

**PENINGKATAN *CONDENSER VACUUM* DENGAN METODE
HELIUM GAS TRACER TEST (HG2T) PADA AREA *MEZZANIN*
UNTUK OPTIMASI PRODUKSI LISTRIK PEMBANGKIT DI PLTU
PELABUHAN RATU**

SKRIPSI



YOHANES KUKUH METRIONO SAPUTRO
20210120040

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

**PENINGKATAN CONDENSER VACUUM DENGAN METODE
HELIUM GAS TRACER TEST (HG2T) PADA AREA MEZZANIN
UNTUK OPTIMASI PRODUKSI LISTRIK PEMBANGKIT DI PLTU
PELABUHAN RATU**

SKRIPSI

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

YOHANES KUKUH METRIONO SAPUTRO



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

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : PENINGKATAN *CONDENSER VACUUM* DENGAN METODE
HELIUM GAS TRACER TEST (HG2T) PADA AREA *MEZZANIN*
UNTUK OPTIMASI PRODUKSI LISTRIK PEMBANGKIT DI
PLTU PELABUHAN RATU

NAMA : YOHANES KUKUH METRIONO SAPUTRO

NIM : 20210120040

“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, 29 Juli 2023.

MATERAI

YOHANES KUKUH METRIONO SAPUTRO

Penulis

PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : PENINGKATAN *CONDENSER VACUUM* DENGAN METODE
HELIUM GAS TRACER TEST (HG2T) PADA AREA *MEZZANIN*
UNTUK OPTIMASI PRODUKSI LISTRIK PEMBANGKIT DI
PLTU PELABUHAN RATU

NAMA : YOHANES KUKUH METRIONO SAPUTRO

NIM : 20210120040

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui
Sukabumi, 29 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 CONDENSER VACUUM DENGAN METODE
HELIUM GAS TRACER TEST (HG2T) PADA AREA
MEZZANIN DI PLTU PELABUHAN RATU

NAMA : YOHANES KUKUH METRIONO SAPUTRO (20210120040)

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang
Skripsi tanggal 29 Juli 2023 Menurut pandangan kami Skripsi ini memadai dari
segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T).

Sukabumi, 29 Juli 2023.

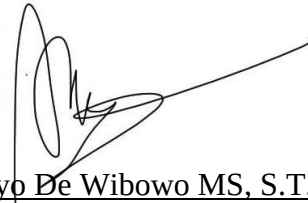
Pembimbing I



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

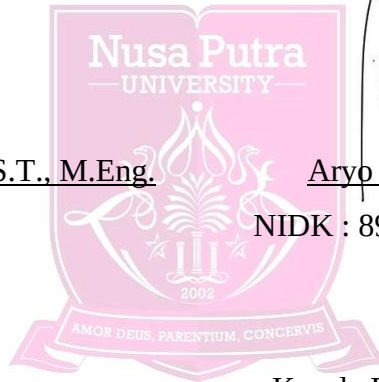
NIDN : 0402128925

Pembimbing II



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

NIDK : 8965420021



Ketua Penguji

Kepala Program Studi

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

NIDN : 0407098009

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

NIDN : 0402128925

Dekan Fakultas Teknik Dan Desain

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

NIDN : 0402037401



*Skripsi ini kutujukan kepada :
Ayahanda, Ibunda tercinta, Adik-adikku tersayang dan keluarga
Serta sahabat, rekan dan orang-orang terdekatku.*

ABSTRACT

The condenser functions to condense exhaust steam from the LP Turbine and plays an important role in the Closed Cycle of the PLTU thermal cycle. The PLTU Pelabuhan Ratu uses a Steam Surface Shell & Tube Condenser type. The model of the condenser itself is Single Pressure, Two path. In operation, the condenser pressure is much lower than the pressure in the outside air. The condenser is designed to be vacuum so that exhaust steam from the LP Turbine can be perfectly condensed to the Hotwell and recirculated back to the Boiler. Vacuum condenser or commonly called Condenser Back Pressure, is one of the important parameters in PLTU operation. Condenser Back Pressure occurs due to the process of condensing steam into water, where there is a change in density from tenuous to tighter. To help maintain the vacuum value, a Vacuum Pump is used in each unit to keep the vacuum value within normal operating limits. One of the problems that is often encountered in condenser operation is increasing the Condenser Back Pressure value. Several factors affect the Condenser Back Pressure value, including Circulating Cooling Water quantity, Air in-leakage/Ingress, Vacuum Pump performance, Gland Seal Steam pressure, Excessive Drain Temperature & flow. One of the most common cases is high Air Ingress which causes an increase in the Condenser Back Pressure value. Two methods can be used to detect air ingress, namely the Online Test and the Offline Test. Online Test is a test when the unit is operating normally with the Helium Gas Tracer Test method which uses Helium or SF6 gas. The research results from online testing with this method have a high degree of accuracy because it is carried out when the unit is normally operating and is more measurable so that the level of leakage can be found in the gas detector.

Keywords: Air Ingress, Back Pressure, Condenser, Gas Tracer Test, Vacuum.

ABSTRAK

Kondensor berfungsi mengkondensasikan uap *exhaust* dari *LP Turbine* dan memegang peranan penting dalam *Closed Cycle* siklus termal PLTU. PLTU Pelabuhan Ratu menggunakan tipe *Condenser Steam Surface Shell & Tube*. Model dari kondensor itu sendiri adalah *Single Pressure, Two path*. Pada operasionalnya, tekanan kondensor jauh lebih rendah dibanding tekanan pada udara luar. kondensor didesain *vacuum* agar uap *exhaust* dari *LP Turbine* bisa terkondensasi sempurna menuju *Hotwell* dan disirkulasikan kembali menuju *Boiler*. *Vacuum condenser* atau biasa disebut *Condenser Back Pressure*, merupakan salah satu parameter penting dalam pengoperasian PLTU. *Condenser Back Pressure* terjadi akibat proses kondensasi uap menjadi air, di mana terjadi perubahan density dari renggang menjadi lebih rapat. Untuk membantu menjaga nilai vakum tersebut, digunakan *vacuum pump* di setiap unitnya untuk menjaga nilai *vacuum condenser* masih di batasan normal operasinya. Permasalahan pada operasi kondensor salah satunya adalah meningkatkan nilai *Condenser Back Pressure*. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai *Condenser Back Pressure* 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 kenaikan nilai *Condenser Back Pressure*. Untuk mendeteksi *air ingress* tersebut dapat dilakukan dalam 2 metode, yaitu *Online Test* dan *Offline Test*. *Online Test* adalah pengetesan saat unit beroperasi normal dengan metode *Helium Gas Tracer Test* yang menggunakan gas Helium atau SF6. Hasil penelitian dari pengetesan *online* dengan metode tersebut mempunyai tingkat akurasi yang tinggi karena dilakukan saat unit normal operasi serta lebih terukur sehingga dapat diketahui kadar kebocorannya pada *gas detector*.

Kata kunci: *Condenser, Vacuum, Back Pressure, Air Ingress, 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 *Mezzanin 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.

Sukabumi, 29 Juli 2022.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

NAMA : YOHANES KUKUH METRIONO SAPUTRO

NIM : 20210120040

Program Studi : S1 Teknik Elektro

Jenis karya : Skripsi

Peningkatan *Condenser Vacuum* Dengan Metode *Helium Gas Tracer Test* (HG2T) Pada Area *Mezzanin* 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 : 29 Juli 2023

Yang menyatakan

MATERAI

YOHANES KUKUH METRIONO SAPUTRO

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

COVER

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENULIS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERUNTUKAN.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR ISTILAH.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
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.....	8
2.3.1 Selongsong/ <i>Shell</i>	7
2.3.2 Ruang Air/ <i>Water Box</i>	7
2.3.3 Pipa Kondensor dan Pemegang/ <i>Tube Plant</i>	7
2.3.4 <i>Vacuum Pump 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 Pengetesan Kebocoran Kondensor.....	13

3.3.1	<i>Pengujian Ketika Unit Operasi</i>	13
3.3.2	<i>Pengujian Ketika Unit Tidak Beroperasi</i>	14
3.4	Peralatan dan Material Pengetesan Kebocoran Kondensor.....	14
3.4.1	Gas Uji.....	14
3.4.2	<i>Portable Gas Detector Test</i>	14
3.5	Metode Pengujian.....	15
3.6	Pengumpulan Fakta Pengujian.....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1	Pengujian HG2T Pada Area <i>Mezzanin Floor</i>	19
4.2	<i>Actual Losses</i> dan <i>Potential Losses</i>	20
4.3	Perhitungan Saving Area <i>Mezzanin Floor</i>	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		24
DAFTAR PUSTAKA.....		25
LAMPIRAN.....		29



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 Pengecekan Kebocoran Berdasarkan EPRI</i>	16
Tabel 3.4 Titik deteksi HG2T.....	18
Tabel 4.1 Temuan Pasca Pengujian.....	20
Tabel 4.2 Perbandingan Actual vacuum Terhadap Potential Losses.....	21
Tabel 4.3 Data Actual Losses dan Potential Losses.....	22
Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Pendapatan	23
Tabel 4.5 Perhitungan Losses	23



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kondensor PLTU Pelabuhan Ratu.....	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 <i>Flowchart HG2T</i>	15
Gambar 3.4 <i>Air Leakage Points</i>	17
Gambar 4.1 Flange Venting LPH 7 lantai <i>Mezzanin</i>	19
Gambar 4.2 Pengujian Area <i>Mezzanine</i>	20



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Resume Data.....	29
2. <i>Energy Performance Indicator</i>	30
3. <i>LP Turbine Efficiency</i>	30
4. <i>Condenser Performance</i>	31



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

Untuk memenuhi kebutuhan listrik di Jawa - Bali, PT. Indonesian Power Unit Jasa Pembangkit Jawa Barat 2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Pelabuhan Ratu harus memiliki kehandalan, ketersediaan, kapasitas dan efisiensi untuk menjaga sistem tenaga listrik dengan baik dan menghindari pemadaman. Karena kegagalan/kerusakan mesin menyebabkan kerugian finansial yang besar baik dari perbaikan maupun downtime produksi [1].

Penurunan kinerja sering diamati pada sistem operasi kondensor, terutama pada parameter yang berkontribusi pada proses perpindahan panas. Akibat berkurangnya nilai vacuum condenser, proses kondensasi uap gas buang tidak optimal sehingga menyebabkan penurunan level Hotwell, suhu tinggi di kondensor dan akumulasi non-condensable gas (NCG).) di knalpot turbin tekanan rendah (LP) [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 unit 1, 2, dan 3 mempunyai *baseline vacuum condenser* yang berbeda-beda, rata-rata -92,5 KPa dan kebocoran pada *vacuum condenser*. Untuk mendapatkan metode yang mudah,

efektif dan tepat dalam proses perbaikan peralatan kondensor sehingga nilai *vacuum* mendekati *baseline* pada ruang lingkup dengan batasan yaitu dengan metode pencarian kebocoran secara *online test* menggunakan peralatan detektor gas atau *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 area *mezzanin*?
2. Bagaimana efektifitas hasil pengetesan kebocoran area *mezzanine* ketika unit dalam keadaan beroperasi?
3. Bagaimana hasil efisiensi dari saving yang didapat setelah dilakukan metode HG2T di area *mezzanin*?

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 dengan *online test* menggunakan *tools gas detector*.

2. Penelitian ini dilakukan ketika terdapat kebocoran pada LP *Exhaust Turbine*.
3. Penelitian kebocoran dilakukan di titik-titik pada kondensor area *mezzanine*.
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. Manfaat bagi pribadi sebagai mahasiswa adalah media pembelajaran pemeliharaan secara langsung di dalam lingkup pekerjaan pembangkitan.
2. Membantu mengidentifikasi metode penanganan kebocoran yang paling efektif dan optimal.
3. Penanganan kebocoran yang tepat dapat meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan. Dengan mengurangi risiko kegagalan pada kondensor, sistem dapat beroperasi dengan lebih stabil dan konsisten.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Untuk menangani kebocoran kondensor pada area *mezzanin* 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. Manfaat yang didapatkan ketika dilakukan penanganan pada area mezzanine yaitu potensial kerugian menurun dari Rp 3.491.800.000 menjadi Rp 2.086.020.000 .

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/jvov.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 Kondenssor di PT. Geo Dipa Energy Unit Dieng,” *ROTASI*, vol. 21, no. 3, pp. 155–159, Jul. 2019.

