tekanan vakum maka keefektivan main condenserakan semakin meningkat dan beda temperatur air yang meningkat juga akan meningkatkan keefektivan suatu main condenser. Perhitungan yang digunakan adalah unjuk efektivitas kondenser.

**Kata Kunci:** PLTP, Efektivitas, Kondenser, Tekanan Vakum

## ABSTRACT

Geothermal Power Plant is one of the efforts to meet the demand for electrical energy. With advances in technology and industry, the use of electricity is increasing. The condenser is one of the main components of PLTP which must maintain its effectiveness. The purpose of this research is to find out how the effect of vacuum pressure and changes in water temperature on the effectiveness of the main condenser. The method used in this research is a quantitative research method. With data collection techniques through data techniques carried out by direct observation and through the method of literature where data is obtained from design books. The results of this study indicate the effect of vacuum pressure and changes in water temperature on the effectiveness of the main condenser where an increase in the value of the vacuum pressure increases the effectiveness of the main condenser and the difference in water temperature rise will also increase. the effectiveness of the main condenser. The calculation used is the performance of the condenser effectiveness.

**Keywords:** PLTP, Effectiveness, Condenser, Vacuum Pressure

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan saat ini dengan kemajuan teknologi dan industri yang menyebabkan penggunaan listrik semakin meningkat, salah satu sumber energi listrik itu berasal dari pembangkit listrik tenaga Panas Bumi. Di Indonesia pembangkit listrik tenaga panas bumi baru terlaksana pada tahun 1983 di Kamojang dengan potensi sebesar 30 MW. Selanjutnya mulai didirikan PLTP lainnya seperti di G.Salak, Sibayak, Darajat, Dieng, Wayang Windu dan Lahendong. Hingga saat ini baru 1189 Mw listrik yang telah diproduksi dari tujuh lapangan. Ketujuh lapangan panas bumi tersebut adalah Sibayak (12 MW), G. Salak (375 MW), Kamojang (200 MW), Darajat (255 MW), Wayang Windu (227 MW), Dieng (60 MW), dan Lahendong (60 MW). Namun pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia belum terlalu dimaksimalkan. Pemanfaatan energi fosil (batu bara dan gas bumi) ternyata masih sangat besar di Indonesia. Hingga tahun 2018 lalu, total kapasitas listrik di Indonesia mencapai 12.939 MW. Kapasitas sebesar ini 55 persen disumbang oleh PLTU (uap/batubara) dengan kapasitas 34.431 MW, 26 persen oleh gas bumi (PLTG) dengan kapasitas 16.458 MW, dan diesel sebesar 6 persen dengan kapasitas 4.022 MW. Sisanya, pembangkit panas bumi sebesar 3 persen dengan total kapasitas 1.948,5 MW, PLTA (air) sebesar 9 persen dengan total kapasitas 5.733 MW, pembangkit EBT lainnya sebesar 1 persen dengan kapasitas 390,1 MW.[1].

Kondensor adalah salah satu jenis pesawat penukar kalor yang berfungsi mengkondensasikan uap bekas dari

turbin. Uap setelah melakukan kerja didalam turbin didinginkan dengan air pendingin sehingga terkondensasi menjadi air. Air kondensat ini selanjutnya digunakan lagi didalam siklus sebagai air pendingin di kondensor dan selebihnya akan digunakan untuk diinjeksikan lagi ke dalam sumurinjeksi. Tekanan vakum kondenser sendiri merupakan suatu parameter penting yang menunjukkan baik tidaknya efisiensi turbin uap khususnya pada *Low Pressure* (LP) turbin. Dimana semakin kecil vakum kondenser mengakibatkan tekanan balik ke LP turbin yang menyebabkan kerusakan akhir LP turbin sehingga menurunkan efisiensi turbin uap dan semakin baik vakum pada kondenser dapat meningkatkan efisiensi LP turbin uap itu sendiri. Tetapi di dalam kondenser itu sendiri tekanannya tidak boleh terlalu vakum, karena dapat mempengaruhi kinerja turbin uap tersebut. Meskipun terdapat sensor berupa diafragma pada LP turbin apabila terjadi tekanan balik, namun dengan memperbaiki tekanan vakum itu sendiri lebih efisien dan mengurangi rugi. Beberapa hal yang dapat menyebabkan turunnya vakum pada kondenser sendiri adalah *tube* kondenser yang kotor, tekanan *gland seal* terlalu rendah, *vacuum break valve* tidak menutup rapat, membrane turbin mengalami keretakan, *valve drain over flow deaerator* terbuka, *steam trap* kondensasi ke kondenser banyak yang rusak, dan kemampuan vacuum pump turun. Salain itu dalam penelitian yang di kemukakan sebelumnya oleh [2].

Penelitian ini bertujuan untuk Untuk mengetahui pengaruh tekanan vakum terhadap Efektivitas *Main Condenser* dan

pengaruh perubahan suhu air pendingin terhadap Efektifitas *Main Condenser*.

## II. BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian merupakan tempat pengambilan sampel secara administrasi yang bertempat di PLTP PT.PLN (Persero) ULPLTP Lahendong Unit2 L Desa Tondangow, Kecamatan Tomohon Selatan, Kota Tomohon, Sulawesi Utara.PLTP Lahendong merupakan pembangkit yang menggunakan fluida panas bumi untuk menghasilkan energi listrik di Sulawsi Utara



dan sudah beroperasi sejak tahun 2001.

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian PLTP Lahendong unit 1 dan 2 (Sumber:Kompas/P Raditya Mahendra Yasa, 2021)

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kondenser, computer alat tulis menulis, kamera hp,data log sheet harian kariawan,data design dari manual book. Kondenser yang digunakan adalah kondensor yang berada di PLTP Lahendong unit 2 dengan spesifikasi kondenser yang ditunjukkan sebagai berikut :

<b>Manufaktur</b>	<i>Fuji Electric Systems.CO.Ltd</i>
-------------------	-------------------------------------

<b>Tipe</b>	<i>Direct Contact Spray</i>	
<b>Tekanan</b>	0.115 bar	
<b>Suhu Pendingin</b>	<b>Air</b>	29,5°C
<b>Suhu Keluar</b>	<b>Air</b>	49°C
<b>Level Maximum</b>	550 Mm	

Pada table dapat kita lihat bahwa Kondenser di PLTP Lahendong menggunakan manufaktur *Fuji Electric Systems.CO.Ltd*, tipe *Direct Contact Spray* dengan tekanan 0.115 bar, suhu air pendingin 29,5°C, suhu air keluar 49°C dan level maximum 550 Mm.

### Teknik Pengumpulan Data

Metode-metode yang dilakukan dalam rangka memperoleh data-data dan informasi yang diperlukan adalah sebagai berikut :

#### *Data Teknis*

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung terhadap alat yang dijadikan objek permasalahan. Data-data yang dikumpulkan meliputi tekanan uap masuk kondenser/tekanan vakum (P), temperatur uap masuk kondenser ( $T_{hi}$ ), temperatur uap keluar kondenser ( $T_{ho}$ ), temperatur air masuk kondenser ( $T_{ci}$ ), temperatur air keluar kondenser( $T_{co}$ ), dan laju aliran uap masuk kondenser ( $m_h$ ).

### Metode literatur

Pengumpulan data diperoleh dari buku *design* manual sistem pembangkit dan buku-

buku pendukung lainnya yang tersedia di perpustakaan PT.PLN (PERSERO) PLTP Lahendong.

### Teknik Pengolahan Dan Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengolah data yang telah diperoleh dari ruang kontrol ( *Control Room* ) secara kualitatif. Data hasil yang didapat berupa tekanan uap masuk kondenser (P), temperatur uap masuk kondenser ( $T_{hi}$ ), temperatur uap keluar kondenser ( $T_{ho}$ ), temperatur air masuk kondenser ( $T_{ci}$ ), temperatur air keluar kondenser ( $T_{co}$ ), dan laju aliran uap masuk kondenser ( $m_h$ ). tahap selanjutnya yaitu data dikelola dengan melakukan perhitungan unjuk efektivitas kondenser. Dalam tahap ini penulis menghitung laju perpindahan fluida panas, laju aliran air masuk kondenser, laju perpindahan panas maksimum dan efektivitas kondenser. Setelah perhitungan selesai, tahap selanjutnya adalah pembuatan grafik hubungan antara Pengaruh Tekanan Vakum terhadap Efektivitas *Main Condenser* dan perubahan suhu air ( $\Delta T$ ) Terhadap Efektivitas *Main Condenser*.

Dalam perhitungan unjuk efektivitas kondenser menggunakan Metode NTU-Efektivitas yang merupakan metode berdasarkan atas efektivitas penukar

panas dalam memindahkan sejumlah panas tertentu. Metode NTU-Efektivitas juga mempunyai beberapa keuntungan untuk menganalisis soal-soal dimana harus dibandingkan berbagai jenis penukar panas guna memilih jenis yang terbaik untuk melaksanakan sesuatu tugas pemindahan panas tertentu [3]. Namun dalam penelitian ini untuk menghitung unjuk efektivitas kondenser metode NTU tidak digunakan.

## III. HASIL DAN BAHASAN

### HASIL

Berdasarkan spesifikasi kondenser pada PLTP Lahendong Unit 2 yaitu : Dengan Manufaktur *Fuji Electric System.CO.Ltd*, Tipe *Direct Contact Spray*, Tekanan 0,115 bar, Suhu air pendingin 29,5 °C, Suhu air keluar 49°C dan level maximum 550 Mm. Maka diperoleh data *Log Sheet* pada *Control Room* sebagai berikut :

Tabel 1. Data *Log Sheet* Pada *Control Room*

(Pada tanggal 08 s/d 13 Mei 2023)

Waktu	Tekanan Vakum (bar)	$T_{hi}$ (°C)	$T_{ho}$ (°C)	$T_{ci}$ (°C)	$T_{co}$ (°C)	$M_h$ (kg/s)
Senin	0,149	56	44	33	52	118,2
Selasa	0,153	55	43	33	52	93,3
Rabu	0,158	55	43	33	52	118,2
Kamis	0,162	56	44	34	53	119,9
Jumat	0,165	56	44	34	53	119,2

Sabtu	0,168	56	45	34	54	119,4
-------	-------	----	----	----	----	-------

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan

Waktu	Tek. Vakum (bar)	$T_{c_o} - T_{c_i}$ (°C)	$m_c$ (kg/s)	Q (kW)	$Q_{max}$ (kW)	$\epsilon$ (%)
Senin	0,149	19	33,930	2694,109	3261,287	82,609
Selasa	0.153	19	26,768	2124,777	2460,960	86,339
Rabu	0,158	19	31,077	2467,520	2857,120	86,364
Kamis	0.162	19	34,418	2737,857	3164,357	86,522
Jumat	0.165	19	34,213	2761,902	3145,879	87,794
Sabtu	0,168	20	30,154	2508,988	2772,651	90,491

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan Efektivitas didapatkan bahwa tekanan vakum tertinggi yaitu sebesar 0,168 °C itu menghasilkan nilai keefektivan yang mencapai 90,49%. Sedangkan pada saat tekanan vakum rendah yaitu sebesar 0.149 nilai efektivitas yang dihasilkan juga hanya sebesar 82,69%, namun itu sudah merupakan nilai keefektivan yang baik dalam kinerja *main condenser*. Sedangkan beda temperature yang menunjukkan perubahan yang signifikan itu di tunjukan pada beda temperatur 19°C dihari ke-lima dan 20°C dihari terakhir. Dimana pada saat beda temperatur 19°C dihari ke-lima efektivitas yang dihasilkan sebesar 87,79% dan pada saat beda

temperature 20°C dihari terakhir efektivitas yang dihasilkan sebesar 90,49%.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data maka dapat disimpulkan :Ketika tekanan vakum sebesar 0,149 efektivitas *Main Condenser* rendah. Ketika tekanan vakum sebesar 0,153 efektivitas *Main Condenser* mengalami kenaikan yang signifikan. pada saat tekanan vakum sebesar 0,158 sampai 0,165 efektivitas *Main Condenser* mengalami kenaikan yang stabil. Dan pada saat tekanan vakum 0,168 bar efektivitas *main condenser* Kembali mengalami kenaikan yang signifikan, yaitu sebesar 90,49%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin naik nilai kevakuman dalam kondenser maka akan semakin meningkatkan efektivitas *Main Condenser*, sehingga dapat disimpulkan bahwa tekanan vakum mempunyai pengaruh yang besar terhadap keefektivan kinerja suatu *main condenser*. Semakin meningkatnya perubahan suhu air masuk dan keluar kondenser maka efektivitas *Main Condenser* yang dihasilkan juga meningkat. Efektivitas *Main Condenser* akan meningkat pada perbedaan temperature 19°C sampai 20°C. Hal ini menunjukkan bahwa temperature uap yang masuk kondenser masih dapat

didinginkan secara maksimal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan suhu pendingin berpengaruh namun akan nampak pada kondisi tertentu dimana pada saat beda temperature mengalami perubahan (kenaikan).

### UCAPAN TERIMA KASIH

Di ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu Saya dalam penulisan artikel ini terkhususnya dosen pembimbing Saya Jeferson Polii, S.Si., MT dan Dr. Cyrke A. N. Buyung, M.Si, dan pihak-pihak lain yang telah terlibat.

### REFERENSI

- [1] Saputro, N. C. D. A. (2021). *Analisis Main Condenser Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi* [Universitas Muhammadiyah Surakarta]. [http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/89318%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/89318/11/Naskah Publikasi.pdf](http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/89318%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/89318/11/Naskah%20Publikasi.pdf)
- [2] Maulana, F., Bono, W., Purwati, W., Program, S., Teknik, K., Energi, J., Teknik, M., Politeknik, N., Semarang, J. H., & Sudarto, S. H. (2014). Analisis Kinerja Kondensor Terhadap Perubahan Tekanan Vakum Di Pt Pln (Persero) Sektor Pembangkitan Pltgu Cilegon. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 29–34.
- [3] Alfani, F. T., Razak, A., & Rismawati, D. (2021). Analisis Perpindahan Panas Pada Kondensor Dengan Kapasitas Air Pendingin 35860 M3/Jam. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2), 62–70.

<https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v2i2.30>

- [4] Aloanis, A. A., Taunaumang, H., Rampengan, A., & Polii, J. (2021). Analisis Eksergi Dan Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit-2. *Jurnal FisTa: Fisika Dan Terapannya*, 2(2), 66–75. <https://www.eurekaunima.com/index.php/fista/article/view/131>
- [5] Apollo, M. M., Issaniyah, A. Y., & Surahman, F. M. (2014). Pengaruh Kevakuman Terhadap Efektivitas Kondensor PLTU Barru Unit 1. *Sinergi*, 2, 181–190.
- [6] Apriyanti, V., Pasek, A. D., Abdurrachim, Adriansyah, W., & Abdurrahman, R. (2015). Perancangan Perangkat Eksperimen Kondensasi Kontak Langsung dengan Keberadaan Non Condensable Gas. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*, Snttm Xiv, 7–8.
- [7] Artikel Teknologi. (n.d.). *Kondensor (2) – Komponen-komponen yang Berhubungan*. <https://artikel-teknologi.com/kondensor-2-komponen-komponen-yang-berhubungan>
- [8] Darma, S., Harsoprayitno, S., Setiawan, B., WSoedibjo, A., Ganefianto, N., & Stimac, J. (2020). Geothermal Energy Update: Geothermal Energy Development and Utilization in Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress, 12*, 25–29.
- [9] Direktorat Jenderal EBTKE - Kementerian ESDM. (2017). *Direktorat Panas Bumi, Direktorat Jenderal EBTKE Pusat Sumber Daya Mineral, Batu Bara, dan Panas Bumi, Badan Geologi. Potensi Panas Bumi Indonesia*. Kementerian Energi dan

- Sumber Daya Mineral.
- [10] Ghozali, A., Nofirman, ;, Rusjdi, ; Halim, Tinggi, S., & Pln, T. (2020). Pengaruh Overhaul Terhadap Efektifitas Kondensor Di PT. Indonesia Power Up Suralaya Unit III. *Jurnal Power Plant*, 8(1), 59–70. <https://doi.org/10.33322/powerplant.v8i1.1062>
- [11] Islami, L. O. I. (2018). *Pengaruh Tekanan Vacuum Pump Pada Nilai Efektivitas Kondensor Pltu Pt . Antam POMALAA 2 X 30 MW UBPN SULTRA*. Kementerian Perindustrian R.I. Politeknik ATI Makassar.
- [12] Kemur, B. D., Sappu, F., & Luntungan, H. (2015). Efektifitas Steam Ejector Tingkat Pertama Di Pltp Lahendong Unit 2. *Jurnal Tekno Mesin*, 2(2), 116–127.
- [13] Kompas/P Raditya Mahendra Yasa. (2021). *PLTP Lahendong, Pembangkit Andalan yang Murah dan Bersih*. <https://jelajah.kompas.id/jelajah-energi-nusantara/baca/pltp-lahendong-pembangkit-andalan-yang-murah-dan-bersih/>
- [14] Lini, S. Z. A., & Rudianto, B. (2016). *Penentuan Nilai Efektivitas Condenser di PLTU Paiton Unit 5 PT. YTL Jawa Timur*. Politeknik Negri Jember.
- [15] Miles, B. M., Huberman, M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis A Methods Sourcebook*. Sage Publication Inc.
- [16] PT. PLN (PERSERO) – UIKL SULAWESI - UPDK PANASBUMI,Unit Layanan Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi Lahendong. (n.d.).
- [17] Rosyada, A., Anhar, A. R., & Silanegara, I. (2017). Analisis Kinerja Kondensor Unit Iv Sebelum Dan Sesudah Overhaul. *Politeknologi*, 16(3), 233–238.
- [18] Saptadji, M. N. (2020). *Teknik Geothermal*. Institut Teknologi Bandung Press.