



ANALISIS PENGARUH PENGGANTIAN AIR INLET FILTER TERHADAP KINERJA TURBIN GAS DI UNIT 1A PLTGU BEKASI POWER

Gilang Fitra Ardiansyah¹, Tatun Hayatun Nufus², Arifia Ekayuliana³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: gilang.fitra.ardiansyah.tm22@mhsw.pnj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggantian air inlet filter terhadap kinerja Turbin Gas GT1A di unit 1A PLTGU Bekasi Power serta mengidentifikasi faktor penyebab dilakukannya penggantian filter. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan komparatif menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Distributed Control System (DCS) sebelum dan sesudah penggantian filter. Data sebelum penggantian filter diambil pada 11 November 2025 dan sesudah penggantian pada 7 Januari 2026 kemudian di analisis menggunakan pendekatan termodinamika Siklus Brayton untuk menghitung efisiensi kompresor, efisiensi ruang bakar, efisiensi turbin, dan efisiensi termal, serta didukung analisis Fishbone Diagram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggantian air inlet filter meningkatkan kinerja Turbin Gas GT1A, ditandai dengan kenaikan efisiensi kompresor dari 78,85% menjadi 88,71%, efisiensi ruang bakar dari 90,36% menjadi 95,05%, efisiensi turbin dari 74,87% menjadi 80,02%, dan efisiensi termal dari 18,23% menjadi 27,92%. Selain itu, beban operasi meningkat dari 37,40 MW menjadi 38,59 MW. Hasil analisis menunjukkan bahwa penumpukan debu dan kontaminan udara mejadi penyebab utama penurunan kinerja filter. Oleh karena itu, penggantian air inlet filter secara berkala penting dilakukan untuk menjaga efisiensi dan keandalan operasi turbin gas.

Kata kunci: air inlet filter, turbin gas, Siklus Brayton, efisiensi termal, kompresor, PLTGU Bekasi Power.

Abstract

This study aims to analyze the effect of air inlet filter replacement on the performance of the GT1A Gas Turbine at Unit 1A of Bekasi Power Combined Cycle Power Plant and to identify the factors causing the filter replacement. This research employed a quantitative method with a comparative approach using secondary data obtained from the Distributed Control System (DCS) before and after filter replacement. Data prior to filter replacement were collected on November 11, 2025, while daa after replacement were collected on Januari 7, 2026. The data were then analyzed using the Brayton Cycle thermodynamic approach to determine compressor efficiency, combustion chamber efficiency, turbine efficiency, and thermal efficiency, supported by Fishbone Diagram analysis. The result showed that replacing the air inlet filter improved the performance of the GT1A Gas Turbine, as indicated by the increase in compressor efficiency from 78.85% to 88.71%, combustion chamber efficiency from 90.36% to 95.05%, turbine efficiency from 74.87% to 80.02%, and thermal efficiency from 18.23% to 27.92%. In addition, the operating load increased from 37.40 MW to 38.59 MW. The analysis also revealed that dust accumulation and airborne contaminants were the main causes of filter performance degradation. Therefore , periodic air inlet filter replacement is essential to maintain the efficiency and reliability of gas turbine operation.

Keywords: *air inlet filter, gas turbine, Brayton cycle, thermal efficiency, compressor, Bekasi Power Combined Cycle Power Plant.*

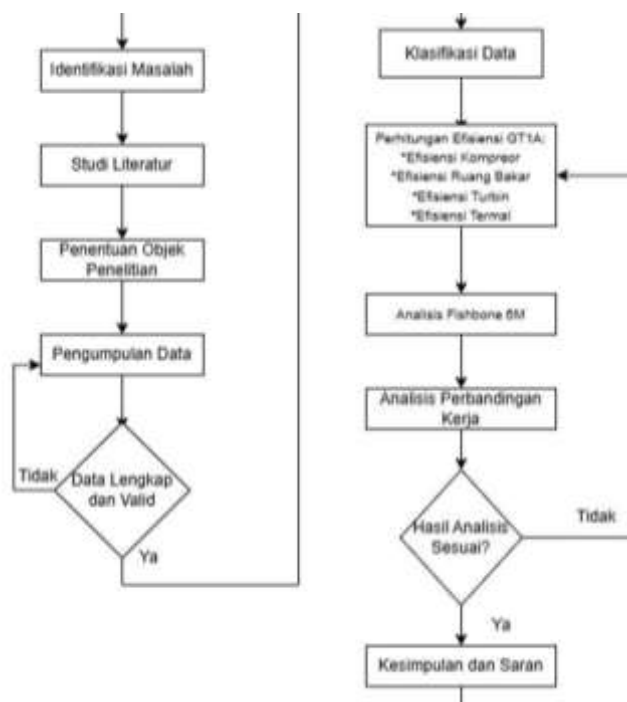
1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) merupakan pembangkit yang menggabungkan siklus Brayton dan siklus Rankine sehingga mampu menghasilkan efisiensi lebih tinggi dibandingkan pembangkit siklus tunggal. Salah satu faktor yang memengaruhi kinerja turbin gas adalah kualitas udara yang masuk ke kompresor. Oleh karena itu, *air inlet filter* berfungsi menyaring debu dan partikel kontaminan agar proses kompresi dan pembakaran berlangsung optimal. Ketika filter mengalami penyumbatan, *pressure drop* meningkat sehingga aliran udara ke kompresor berkurang dan performa turbin gas menurun [1], [2].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kondisi *air inlet filter* berpengaruh terhadap performa turbin gas. Simanjuntak *et al.* [3] melaporkan bahwa penggantian *air inlet filter* dapat meningkatkan efisiensi kompresor, sedangkan Anwar dan Sudirmanto [4] menunjukkan bahwa sistem penyaringan udara yang baik mampu meningkatkan efisiensi kompresor pada PLTGU. Namun, sebagian besar penelitian tersebut hanya berfokus pada salah satu parameter kinerja sehingga belum menggambarkan pengaruh penggantian *air inlet filter* terhadap efisiensi kompresor, ruang bakar, turbin, dan efisiensi termal secara terpadu.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menganalisis pengaruh penggantian *air inlet filter* terhadap efisiensi kompresor, efisiensi ruang bakar, efisiensi turbin, dan efisiensi termal Turbin Gas GT1A di Unit 1A PLTGU Bekasi Power menggunakan data operasional *Distributed Control System* (DCS). Selain itu, penelitian ini menerapkan Fishbone Diagram dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi penyebab penurunan performa filter serta menyusun rekomendasi jadwal penggantian berbasis *Condition-Based Maintenance* (CBM) [5].

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Berdasarkan diagram alir penelitian, penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan mengenai pengaruh kondisi *air inlet filter* terhadap kinerja Turbin Gas GT1A di Unit 1A PLTGU Bekasi Power, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur sebagai dasar teori penelitian. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data operasional turbin gas yang diperoleh dari *Distributed Control System* (DCS), meliputi data sebelum

penggantian *air inlet filter* pada **11 November 2025** dan sesudah penggantian filter pada **7 Januari 2026**. Penggantian fisik *air inlet filter* dilaksanakan pada **19 November 2025**. Oleh karena itu, data tanggal **11 November 2025** digunakan sebagai kondisi sebelum penggantian, sedangkan data tanggal **7 Januari 2026** digunakan sebagai kondisi setelah sistem beroperasi menggunakan filter baru. Data yang diperoleh kemudian diperiksa kelengkapan dan validitasnya sebelum dilakukan pengolahan. Data yang telah valid selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan termodinamika **Siklus Brayton** untuk menghitung efisiensi kompresor, efisiensi ruang bakar, efisiensi turbin, dan efisiensi termal.

2.1 Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Penelitian ini menggunakan metode **Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)** untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada sistem *air inlet filter* serta menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai **Risk Priority Number (RPN)**. Penilaian dilakukan terhadap tiga parameter, yaitu **Severity (S)** yang menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan, **Occurrence (O)** yang menunjukkan kemungkinan terjadinya kegagalan, dan **Detection (D)** yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan. Penentuan nilai **S**, **O**, dan **D** dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan personel operasi dan pemeliharaan, serta kondisi aktual sistem di Unit 1A PLTGU Bekasi Power menggunakan skala **1–10**. Selanjutnya, nilai RPN dihitung menggunakan Persamaan (1) untuk menentukan prioritas tindakan perbaikan. Metode ini dipilih karena mampu mengidentifikasi mode kegagalan yang memiliki tingkat risiko paling tinggi sehingga dapat dijadikan dasar dalam penyusunan rekomendasi pemeliharaan [6].

$$RPN = S \times O \times D$$

Keterangan:

$RPN = Risk Priority Number$

$S = Severity$

$O = Occurrence$

$D = Detection$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

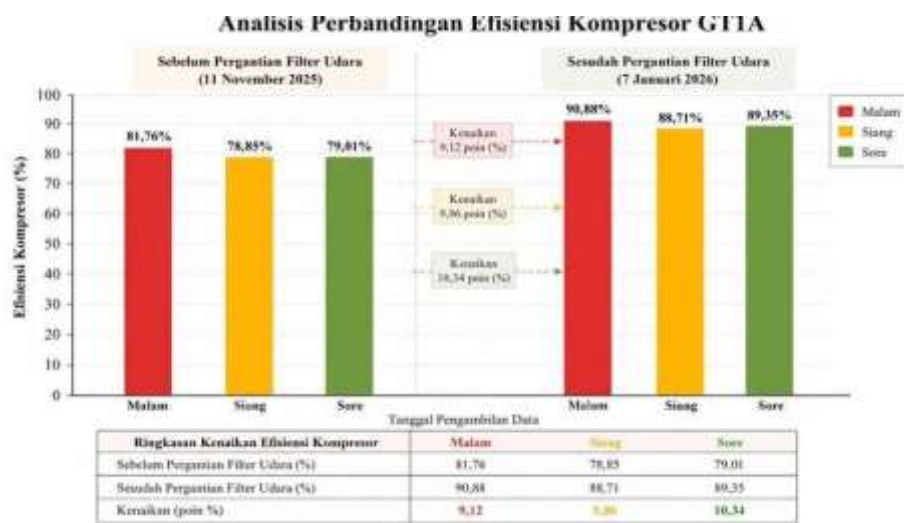
Hasil penelitian menyajikan analisis pengaruh penggantian *air inlet filter* terhadap kinerja Turbin Gas GT1A di Unit 1A PLTGU Bekasi Power. Analisis dilakukan menggunakan data operasional yang diperoleh dari Distributed Control System (DCS) sebelum penggantian filter pada 11 November 2025 dan sesudah penggantian filter pada 7 Januari 2026. Parameter yang dianalisis meliputi temperatur dan tekanan kompresor, temperatur ruang bakar, temperatur turbin, laju aliran bahan bakar, serta daya generator yang selanjutnya digunakan untuk menghitung efisiensi kompresor, efisiensi ruang bakar, efisiensi turbin, dan efisiensi termal berdasarkan Siklus Brayton. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi pengaruh penggantian *air inlet filter* terhadap performa turbin gas.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Efisiensi GT1A Siang dan Malam

GT1A					
Tanggal	Beban (MW)	Efisiensi Kompresor (%)	Efisiensi Ruang Bakar (%)	Efisiensi Turbin (%)	Efisiensi Termal (%)
11 November 2025 (MALAM)	37.42	81.76	92.07	76.31	21.58
11 November 2025	37.4	78.85	90.36	74.87	18.23

(SIANG)					
11 November 2025 (SORE)	37,4	79,01	90,48	75,18	18,73
7 Januari 2026 (MALAM)	38.85	90.88	96.2	81.45	30.82
7 Januari 2026 (SIANG)	38.5	88.71	95.05	80.02	27.92
7 Januari 2026 (SORE)	38,65	89,35	95,36	80,27	28,47

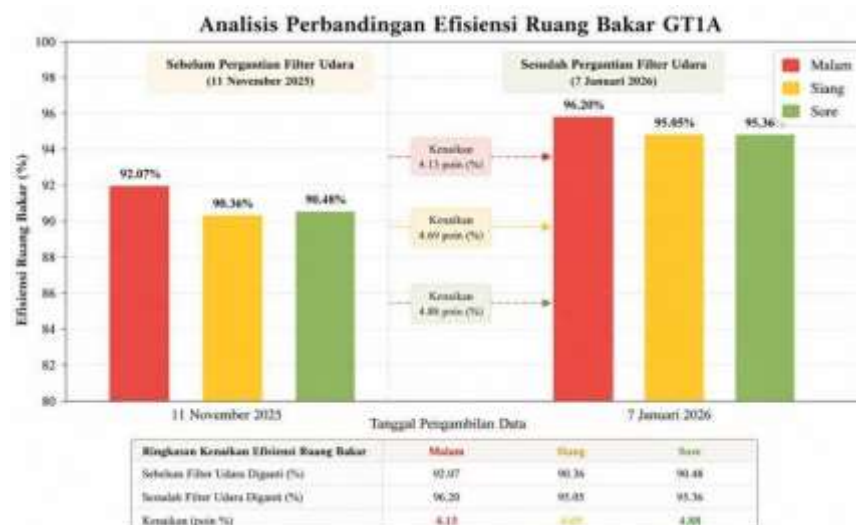
Pengaruh Penggantian Air Inlet Filter terhadap Efisiensi Kompresor



Gambar 2 Analisis Perbandingan Efisiensi Kompresor GT1A

Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi kompresor meningkat dari 78,85% sebelum penggantian *air inlet filter* menjadi 88,71% setelah dilakukan penggantian filter. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa kondisi filter sangat memengaruhi proses kompresi udara. Filter yang telah mengalami penyumbatan menyebabkan *pressure drop* meningkat sehingga massa udara yang masuk ke kompresor berkurang. Akibatnya, kompresor memerlukan kerja yang lebih besar untuk menghasilkan tekanan yang sama.

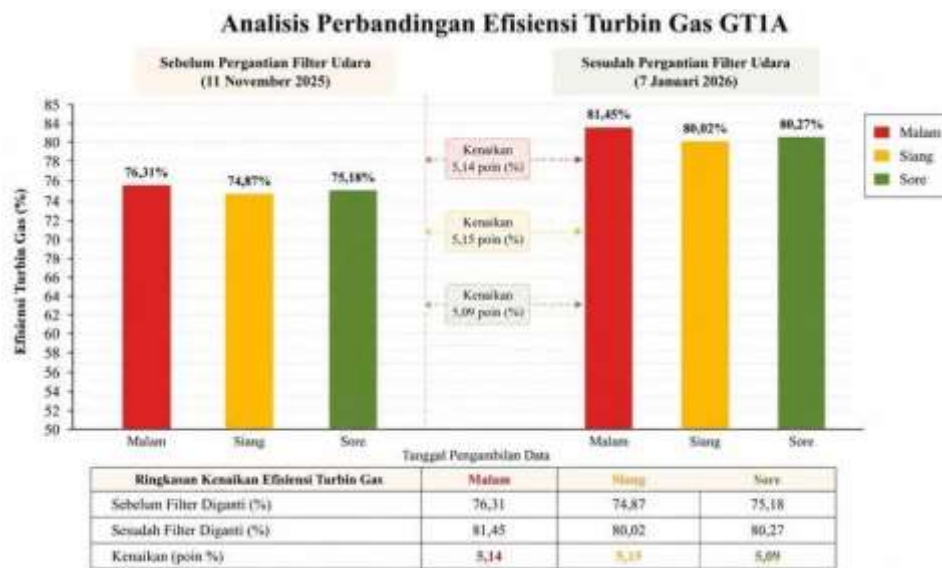
Pengaruh Penggantian Air Inlet Filter terhadap Efisiensi Ruang Bakar



Gambar 3 Analisis Perbandingan Efisiensi Ruang Bakar GT1A

Efisiensi ruang bakar mengalami peningkatan dari **90,36%** menjadi **95,05%** setelah penggantian *air inlet filter*. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan massa udara hasil kompresi menyebabkan proses pencampuran udara dan bahan bakar berlangsung lebih optimal sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna. Udara yang masuk ke ruang bakar dengan tekanan dan temperatur yang lebih baik menghasilkan temperatur gas pembakaran yang lebih tinggi sebelum memasuki turbin. Kondisi tersebut meningkatkan energi panas yang tersedia untuk proses ekspansi sehingga berpengaruh terhadap peningkatan performa turbin gas secara keseluruhan.

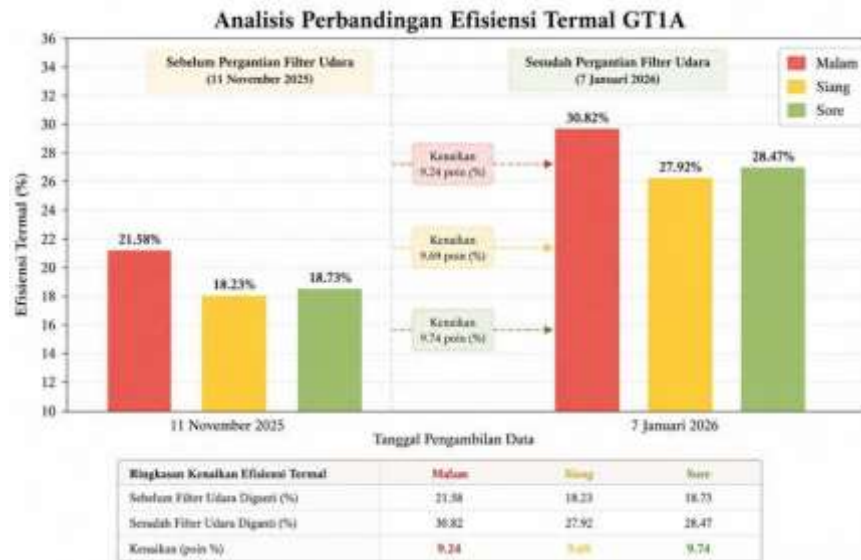
Pengaruh Penggantian Air Inlet Filter terhadap Efisiensi Turbin



Gambar 4 Analisis Perbandingan Efisiensi Turbin Gas GT1A

Efisiensi turbin meningkat dari **74,87%** menjadi **80,02%** setelah dilakukan penggantian *air inlet filter*. Peningkatan ini merupakan dampak dari meningkatnya kualitas proses kompresi dan pembakaran sehingga energi panas yang masuk ke turbin menjadi lebih besar. Gas hasil pembakaran yang memiliki temperatur dan tekanan lebih tinggi mampu menghasilkan kerja turbin yang lebih besar. Dengan demikian, turbin mampu mengubah energi panas menjadi energi mekanik secara lebih efektif sehingga efisiensi turbin meningkat.

Pengaruh Penggantian Air Inlet Filter terhadap Efisiensi Termal



Gambar 5 Analisis Perbandingan Efisiensi Termal GT1A

Efisiensi termal meningkat dari **18,23%** menjadi **27,92%** setelah penggantian *air inlet filter*. Peningkatan ini merupakan hasil akumulasi dari meningkatnya efisiensi kompresor, efisiensi ruang bakar, dan efisiensi turbin. Selain meningkatkan efisiensi termal, daya keluaran generator juga meningkat dari **37,40 MW** menjadi **38,59 MW**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggantian *air inlet filter* tidak hanya memperbaiki performa masing-masing komponen, tetapi juga meningkatkan kinerja keseluruhan sistem pembangkit.

Analisis Fishbone Diagram



Gambar 6 Fishbone Diagram

Hasil analisis Fishbone Diagram menunjukkan bahwa faktor **Environment** merupakan penyebab dominan penurunan performa *air inlet filter*. Debu dan partikel yang berasal dari lingkungan sekitar pembangkit terakumulasi pada media filter sehingga meningkatkan *pressure drop* dan mengurangi aliran udara menuju kompresor. Selain faktor lingkungan, aspek **Machine** dipengaruhi oleh umur pakai filter, sedangkan aspek

Method berkaitan dengan jadwal penggantian filter yang masih mengacu pada jam operasi. Faktor **Measurement** menunjukkan bahwa pemantauan *pressure drop* belum dimanfaatkan secara optimal sebagai dasar penggantian filter. Oleh karena itu, pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) menjadi rekomendasi untuk menjaga performa turbin gas.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Berdasarkan analisis FMEA yang dilakukan menggunakan parameter Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D), diperoleh nilai Risk Priority Number (RPN) sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Penentuan Nilai Severity (S), Occurrence (C), Detection (D) dan RPN

No	Faktor Fishbone	Item/Fungsi	Failure Mode	Effect of failure	Cause of Failure	Current Control	S	O	D	RPN	Prioritas
1	Man	Operator melakukan inspeksi dan identifikasi kondisi filter	Kurangnya ketelitian dalam inspeksi kondisi filter	Kondisi filter tidak segera diketahui sehingga penggantian terlambat	Kurangnya pengalaman, evaluasi belum konsisten, identifikasi awal masih bersifat visual	Pelatihan operator dan supervise saat inspeksi	4	3	3	36	6
2	Method	Prosedur penggantian filter memastikan pekerjaan aman dan benar	Penggantian filter belum sesuai kondisi aktual	Penggantian filter terlambat atau terlalu cepat sehingga umur pakai filter tidak optimal	Penggantian masih berdasarkan interval waktu, inspeksi visual belum optimal	Supervisi saat <i>maintenance</i> dan SOP penggantian filter	5	4	3	60	4
3	Machine	Housing filter menjaga udara tetap bersih dan terisolasi dari kontaminasi luar	Kebocoran housing atau seal filter	Udara luar masuk ke sistem sehingga efektivitas filtrasi menurun	Seal aus, pemaangan kurang presisi, korosi housing	Pemeriksaan visual housing dan pengecekan saat <i>shutdown</i>	4	4	4	64	3
4	Material	Media filter mempertahankan kualitas penyaringan udara	Penurunan kualitas media filter	Efektivitas penyaringan menurun sehingga debu lebih mudah masuk ke kompresor	Umur pakai media filter, kelembaban tinggi, kualitas material menurun	Pemeriksaan kondisi media filter saat inspeksi	5	4	4	80	2
5	Environment	Filter udara menyaring debu dan	Filter udara tersumbat	Aliran udara ke kompresor	Lingkungan berdebu, interval	Pemeriksaan visual, monitorin	6	7	3	126	1

		partikel sebelum udara masuk ke kompresor turbin gas	t oleh debu dan kontaminan	r menurun, efisiensi turbin menurun, temperatur operasi meningkat, konsumsi bahan bakar meningkat	pembersihan terlalu lama kualitas filter menurun	g <i>differential pressure</i> , inspeksi berkala					
6	Measurement	Differential Pressure Transmitter memonitor kondisi filter	Sensor DP error atau tidak akurat	Kondisi filter tidak terdeteksi sehingga risiko <i>compressor fouling</i> meningkat	Kalibrasi tidak rutin, sensor terkontaminasi debu, kerusakan transmitter	Kalibrasi instrumen berkala dan pengecekan <i>trending</i>	5	3	3	45	5

Analisis Rekomendasi Jadwal Penggantian Air Inlet Filter

Berdasarkan hasil analisis, penggantian *air inlet filter* sebaiknya tidak hanya mengacu pada jam operasi, tetapi juga mempertimbangkan nilai *pressure drop* aktual. Semakin tinggi nilai *pressure drop*, semakin besar hambatan aliran udara menuju kompresor sehingga efisiensi turbin gas mengalami penurunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dilakukan penggantian filter, nilai *pressure drop* menurun dan diikuti oleh peningkatan efisiensi kompresor, ruang bakar, turbin, serta efisiensi termal. Oleh karena itu, penerapan *condition-based maintenance* lebih direkomendasikan dibandingkan *time-based maintenance* karena mampu menentukan waktu penggantian filter berdasarkan kondisi aktual sistem.

Tabel 3 Rekomendasi Jadwal Pergantian Air Inlet Filter

Parameter	Nilai
Tanggal pemasangan filter	1 November 2022
Tanggal penggantian filter	19 November 2025
Pressure drop awal	45 mmH ₂ O
Pressure drop akhir	82 mmH ₂ O
Umur pakai filter	3,05 tahun
Jam operasi tahunan	4.032 jam/tahun
Total jam operasi	12.302 jam
Rekomendasi penggantian	3 tahun atau 12.300 jam operasi
Batas pressure drop	80 mmH ₂ O

Keterangan:

Data operasional sebelum penggantian diperoleh pada 11 November 2025, sedangkan penggantian fisik filter dilaksanakan pada 19 November 2025.

4. KESIMPULAN

1. Penggantian *air inlet filter* terbukti meningkatkan kinerja Turbin Gas GT1A, ditunjukkan dengan kenaikan efisiensi kompresor, ruang bakar, turbin, dan efisiensi termal setelah penggantian filter.

2. Efisiensi kompresor meningkat dari 78,85% menjadi 88,71%, efisiensi ruang bakar dari 90,36% menjadi 95,05%, efisiensi turbin dari 74,87% menjadi 80,02%, dan efisiensi termal dari 18,23% menjadi 27,92%.
3. Hasil analisis Fishbone dan FMEA menunjukkan bahwa faktor Environment, terutama akumulasi debu dan kontaminan pada *air inlet filter*, merupakan penyebab utama penurunan performa sistem udara masuk.
4. Penggantian *air inlet filter* direkomendasikan menggunakan pendekatan Condition-Based Maintenance (CBM) dengan mempertimbangkan nilai *pressure drop* sebagai indikator utama, sehingga efisiensi dan keandalan operasi turbin gas dapat dipertahankan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dosen Pembimbing Ibu Tatun Hayatun Nufus, dan ibu Arifia Ekayuliana Serta Pembimbing Industri Saya yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang baik dan membangun. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada seluruh pihak yang ambil bagian dalam penyusunan tugas akhir ini.

REFERENSI

- [1] D. Purwanto, "Analysis of the Effect of Inlet Compressor Temperature on the Thermal Efficiency of Gas Turbine Capacity 146 MW," *Jurnal Energi dan Ketenagalistrikan*, vol. 2, no. 1, 2024, doi: 10.33322/juke.v2i1.24.
- [2] Y. Jin *et al.*, "A novel integrated modeling approach for filter diagnosis in gas turbine air intake system," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, vol. 236, no. 3, pp. 435–449, May 2022, doi: 10.1177/09576509211044392.
- [3] C. B. Simanjuntak, I. Z. Putra, H. Toar, I. A. Politeknik, and N. Batam, "ANALISIS PENGARUH PENGANTIAN AIR INLET FILTER TERHADAP KERJA KOMPRESOR DI PT. ENERGI LISTRIK BATAM," vol. 03, no. 01, 2024.
- [4] K. and S. S. Anwar, "PENGARUH INTAKE AIR FILTER COALESCER DROPLET ELIMINATOR TERHADAP EFISIENSI KOMPRESOR BLOK 3 PLTGU PRIOK PGU," 2024.
- [5] Mad Yusup, Purbawati Purbawati, Diyaa Aaisyah Salmaa Putri Atmaja, and Ida Rosanti, "Penerapan Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram) pada Identifikasi Kerusakan Mekanisme Pengumpan dan Penyusuaana Standard Operating Procedure Mesin Skrap," *Mars : Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, pp. 139–151, Jan. 2025, doi: 10.61132/mars.v3i1.619.
- [6] D. H. Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*, 2nd ed. Milwaukee, WI, USA: ASQ Quality Press, 2003.
- [7] C. Evy and T. Widyahening, *Penggunaan Teknik Pembelajaran Fish Bone Diagram dalam Meningkatkan Keterampilan Membaca Siswa*.
- [8] N. Gusnita and K. Saputra Said, "Analisa Efisiensi dan Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Alstom Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Kapasitas 20 Mw," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 14, no. 2, pp. 209–218, 2025.
- [9] E. Yohana, R. M. Herriza, J. Soedarto, and U. Tembalang, "Analisis Efisiensi Siklus Combine Cycle Power Plant (CCPP) Gas Turbine Generator Terhadap Beban Operasi PT Krakatau Daya Listrik," *ROTASI: Media Ilmu dan Profesi Bidang Teknik Mesin*, vol. 28, no. 1, 2016.
- [10] M. J. . Moran, H. N. . Shapiro, D. D. . Boettner, and M. B. . Bailey, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. John Wiley & Sons, Inc, 2018.
- [11] Y. A. Cengel, M. A. . Boles, and Mehmet, *Thermodynamics : an engineering approach*. McGraw-Hill Education, 2019.