

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article.....	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2131

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

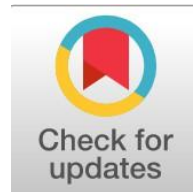
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

RCM II Identifies Critical GTG Components and Maintenance Strategy: RCM II Mengidentifikasi Komponen GTG yang Kritis dan Strategi Pemeliharaan

Raihan Maulana Zulfikar, firdausr@umsida.ac.id (*)

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Rachmat Firdaus, rachmatfirdaus@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Gas Turbine Generator systems play a critical role in industrial power generation, where failures can cause significant operational and safety risks. **Specific Background:** Conventional maintenance strategies are often reactive and fail to prioritize component criticality, leading to inefficient resource allocation. **Knowledge Gap:** There is limited application of structured Reliability Centered Maintenance II integrated with Failure Mode and Effects Analysis to systematically identify failure risks and optimize maintenance strategies in GTG systems. **Aims:** This study aims to apply RCM II to determine critical components, analyze failure modes using FMEA, and define appropriate maintenance strategies based on risk levels. **Results:** The analysis identifies key components such as the compressor and combustion system as high-priority failure modes, with RPN values reaching 360 and 336 respectively. Other components fall into medium and low priority categories. Maintenance strategies are classified into proactive tasks using RCM II, simple FMEA-based actions, and run-to-failure approaches. **Novelty:** The study integrates RCM II decision diagrams with detailed RPN-based prioritization for GTG maintenance planning. **Implications:** The findings provide practical guidance for improving maintenance efficiency, optimizing labor allocation, and supporting reliable operation in industrial energy systems.

Keywords: RCM II, Gas Turbine Generator, FMEA Analysis, Risk Priority Number, Maintenance Strategy

Key Findings Highlights

Risk evaluation highlighted dominant failure contributors in power generation unit

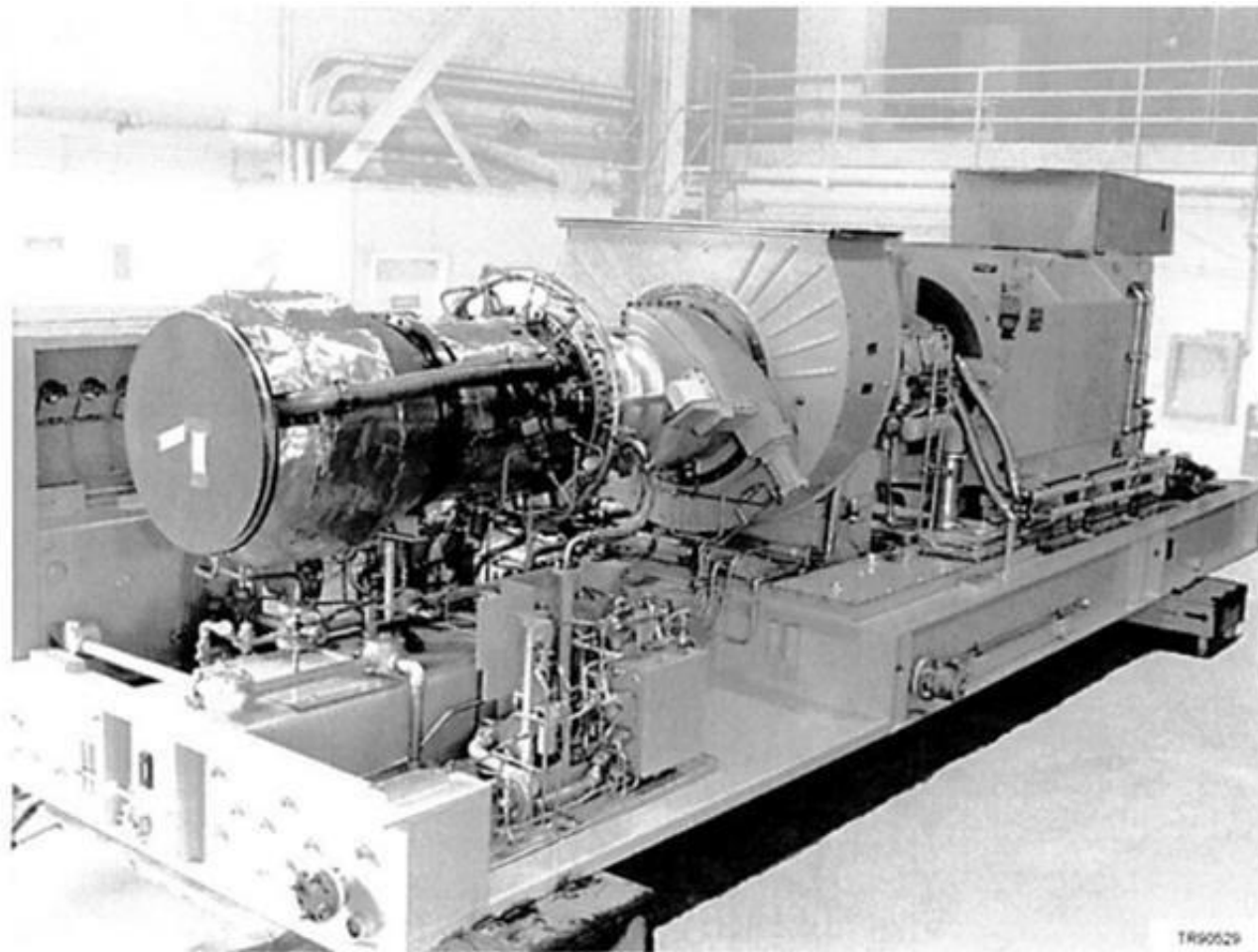
Structured prioritization grouped components into three maintenance categories

Decision-based tasks defined preventive and corrective operational actions

Published date: 2026-05-02

Pendahuluan

Gas Turbine Generator (GTG) merupakan jantung operasional industri minyak dan gas, berperan sebagai sumber listrik utama yang mengonversi energi kimia (bahan bakar seperti gas alam) menjadi energi listrik melalui proses termodinamika. Sistem ini terdiri dari komponen-komponen kritis seperti kompresor, ruang bakar, turbin gas, dan generator (Gambar 1).[1] Kompresor bertugas memampatkan udara sebelum masuk ke ruang bakar, yang di mana campuran udara dan bahan bakar dibakar untuk menghasilkan gas panas bertekanan tinggi.[2] Gas ini kemudian menggerakkan turbin, menghasilkan energi mekanik yang dibuat menjadi listrik oleh generator.[3]



Gambar1.Gas Turbine Generator

Peran GTG sangat vital bagi industri, karena gangguan pada sistem ini dapat menyebabkan pemadaman listrik mendadak, kerugian produksi hingga miliaran rupiah, dan risiko keselamatan akibat kebocoran gas atau ledakan.[4] Sebagai contoh, kegagalan pada ruang bakar (combustion chamber) akibat akumulasi kerak karbon dapat mengurangi efisiensi pembakaran,[5] sementara keausan sudu turbin akibat paparan suhu ekstrem berpotensi memicu blade failure yang merusak seluruh sistem.[6]

Sayangnya, strategi pemeliharaan konvensional yang bersifat reaktif (run-to-failure)[7] dan generik masih banyak diterapkan.[8] Pendekatan ini cenderung mengabaikan analisis risiko kegagalan spesifik, sehingga mengakibatkan over-maintenance pada komponen minor atau under-maintenance pada komponen kritis.[9] Sebuah studi oleh Darwito (2015) pada Gas Sweetening System menunjukkan bahwa biaya pemeliharaan terbuang untuk komponen non-kritis akibat kurangnya analisis berbasis risiko.[10]

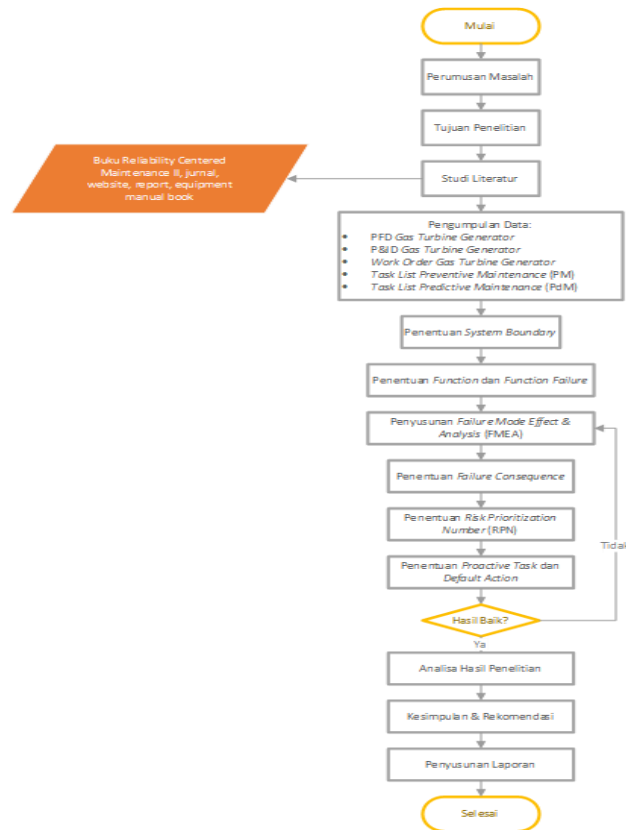
Reliability Centered Maintenance II (RCM II), yang dipopulerkan oleh John Moubray, menawarkan solusi melalui Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), dan penentuan risiko menggunakan Risk Priority Number (RPN).[11] Metode ini telah terbukti mengurangi downtime pada sistem energi, seperti yang diimplementasikan pada Analisis Efek Kegagalan yang terjadi pada Perfoma GTG Berbasis FMEA.[12] Penelitian ini bertujuan mengadopsi RCM II untuk mengoptimalkan pemeliharaan GTG, dengan fokus pada komponen kritis dan dampaknya terhadap efisiensi biaya serta alokasi tenaga

kerja.[13]

Metode

2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan diagram alir penelitian pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.2 Langkah Langkah di atas dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Penentuan *System Boundary*
2. Penentuan *Function dan Function Failure*
3. Penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*
4. Penyusunan *Failure Consequences (FMEA)*
5. Penentuan *Risk Priority Number (RPN)*

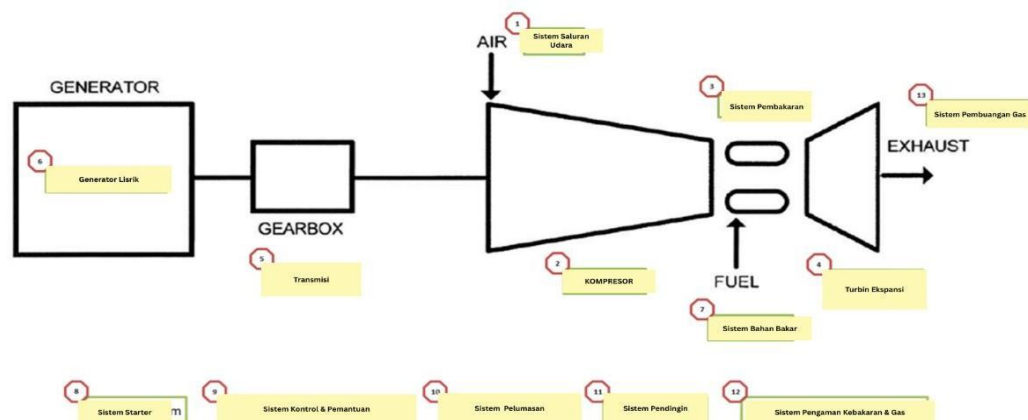
2.3 Penentuan *Proactive Task dan Default Action*

Proses ini menentukan tindakan proaktif yang dapat diterapkan untuk mencegah atau mendeteksi kegagalan sebelum terjadi.[14] Tindakan proaktif yang dipilih berdasarkan jenis kegagalan meliputi perawatan terjadwal, perawatan bersyarat, dan tugas pencarian kegagalan.[15] Untuk kegagalan yang tidak dapat dicegah melalui tindakan proaktif, ditetapkan default action yang memberikan langkah korektif atau mitigasi yang harus diambil jika kegagalan terjadi. Proactive Task dan Default Action diperoleh dari RCM II *Decision Diagram*, Simple FMEA dan Run to Failure Strategy.[16]

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Objek Studi

Gas Turbine Generator (GTG) yang menjadi objek dalam studi ini merupakan unit pembangkit tenaga listrik utama di fasilitas PT. XYZ. GTG terdiri dari beberapa komponen utama seperti *air inlet*, *compressor*, *combustion*, *power turbine*, *lube oil system*, generator, dan lain-lain.



Gambar 2. *System Boundary* GTG

Adapun fungsi-fungsi komponen yang ada di dalam *system boundary* GTG, sebagai berikut:

3.2 Hasil Identifikasi Fungsi dan Functional Failure

Berdasarkan hasil workshop RCM yang melibatkan tim lintas disiplin, diperoleh function dan functional failure sebagai berikut.

Tabel 1. *Function dan Functional Failure* GTG.

NO	KOMPONEN	FUNGSI	EFEK KEGAGALAN
1	Sistem Saluran Udara	Menyediakan udara bersih untuk proses pembakaran	Tidak mampu menyediakan udara bersih dengan tekanan/volume yang memadai
2	Kompresor	Meningkatkan tekanan udara masuk sebelum pembakaran	Tekanan udara tidak sesuai spesifikasi
3	Sistem Pembakaran	Membakar campuran udara dan bahan bakar untuk menghasilkan energi panas	Tidak terjadi proses pembakaran yang stabil
4	Turbin Ekspansi	Mengkonversi energi panas menjadi energi mekanik	Putaran turbin tidak mencapai kecepatan yang dibutuhkan
NO	KOMPONEN	FUNGSI	EFEK KEGAGALAN
5	Transmisi	Mentransfer tenaga mekanik dari turbin ke generator	Tidak mentransmisikan daya dengan efisien
6	Generator Listrik	Mengubah energi mekanik menjadi energi listrik	Tidak menghasilkan output listrik

7	Sistem Bahan Bakar	Menyalurkan bahan bakar ke ruang bakar	Tidak mampu mensuplai bahan bakar dengan tekanan/volume sesuai kebutuhan
8	Sistem Starter	Memungkinkan turbin mulai berputar untuk start-up	Gagal memutar turbin untuk inialisasi proses
9	Sistem Kontrol & Pemantauan	Mengendalikan dan memantau semua parameter sistem	Tidak mengirimkan sinyal kontrol atau menampilkan data yang akurat
10	Sistem Pelumasan	Melumasi bagian-bagian yang bergerak	Pelumasan tidak mencukupi atau tidak tersedia
11	Sistem Pendingin	Menjaga suhu sistem agar tetap dalam batas aman	Tidak mampu menurunkan suhu sistem sesuai kebutuhan
12	Sistem Pengaman Kebakaran & Gas	Mendeteksi dan mengendalikan kebakaran dan kebocoran gas	Tidak mendeteksi atau merespons kondisi abnormal
13	Sistem Pembuangan Gas	Membuang gas buang dari ruang bakar secara aman	Aliran gas buang terhambat atau tidak keluar sesuai spesifikasi

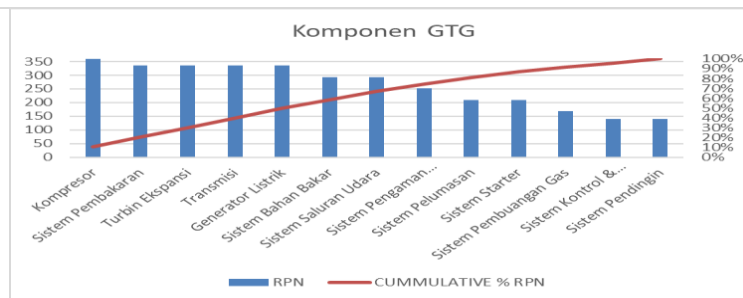
3.3 Hasil FMEA dan RPN

Dalam studi ini, didapatkan hasil evaluasi RPN, sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisa RPN Pareto *Componet-Failure Mode* GTG

KOMPONEN	MODE KEGAGALAN	SEVERITY (S)	OCCURENCE (O)	DETECTIO N (D)	RPN	CUMMULATIVE RPN	CUMMULATIVE % RPN
Kompresor	Kerusakan	10	6	6	360	360	11%
Sistem Pembakaran	Kerusakan	8	6	7	336	696	20%
Turbin Ekspansi	Kerusakan	7	6	8	336	1032	30%
Transmisi	Kerusakan	7	6	8	336	1368	40%
Generator Listrik	Gagal Produksi Daya	7	6	8	336	1704	50%
Sistem Bahan Bakar	Gagal Dioperasikan	7	6	7	294	1998	59%
Sistem Pelumasan	Gagal Dioperasikan	7	6	7	294	2292	67%
Sistem Saluran Udara	Penurunan Kinerja	7	6	6	252	2544	75%
Sistem Pengaman Kebakaran & Gas	Pembacaan instrument tidak normal	7	6	5	210	2754	81%
Sistem Kontrol & Pemantauan	Pembacaan instrument tidak normal	7	6	5	210	2964	87%
Sistem Pembuangan Gas	Penurunan Kinerja	3	8	7	168	3132	92%
Sistem Starter	Gagal Dioperasikan	5	4	7	140	3272	96%
Sistem Pendingin	Penurunan Kinerja	5	4	7	140	3412	100%

Dengan hasil FMEA dan RPNnya yang ada kompresor mengalami kerusakan dengan total RPN 360 memiliki efek kegagalan tekanan udara tidak sesuai spesifikasi yang menyebabkan Peralatan berhenti beroperasi, serta bisa menyebabkan trip sistem. Dan hasil untuk sistem pembakaran mengalami kerusakan dengan total RPN 336 memiliki efek kegagalan tidak terjadi proses pembakaran yang stabil dan juga peralatan tidak bisa dinyalakan atau beroperasi saat dibutuhkan. Dari 2 komponen ini termasuk *high priority failure mode* (mode kegagalan prioritas tinggi) 0 - 20% RPN yang dimana 2 komponen ini masuk kedalam RCM II, dengan hasil grafik pareto seperti di gambar 3.



Gambar 3. Grafik RPN Pareto Component-Failure Mode GTG

Adapun rekomendasi dicantumkan dalam tabel berikut.

Tabel 3. Rekomendasi dari hasil analisa RPN.

KOMPONEN	MODE KEGAGALAN	TINDAK LANJUT
Kompresor	Kerusakan	RCM
Sistem Pembakaran	Kerusakan	RCM
Turbin Ekspansi	Kerusakan	SIMPLE FMEA
Transmisi	Kerusakan	SIMPLE FMEA
Generator Listrik	Gagal Produksi Daya	SIMPLE FMEA
Sistem Bahan Bakar	Gagal Dioperasikan	SIMPLE FMEA
Sistem Pelumasan	Gagal Dioperasikan	SIMPLE FMEA
Sistem Saluran Udara	Penurunan Kinerja	SIMPLE FMEA
Sistem Pengaman Kebakaran & Gas	Pembacaan instrument tidak normal	SIMPLE FMEA
Sistem Kontrol & Pemantauan	Pembacaan instrument tidak normal	SIMPLE FMEA
Sistem Pembuangan Gas	Penurunan Kinerja	SIMPLE FMEA
Sistem Starter	Gagal Dioperasikan	SIMPLE FMEA
Sistem Pendingin	Penurunan Kinerja	SIMPLE FMEA

Selanjutnya berdasarkan hasil rekomendasi dari RPN, dilakukan analisa lebih lanjut untuk penentuan strategi pemeliharaan (proactive task dan default action)

1. *High Priority Failure Mode*, dengan menggunakan *RCM II*.
2. *Medium Priority Failure Mode*, dengan *simple FMEA*.
3. *Low Priority Failure Mode*, otomatis tanpa strategi pemeliharaan atau *Run to Failure*.

3.5 Penentuan Strategi Pemeliharaan

Hasil penentuan strategi pemeliharaan berdasarkan *RCM II Decision Diagram* ini dan *Simple FMEA*, ditampilkan seperti di dalam tabel 9 dan 10 di bawah ini

Tabel 4. Hasil Penentuan Strategi Pemeliharaan *RCM II Decision Diagram*.

Komponen	Mode Kegagalan	Evaluasi Konsekuensi	Tingkat Seriusnya					Tugas Proaktif	Tugas yang Direkomendasikan	Standar Kinerja	Interval	Teknik	Kategori	Jam Kerja
			1	2	3	4	5							
Kompresor	Kerusakan	Y Y	N	N	N	N	N	Y	1. Analisis Getaran	Getaran ≤ batas ISO 10816	Bulanan	PdM	Pemantauan Kondisi	2
									2. Pemeriksaan bantalan	Tidak ada kondisi abnormal	3 Tahun	Mekanik	Pengujian & Inspeksi	4
									3. Analisis Oli	Oli: TAN & Viskositas sesuai	Bulanan	PdM	Pemantauan Kondisi	2
Sistem Pembakaran	Kerusakan	Y Y	N	N	N	N	N	Y	1. Inspeksi pembakaran	Api stabil dalam 5 detik	6 Bulan	Instrumen	Pengujian & Inspeksi	2
									2.	Kenaikan	Bulanan	Instrumen	Pem	2

Pemeriksaan suhu & spesifikasi termokopel	n	n	ntau kondisi
3. Uji detektor api	Tidak ada kondisi abnormal	6 Bulan Instrumen	Uji Berkala

KESIMPULAN

Implementasi *Reliability-Centered Maintenance* II pada sistem *Gas Turbine Generator* (GTG) terbukti efektif dan efisien dalam mengidentifikasi komponen-komponen kritis dan dapat menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai berdasarkan tingkat risiko. Melalui analisis FMEA dan evaluasi *Risk Priority Number* (RPN), ditemukan bahwa sebagian besar kegagalan pada sistem GTG disebabkan oleh kerusakan mekanis, pelumasan tidak memadai, dan kegagalan komponen pendukung seperti sistem kontrol dan pelindung. Komponen dengan RPN tertinggi seperti kompresor, sistem pembakaran, dikategorikan sebagai prioritas tinggi dan ditetapkan strategi pemeliharaan proaktif berdasarkan diagram keputusan RCM II. Meski komponen dengan risiko sedang menggunakan pendekatan simple FMEA dan risiko rendah diterapkan ke strategi run to failure. Implementasi RCM II bukan sekedar meningkatkan keandalan operasional sistem GTG, tetapi juga mengoptimalkan efisiensi tenaga kerja dan biaya pemeliharaan. Studi ini memberikan rekomendasi praktis bagi industri untuk mengadopsi pendekatan RCM II dalam pengelolaan aset kritis guna meningkatkan keberlangsungan dan keselamatan operasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat, serta kepada orang tua dan teman-teman saya yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

1. H. B. Tambunan et al., "The Challenges and Opportunities of Renewable Energy Source Penetration in Indonesia: Case Study of Java-Bali Power System," *Energies*, vol. 13, no. 22, 2020, doi: 10.3390/en13225903.
2. A. P. Dhaneswara, F. Achmadi, and M. T. Industri, "Analysis of Critical Components and Implementation of Reliability Centered Maintenance II in Gas Turbine Compressor System."
3. O. Mohamed and A. Khalil, "Progress in Modeling and Control of Gas Turbine Power Generation Systems: A Survey," *Energies*, 2020, doi: 10.3390/en13092358.
4. I. P. A. Darwito, "Implementation of Reliability Centered Maintenance on Gas Purification Process," 2015.
5. "Design of Maintenance System on Turbine 103-JT Using Reliability Centered Maintenance Method."
6. "Analysis of Gas Turbine MS6001 Failure Using Failure Mode and Effect Method."
7. R. B. Azmi, R. A. Hidayatullah, and A. H. P. Ningtyas, "Failure Effect Analysis on Gas Turbine Performance Based on FMEA," 2024.
8. J. F. Pangaribuan et al., "Identification of Failure Causes Using Failure Mode and Effect Analysis," *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, vol. 4, no. 2, 2020, doi: 10.31289/jime.v4i2.3610.
9. R. B. Azmi, R. A. Hidayatullah, and A. H. P. Ningtyas, "Failure Effect Analysis on Gas Turbine Performance Based on FMEA," 2024.
10. E. Purnomo et al., "Operational Risk Management Using FMEA and FTA Methods."
11. O. O. Sanyaolu et al., "Failure Mode and Effect Analysis of a Taurus 60 Gas Turbine Power Plant System," *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, vol. 8, no. 2, pp. 175–182, 2023, doi: 10.30574/wjaets.2023.8.2.0082.
12. H. Ghasemian, "Failure Mode and Effect Analysis of Gas Turbine Power Plant System."
13. M. Rinoza and F. A. Kurniawan, "RPN Analysis on Compressor Machine Reliability Using FMEA Method," 2021.
14. M. Catelani et al., "Risk Assessment of a Wind Turbine Using FMECA-Based Tool," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 20181–20190, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2968812.
15. H. Dzulyadain et al., "Proposed Maintenance Policy Using Reliability Centered Maintenance Method with FMECA Analysis," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1034, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1034/1/012111.
16. "Reliability Centered Maintenance II."