
ROOT CAUSE ANALYSIS DAN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PENURUNAN PRODUKSI UAP YANG DIHASILKAN HRSG (HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR)

Taufik Adriansyah¹, Dzakiyah Widyaningrum,²

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia
e-mail : taufikadriansyah66@gmail.com

ABSTRAK

Listrik merupakan kebutuhan dasar yang sangat vital bagi masyarakat Indonesia, baik di sektor rumah tangga maupun industri. Berdasarkan Laporan Tahunan PT PLN tahun 2021, konsumsi listrik nasional mengalami pertumbuhan sebesar 5,3%. PT Pembangkit Jawa Bali (PJB), anak perusahaan PT PLN (Persero), melalui Unit Pembangkitan Gresik (UP Gresik), menyuplai sekitar 27% kebutuhan listrik Jawa Timur melalui Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Salah satu aspek penting dalam operasional PLTGU adalah sistem Perencanaan dan Pengendalian (Rendal) Operasi yang bertugas mengevaluasi efisiensi pembangkit. Evaluasi yang dilakukan menunjukkan adanya penurunan produksi uap pada Heat Recovery Steam Generator (HRSG), yang berdampak pada turunnya daya output turbin uap.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi akar permasalahan penurunan efisiensi HRSG serta menentukan solusi terbaik. Metode Root Cause Analysis (RCA) digunakan untuk menelusuri penyebab utama, sementara Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk pemilihan alternatif solusi berdasarkan kriteria teknis dan operasional. Hasil menunjukkan bahwa penyebab utama adalah akumulasi kerak atau slack pada fin dan tube HRSG yang menghambat perpindahan panas. Dari beberapa alternatif pemeliharaan yang dianalisis, metode **Dry Ice Cleaning** dipilih sebagai solusi terbaik karena memiliki skor tertinggi dalam penilaian AHP. Rekomendasi penelitian ini adalah penerapan pemeliharaan rutin menggunakan metode tersebut untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pembangkit.

Kata kunci : Analytical Hierarchy Process (AHP), Root Cause Analysis (RCA), Heat Recovery Steam Generator (HRSG), Dry Ice Cleaning

ABSTRACT

Electricity is a vital basic need for Indonesian society, both in the household and industrial sectors. According to PT PLN's 2021 Annual Report, national electricity consumption grew by 5.3%. PT Pembangkit Jawa Bali (PJB), a subsidiary of PT PLN (Persero), through the Gresik Generation Unit (UP Gresik), supplies approximately 27% of East Java's electricity demand through the Gas and Steam Power Plant (PLTGU). One of the key aspects of PLTGU operations is the Planning and Control (Rendal) System, which evaluates the plant's efficiency. The evaluation revealed a decline in steam production from the Heat Recovery Steam Generator (HRSG), leading to a reduction in steam turbine output power.

This study aims to identify the root causes of HRSG efficiency degradation and determine the most effective solution. The Root Cause Analysis (RCA) method was used to trace the main causes, while the Analytical Hierarchy Process (AHP) was applied to select the best alternative solution based on technical and operational criteria. The results indicate that the primary cause is the accumulation of scale or slag on the HRSG fins and tubes, which hinders heat transfer. Among the maintenance alternatives analyzed, the Dry Ice Cleaning method was selected as the optimal solution due to its highest AHP score. The study recommends the implementation of regular maintenance using this method to improve the efficiency and reliability of the power plant.

Keywords : Analytical Hierarchy Process (AHP), Root Cause Analysis (RCA), Heat Recovery Steam Generator (HRSG), Dry Ice Cleaning

Jejak Artikel

Upload artikel : 3 Oktober 2025

Revisi : 12 Oktober 2025

Publish : 29 Oktober 2025

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan dasar yang menjadi sangat penting bagi masyarakat Indonesia. Masyarakat sangat bergantung pada adanya listrik dalam melakukan segala aktivitas, sebagai sumber energi, baik pada sektor rumah tangga maupun industri. Perkiraan penggunaan listrik di Indonesia tiap tahunnya menunjukkan *trend positive*. Berdasarkan Laporan Tahunan PT. PLN, pada tahun 2021 peningkatan penggunaan listrik mencapai 5,3%.

PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki peran dalam bidang penyediaan energi listrik di Indonesia. Salah satu anak perusahaan PT PLN Persero adalah PT Pembangkit Jawa Bali (PJB) yang berwenang untuk mensuplai kebutuhan energi listrik ke beberapa wilayah di Indonesia. Didapatkan dari Laporan Tahunan Niaga PT PJB salah satu unit pembangkitan yang ada yaitu PT PJB Unit Pembangkitan Gresik yang memasok sekitar 27% kebutuhan energi listrik di Jawa Timur.

PT PJB UP Gresik memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). PLTGU diketahui menjadi andalan oleh Pusat Pengatur Beban (P2B) karena tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mentransmisikan energi listrik. Selain itu, PLTGU juga mengurangi tingkat *losses* yang cukup besar dengan memanfaatkan gas buang oleh proses yang terjadi di PLTG untuk menjadi pemanas di HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*).

Salah satu bagian yang penting di PT PJB UP Gresik khususnya di PLTGU adalah Perencanaan dan Pengendalian (Rendal) Operasi PLTGU yang berperan untuk memproses dokumen dan catatan operasi, melakukan evaluasi terhadap realisasi efisiensi yang dihasilkan, melakukan fungsi monitoring terhadap seluruh equipment plant, optimalisasi aktivitas operasi. Dari hasil evaluasi yang dilakukan oleh Rendal Operasi terdapat permasalahan penurunan performa peralatan yang paling berpengaruh terhadap efisiensi PLTGU adalah penurunan produksi uap yang dihasilkan HRSG. Dengan demikian energi untuk memutar *steam turbine* juga akan berkurang. Akibatnya timbul potensi *loss output* produksi listrik yang dihitung dari *gap* produktivitas HRSG dalam menghasilkan uap

dalam kondisi *commisioning* dibandingkan dengan kondisi pada saat ini.

Tabel 1. 1 Data HRSG (Heat Recovery Steam Generator) 3.2

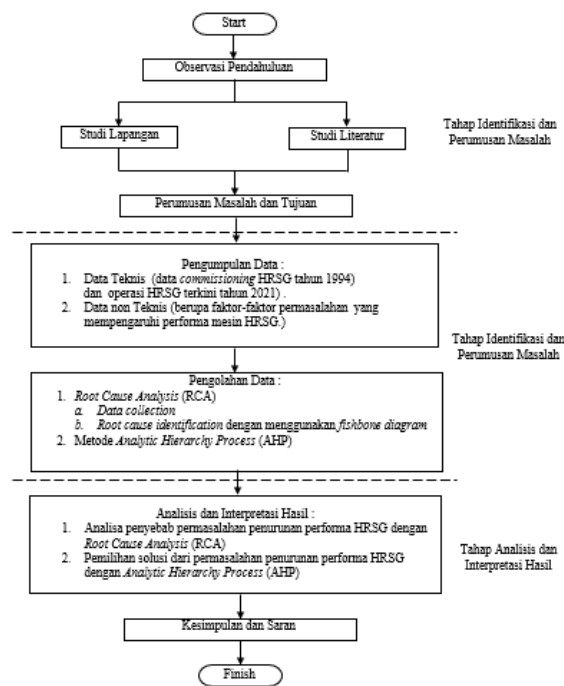
Data HRSG	1994 (Commi sioning)	2010	2017	2021
High Preasure Steam Flow (T/h)	182,00	172,00	165,00	157,00
Low Preasure Steam Flow (T/h)	53,00	45,00	52,00	51,73

Dari tabel 1.1 diatas terlihat data operasi mengalami penurunan produksi uap yang dihasilkan HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) dari tahun 1994 hingga tahun 2021. Nilai *High Preasure Steam Flow* pada tahun 2016 sebesar 166,00 T/h, pada tahun 2021 mengalami penurunan menjadi 157,00 T/h. Penurunan produktivitas HRSG dalam menghasilkan uap mengakibatkan penurunan produksi listrik di *steam turbine*, dilihat dari kondisi setelah selama 27 tahun beroperasi. Selain faktor usia pemakaian mesin, melalui penelitian ini akan dicari faktor penyebab lain sehingga penurunan produktivitas HRSG dapat diminimalisir.

Penyebab penurunan uap yang dihasilkan HRSG di akan dicari dengan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Setelah masalah ditemukan, dilanjutkan dengan pemilihan solusi menggunakan *Metode Analytic Hierarchy Process* (AHP).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alur pelaksanaan penelitian dijelaskan melalui flowchart berikut (Gambar 3.1). Dimulai dengan studi perumusan masalah dan tujuan penelitian hingga diakhiri dengan perumusan kesimpulan dan saran.



Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian

2.1 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan dalam perusahaan yang akan dibahas dalam penelitian ini, beserta kerangka umum penyelesaian masalah tersebut.

2.1.1 Observasi Pendahuluan

Dalam melakukan observasi pendahuluan penulis melakukan konsultasi dan tanya jawab dengan ahli atau expert dalam PT PJB UP Gresik. Penulis juga melakukan observasi langsung di lapangan pada bagian rendal operasi PLTGU UP Gresik. Setelah dilakukan wawancara dan observasi akan diketahui permasalahan yang ada di PLTGU UP Gresik, yang selanjutnya disusun dalam rumusan masalah pada penelitian.

2.1.2 Studi Literatur & Studi Lapangan

Menggali berbagai literatur dari berbagai sumber yang berkaitan dengan penelitian. Studi literatur dilakukan bersamaan dengan studi lapangan. Dalam studi lapangan penulis melakukan observasi langsung pada proses pengoperasian PLTGU khususnya pada HRSG. Penulis juga menggali informasi dari beberapa ahli atau expert yang ada dalam PT PJB UP Gresik. Dari

studi literatur dan studi lapangan penulis akan mendapatkan informasi mengenai permasalahan yang ada, beserta metode untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

2.1.3 Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan Penelitian

Tahap penentuan tujuan penelitian dilakukan berdasarkan latar belakang dan berorientasi pada kepentingan PT PJB UP Gresik. Penentuan tujuan penelitian dibuat berdasarkan pada perumusan masalah yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Penetapan tujuan ini digunakan sebagai dasar pembuatan kerangka penelitian serta pedoman langkah – langkah yang akan diambil kedepannya. Dalam menentukan tujuan penelitian dilakukan pemahaman mengenai permasalahan dan simulasi penyelesaian masalah dengan dasar literatur yang sudah ditetapkan sebagai dasar analisis.

2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahapan pengumpulan data, aktivitas-aktivitas yang dilakukan antara lain adalah sebagai berikut:

2.2.1 Pengumpulan Data.

Pada tahapan ini akan dilakukan pengumpulan data teknis dan non teknis. Data teknis yaitu data operasi HRSG terkini yaitu tahun 2021/2022 dan data commissioning HRSG yaitu tahun 1994. Commissioning merupakan uji coba pengoperasi pertama kali HRSG setelah selesai dibangun sehingga dapat diasumsikan HRSG dalam kondisi optimal. Selain itu dilakukan juga pengumpulan data non teknis berupa faktor-faktor permasalahan yang mempengaruhi performa mesin HRSG.

2.3 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahapan pengumpulan data, aktivitas-aktivitas yang dilakukan antara lain adalah sebagai berikut:

2.3.1 Pengumpulan Data.

Pada tahapan ini akan dilakukan pengumpulan data teknis dan non teknis. Data teknis yaitu data operasi HRSG terkini yaitu tahun 2021/2022 dan data commissioning HRSG yaitu tahun 1994. Commissioning

merupakan uji coba pengoperasi pertama kali HRSG setelah selesai dibangun sehingga dapat diasumsikan HRSG dalam kondisi optimal. Selain itu dilakukan juga pengumpulan data non teknis berupa faktor-faktor permasalahan yang mempengaruhi performa mesin HRSG.

2.3.1 Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan selanjutnya akan diolah dan kemudian akan dianalisis, adapun langkah pengolahan data sebagai berikut.

1. *Root Cause Analysis* (RCA)

Tahapan dalam penyusunan RCA yaitu

a. *Data collection*

Mengumpulkan informasi data-data penting berupa data commissioning dan data HRSG terkini tahun 2021/2022. Dengan data-data tersebut diharapkan dapat terlihat seberapa besar gap produksi uap yang dihasilkan HRSG pada saat awal dengan kondisi optimal dibandingkan dengan kondisi aktual saat ini.

b. *Causal factor charting*

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data terkait faktor apa saja yang dapat menyebabkan penurunan produksi uap yang dihasilkan HRSG. Faktor penyebab bisa berasal dari faktor internal mesin itu sendiri, ataupun faktor eksternal yaitu tenaga kerja yang mengoperasikan mesin tersebut atau kondisi lingkungan sekitar mesin. Gambaran nantinya dibuat menggunakan diagram urutan dengan tes logika.

c. *Root cause identification*

Dilakukan identifikasi permasalahan menggunakan metode fishbone diagram. Tahapan ini bertujuan mendapatkan alasan di balik faktor penyebab terjadinya penurunan produksi uap yang dihasilkan HRSG.

2. Metode Analytical Hierarchy Process

(AHP)

Setelah ditemukan akar penyebab dari permasalahan, tahap selanjutnya adalah menentukan solusi yang akan dilakukan untuk mengatasi permasalahan. Metode AHP digunakan dalam penentuan solusi dari beberapa alternatif solusi. Tahapan metode AHP meliputi:

- a. Langkah awal yaitu mendefinisikan dan merinci permasalahan serta solusi.
- b. Mencari kriteria kriteria yang diinginkan untuk menyelesaikan permasalahan kemudian dibuat elemen perbandingan berpasangan antar kriteria .
- c. Selanjutnya memasukkan nilai perbandingan antara kriteria untuk mendapat nilai perbandingan antar kriteria .
- d. Setelah di dapat nilai perbandingan antar kriteria nilai di normalisasi.
- e. Selanjutnya nilai normalisasi di hitung bobotnya tiap kriterinya sehingga di dapat nilai prioritas tiap kriteria
- f. Dan kemudian mengevaluasi konsistensi prioritas tiap kriteria dengan menggunakan rumus konsistensi. Untuk nilai konsistensi harus di bawah 10 persen agar penilaian tiap kriteria dianggap konsisten.
- g. Selanjutnya dilakukan penilaian alternatif solusi yang bisa dilakukan terhadap masing-masing kriteria sehingga di dapat nilai tiap solusi terhadap kriteria
- h. Setelah nilai tiap alternatif solusi terhadap kriteria di kali dengan bobot tiap kriteria sehingga di dapat nilai total solusi terhadap tiap kriteria

2.4 Analisa dan Interpretasi Hasil

Analisis dilakukan terhadap hasil yang telah didapatkan yaitu mengenai penyebab masalah penurunan steam di HRSG dan alternatif solusi perbaikan

2.5 Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir dari penelitian ini adalah kesimpulan dan saran untuk menjawab tujuan dari penelitian. Kesimpulan yang ada adalah jawaban dari proses pengumpulan data hingga rekomendasi yang akan diterapkan. Saran pada penelitian ini digunakan sebagai rekomendasi untuk perbaikan yang ada pada HRSG, sedangkan saran untuk penelitian selanjutnya digunakan sebagai dasar pengembangan penelitian lebih lanjut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Semakin bertambahnya pesaing dalam hal ini membuat pihak Kedai Kopi Sang Esoen untuk lebih meningkatkan kualitas pelayanan, serta melakukan pengembangan usaha dan upaya memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan supaya jumlah pengunjung meningkat.

Rekapitulasi pembobotan semua kriteria pada setiap metode pembersihan HRSG dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. 1 Penilaian struktur keputusan alternatif cleaning HRSG

Penentuan Metode Pembersihan HRSG						
Metode/ Kriteria	Efektif	Limbah	Biaya	Operasional	Bobot	Prioritas
Chemical Cleaning	0,23	0,14	0,11	0,11	0,47	0,17
Air Compressor Cleaning	0,12	0,57	0,58	0,70	0,28	0,38
Dry Ice Cleaning	0,65	0,29	0,31	0,19	0,16	0,45
					0,10	

Berdasarkan Tabel 5.1 pada metode Chemical Cleaning, efektifitas pembersihan memiliki nilai bobot besar dikarenakan bisa membersihkan tube disisi permukaan tube lebih bersih, namun untuk bobot limbah yang dihasilkan sangat kecil dikarenakan terdapat sisa limbah cairan pembersih menjadi limbah B3. Sedangkan pada metode Air Compressor Cleaning bobot nilai limbah dihasilkan besar dikarenakan saat proses pembersihan tube minim terdapat limbah, sedangkan untuk bobot nilai efektifitas kecil dikarenakan hasil cleaning pada tube kurang bersih. Pada metode Dry Ice Cleaning bobot nilai efektifitas pembersihan paling besar dikarenakan pembersihan tube lebih efektif, sedangkan untuk bobot biaya nilainya kecil dikarenakan besarnya sama dengan biaya alternatif chemical cleaning.

Kesimpulan Tabel 5.1 hasil pembobotan penentuan metode pemeliharaan HRSG sebagai berikut:

1. Prioritas pertama pada Dry Ice cleaning, dengan bobot = 0,45 (45%)
2. Prioritas kedua pada Air Compressor Cleaning, dengan bobot = 0,38 (3%8)
3. Prioritas ketiga pada Chemical Cleaning, dengan bobot = 0,17 (17%)

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan penyebab penurunan produksi uap yang dihasilkan HRSG, yaitu kondisi mesin HRSG terdapat "Pengotor pada permukaan fin dan tube" berupa slack/kerak yang kemudian menjadi hambatan thermal.

Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dilakukan pemeliharaan mesin HRSG secara rutin dengan menggunakan metode Dry Ice cleaning dikarenakan metode ini menghasilkan nilai bobot paling tinggi dari kriteria yang telah ditentukan oleh forum para expert operasi.

Pemeliharaan mesin HRSG menjadi sangat penting dilakukan guna mempertahankan performa mesin HRSG. Sebaiknya pemeliharaan Dry Ice Cleaning dilakukan tiap tahun saat dilakukan overhaul pada HRSG.

DAFTAR PUSTAKA

- Purba, H. H. (2008, September 25). *Diagram fishbone dari Ishikawa*. <http://hardipurba.com/2008/09/25/diagram-fishbone-dari-ishikawa.html>
- Hendra, Dion. 2015. "Evaluasi Reliability dengan Metode Kuantitatif dan Kualitatif RCFA Unit Superheater dan Desuperheater pada HRSG 3.1 Plant di PT. PJB Unit Pembangkit Gresik". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember –Teknik Fisika
- Vesely, W. E, dan kawan-kawan. 1981. "Fault Tree Handbook". Washington D.C. : U.S. Nuclear Regulatory Commission
- Tague, N. R. (2005). *The quality toolbox*. (2th ed.). Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Arifin, M. S. (2024). Layout Design by Comparing Dedicated Storage Method and Class-Based Storage Method of Spare Parts Warehouse at Phthalic Anhydride (PA) Company. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 21(2), 282-292.