JPII
Jurnal Profesi Insinyur Indonesia
http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jpii
E-ISSN: 2985-8100

Pengaruh Penambahan Instalasi *Fuel Filter* Pada *Engine Compressor* G3516 (Comp 461) di Stasiun Pengumpul Pondok Tengah PT Pertamina Gas

Agus Setiawan[1*], Widayat Widayat[1,2]
[1]*Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,*
[2]*Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,*
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

[*)]Corresponding author: akhina.agus@gmail.com

(Received: May 25, 2026; Accepted: June 23, 2026)

Abstract

The Effect of Adding a Fuel Filter Installation on the G3516 Engine Compressor (Comp 461) at the Pondok Tengah Collection Station of PT Pertamina Gas. *The crucial reliability issue of PT Pertamina Gas's Caterpillar G3516 (Comp 461) gas engine compressor, which has been in operation since 1980, has become a major concern to ensure the continuity of natural gas distribution. The occurrence of three unplanned shutdowns with a total downtime of 600 hours and a decrease in availability of up to 84% was caused by the RPM hunting phenomenon, which is classified as an Extreme Extra High risk. Through analysis using the Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methods, the dominant root cause of the RPM hunting was identified as the quality of the wet and dirty fuel gas (high H_2O content and the presence of impurities), which caused incomplete combustion and dirty conditions in the carburetor. To overcome this problem and prevent losses, the implemented solution was the installation of a new fuel gas filter system (with a 10 micron filter cartridge) to ensure that the fuel gas entering the combustion chamber meets the pressure standards (25–30 Psig) and the quality required by the manual book. Post-implementation performance evaluation showed significant improvements in the Five Quality Indicators, including an increase in equipment availability from 84% to 99%, a reduction in top overhaul costs, and maintained natural gas distribution.*

Keywords*: RPM hunting, fuel gas quality, FTA FMEA, reliability*

Abstrak

Permasalahan keandalan yang krusial pada *gas engine compressor Caterpillar* G3516 (Comp 461) PT Pertamina Gas, yang telah beroperasi sejak tahun 1980, menjadi perhatian utama untuk menjamin kontinuitas penyaluran gas bumi. Terjadinya tiga kali *unplanned shutdown* dengan total *downtime* 600 jam dan penurunan *availability* hingga 84% disebabkan oleh fenomena RPM *hunting*, yang diklasifikasikan sebagai risiko *Extreme Extra High*. Melalui analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), akar penyebab dominan dari RPM *hunting* diidentifikasi sebagai kualitas *fuel gas* yang basah dan kotor (tinggi kandungan H_2O dan adanya pengotor), yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan kondisi kotor pada karburator. Untuk mengatasi masalah ini dan mencegah kerugian, solusi yang diimplementasikan adalah pemasangan instalasi sistem *fuel gas filter* baru (dengan *catridge filter* 10 mikron) untuk memastikan *fuel gas* yang masuk ke ruang bakar sesuai standar tekanan (25–30 Psig) dan kualitas yang disyaratkan oleh *manual book*. Evaluasi kinerja pasca implementasi menunjukkan peningkatan signifikan pada Panca Mutu, termasuk peningkatan *equipment availability* dari 84% menjadi 99%, pengurangan biaya *top overhaul* dan terjaganya penyaluran gas bumi.

Kata kunci: *RPM hunting, kualitas fuel gas, FTA FMEA, keandalan*

***How to Cite This Article**:* Setiawan, A., & Widayat, W. (2026). Pengaruh Penambahan Instalasi Fuel Filter Pada Engine Compressor G3516 (Comp 461) di Stasiun Pengumpul Pondok Tengah PT Pertamina Gas. *JPII*, 4(3), 267–272. DOI: https://doi.org/10.14710/jpii.2026.32715

PENDAHULUAN

PT Pertamina Gas bergerak di bidang transportasi gas bumi yang menyalurkan gas bumi ke konsumen seperti PLN, pupuk, jaringan gas bumi rumah tangga dan lain-lain dalam operasionalnya agar gas bumi bisa sesuai dengan kebutuhan tekanan konsumen, tekanan gas bumi dinaikkan menggunakan *gas engine compressor*. *Gas engine compressor Cartepillar* G3516 (Comp 461) dibuat dan mulai dioperasikan tahun 1980 isu keandalan *engine* tersebut menjadi topik utama karena peralatan tersebut sangat krusial untuk menjaga kontinuitas pengaliran gas dan menjaga kepuasan pelanggan. Kondisi gas *engine compressor* yang baik dapat menyalurkan gas bumi sesuai dengan kebutuhan volume gas yang dialirkan dan tidak ada parameter operasi atau kegagalan komponen peralatan yang menyebabkan *shutdown engine compressor*. Dalam perjalannya terjadi *unplaned shutdwon* sebanyak 3 kali yang mengakibatkan total *downtime* mencapai 600 jam.

Kejadian *unplaned shutdown* ini disebabkan oleh fenomena RPM *hunting*. Dampak dari *unplaned shutdown* ini selain meyebabkan penurunan *avaibility engine* turun ke 84%, juga berpotensi menyebabkan kerugian finansial akibat tidak tersalurkan gas bumi. Serta berdasarkan *risk* matriks, masalah *unplaned shutdown* ini diklasifikasikan sebagai risiko *Extreme Extra High*.

Gas engine compressor adalah rangkaian *equipment* yang terdiri dari *engine* yang berbahan bakar gas yang dayanya disalurkan melalui kopling untuk menggerakkan kompresor. Kompresor yang digunakan berjenis *reciprocating*.



Gambar 1. *Gas engine compressor Cartepillar* G3516 (Comp 461)

Tujuan dari penulisan artikel ini untuk mengetahui akar penyebab dominan terjadinya *unplaned shutdown* akibat RPM *hunting* pada *gas engine compressor* G3516 (Comp 461) dan menyelesaikan permsalahaan tersebut sehingga tidak terjadi kembali *unplaned shutdown* yang menyebabkan kerugian.

METODE PENELITIAN

Proses pemecahan masalah *unplaned shutdown* akibat RPM *hunting* pada *gas engine compressor* G3516 (Comp 461) di SP Pondok Tengah PT Pertamina Gas menggunakan beberapa metode peneltian.

1. Melakukan studi literatur

   Studi literatur dilakukan untuk mengetahui dasar pengetahuan mengenai *gas engine compressor* G3516 Cartepillar dan mengetahui pola operasi *gas engine compressor*.
2. Mengumpulkan data primer dan sekunder dari paramater operasi di lapangan

   Pengumpulan data parameter operasi seperti tekanan *fuel gas*, temperatur *fuel gas* dan komposisi gas.
3. Melakukan analisis permasalahan RPM *hunting* menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

   Fault Tree Analyis adalah metode analisis dengan suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut *undesired event* terjadi pada sistem dan sistem tersebut kemudian dianalisis dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* tersebut (Kristiansen, 2005).

   FMEA adalah metodologi terstruktur untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dalam produk, proses, atau sistem serta menilai penyebab dan konsekuensinya. Mode kegagalan mengacu pada bagaimana suatu produk dapat gagal menjalankan fungsi yang diinginkan, sementara efek menggambarkan dampak dari kegagalan tersebut. FMEA digunakan untuk mengkuantifikasi risiko dari *basic events* yang diidentifikasi oleh FTA, sesuai prinsip *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) (Al-Douri & Al-Samhan, 2021). *Risk Priority Number* (RPN) dihitung untuk menentukan prioritas perbaikan.

   FTA lebih mudah digunakan karena sifatnya yang visual dan menggunakan metodologi *top-down* yang logis, sehingga membantu mengidentifikasi akar masalah serta

hubungan sebab-akibat antar komponen kegagalan dengan terstruktur dan mudah dikomunikasikan.

4. Melakukan tindakan perbaikan berdasarkan hasil dari FTA dan FMEA

   Setelah menemukan akar penyebab dominan yang menyebabkan RPM *hunting*, maka dilakukan pemilihan solusi untuk perbaikan RPM *hunting* sehingga permasalahan tersebut tidak terulang kembali.

5. Melakukan evaluasi kinerja berdasarkan panca mutu (*quality, cost, delivery*, HSSE, *moral*)

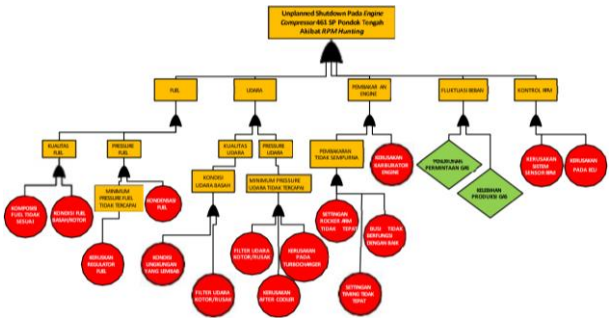
   Panca mutu merujuk pada lima aspek mutu yang diterapkan oleh perusahaan, seperti PT Pertamina, meliputi mutu produk, biaya, penyerahan, kesehatan, keselamatan dan lingkungan (HSSE), serta semangat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fault Tree Analysis merupakan salah satu metode deduktif, grafis dan *top-down* yang dimulai dari kejadian yang tidak diinginkan (*undesired event*) dan menelusuri sampai ke tingkat dasar untuk mengidentifikasi kombinasi kegagalan komponen dasar yang dapat menyebabkan terjadinya *top event*. Paramater yang dianalisis dalam FTA yaitu:

1. *Top event* (kejadian puncak): terjadinya *unplanned shutdown gas engine compressor* G3516 akibat RPM *hunting*.
2. *Intermediate event* (kejadian antara): langkah-langkah kegagalan yang mendekati ke akar penyebab atau *basic event* seperti:
   a) Pembakaran tidak sempurna,
   b) Sistem kontrol kecepatan,
   c) Kondisi mesin (busi kotor).
3. *Basic event* (akar penyebab potensial): Faktor-faktor operasional dan kondisi peralatan yang dikorelasikan dengan data di lapangan.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* dan mengacu pada *manual book Caterpillar Engine* G3516 yang menyebabkan *unplaned shutdown* akibat *high* RPM *hunting* adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Hasil analisis menggunakan FTA

Dari Gambar 2 hasil analisis menggunakan FTA didapatkan bahwa RPM *hunting* dapat disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaran tidak sempurna pada mesin gas dapat disebabkan oleh empat *basic events* (Yamin et al., 2020) yaitu:

1. Komposisi dan kualitas *fuel gas* tidak sesuai,
2. *Pressure fuel gas* tidak sesuai,
3. Kualitas udara *inlet*,
4. Fluktuasi beban/*load compressor*.

Dari pengumpulan data di lapangan dan *corelatian analysis* dari masing-masing *basic event* FTA menunjukkan bahwa ada 4 faktor penyebab dominan yang menyebabkan terjadinya *unplaned shutdown* akibat RPM *hunting*.



Gambar 3. Kondisi *fuel gas* basah dan kotor

Gambar 3 menunjukkan data kandungan gas yang dilakukan analisis laboratorium ditemukan bahwa kandungan H_2O pada komposisi *fuel gas* cukup besar di atas 100 lbs/MMscf. Setelah ditemukan penyebab dominan dari permsalahan tersebut dilakukan analisis lanjutan menggunakan metode FMEA. FMEA merupakan metodologi terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi semua metode kegagalan yang potensial dalam suatu sistem dan menilai dampak atau efek kegagalan tersebut. Metode FMEA melibatkan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh dari perkalian tiga faktor utama:

$$RPN = S \times O \times D \quad (2)$$

Dengan S (*severity*/keparahan) merupakan tingkat keparahan efek kegagalan (skala 1–10), O (*occurrence*/kemungkinan terjadi) merupakan frekuensi atau probabilitas kegagalan yang terjadi (skala 1–10) dan D (*detection*/kemampuan deteksi) merupakan kemungkinan mode kegagalan tidak terdeteksi sebelum menyebabkan kegagalan.

FMEA diterapkan untuk mengonfirmasi dan mengukur risiko dari akar penyebab yang diidentifikasi oleh FTA dan untuk memprioritaskan akar penyebab (Kumar & Singh, 2022). Hasil FMEA difokuskan pada tiga mode kegagalan utama yang mungkin menyebabkan RPM *hunting*.

Tabel 1. Tabel FMEA

No	Fungsi	Mode Kegagalan (*Failure Mode*)	Efek Kegagalan (*Failure Effect*)	Penyebab Potensial (*Failure Cause*)	S	O	D	RPN	Aksi Pencegahan (*Recommended Action*)
1	Penyediaan *Fuel Gas*	Kualitas *Fuel Gas* Buruk/Kotor	1. RPM *Hunting*/Fluktuasi Kecepatan	1. Kandungan H_2O tinggi dalam *fuel gas* (basah).	9	8	4	288	Instalasi *Fuel Gas Filter System* (10 µm) baru.
			2. *Unplanned Shutdown*	2. Adanya partikel padat/impuritas yang lolos.	9	8	4	288	Pemantauan kualitas gas rutin.
2	Sistem Karburator	Karburator Menjadi Kotor & Basah	1. Pembakaran Tidak Sempurna	Tidak adanya *filter* yang memadai untuk menyaring kotoran dan kelembapan.	8	7	4	224	Solusi yang sama: Memastikan kualitas *fuel gas* sebelum masuk karburator.
			2. Pengendalian Campuran A/F Terganggu	Desain sistem *fuel gas* eksisting tidak dilengkapi *filter* yang spesifik.	8	6	3	144	Solusi yang sama.
3	Pengaturan Tekanan	Tekanan *Fuel Gas* Tidak Stabil	RPM *hunting*/kinerja mesin buruk.	Regulator tekanan aus atau tidak berfungsi optimal.	7	5	5	175	Inspeksi dan kalibrasi regulator tekanan.

Dari Tabel 1 menunjukkan bahwa akar penyebab dominan kualitas *fuel gas* buruk/kotor memiliki nilai RPN tertinggi 288, menjadikan risiko prioritas pertama yang harus segera diatasi. RPN yang tinggi didominasi oleh nilai *severity* (S = 9) dan *occurrence* (O = 8), menegaskan bahwa akar penyebab dominan ini memiliki dampak yang cukup signifikan dan probabilitas terjadinya sangat tinggi di lapangan. Dari verifikasi semua komponen *gas engine compressor* di lapangan ditemukan kondisi pada karburator *gas engine compressor* basah dan terdapat kotoran yang tertangkap di area karburator sesuai Gambar 4. Hal ini yang menyebabkan RPM *engine* menjadi *hunting*.



Gambar 4. Kondisi karburator *fuel* basah dan kotor

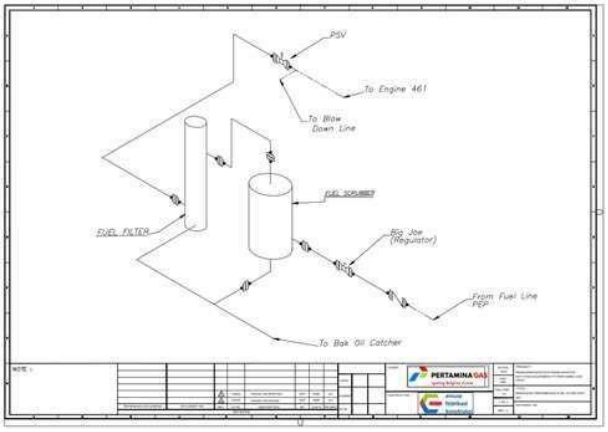
Hasil analisis menggunakan metode FTA dan FMEA yang menyimpulkan bahwa kualitas *fuel gas* yang buruk atau kotor (mengandung H_2O dan *impurities*) adalah akar penyebab dominan yang menyebabkan terjadinya kegagalan hal ini sejalan dengan prinsip dasar operasinal dan studi terbaru mengenai keandalan gas *engine compressor*. Secara teoritis sesuai *manual book* G3516 *gas engine compressor* yang menggunakan *fuel gas* sebagai bahan bakar dirancang untuk beroperasi dengan komposisi bahan bakar yang spesifik dan sesuai dengan parameternya untuk mencapai pembakaran yang sesuai. Dalam sebuah jurnal *energies* MDPI tahun 2025 mengonfirmasi bahwa gas alam mentah (*raw natural gas*) di lapangan seringkali mengandung pengotor/*impurities* yang signifikan (kandungan H_2O maupun *black powder*) yang wajib dihilangkan melalui proses *treatment* untuk memenuhi standar kualitas bahan bakar untuk mencegah kegagalan operasional. Hal ini dapat mengonfirmasi bahwa kontaminan dalam *fuel gas* menyebabkan penyumbatan dan pembakaran tidak stabil (Ghadikolaei et al., 2021)

Permasalahan ini harus diselesaikan agar *engine* tidak terjadi *unplaned shutdown* yang dapat menyebabkan kerugian dari aspek Panca Mutu. Maka diperlukan peralatan tambahan untuk memastikan *fuel gas* yang masuk ke ruang bakar dalam kondisi kering dan tidak ada kotoran. Solusi terpilih adalah memasang

instalasi *fuel gas system* baru pada *system fuel engine gas compressor* eksiting dengan modifikasi *spool* dan penambahan *fuel filter*. Dalam mendesain *fuel filter* harus mempertimbangkan prinsip desain:

1. Filtrasi partikulat: menghilangkan partikel padat (*black powder*) yang dapat menyumbat karburator dan *injector*.
2. Koalesensi: mengubah uap air menjadi tetesan yang dapat dipisahkan (*demisting*), sehingga gas yang masuk ke ruang bakar menjadi kering (Russo & Bianchi, 2023).
3. Memastikan tekanan masuk tetap dalam rentang 25–30 Psig yang disyaratkan oleh *manual book* (Caterpillar Inc., 1980).

Dari data tersebut dipilih desain instalasi seperti Gambar 5.



Gambar 5. Desain instalasi *fuel filter*

Desain instalasi *fuel filter* mengacu pada standar desain seperti:

1. *Manual book engine G3516 cartepillar,*
2. *ASME Code Section VIII Div. 1 Rules for Construction of Pressure Vessels,*
3. *API 1104: Standard for Welding Pipelines and Related Facilities,*
4. *ASME/ANSI B16 Standards for Pipes and Fittings,*
5. *PECO Series 85 Filter Standard*.

Selain desain instalasi *fuel filter* diperlukan *catridge fuel filter* yang tepat agar dapat menyaring gas yang basah dan kotor. Hasil analisis laboratorium menunjukkan *impurities* terkecil berukuran 15 micron, sehingga dipilih *fuel filter* dengan *system catridge filter* yang memiliki ukuran 10 micron dengan merk PECO Series PCHG Cartridges. Produk tersebut dipilih karena kemudahan *stock filter* di Indonesia, dari segi kualitas sangat baik dan dari sisi harga paling bersaing di antara produk lainnya. Dari segi teknis kemudahan pemasangan *catridge filter* menjadi salah satu poin penting dalam pertimbangan pemilihan produk tersebut.

Dari desain *fuel system* yang sudah ditinjau dan setujui dilakukan fabrikasi dan instalasi *filter fuel system* pada *gas engine compressor*. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap kinerja dari *fuel system* yang sudah di-*install*.



Gambar 6. Instalasi sistem *fuel filter*

Evaluasi kinerja berdasarkan panca mutu dilakukan agar dapat mengukur capaian kualitas yang diinginkan dalam semua aspek operasional perusahaan. Didapatkan evaluasi dari pemecahan masalah di atas sebagai berikut:

1. Aspek *Quality*: meningkatkan rata-rata *equipment availability* dari 84% menjadi 99%.
2. Aspek *Cost*: mengurangi *cost top overhoul engine compressor* sebesar Rp761.000.000.
3. Aspek *Delivery*: mempertahankan penyaluran gas bumi sebesar 8,35 Mmscfd.
4. Aspek HSSE: tidak terjadi *flaring gas* di SP PDT akibat *unplaned shutdown*.
5. Aspek Moral: meningkatnya kepercayaan operator dalam mengoperasikan *gas engine compressor*.

Secara keseluruhan dengan menyelesaikan permasalahan tersebut sesuai dengan standar teknis yang berlaku berdasarkan *manual book cartepillar* G3516 dapat meningkatkan keandalan *engine compressor* dalam penyaluran gas bumi ke konsumen.

KESIMPULAN

Analisis akar penyebab yang mendalam menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), teridentifikasi bahwa faktor dominan yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan RPM *hunting* adalah kualitas *fuel gas* yang basah dan kotor (tinggi kandungan H_2O dan partikulat). Temuan ini divalidasi dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi 288 pada FMEA, menempatkan kualitas bahan bakar sebagai prioritas utama yang harus segera diatasi.

Solusi yang diimplementasikan adalah penambahan instalasi sistem *fuel gas filter* baru dengan spesifikasi *cartridge filter* 10 mikron. Pemasangan sistem

ini bertujuan memastikan bahwa *fuel gas* yang masuk ke ruang bakar memenuhi standar kualitas kering dan tekanan yang disyaratkan oleh *manual book* engine (25–30 Psig).

Penambahan instalasi *fuel gas filter* merupakan solusi rekayasa berbasis data yang berhasil mengatasi akar penyebab ketidakandalan, sehingga secara efektif meningkatkan integritas operasional dan memastikan kontinuitas penyaluran gas di PT Pertamina Gas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada PT Pertamina Gas atas dukungan teknis dan finansial.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Douri, A., & Al-Samhan, A. (2021). Optimizing Maintenance Strategies for Gas Compressor Stations Using Reliability-Centered Maintenance (RCM). *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 190, 104321.

Caterpillar Inc. (1980). *Operation and Maintenance Manual: Gas Engine G3516*. Peoria, IL: Caterpillar Inc.

Ghadikolaei, M. A., Jafari, M., & Vahidi, A. (2021). A review on the effect of fuel composition and contaminants on the performance and emissions of natural gas engines. *International Journal of Energy Research, 45*(10), 14327-14353.

Kristiansen, E. (2005). *Reliability and Risk Analysis: A Practical Guide*. Houston, TX: Gulf Professional Publishing.

Kumar, S., & Singh, R. (2022). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Reliability Enhancement of Industrial Gas Compressors. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 22, 120-135.

Li, H., Yang, Z., & Dou, H. (2022). Effects of water vapor in fuel on combustion and emission characteristics of a natural gas engine. *Fuel*, 324, 124567.

PT Pertamina Gas. (2024). *Standard Operational Procedure (SOP) Peralatan Gas Engine Compressor dan Sistem HSSE*.

Russo, M. T., & Bianchi, G. (2023). Advancements in Fuel Gas Filtration and Conditioning for High-Efficiency Gas Engines. *Gas Science and Engineering*, 115, 204567.

Wang, L., Lee, S., & Lee, Y. (2023). A Fault Tree Analysis (FTA) based approach for reliability assessment of natural gas engine power plants. *Reliability Engineering & System Safety*, 235, 109245.

Yamin, S., Wibowo, S. D., & Purwanto, A. (2020). Analisis Kegagalan Komponen Engine Gas dengan Metode FMEA dan Fault Tree Analysis untuk Peningkatan *Availability* Unit. *Jurnal Teknik Mesin, 12*(2), 110-119.