

**PENINGKATAN EFISIENSI *CONDENSER* AKIBAT KEBOCORAN
PADA SISTEM *CONDENSER VACUUM* MENGGUNAKAN
METODE *HELIUM GAS TRACER TEST* (HG2T) PADA
PEMBANGKIT LISTRIK DI PLTU PELABUHAN RATU**

SKRIPSI



FAJRIEKA MAULDY

20210120022

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
SUKABUMI
JULI 2023**

**PENINGKATAN EFISIENSI CONDENSER AKIBAT KEBOCORAN
PADA SISTEM CONDENSER VACUUM MENGGUNAKAN
METODE *HELIUM GAS TRACER TEST* (HG2T) PADA
PEMBANGKIT LISTRIK DI PLTU PELABUHAN RATU**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*

FAJRIEKA MAULDY

20210120022



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
SUKABUMI
JULI 2023**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : PENINGKATAN EFISIENSI *CONDENSER* AKIBAT
KEBOCORAN PADA SISTEM *CONDENSER VACUUM*
MENGUNAKAN METODE *HELIUM GAS TRACER TEST*
(HG2T) PADA PEMBANGKIT LISTRIK DI PLTU
PELABUHAN RATU

NAMA : FAJRI EKA MAULDY

NIM 20210120022

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.



Sukabumi, Juli 2023.

MATERAI

FAJRIEKA MAULDY

Penulis

PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : PENINGKATAN EFISIENSI *CONDENSER* AKIBAT
KEBOCORAN PADA SISTEM *CONDENSER VACUUM*
MENGUNAKAN METODE *HELIUM GAS TRACER TEST*
(HG2T) PADA PEMBANGKIT LISTRIK DI PLTU
PELABUHAN RATU

NAMA : FAJRI EKA MAULDY

NIM 20210120022

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui

Sukabumi, Juli 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

Aryo De Wibowo MS, S.T., M.T.

NIDN : 0402128925

Ir. Handrea Bernando Tambunan, S.T., M.Eng.

NIDK : 8965420021

Ketua Program Studi T. Elektro

Aryo De Wibowo MS, S.T., M.T.

NIDN : 0402128925

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : PENINGKATAN EFISIENSI *CONDENSER* AKIBAT
KEBOCORAN PADA SISTEM *CONDENSER VACUUM*
MENGUNAKAN METODE *HELIUM GAS TRACER TEST*
(HG2T) PADA PEMBANGKIT LISTRIK DI PLTU
PELABUHAN RATU

NAMA : FAJRI EKA MAULDY

NIM 20210120022

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang
Skripsi tanggal 22 Juli 2023 Menurut pandangan kami Skripsi ini memadai dari
segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik Elektro.

Sukabumi, Juli 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

Aryo De Wibowo MS. S.T., M.T.

Ir. Handrea Bernando T. S.T., M.Eng.

NIDN : 0402128925

NIDK : 8965420021

Ketua Penguji

Ketua Program Studi T. Elektro

Ir. Marina Artiyasa. M.T., IPM.

Aryo De Wibowo MS. S.T., M.T.

NIDN : 0407098009

NIDN : 0402128925

Dekan Fakultas Teknik, Komputer dan Desain

Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIDN : 0402037401



**Skripsi ini kutujukan kepada :
Ayahanda, Ibunda tercinta, Adik-adikku, Anak-anakku tersayang dan
Keluarga serta Sahabat, Rekan dan Orang-orang terdekatku.**

ABSTRACT

The condenser functions to condense the exhaust steam from the LP Turbine and plays a crucial role in the Closed Cycle thermal power plant to maintain the efficiency of electricity generation. Its main purpose is to maintain a low pressure compared to the atmospheric pressure, with a base line value of -92.5 kPa. The condenser is designed as a vacuum chamber to ensure complete condensation of the exhaust steam from the LP Turbine towards the Hotwell and its recirculation back to the Boiler. One of the issues that can reduce efficiency during condenser operation is a decrease in the Condenser Vacuum level. Several factors influence the Condenser Vacuum value, including the quantity of circulating cooling water, air ingress or leakage, vacuum pump performance, gland seal steam pressure, excessive drain temperature and flow. One of the most common problems is high air ingress, which causes a reduction in the Condenser Vacuum level. To detect air ingress, two conditions can be used: when the power plant is in operation and when it is not. In this research, the Helium Gas Tracer Test method is employed using helium gas or SF₆ while the power plant is in operation. The results obtained from this method have a high level of accuracy because it is conducted during normal unit operation, with actual vacuum parameter readings, enabling precise identification of the areas that require improvement to enhance the condenser vacuum efficiency.

Keywords : Condenser Vacuum, Efficiency, Helium Gas Tracer Test.

ABSTRAK

Kondensor berfungsi mengkondensasikan uap *exhaust* dari *LP Turbine* dan memegang peranan penting dalam *Closed Cycle* siklus termal PLTU untuk menjaga efisiensi pembangkit listrik agar tidak menurun. Pada operasionalnya, tekanan kondensor jauh lebih rendah dibanding tekanan pada udara luar dengan nilai *baseline* -92,5 kPa. kondensor didesain *vacuum* agar uap *exhaust* dari *LP Turbine* bisa terkondensasi sempurna menuju *Hotwell* dan disirkulasikan kembali menuju *Boiler*. Permasalahan yang dapat menurunkan efisiensi pada operasi kondensor salah satunya adalah menurunnya nilai *Condenser Vacuum*. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai *Condenser vacuum* antara lain *Circulating Cooling Water quantity*, *Air in-leakage/Ingress*, *Vacuum Pump performance*, *Gland Seal Steam pressure*, *Excessive Drain Temperature & flow*. Salah satu kasus yang paling sering terjadi adalah *Air Ingress* tinggi yang menyebabkan menurunnya nilai *Condenser vacuum*. Untuk mendeteksi *air ingress* tersebut dapat dilakukan dalam 2 kondisi, yaitu ketika pembangkit beroperasi dan ketika pembangkit tidak beroperasi. Pada penelitian ini menggunakan metode *Helium Gas Tracer Test* yang menggunakan gas Helium atau SF6 dengan kondisi pembangkit beroperasi. Hasil penelitian dengan metode tersebut mempunyai tingkat akurasi yang tinggi karena dilakukan saat unit normal operasi dengan parameter nilai vakum yang terbaca aktual sehingga dapat diketahui secara pasti area mana saja yang perlu perbaikan untuk meningkatkan nilai efisiensi *condenser vacuum*.

Kata kunci : *Condenser Vacuum*, Efisiensi, *Helium Gas Tracer Test*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya Skripsi berjudul “Peningkatan *Condenser Vacuum* Dengan Metode *Helium Gas Tracer Test* (HG2T) Pada Area *Ground Floor* di PLTU Pelabuhan Ratu” dapat diselesaikan.

Tujuan penulisan Skripsi ini sebagai syarat lulus menyelesaikan masa studi dan mendapat penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T).

Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi, Dr. H. Kurniawan, S.T., M.Si., M.M.
2. Wakil Rektor I Bidang Akademik Universitas Nusa Putra Sukabumi.
3. Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi, Aryo De Wibowo MS, S.T., M.T.
4. Dosen Pembimbing I Universitas Nusa Putra Sukabumi, Aryo De Wibowo MS, S.T., M.T.
5. Dosen Pembimbing II Universitas Nusa Putra Sukabumi, Ir. Handrea Bernando Tambunan, S.T., M.Eng.
6. Ketua Dosen Penguji, Dosen Penguji II dan Dosen Penguji III.
7. Para Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi yang membantu secara langsung maupun tidak langsung.
8. Orang tua dan keluarga yang penulis cintai dan banggakan.
9. Rekan-rekan mahasiswa yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
10. Pihak terkait yang telah membantu pelaksanaan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat kami harapkan demi perbaikan. Aamiin Yaa Rabbal ‘Alamiin.

Sukabumi, Juli 2023

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas academica UNIVERSITAS NUSA PUTRA , saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : FAJRI EKA MAULDY

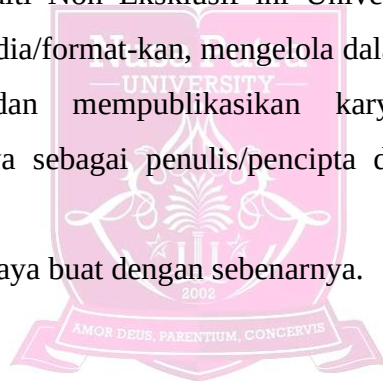
NIM 20210120022

Program Studi : S1 Teknik Elektro

Jenis karya : Skripsi

Peningkatan Efisiensi *Condenser* Akibat Kebocoran Pada Sistem *Condenser Vacuum* Dengan Metode *Helium Gas Tracer Test* (HG2T) Pada Pembangkit Listrik di PLTU Pelabuhan Ratu, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan karya saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Dibuat di : Sukabumi

Pada tanggal : Juli 2023

Yang menyatakan

MATERAI

FAJRI EKA MAULDY

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL... ..	ii
PERNYATAAN PENULIS... ..	iii
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
PENGESAHAN SKRIPSI... ..	v
HALAMAN PERUNTUKAN... ..	vi
ABSTRACT	vii
ABSTRAK... ..	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR ISTILAH... ..	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>State of The Arts</i>	4
2.2 Kondensor.....	5
2.3 Komponen Utama Kondensor.....	5
2.3.1 <i>Selongsong/Shell</i>	7
2.3.2 <i>Ruang Air/Water Box</i>	7
2.3.3 <i>Pipa Kondensor dan Pemegang/Tube Plant</i>	7
2.3.4 <i>Vacuum Condenser</i>	7
2.3.5 <i>Hotwell</i>	8
2.4 Gas Helium.....	8
2.5 Gangguan.....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 <i>Condenser Fault Tree Analysis & Condenser Heat Loss Matrix</i>	11
3.2 Tahapan Penelitian.....	12

3.3	Metode Pengujian Kebocoran Kondensor.....	13
3.3.1	Pengujian Ketika Unit Beroperasi... ..	14
3.3.2	Pengujian Ketika Unit Tidak Beroperasi	14
3.4	Peralatan & Material Pengetesan Kebocoran Kondensor.....	14
3.4.1	Gas Uji... ..	14
3.4.2	<i>Portable Gas Detector</i>	15
3.5	Metode Pelaksanaan Pengujian.....	15
3.6	Pengumpulan Fakta Pengujian.....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1	Hasil Temuan Kebocoran Pada Pengujian HG2T Tiap Area.....	19
4.4	<i>Actual Losses</i> dan <i>Potential Losses</i>	22
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		27
5.1	Kesimpulan... ..	27
5.2	Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA.....		28
LAMPIRAN.....		32



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Referensi Perhitungan.....	10
Tabel 3.1 <i>Condenser Heat Loss Matrix</i>	12
Tabel 3.2 Spesifikasi Perkin Elmer's.....	15
Tabel 3.3 <i>Checklist</i> pengecekan area kebocoran <i>vacuum condenser</i> berdasarkan EPRI.....	16
Tabel 3.4 Titik deteksi HG2T.....	18
Tabel 4.1 Temuan Pasca Pengujian.....	21
Tabel 4.2 Data <i>Actual Losses</i> dan <i>Potential Losses</i>	23
Tabel 4.3 Referensi nilai dari faktor - faktor yang mempengaruhi <i>losses</i>	24
Tabel 4.4 Perhitungan <i>losses</i> sejak Maret hingga Juni 2020.....	24



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kondensor.....	5
Gambar 2.2 Komponen Utama Kondensor.....	6
Gambar 2.3 <i>Condenser Vacuum pump</i>	8
Gambar 3.1 <i>Condenser Fault Tree Analysis</i>	11
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.3 Diagram Alir HG2T.....	16
Gambar 3.4 <i>Air Leakage Points</i>	17
Gambar 4.1 Pengujian pada area <i>Turbine Floor</i>	19
Gambar 4.2 Pengujian Area BFPT.....	20
Gambar 4.3 Pengujian Area <i>Mezzanine Floor</i>	20
Gambar 4.4 Pengujian Area <i>Ground Floor</i>	20



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Resume Data.....	32
2. <i>Energy Performance Indicator</i>	33
3. <i>LP Turbine Efficiency</i>	33
4. <i>Condenser Performance</i>	34



DAFTAR ISTILAH

	Halaman
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap..... 1
NCG	<i>Non Condensable Gas</i> 1
LP	<i>Low Pressure</i> 1
HG2T	<i>Helium Gas Tracer Test</i> 2
KKU	Kredit Kelayakan Usaha..... 2
EFOR	<i>Equipment Force Outage Rate</i> 2
kW	kiloWatt..... 4
kWh	kiloWatt-hour..... 4
MW	Mega Watt..... 4
kJ	kiloJoule..... 4
HRSG	<i>Heat Recovery Steam Generator</i> 5
EOH	<i>Equivalent Operating Hour (EOH)</i> 5
EFRI	<i>Engineering Frontiers Research Innovation</i> 9
KPa	<i>kilopascal</i> 11
kcal	<i>kilocalorie</i> 11
ED	<i>Emergency Drain</i> 24
BFPT	<i>Boiler Feed Pump Turbine</i> 27
HPH	<i>High Pressure Heater</i> 28
LPH	<i>Low Pressure Heater</i> 28
HP	<i>High Pressure</i> 28
GT	<i>Generator Transformer</i> 28
OH	<i>OverHaul</i> 28



BAB I

PENDAHULUAN

Diamanatkan oleh Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945 pasal 33 bahwa energi yang ada di Indonesia merupakan kekayaan alam yang digunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat. Sistem dan operasi, serta kemampuan pembangkit untuk memenuhi beban dan kebutuhan masa depan penting untuk pemeliharaan aset kelistrikan agar tetap dapat beroperasi secara optimal dengan keterjangkauan harga energi.

1.1 Latar belakang

Dalam rangka memenuhi kebutuhan listrik di Jawa – Bali, PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkit Jawa Barat 2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Pelabuhan Ratu harus memiliki kehandalan, ketersediaan, kemampuan dan unjuk kerja agar kondisi sistem kelistrikan dapat dipertahankan dengan baik dan tidak terjadi pemadaman. Karena gangguan/kerusakan mesin akan menimbulkan kerugian ekonomis yang besar, baik kerugian karena perbaikan maupun kerugian karena produksi yang terhenti [1].

Dalam sistem operasional suatu kondensor seringkali dijumpai terjadinya penurunan unjuk kerja terutama pada parameter yang berfungsi untuk membantu proses perpindahan panas. Akibat dari penurunan nilai *Vacuum Condenser* maka proses kondensasi uap *exhaust* akan tidak optimal yang berakibat menurunnya level *Hotwell*, tingginya suhu kondensor, dan menumpuknya *Non-Condensable Gas* (NCG) pada *Low Pressure* (LP) *Turbine Exhaust* sehingga mempengaruhi efisiensi pada kondensor [2].

Penurunan dari nilai *Vacuum Condenser* bisa terjadi karena beberapa masalah, bisa karena *flow* dari *circulating cooling water* yang kurang, kebocoran sistem kondensor & LP Turbin yang mengakibatkan adanya udara luar masuk kedalam sistem, *Vacuum Pump* mengalami penurunan performa, *Gland Steam Pressure* yang rendah serta temperatur tinggi karena drain kondensor yang berlebih [3].

Permasalahan yang sering ditemui adalah kebocoran sistem kondensor & LP Turbin yang mengakibatkan adanya udara luar masuk kedalam sistem sehingga membuat kinerja kondensor semakin berat yang mengakibatkan nilai *condenser vacuum* menurun dari batasan normal operasinya atau lebih rendah dari -90 kPa. Untuk mendapatkan metode yang efektif dan optimal dalam proses perbaikan peralatan kondensor sehingga nilai *condenser vacuum* mendekati *baseline* yaitu dengan metode pencarian kebocoran pada saat unit beroperasi normal dengan menggunakan peralatan detektor gas/*analyzer*.

Metode *Helium Gas Tracer Test* (HG2T) berkontribusi terhadap jumlah minimal gangguan yang diizinkan dalam rentang satu tahun operasi pembangkit, sesuai dengan penilaian Kredit Kelayakan Usaha (KKU) PT. Indonesia Power tahun 2021 yaitu *Equivalent Force Outage Rate* (EFOR) sebesar 0,62% dari batasan 3,70%, dengan kata lain gangguan yang timbul sangat sedikit [4].

Pada penelitian ini penulis melakukan analisis kebocoran kondensor yang terdapat pada sistem LP *exhaust turbine* yang meliputi area *Turbine Floor*, *Mezzanine Floor* dan *Ground Floor* serta *Exhaust Pipe* kondensor dengan metode HG2T secara *online test* untuk menjaga nilai *vacuum* tetap pada batasannya sehingga memenuhi sasaran pemeliharaan serta keandalan dan efisiensi unit PLTU Pelabuhan Ratu tetap terjaga.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana metode paling efektif dan optimal dalam penanganan kebocoran di sistem vakum kondensor?
2. Bagaimana efektifitas hasil pengujian ketika unit dalam keadaan beroperasi?
3. Bagaimana hasil efisiensi dari saving yang didapat setelah dilakukan metode HG2T?

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari pembahasan maka sangatlah diperlukan untuk menentukan sebuah pembahasan, maka penulis akan membatasi masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan metode HG2T, pencarian kebocoran dilakukan ketika unit beroperasi, menggunakan *tools gas detector*.
2. Penelitian ini dilakukan ketika terdapat kebocoran pada LP *Exhaust Turbine*.
3. Penelitian kebocoran dilakukan di titik-titik pada sistem laluan *Exhaust Steam LP Turbine*.
4. Alat pengujian deteksi gas menggunakan merk *Perkin Elmer's Electronic Leak Detector* dengan *part number* : N9306089.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kebocoran kondensor menggunakan metode *helium gas tracer test*.
2. Menganalisis perbandingan metode pengujian ketika pembangkit beroperasi menggunakan metode HG2T dengan pengujian ketika pembangkit *shutdown*.
3. Menganalisis performa *condenser vacuum* terhadap efisiensi pembangkit listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil Penelitian untuk meningkatkan efisiensi vakum kondensor dengan metode *helium gas tracer test* ketika pembangkit listrik beroperasi terbukti lebih efektif dan optimal dibandingkan dengan pengujian ketika pembangkit listrik *shutdown*.
2. Hasil dari metode *helium gas tracer test* yang dilakukan ketika unit beroperasi diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi pembangkit listrik lainnya ketika memiliki gangguan yang sama pada sistem vakum kondensor.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Untuk menangani kebocoran kondensor dapat dilakukan dalam 2 metode, yaitu ketika unit beroperasi dan ketika unit tidak beroperasi, untuk metode yang paling efektif dan optimal yaitu ketika unit beroperasi.
2. Pengujian ketika unit beroperasi dengan metode *gas tracer test*, mempunyai tingkat akurasi yang tinggi karena dilakukan saat unit normal operasi dengan parameter aktualnya, serta lebih terukur karena dapat dilakukan sampai lantai *mezzanine floor* dan *turbin floor* sehingga dapat diketahui kadar kebocorannya pada *gas detector*.
3. efisiensi *saving* yang didapat dari pengujian ketika unit beroperasi menggunakan metode HG2T ini sebesar Rp. 3.491.813.000,-.

5.2 Saran

1. Metode ini dapat dijadikan rujukan untuk identifikasi jika terjadi kebocoran *vacuum condenser* di unit lain.
2. Perlu pengadaan *gas detector/analyzer* dan peralatan pendukung lainnya agar memudahkan pelaksanaan pengujian.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Predictive Maintenance Guidelines, EPRI TR-103374, August 1994.
- [2] West Java Performance Assessment 2 Pelabuhan Ratu O&M Services Unit – Semester II of 2021 No. 13.KM/004/IP/2021.
- [3] Condenser Application and Maintenance Guide. 2001. EPRI.
- [4] Steam Turbine Performance Engineer's Guide, 201.
- [5] Rinaldo, "Peningkatan Kinerja Pompa Vakum Kondensor Setelah Dilakukan Overhaul Pada PLTU Teluk Sirih Unit 2.," *Repository of Institut Teknologi PLN*, Aug. 27, 2018. <http://156.67.221.169/2060/> (accessed Jul. 29, 2023).
- [6] B. A. Saputro, B. Sudia, and Abd. Kadir, "Analisis Pengaruh Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Heat Rate Turbin Di PLTU Moramo Sebelum dan Sesudah Perawatan," *Enthalpy : Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, p. 18, Mar. 2022, doi: 10.55679/enthalpy.v6i1.19130.
- [7] "View of Analisis Kebocoran Tube Outlet Header LP Evaporator HRSG dengan Metode RCFA." <https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/jmt/article/view/3329/1853>.
- [8] Prayudi and Hendri, "ANALISIS PERFORMA KONDENSOR DI PT. INDONESIA POWER UJP PLTU LONTAR BANTEN UNIT 2," *Jurnal Power Plant*, vol. 4 No. 4, no. ISSN : 2356-1513, p. 3, May 2017.
- [9] T. F. Alfani, A. Razak, and D. Rismawati, "ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA KONDENSOR DENGAN KAPASITAS AIR PENDINGIN 35860 m³/JAM," *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 62–70, Feb. 2021, doi: 10.51510/sinergipolmed.v2i2.30.
- [10] J. Jamal, C. Bhuana, and F. Alihar, "Analisis Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto," *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 18, no. 1, p. 20, Sep. 2020, doi: 10.31963/sinergi.v18i1.2233.
- [11] O. Erbas, "Investigation of factors affecting thermal performance in a coal - fired boiler and determination of thermal losses by energy balance

- method,” *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 26, p. 101047, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.101047.
- [12] A. Purbianto and B. Setiyo Adji, “ANALISIS PERFORMA MAIN COOLING WATER PUMP PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI (PLTP) PT.X,” *Jurnal Teknik dan Informatika (JTI)*, vol. 1, no. 1, pp. 88–96, May 2021, doi: 10.52909/jti.v1i1.14.
- [13] E. Syahrial and A. B. Berlian, “ANALISIS PERFORMA SPRAY KONDENSOR TIPE DIRECT CONTACT UNIT 3 PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI PT.X,” *Jurnal Teknik dan Informatika (JTI)*, vol. 1, no. 1, pp. 79–87, May 2021, doi: 10.52909/jti.v1i1.13.
- [14] B. R. Putra, A. Melkias, A. Melkias, and Maridjo, “Analisis Pengaruh Temperatur dan Laju Alir Air Pendingin Terhadap Kinerja Kondensor Di PLTU Cirebon Unit 1,” *Jurnal Teknik Energi*, vol. 11, no. 2, pp. 24–29, Jun. 2022, doi: 10.35313/energi.v11i2.3532.
- [15] S. Muddin, F. Rahman, M. Firdaus, and N. Nurkholis, “ASSESMEN KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS KONDENSOR PADA BEBAN PUNCAK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP KABUPATEN JENEPONTO,” *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 14, no. 01, pp. 2029–2032, Apr. 2019, doi: 10.47398/iltek.v14i01.363.
- [16] R. Djafar, B. Liputo, and Y. Djamalu, “Menentukan Kerugian Energi pada Komponen Utama PLTU Menggunakan Simulasi Cycle Tempo,” *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, vol. 7, no. 1, pp. 36–40, Jun. 2022, doi: 10.30869/jtpg.v7i1.911.
- [17] Y. J. Lewerissa, “ANALISIS ENERGI PADA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) DENGAN CYCLE TEMPO,” *Jurnal Voering*, vol. 3, no. 1, p. 23, Jul. 2018, doi: 10.32531/jvoe.v3i1.85.
- [18] J. C. Bhuana, I. Muh, and A. Maulana, “Analisis Efektivitas Kondensor Di PLTU PT. Semen Tonasa Btg Unit I 2×25 MW,” *PoliGrid*, vol. 2, no. 1, p. 20, Jun. 2021, doi: 10.46964/poligrid.v2i1.720.

- [19] “View of Pemeliharaan Preventif Pompa Vakum STG PLTGU Unit 1 Tambak Lorok Semarang.” <http://jurnal.itpln.ac.id/powerplant/article/view/397/562> (accessed Apr. 01, 2023).
- [20] “Design Hotwell Condensor Level Control System Using Feedback-Feedforward Control Strategy with Tuning Direct Synthesis,” *IEEE Xplore*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9888492> (accessed Apr. 01, 2023).
- [21] A. Gaffar, A. Agussalim, and D. Arisandi, “ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI GARDU INDUK PANAKKUKANG,” *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 14, no. 2, pp. 156–162, Jul. 2022, doi: 10.31963/elekterika.v1i2.1221.
- [22] A. E. Dubinov and V. P. Tarakanov, “Particle-in-cell/Monte Carlo-simulation of the discharge in helium initiated by a relativistic electron beam in the chamber with a magnetic mirror,” *Contributions to Plasma Physics*, vol. 62, no. 4, Jan. 2022, doi: 10.1002/ctpp.202100198.
- [23] T. Galetin and A. Galetin, “Influence of gas type, pressure, and temperature in laparoscopy—a systematic review,” *Annals of Laparoscopic and Endoscopic Surgery*, vol. 7, pp. 6–6, Jan. 2022, doi: 10.21037/ales-21-24.
- [24] Semin, B. Cahyono, I. R. Kusuma, and A. Santoso, *Energi dan Produksi Bahan Bakar Gas*. Penerbit NEM, 2022.
- [25] Y. Bi and Y. Ju, “Design and analysis of an efficient hydrogen liquefaction process based on helium reverse Brayton cycle integrating with steam methane reforming and liquefied natural gas cold energy utilization,” *Energy*, vol. 252, p. 124047, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.124047.
- [26] D. I. Permana and M. A. Mahardika, “PEMANFAATAN PANAS BUANG FLUE GAS PLTU DENGAN APLIKASI SIKLUS RANKINE ORGANIK,” *Barometer*, vol. 4, no. 2, Aug. 2019, doi: 10.35261/barometer.v4i2.1851.

- [27] Y. J. Lewerissa, “ANALISIS ENERGI PADA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) DENGAN CYCLE TEMPO,” *Jurnal Voering*, vol. 3, no. 1, p. 23, Jul. 2018, doi: 10.32531/jvoe.v3i1.85.
- [28] A. Sugiharto, “TINJAUAN TEKNIS PENGOPERASIAN DAN PEMELIHARAAN BOILER,” *Swara Patra : Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, vol. 6, no. 2, Dec. 2016.
- [29] Azi Zauhari and E. Koswara, “ANALISIS EFISIENSI SIKLUS RANKINE PEMBANGKIT TENAGA UAP DI PT. PG RAJAWALI II UNIT JATITUJUH,” *SEMINAR TEKNOLOGI MAJALENGKA (STIMA)*, vol. 6, pp. 285–290, Dec. 2022, doi: 10.31949/stima.v6i0.696.
- [30] M. H. Karimi, N. Chitgar, M. A. Emadi, P. Ahmadi, and M. A. Rosen, “Performance assessment and optimization of a biomass-based solid oxide fuel cell and micro gas turbine system integrated with an organic Rankine cycle,” *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 11, pp. 6262–6277, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.12.143.
- [31] Turbine Manual. 2010. Shanghai Turbine Co.,LTD.
- [32] E. Yohana, B. Farizki, N. Sinaga, M. Endy Julianto, and I. Hartati, “Analisis Temperatur dan Laju Aliran Massa Cooling Water terhadap Efektifitas Kondennsor di PT. Geo Dipa Energy Unit Dieng,” *ROTASI*, vol. 21, no. 3, pp. 155–159, Jul. 2019.