

HG2T Method (Helium Gas Tracer Test) Solution To Increase Condenser Vacuum Tightness

Hakim Satyadi¹; Herowiko Thama N²; Fadholi²

1. Officer Enjiniring Efisiensi, PT PLN Indonesia Power, Jl. Gatot Subroto No.Kav.18, Kuningan Tim., Setiabudi, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12950, Indonesia
2. Assistant Manager Primary Energy, PT PLN Indonesia Power ³Junior Officer Operation, PT PLN Indonesia Power, Jl. Gatot Subroto No.Kav.18, Kuningan Tim., Setiabudi, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12950, Indonesia

**)Email: hakim.satyadi@plnindonesiapower.co.id*

Received: 24 Oktober 2023 | Accepted: 30 Juni 2024 | Published: 30 Juni 2024

ABSTRACT

The condenser functions to condense the exhaust steam from the LP Turbine and plays an important role in the Closed Cycle of the PLTU thermal cycle. The PLTU Palabuhanratu uses a Steam Surface Shell & Tube condenser type. The model of the condenser itself is Single Pressure, Two Paths Pressure. 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 Backpressure is one of the important parameters in the operation of a PLTU. Condenser Backpressure occurs due to the process of condensing the steam into water, where there is a change in density from loose to denser. To help maintain the vacuum value, a Vacuum Pump is used in each unit to maintain the vacuum value within normal operating limits. One of the problems that are often encountered in condenser operation is an increase in the Condenser Backpressure value. Several factors affect the Condenser Backpressure value, including Circulating Cooling Water quantity, Air in-leakage/Ingress, the 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 Backpressure 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 Gas Tracer Test method which uses Helium or SF6 gas, so its called Helium Gas Tracer Test (HG2T), online testing with this method has a high level of accuracy because it is carried out when the unit is operating normally and is more measurable so that the level of leakage can be found in the gas detector. The HG2T method obtained a potential saving of IDR 4,253,663,000, while other benefits obtained from the HG2T method are that it makes it easier to identify areas that experience vacuum leaks and determine steps to execute follow-up repairs and foster a professional and learner culture to solve problems.

Keywords: Condensor, Vacuum, Backpressure, Air Ingress, Gas Tracer Test

ABSTRAK

Kondensor berfungsi mengkondensasikan uap exhaust dari LP Turbin dan memegang peranan penting dalam Closed Cycle siklus thermal PLTU. Pada PLTU Palabuhanratu menggunakan tipe

kondenser Steam Surface Shell & Tube. Model dari kondenser itu sendiri adalah Single Pressure, Two path. Pada operasionalnya, tekanan kondenser jauh lebih rendah dibanding tekanan pada udara luar. kondenser didesain vacuum agar uap exhaust dari LP Turbine bisa terkondensasi sempurna menuju Hotwell dan disirkulasikan kembali menuju Boiler. Vacuum condenser atau biasa disebut Condenser Backpressure, merupakan salah satu parameter penting dalam pengoperasian PLTU. Condenser Backpressure terjadi akibat proses kondensasi uap menjadi air, di mana terjadi perubahan density dari renggang menjadi lebih rapat. Untuk membantu menjaga nilai vacuum tersebut, digunakan Vacuum Pump disetiap unitnya untuk menjaga nilai vacuum masih dibatas normal operasinya. Permasalahan yang sering dijumpai pada operasi kondenser salah satunya adalah peningkatan nilai Condenser Backpressure. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai Condenser Backpressure antara lain Circulating Cooling Water quantity, Air in-leakage/Ingress, Vacuum Pump performence, Gland Seal Steam pressure, Excessive Drain Temperatur & flow. Salah satu kasus yang paling sering terjadi adalah Air Ingress tinggi yang menyebabkan kenaikan nilai Condenser Backpressure. 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 Gas Tracer Test yang menggunakan gas Helium atau SF₆, metode HG2T, 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. Metode HG2T didapatkan potential saving yang sebesar Rp 4.253.663.000, adapun manfaat lain yang didapatkan dari metode HG2T adalah mempermudah identifikasi area-area yang mengalami kebocoran vacuum dan menentukan langkah-langkah eksekusi tindak lanjut perbaikan serta menumbuhkan budaya profesional dan pembelajar untuk memecahkan permasalahan pada unit pembangkit.

Kata kunci: Kondensor, Tekanan Balik Vacuum, Kebocoran Udara, Uji Pelacak Gas

1. PENDAHULUAN

Dalam 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 temperatur kondenser, dan menumpuknya NCG (Non-Condensable Gas) pada LP Turbine Exhaust.

Penurunan dari nilai Vacuum Condenser bisa terjadi karena beberapa masalah, bisa karena flow dari circulating cooling water yang kurang, kebocoran sistem kondenser & LP Turbin yang mengakibatkan adanya udara luar masuk kedalam sistem, Vacuum Pump mengalami penurunan performa, Gland Steam Pressure yang rendah atau karena temperatur tinggi karena drain kondenser yang berlebih. Permasalahan yang sering ditemui adalah unit 1, 2, dan 3 mempunyai baseline vacuum condensor yang berbeda-beda, rata-rata -92,5 KPa dan adanya panduan untuk pencarian kebocoran vacuum condenser. Maksud dan tujuan yang ingin dicapai antara lain mendapatkan metode paling mudah, efektif dan tepat dalam menemukan kebocoran kondensor dan mempermudah serta mempercepat proses perbaikan peralatan kondensor sehingga nilai vacuum mendekati baseline. Ruang lingkup dengan batasan-batasannya yaitu metode pencarian kebocoran adalah online test dengan peralatan detektor gas/analyzer, pencarian kebocoran kondensor meliputi area Turbine Floor, Mezzanine Floor dan Ground Floor serta exhaust pipe kondensor.

Metode HG2T berkontribusi terhadap jumlah minimal gangguan yang diijinkan dalam satu tahun operasi pembangkit, sesuai dengan penilaian KKKU PT Indonesia Power tahun 2021 [1] yaitu EFOR sebesar 0,62% dari batasan 3,70%, dengan kata lain gangguan yang timbul sangat sedikit.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

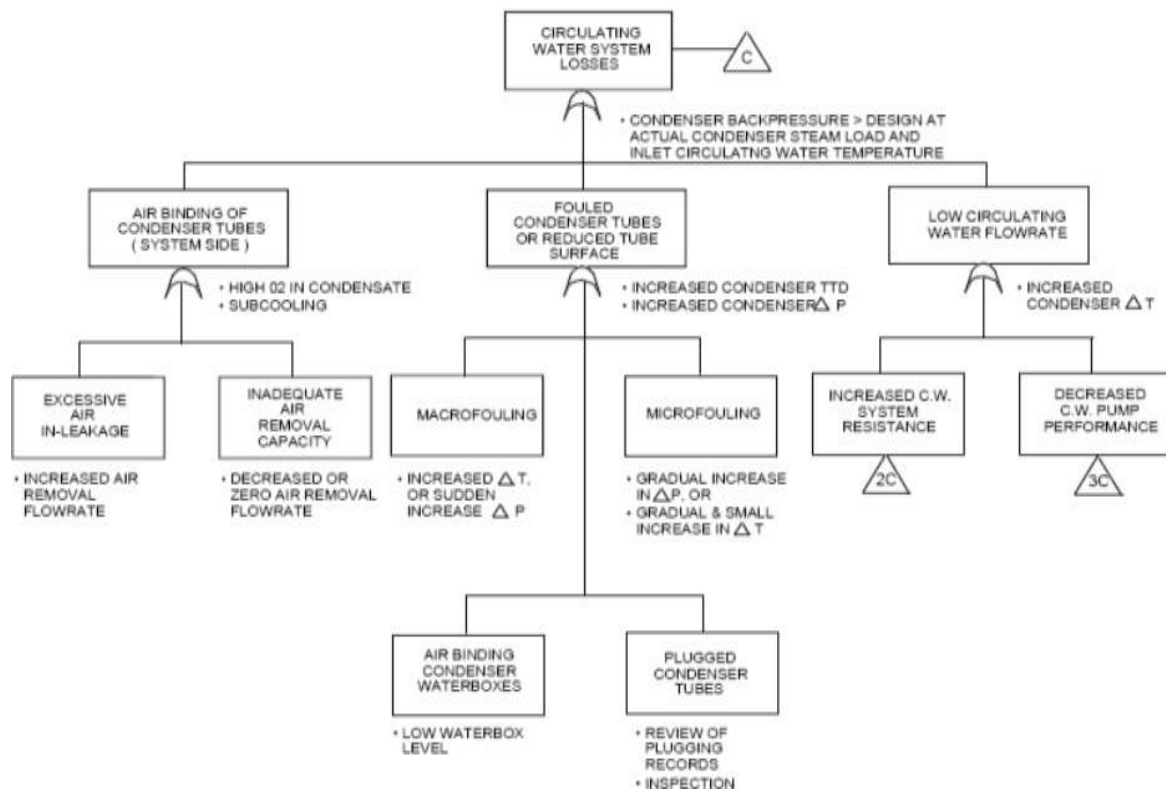
Adapun beberapa metodologi yang digunakan:

- Studi literatur
- Pengumpulan data kebocoran
- Pembuatan metode pencarian kebocoran
- Validasi kebocoran di lokal
- Analisa temuan kebocoran
- Monitoring dan evaluasi

Berdasarkan EPRI dan best practice yang diterapkan dan dilakukan, pengelompokan landasan teori antara lain:

2.1. Condenser Fault Tree Analysis dan Condenser Heat Loss Matrix

Mengutip teori dari EPRI ditemukan beberapa penyebab yang mempengaruhi penurunan performa kondensor, divisualisasikan sesuai dengan Gambar 1



Gambar 1. Condensor Fault Tree Analysis [2]

Penjelasan penyebab dirangkum dalam Tabel 1

Tabel 1. Condensor Fault Tree Analysis

Heat Loss Caused	Heat Loss Mode							
	Kondensor TTD naik	Discharge Pressure CWP naik	Discharge Pressure CWP low	Δ T CW Kondensor naik	High O2 in condensate water	Turbine Exhaust Temp naik	Hot well/ Condensate Temp naik	Manomet SJAIE Indikator
Macrofouling (penyumbatan)	✓	✓		✓		✓	✓	
Microfouling (pengerasan)	✓	✓		✓		✓	✓	
Excessive Air in leakage	✓				✓	✓	✓	✓
Inadequate air removal capacity	✓				✓	✓	✓	✓
Increase CW System Resistance								
- Air binding cond. Disch. Pipe/tunnel	✓			✓		✓	✓	
- Macrofouling at CW pump disch. Piping	✓	✓		✓		✓	✓	
- Plugged condenser tube	✓	✓		✓		✓	✓	
- Condenser inlet/outlet valve not fully open	✓	✓		✓		✓	✓	
- Air binding condenser inlet-outlet waterbox (low waterbox level)	✓			✓		✓	✓	
Decrease CW Pump Performance								
- Pump casing or impeller wear/corrosion or damaged	✓		✓	✓		✓	✓	
- Pump cavitation (caused by : Macrofouling / siltation of intake/strut, low inlet pump level)	✓		✓	✓		✓	✓	
Sea water level low	✓		✓	✓		✓	✓	
Sea water temperature high	✓			✓		✓	✓	
Decrease Ejector/Vacuum pump performance	✓			✓		✓	✓	
Instrument Error	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Performance LP Turbine decreased	✓			✓		✓	✓	
Excessive Steam Drain to hot well (Heater Drain)	✓					✓	✓	

Dari Gambar 1 dan Tabel 1, akan lebih mudah untuk panduan dalam metode pencarian kebocoran kondensor.

2.2. Metode Pengetesan Kebocoran Kondensor

Sistem PLTU, mendeteksi air-ingress dapat dilakukan dalam 2 metode, yaitu Online Test dan Offline Test. Online Test adalah pengetesan saat unit beroperasi normal dengan metode Gas Tracer Test menggunakan Gas Helium atau SF₆. Offline Test adalah pengetesan saat unit shutdown dengan mengisi penuh Shell Condenser hingga level Expansion Joint Condenser. Kedua metode tersebut dapat dikombinasikan untuk mendeteksi Air Ingress pada kondensor [3]

i. Online Test

Kelebihan, akurasi hasil test tinggi, karena kondisi aktual saat unit beroperasi, hasil test lebih terukur karena menggunakan detector analyzer dan area pengujian sangat luas, hingga sistem LP Turbin

Kekurangan, identifikasi awal penentuan titik pengujian memerlukan kajian mendalam, kondisi area pengujian terdapat bahaya dari tekanan dan temperatur tinggi dan memerlukan peralatan tambahan untuk pengujian dan waktu yang cukup lama.

ii. Offline Test

Kelebihan, pengujian relatif lebih mudah & aman karena kondisi unit shutdown, waktu yang diperlukan lebih singkat dan tidak memerlukan banyak peralatan tambahan untuk pengujian.

Kekurangan, area pengujian hanya terbatas pada kondensor, akurasi pengujian relatif lebih rendah untuk identifikasi air ingress keseluruhan sistem dan hasil pengujian kurang terukur karena hanya mengandalkan visual cek.

2.3. Peralatan & Material Pengetesan Kebocoran Kondensor

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam pencarian kebocoran kondensor antara lain:

i. Gas Uji

Helium atau SF₆, digunakan sesuai kriteria EPRI, untuk pengujian ini digunakan Gas Helium berdasarkan pertimbangan golongan gas mulia, tidak berwarna; berbau; berasa, memiliki jari-jari atom terkecil (<0,2 nanometer) sehingga masuk ke pori-pori material, mempunyai berat atom kedua terendah, sehingga ringan dan mudah terhisap oleh Vacuum Pump, memiliki titik didih dan titik leleh yang sangat rendah dan sangat tidak reaktif dengan kata lain tidak mudah terbakar. Helium juga cocok untuk metode pengujian kebocoran yang sangat sensitif untuk sistem vakum, karena dapat mendeteksi kebocoran hampir di semua bagian sistem, terlebih lagi, juga memfasilitasi pembacaan yang sangat akurat dan sangat bermanfaat untuk aplikasi industri [4].

ii. Portable Gas Detector Set

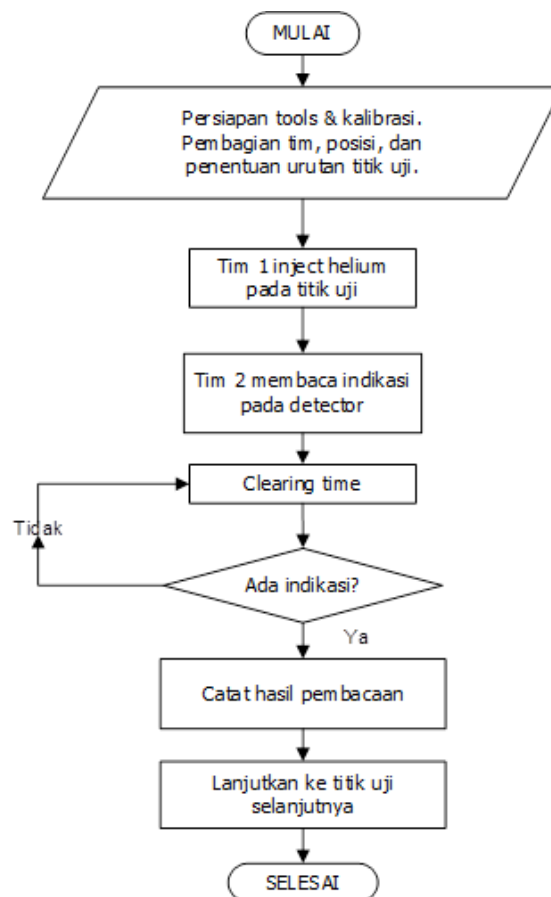
Alat pengujian gas helium digunakan untuk mendeteksi kebocoran melalui exhaust condenser, pressure regulator yang disesuaikan dengan tabung helium, selang Φ 2 mm (panjang sesuai kebutuhan), tubing Φ 2 mm, tongkat atau paralon, untuk menjangkau area yang tinggi dan ada bahaya paparan panas dengan spesifikasi peralatan sesuai Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Perkin Elmer's

Perkin Elmer's Electronic Leak Detector	
Power rating 12 VDC	
Battery rating 6 hours normal operation	
Operating temp. range 0-48°C	
Humidity range 0 – 97%	
CE and Japan certification	
WEEE, RoHS compliance	

2.4. Metode Pengujian

Pengujian yang dilakukan mengikuti langkah-langkah yang sudah disusun seperti dalam gambar 2, sehingga pengujian yang dilakukan runtut dan tidak ada langkah pengujian yang terlewat



Gambar 2. Flowchart HG2T

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kebocoran Kondensor

Titik-titik indikasi kebocoran kondensor dibagi ke dalam tiga kelompok lokasi pengujian yaitu groundfloor, mezzanine dan turbinefloor, hal ini dilakukan agar dalam pencarian kebocoran lebih optimal [5].

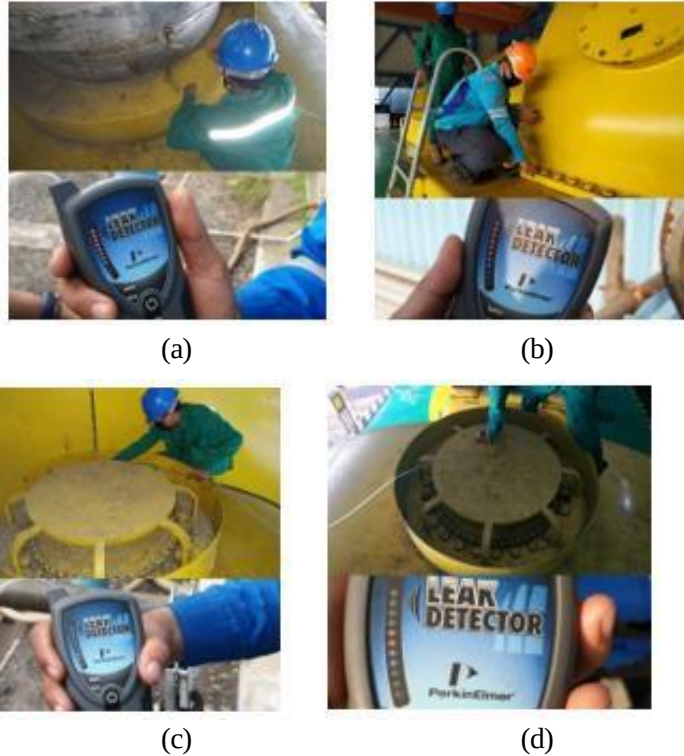
Tabel 3. List Area Pengujian Kebocoran Kondensor

No.	Titik Deteksi	Helium Detection			Keterangan
		High	Medium	Low	
Turbine Floor					
1	LP Turbine Gland Seal & Housing				
2	LP Turbine Case Flange				
3	Rupture Disc LP Turbine				
4	Manhole LP Turbine				
5	Expansion Joint Crossover LP Turbine				
6	BFPT Gland Seal & Housing				
7	BFPT Case Flange				
8	Rupture Disc BFPT				
9	Drain & Vent HPH 1 Flange & Valve				
10	Drain & Vent HPH 2 Flange & Valve				
11	Drain & Vent HPH 3 Flange & Valve				
Mezzanin Floor					
1	BFPT Exhaust Flange & Valve				
2	BFPT Exhaust Expansion Joint				
3	Hood Spray Flange & Stem Valve				
4	LP Turbine to Condenser Expansion Joint				
5	LP Bypass Flange & Valve				
6	Vacuum Pump Suction Flange & Valve				
7	Vacuum Breaker Flange & Valve				
8	Manhole Condenser (Mezzanine)				
9	Drain & Vent LPH 5 Flange & Valve				
10	Drain & Vent LPH 6 Flange & Valve				
11	Drain & Vent LPH 7 Flange & Valve				
12	Drain & Vent LPH 8 Flange & Valve				
Ground Floor					
1	Emergency Drain HP Heater 1 Flange & Valve (Condenser Side)				
2	Emergency Drain HP Heater 2 Flange & Valve (Condenser Side)				
3	Emergency Drain HP Heater 3 Flange & Valve (Condenser Side)				
4	Emergency Drain LP Heater 5 Flange & Valve (Condenser Side)				
5	Emergency Drain LP Heater 6 Flange & Valve (Condenser Side)				
6	Emergency Drain Deaerator & Valve (Condenser Side)				
7	CMP Flange & Valve				
8	Hotwell Level Gauge & Transmitter				
9	CEP Inlet Strainer Housing Flange & Vent Valve				
10	CEP Shaft Seal				
11	Vacuum Pump Flange & Valve				
12	Vacuum Pump Shaft Seal				

3.2. Pengumpulan Fakta Pengujian

Pelaksanaan pengujian, dibagi menjadi 2 tim. Tim pertama bertugas melakukan inject gas pada titik uji. Tim kedua bertugas menempatkan sensor dan membaca detektor gas. Titik penempatan sensor adalah pada pipa Exhaust Condenser Vacuum Pump. Jika ada kebocoran pada sistem kondensor, gas akan terhisap oleh Condenser Vacuum Pump dan terdeteksi oleh detektor gas portabel. Area pengujian Gas Tracer Test adalah seluruh sistem yang terkait Vacuum Condenser di area Turbine Floor, Mezanine Floor dan Ground Floor [6]. Berikut check list titik uji yang disarikan dari panduan pada EPRI. Pola pengetesan untuk setiap titik uji dilakukan secara bertahap dengan mempertimbangkan variabel waktu respon. Hal tersebut bertujuan pembacaan detector gas tidak bias antar titik uji. Injeksi gas helium pada titik uji dilakukan selama 10 detik. Setelah itu dilakukan pembacaan pada detektor gas dalam interval 2 menit pertama, 5 menit, 15 menit dan 30 menit. Setelah 30 menit, dipastikan bahwa sudah

tidak ada gas helium yang terjebak di dalam Shell Condenser, sehingga pengujian bisa dilanjutkan ke titik uji berikutnya dan seterusnya, pengujian setiap titik dilakukan minimal 3 kali uji agar hasil yang didapatkan valid dan optimal, data hasil pengujian dibandingkan dengan baseline untuk menentukan seberapa besar kebocoran yang ditemukan, sehingga bisa ditentukan prioritas perbaikan terkait kebocoran kondensor, beberapa kegiatan pengujian didokumentasikan melalui Gambar 3. (a) (b) Pengujian Area Rupture Disc (c) (d) Pengujian Area LP Turbin



Gambar 3. Pengujian Area Rupture Disc dan LP Turbin

Pasca pengujian, seluruh data dikumpulkan dan dibuatkan form tindak lanjut untuk perbaikan dari temuan seperti pada tabel 4. Berikut

Tabel 4. List Area Pengujian Kebocoran Kondensor

TEMUAN	TINDAK LANJUT	HASIL	DOKUMENTASI
Indikasi <i>High Air Leakage</i> Pada <i>Expansion Joint Crossover</i> Sisi Generator (Gnn)	Penambalan pada sisi <i>flange</i> Inspeksi dan perbaikan permanen saat OH	<i>Vacuum Pressure</i> naik dari -89 kPa ke - 90,6 kPa	
Terdapat Indikasi <i>High Air Leakage</i> Pada Rumah LP Turbin Sisi GT	Inspeksi dan perbaikan permanen saat OH	Monitoring sampai i dengan OH	
Indikasi <i>Medium Air Leakage</i> <i>Flange Manhole Exhaust</i> BFPT 3B (Baut Hilang 2 Buah)	Pemasangan baut & penambahan <i>thread locker</i> serta penggantian gasket	Sudah tidak ada hisapan pada lobang baut	

Terdapat Indikasi <i>Medium Air Leakage</i> Pada <i>Rupture Disc</i> Sisi Generator	Penambahan <i>thread locker</i> Inspeksi perbaikan permanen saat OH	Monitoring sampa i dengan OH	
Terdapat Indikasi <i>Low Air Leakage</i> Pada <i>Rupture Disc</i> BFPT 3A	Penambahan <i>thread locker</i> Inspeksi perbaikan permanen saat OH	Monitoring sampa i dengan OH	
Terdapat Indikasi <i>Low Air Leakage</i> Pada <i>Flange Venting</i> LPH 7	Penambahan <i>thread locker wrapping flange</i> Penggantian gasket saat OH	Monitoring sampa i dengan OH	

Injeksi gas helium yang diperlukan pada seluruh titik uji hanya menghabiskan 2 tabung dengan volume tiap tabung 6m^3 dengan komponen biaya keseluruhan saat pengujian sewa alat dan material konsumabel sekitar **Rp. 15.000.000** dengan total durasi pengujian 5 hari.

3.3. Manfaat Finansial

Manfaat finansial yang diperoleh dapat diukur dengan perhitungan potential losses dan potential saving, yang dirinci pada penjelasan actual losses yaitu akumulasi losses yang dialami sejak awal munculnya gangguan hingga perbaikan ke kondisi normal. Sedangkan potential losses yaitu akumulasi losses yang terus berlanjut hingga saat ini jika tidak dilakukan perbaikan terhadap gangguan, dilakukan perhitungan terhadap keduanya, ditetapkan parameter tercantum Tabel 5.

Tabel 5. Referensi Perhitungan

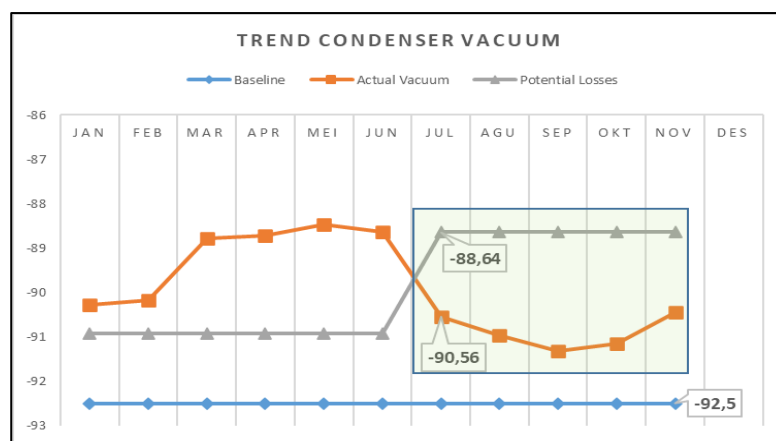
PARAMETER PERHITUNGAN	HARIAN	BULANAN	TAHUNAN
Asumsi Harga Batubara (Rp)	699	20.970	251.640
Hhv Performance Test (Kcal)		4200	
Rupiah Per Kcal (Sfc)		0,1664	
1 Kwh Penjualan (Rp)	352	10.560	126.720
1 Hari	24	30	360
Asumsi Kwh Operasi/Hari (Rp)		330	
Produksi (Milyar Rp)	2.787.84	83.635.200	1.003.622.400
Aktual Hr (Kcal/Kwh)		2700,00	
Reference Hr		2650,00	
Gap Hr		50,00	
%Hr (Gap Terhadap Reference)		1,89	

Potential losses Juli hingga November didapat rata-rata vacuum condensor 4 bulan terakhir sejak gangguan, dengan asumsi tidak dilakukan metode HG2T, terlihat apabila metode HG2T tidak dilakukan maka terjadi penurunan vacuum condenser secara berkelanjutan dimana berpengaruh terhadap produksi unit pembangkit, perbandingannya dijelaskan dalam Tabel 3.4 berikut:

Tabel 6. Perbandingan Actual Vacuum-Potential Losses

Actual Losses							
Tahun	Bulan	Baseline e (kPa)	Vacuum Condenser (kPa)	Selisi h (kPa)	Losse s (kcal)	Daily Loss (Rp Juta)	Monthly Loss (Rp Juta)
2021	Jan		-90,28	-2,22	28,93	13,42	402,69
	Feb		-90,17	-2,33	30,36	14,09	422,65
	Mar		-88,79	-3,71	48,35	22,43	672,97
	Apr		-88,71	-3,79	49,39	22,92	687,48
	Mei		-88,46	-4,04	52,65	24,43	732,83
	Jun	-92,5	-88,64	-3,86	50,30	23,34	700,18
	Jul		-90,56	-1,94	25,28	11,73	351,90
	Agu		-90,96	-1,54	20,07	9,31	279,35
	Sep		-91,33	-1,17	15,25	7,07	212,23
	Okt		-91,16	-1,34	17,46	8,10	243,07
	Nov		-90,44	-2,06	26,85	12,46	373,67
Potential Losses							
Tahun	Bulan	Baseline (kPa)	Vacuum Condenser (kPa)	Selisi h (kPa)	Losses (kcal)	Daily Loss (RpJuta)	Monthly Loss (Rp Juta)
2021	Jan		-90,28	-2,22	28,93	13,42	402,69
	Feb		-90,17	-2,33	30,36	14,09	422,65
	Mar		-88,79	-3,71	48,35	22,43	672,97
	Apr		-88,71	-3,79	49,39	22,92	687,48
	Mei		-88,46	-4,04	52,65	24,43	732,83
	Jun	-92,5	-88,64	-3,86	50,30	23,34	700,18
	Jul		-88,65	-3,86	50,17	23,28	698,36
	Agu		-88,65	-3,86	50,17	23,28	698,36
	Sep		-88,65	-3,86	50,17	23,28	698,36
	Okt		-88,65	-3,86	50,17	23,28	698,36
	Nov		-88,65	-3,86	50,17	23,28	698,36

Selanjutnya hasil dari metode HG2T divisualisasikan dalam tren kondensor vakum seperti gambar 4

**Gambar 4.** Pengujian Area Rupture Disc dan LP Turbin

Berdasarkan Tabel 6 dapat dihasilkan perhitungan:

- Actual losses yang dialami sejak penurunan bulan Maret hingga Juni adalah sebesar Rp. 2.793.450.000,-
- Potential losses yang akan terus dialami jika tidak ditindaklanjuti dengan metode HG2T didapatkan sebesar Rp. 6.285.263.000,-
- Potential saving yang didapat sebesar Rp. 3.491.813.000,-

Adapun manfaat lain yang didapatkan dari metode HG2T adalah mempermudah identifikasi area-area yang mengalami kebocoran vakum dan menentukan langkah-langkah eksekusi tindak lanjut perbaikan serta menumbuhkan budaya profesional dan pembelajar untuk memecahkan permasalahan pada unit pembangkit. Metode HG2T juga sudah dilengkapi dengan mitigasi dan peta resiko untuk meminimalisir resiko yang mungkin terjadi seperti yang ditunjukkan Gambar 5

Kemungkinan	Sangat Besar	V	Moderat	Moderat	Tinggi	Ekstrem	Ekstrem
	Besar	IV	Rendah	Moderat	Tinggi	Ekstrem	Ekstrem
	Sedang	III	Rendah	Moderat	Tinggi	Tinggi	Ekstrem
	Kecil	II	Rendah	Rendah	Moderat	Tinggi	Ekstrem
	Sangat Kecil	I	Rendah	Rendah	Moderat	Tinggi	Tinggi
			1	2	3	4	5
			Tidak Signifikan	Minor	Medium	Major	Malapetaka
Dampak							

No	Sasaran	Sebelum Mitigasi						Rencana Mitigasi	PIC	Langkah Kerja	PIC Langkah	Target Waktu		Biaya (Rp)	Setelah Mitigasi		
		Risiko	Tingkat Risiko	Kunci Indikator Risiko								Mulai	Selesai		Relatif Risiko	Tingkat Risiko	Keberterimaan Risiko
				KRI	Actual	Batas Bawah	Batas Atas										
1	Meningkatkan efisiensi sistem Condenser	Pelaksanaan pengujian tidak optimal dari segi waktu, resource, dan hasil uji	Tinggi (3, III) (3, III = 9)	0	0	0	Penyiapan rencana detail teknis pengujian	MANAJER ENJINIRING JPR OMU - YANUAR RULYANTO	1. Studi literatur dan standard internasional (EPRI Condenser Operation & Maintenance Guide) 2. Pembuatan Rencana Kerja Pengujian	AHLI MADYA ENJINIRING TURBIN DAN AUXILIARY JPR OMU - HEROWIKO THAMA NURAHMAN	01 Maret 2020	18 Mei 2020	IDR 0,00	24	Moderat (3, II) (3, II = 6)	Diterima	
2	Zero Accident	Terjadi kecelakaan kerja saat pengujian	Tinggi (3, IV) (3, IV = 12)	0	0	0	Identifikasi potensi kecelakaan kerja saat pengujian	MANAJER ENJINIRING JPR OMU - YANUAR RULYANTO	1. Pembuatan Job Safety Analysis dalam Rencana Kerja Pengujian	AHLI MADYA ENJINIRING TURBIN DAN AUXILIARY JPR OMU - HEROWIKO THAMA NURAHMAN	01 Maret 2020	18 Mei 2020	IDR 0,00	36	Moderat (3, II) (3, II = 6)	Diterima	

Gambar 5. Mitigasi dan Peta Resiko

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode HG2T bermanfaat untuk salah satu solusi pencarian kebocoran kondensor, selain itu terdapat beberapa kesimpulan dan saran yang antara lain:

- Mendeteksi air ingress dapat dilakukan dalam 2 metode, yaitu Online Test dan Offline Test.
- Online Test dengan metode Gas Tracer Test, mempunyai tingkat akurasi yang tinggi karena dilakukan saat unit normal operasi serta lebih terukur hingga dapat diketahui kadar kebocorannya pada detector gas.
- Metode ini dapat dijadikan standar identifikasi jika terjadi kebocoran Vacuum Condenser.
- Potential saving yang didapat sebesar Rp 3.491.813.000
- Faktor resiko juga sudah termitigasi dari resiko tinggi ke moderat, sehingga metode HG2T dapat diaplikasikan dengan aman.

- Perlu pengadaan detektor gas portabel/analyzer agar memudahkan pelaksanaan pengujian, tanpa opsi sewa peralatan atau biaya Rp. 0.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena dengan rahmat dan karunia-Nya sehingga karya inovasi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam semoga terlimpah kepada junjungan Nabi Muhammad shalallahu 'alaihi wa sallam. Tujuan pembuatan jurnal sebagai upaya peningkatan efisiensi unit pembangkit yang merupakan program Rencana Jangka Panjang Perusahaan dengan judul dari jurnal adalah "HG2T METHOD (HELIUM GAS TRACER TEST) SOLUTION TO INCREASE CONDENSER VACUUM TIGHTNESS". Penyusunan jurnal

ini tidak akan terwujud tanpa bimbingan dan bantuan baik berupa moral maupun material dari berbagai pihak. Penulis menyadari dalam penulisan jurnal ini terdapat kekurangan, meskipun penulis telah berupaya untuk melakukan yang terbaik. Penulis berharap semoga jurnal ini dapat menambah pengetahuan khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pekerja lainnya di PT PLN Indonesia Power.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Penilaian Kinerja Jabar 2 Pelabuhan Ratu O&M Services Unit – Semester II Tahun 2021 No.13.KM/004/IP/2021
- [2] Predictive Maintenance Guidelines, EPRI TR-103374, August 1994
- [3] <https://www.leybold.com/en-us/knowledge/vacuum-fundamentals/leak-detection/benefits-of-helium-as-a-tracer-gas>, diakses pada 26 September 2022
- [4] Turbine Manual. 2010. Shanghai Turbine Co.,LTD
- [5] Condenser Application and Maintenance Guide. 2001. EPRI
- [6] Steam Turbine Performance Engineer's Guide, 201
- [7] 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.
- [8] "View of Analisis Kebocoran Tube Outlet Header LP Evaporator HRSG dengan Metode RCFA."
- [9] 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.
- [10] 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