

Analisis Kegagalan *Start Up* pada Turbin Gas *General Electric Frame 6* Akibat *High Exhaust Temperature*

Putu Yuri A. Perwana*, Sulardjaka, Hadiyanto

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
 Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: uree.ap@gmail.com

(Received: November 22, 2024; Accepted: December 17, 2024)

Abstract

Start up Failure Analysis on General Electric Frame 6 Gas Turbine Due to High Exhaust Temperature. Electrical energy has now become a primary need in modern human life. Electrical energy is produced from the process of converting mechanical energy into electrical energy in a generator in a power plant. Gas Power Plant (PLTG) is one type of power plant that is commonly used to generate electricity. In a gas power plant with a General Electric (GE) frame 6 gas turbine type located in Jambi, during the start up process there was a disturbance that caused the gas turbine to trip. The alarm indication on the HMI monitor showed that the cause of the gas turbine trip was due to exhaust over temperature. To find the cause of exhaust over temperature using the Root Cause Failure Analysis (RCFA) method. RCFA is an analysis process to determine the cause of a failure mode in equipment. The cause of exhaust over temperature using RCFA found three main causes, namely incomplete combustion in the combustion chamber, an imperfect control system and abnormal exhaust sensor readings. The actions taken to prevent the disturbance from recurring were to replace the exhaust temperature sensor and clean the fuel nozzle on the gas turbine.

Keywords: *electricity, gas turbine, RCFA, combustion chamber, exhaust sensor*

Abstrak

Energi listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan manusia modern. Energi listrik dihasilkan dari hasil proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik pada generator di sebuah pembangkit listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang umum digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Pada pembangkit listrik gas dengan tipe gas turbin *General Electric* (GE) frame 6 yang berlokasi di Jambi saat proses *start up* mengalami gangguan yang menyebabkan turbin gas menjadi *trip*. Indikasi alarm pada monitor HMI menunjukkan penyebab dari gas turbin *trip* adalah karena *exhaust over temperature*. Untuk mencari penyebab terjadinya *exhaust over temperature* menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA). RCFA adalah suatu proses analisis untuk mengetahui suatu penyebab dari sebuah mode kegagalan pada suatu peralatan. Penyebab *exhaust over temperature* dengan menggunakan RCFA didapatkan tiga penyebab utama yaitu pembakaran yang tidak sempurna pada ruang bakar, sistem kontrol yang tidak sempurna dan pembacaan sensor *exhaust* yang tidak normal. Tindakan yang dilakukan agar gangguan tidak terulang adalah dengan melakukan penggantian sensor *exhaust temperature* dan melakukan pembersihan *nozzle* bahan bakar pada turbin gas.

Kata kunci: *energi listrik, gas turbin, RCFA, ruang bakar, sensor exhaust*

How to Cite This Article: Perwana, P. Y. A., Sulardjaka, S. & Hadiyanto, H. (2024). Analisis Kegagalan Start Up pada Turbin Gas General Electric Frame 6 Akibat High Exhaust Temperature. *JPII*, 2(5), 334-338. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24593>

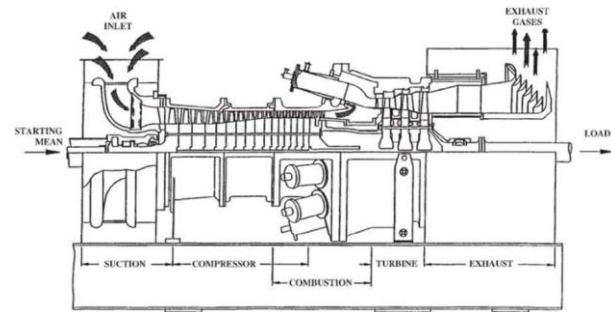
PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan manusia modern saat ini. Setiap peralatan untuk menunjang kegiatan sehari-hari manusia sebagian besar menggunakan energi listrik sebagai energi penggerak. Pertumbuhan konsumsi energi listrik di listrik semakin meningkat di mana pada tahun 2023 jumlah konsumsi mencapai 1.285 kWh/kapita dan diprediksi akan lebih tinggi lagi pada tahun 2024. Energi listrik dihasilkan dari hasil proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik pada generator di sebuah pembangkit listrik. Sehingga suatu pembangkit listrik harus mempunyai ketersediaan yang baik agar dapat secara terus menerus memproduksi energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang umum digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Pada PLTG, sebuah generator digerakkan oleh turbin gas.

Prinsip kerja dari turbin gas yaitu udara dihisap melalui kompresor, udara hasil pemampatan dari kompresor masuk ke dalam ruang bakar, disertai dengan masuknya bahan bakar ke dalam ruang bakar juga. Di dalam ruang bakar terjadi proses pembakaran antar udara dengan bahan bakar. Hasil dari pembakaran tersebut kemudian mengalir ke sudu-sudu gas turbin. Gas hasil pembakaran yang mengalir ke sudu yang membuat gas turbin dapat berputar. Gas pembakaran kemudian dialirkan menuju *exhaust* untuk dibuang ke udara bebas (Boyce, 2011). Gas turbin tidak hanya digunakan untuk menggerakkan generator, tetapi juga digunakan untuk menggerakkan peralatan lain seperti sebagai penggerak pompa maupun penggerak kompresor (Giampaolo, 2020). Gas turbin terdiri dari komponen utama sebagai berikut (Boyce, 2011).

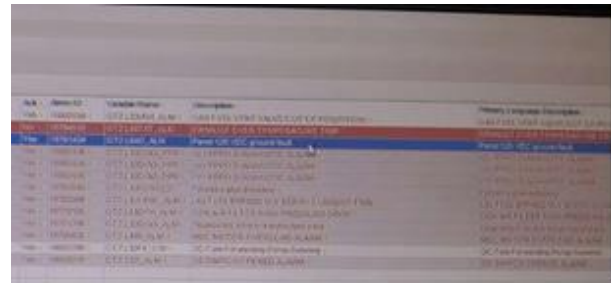
1. Kompresor
2. Ruang bakar
3. Turbin (rotor/*bucket* dan stator)
4. *Exhaust*

Kompresor adalah peralatan untuk memampatkan udara, ruang bakar adalah bagian di mana pembakaran terjadi antara udara yang dimampatkan dengan bahan bakar, turbin adalah komponen di mana terjadi perubahan energi mekanik menjadi energi putar akibat ekspansi dari gas hasil pembakaran pada ruang bakar dan saluran buang merupakan saluran untuk membuang gas ke udara bebas setelah melalui turbin

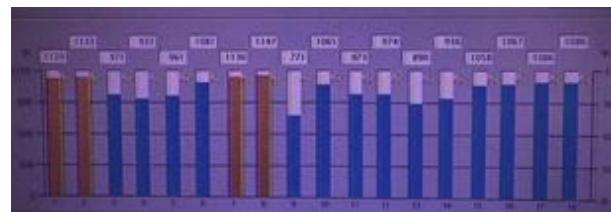


Gambar 1. Penampang gas turbin

Pada pembangkit listrik gas dengan tipe gas turbin GE frame 6 yang berlokasi di Jambi, daya listrik yang mampu dihasilkan oleh gas turbin sebesar 30 MW. Pada saat proses *start up*, terjadi kegagalan pada saat putaran turbin gas mencapai 2400 rpm. Indikasi alarm pada monitor HMI menunjukkan penyebab dari gas turbin *trip* adalah karena *exhaust over temperature*. Kemungkinan penyebab *exhaust over temperature* disebabkan oleh proses pembakaran yang tidak sempurna pada ruang bakar atau bisa disebabkan oleh kerusakan pada sensor.



Gambar 2. Penunjukkan indikasi alarm pada HMI



Gambar 3. Temperatur *exhaust* gas turbin

Tujuan dari penulisan artikel ini adalah untuk mengetahui penyebab kegagalan *start up* dari suatu gas turbin dan cara untuk mencegah agar kegagalan *start up* tidak terjadi secara berulang. Sehingga diharapkan ketersediaan dari pembangkit gas dapat dijaga dan ditingkatkan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah:

1. Melakukan studi literatur.
2. Mengumpulkan data primer yang didapatkan dari parameter operasi turbin gas pada data *logger*.

3. Melakukan analisis permasalahan *exhaust over temperature* menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA).
4. Melakukan tindakan perbaikan berdasarkan hasil dari RCFA.

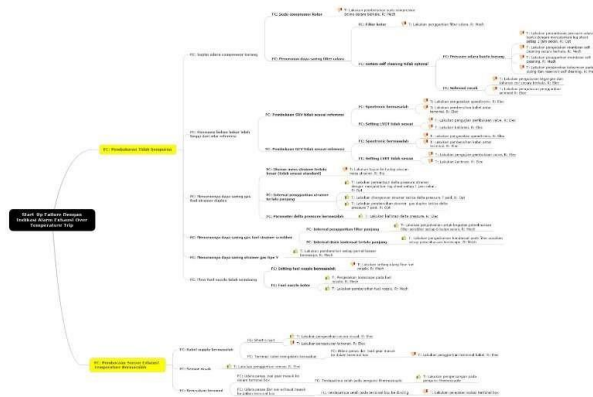
RCFA adalah suatu proses analisis untuk mengetahui suatu penyebab dari sebuah mode kegagalan pada suatu peralatan (Erdianto, 2016). Analisis dilakukan berdasarkan input dari data yang didapat di lapangan, pengalaman dari *subject expert matter* dan teori penunjang. Dari analisis didapatkan kesimpulan akar permasalahan dari kegagalan dan rekomendasi tindakan perbaikan dan pencegahan yang tepat agar kegagalan tidak dapat terulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis menggunakan metode RCFA, penyebab utama dari mode kegagalan *exhaust over temperature* dapat disebabkan oleh:

1. Pembakaran yang tidak sempurna pada ruang bakar gas turbin.
2. Pembacaan temperatur saluran buang yang tidak normal.
3. Sistem kontrol yang tidak normal.

Ketiga penyebab utama tersebut kemudian dianalisis lagi untuk menemukan akar penyebab permasalahan dan juga tindakan perbaikan yang harus dilakukan.

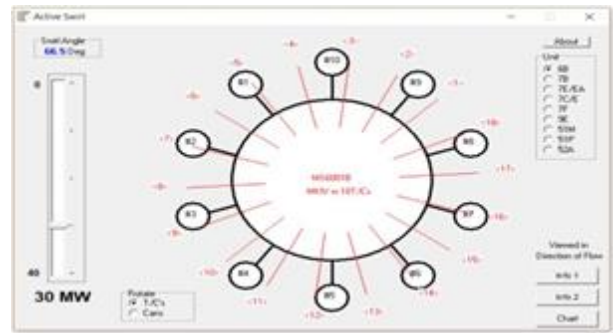


Gambar 4. Hasil analisis menggunakan RCFA

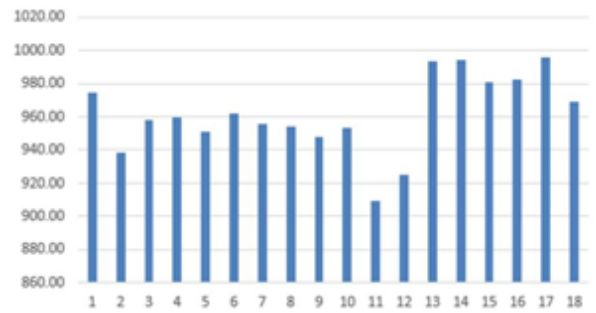
Pembakaran tidak sempurna dapat disebabkan oleh tidak seimbangnya komposisi antara bahan bakar dan udara yang terbakar di dalam ruang bakar gas turbin. Pada gas turbin, udara akan dimampatkan oleh kompresor sebelum masuk ke ruang bakar. Apabila kinerja kompresor menurun maka dapat menyebabkan tekanan udara menjadi menurun. Penyebab penurunan kinerja kompresor dapat disebabkan oleh sudu-sudu pada kompresor dan bisa juga disebabkan saringan udara pada kompresor yang kotor. Pada saringan udara biasanya

dilengkapi juga oleh sistem pembersih otomatis. Apabila sistem pembersih otomatis gagal bekerja dapat menyebabkan saringan udara menjadi kotor.

Jumlah gas yang masuk ke ruang bakar pada gas turbin diatur oleh sebuah katup pengontrol. Apabila katup tersebut tidak berfungsi dengan normal dapat menyebabkan jumlah gas yang masuk ke ruang bakar tidak sesuai dengan kebutuhan sehingga menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna. Selain dari katup, penyebab pembakaran tidak sempurna dapat disebabkan oleh *nozzle* bahan bakar yang tersumbat. Fungsi dari *nozzle* bahan adalah untuk menyalurkan udara kompresi dari kompresor dan bahan bakar gas dengan cara mengkabutkan ke ruang bakar. Dengan kondisi *nozzle* bahan bakar yang tersumbat dapat menyebabkan penurunan kemampuan mengkabutkannya. Untuk memastikan proses pembakaran pada ruang bakar di gas turbin berjalan baik atau tidak dapat dilakukan proses simulasi.



Gambar 5. Hasil simulasi pada beban 30 MW



Gambar 6. Pembacaan sensor temperatur gas buang

Gambar 5 menunjukkan susunan dari ruang bakar dan sensor temperatur pada sisi saluran buang gas turbin. Gas turbin produksi GE dengan tipe frame 6 memiliki ruang bakar sebanyak 10 dengan posisi mengelilingi *casing* turbin. Gambar 6 menunjukkan pembacaan temperatur gas buang dari sensor temperatur saluran buang yang terpasang pada sisi saluran buang gas turbin. Sensor nomor 11 dan nomor 12 menunjukkan pembacaan yang berbeda jauh dibandingkan dengan pembacaan dari

sensor lainnya. Deviasi pembacaan dapat disebabkan karena:

1. Fungsi sensor nomor 11 dan nomor 12 yang sudah tidak baik.
2. Pembakaran yang terjadi pada ruang bakar nomor 4 dan nomor 5 tidak sempurna.

Pembacaan sensor yang tidak baik dapat disebabkan karena pada *junction box* terminal sensor mendapatkan paparan panas yang berlebih. Panas tersebut didapatkan dari perapat pada *junction box* tidak berfungsi dengan baik. Selain itu dapat juga disebabkan oleh sensor temperatur yang rusak.



Gambar 7. Sensor temperatur yang mengalami kerusakan

Sistem kontrol pembakaran yang tidak berkerja dengan baik juga dapat sebagai penyebab *exhaust over temperature*. Sistem kontrol tidak dapat memberikan perintah kepada katup pengatur bahan bakar gas, mau pun sistem kontrol tidak mendapatkan timbal balik dari kondisi nyata dari ruang bakar sehingga proses pembakaran menjadi tidak sempurna.

Agar kondisi *exhaust over temperature* tidak terjadi berulang kembali pada saat proses *start up* gas turbin, perlu dirumuskan rencana aksi pencegahan. Rencana aksi pencegahan bisa berupa kegiatan inspeksi, penggantian dan perbaikan komponen maupun kegiatan pemeliharaan, baik pemeliharaan preventif maupun pemeliharaan periodik. Berikut ini adalah rencana aksi yang telah disusun:

1. Melakukan penggantian sensor temperatur gas buang pada gas turbin.
2. Melakukan pembersihan *nozzle* bahan bakar nomor 4 dan 5.
3. Melakukan pembersihan sudu kompresor secara periodik.
4. Melakukan penggantian filter udara secara periodik.
5. Melakukan pengecekan rutin dari fungsi kerja pembersih otomatis.
6. Melakukan pembersihan *gas fuel strainer* setiap 6 bulan.
7. Melakukan pembuangan kondensat pada *gas fuel scrubber* setiap pemeliharaan periodik *borescope*.

8. Melakukan penggantian seluruh sensor temperatur gas buang pada saat pemeliharaan periodik *Major Inspection*.
9. Melakukan pemeliharaan rutin pada sistem kontrol gas turbin setiap 6 bulan.
10. Melakukan pengecekan perapat pada *junction box* setiap 6 bulan.

KESIMPULAN

Hasil analisis penyebab *exhaust over temperature* pada saat proses *start up* gas turbin disebabkan oleh terjadinya penyumbatan pada *nozzle* yang berada pada ruang bakar nomor 4 dan 5, serta terjadinya kerusakan pada salah satu sensor temperatur gas buang. Agar kegagalan tersebut tidak berulang kembali pada saat proses *start up*, maka perlu dilakukan pembersihan pada *nozzle* yang mengalami penyumbatan dan penggantian sensor temperatur yang rusak. Selain itu perlu dilakukan tindakan pemeliharaan rutin terhadap peralatan dan komponen pada gas turbin agar pada saat proses *start up* dapat berjalan dengan baik tanpa terjadi *trip*, hingga gas turbin dapat sinkron dengan kondisi berbeban di jaringan listrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan kerja di PT PLN khususnya PT PLN Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Gas Payo Selincih yang telah membantu penulis dalam penyediaan data-data artikel ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Z., & Manikandan, A. (2020, October). Case Study: Trouble Shooting of Gas Turbine Generator GTG Trips Due to Gas Turbine High Exhaust Temperature Spread While Operating on Liquid Fuel. In *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition* (p. D021S017R003). SPE.
- Boyce, M. P. (2011). *Gas turbine engineering handbook*. Elsevier.
- Erdianto, F. A. (2016). Pemodelan Peningkatan Keandalan dengan Metode Root Cause Analysis dan FMEA Pada Perusahaan Pembangkit Listrik. *Jurnal Teknik Industri*, 6(1).
- Giampaolo, T. (2020). *Gas turbine handbook: principles and practice*. River Publishers.
- Gülen, S. C. (2023). *Gas and Steam Turbine Power Plants: Applications in Sustainable Power*. Cambridge University Press.
- Kurz, R., & Brun, K. (2016). Gas turbine performance. In *Asia Turbomachinery & Pump Symposium. 2016 Proceedings..* Turbomachinery Laboratories, Texas A&M Engineering Experiment Station.

- Lefebvre, A. H., & Ballal, D. R. (2010). *Gas turbine combustion: alternative fuels and emissions*. CRC press.
- Li, Z., & Lu, B. (2017, July). Analysis and Treatment of High Exhaust Temperature of Marine Generator. In *2017 International Conference on Computational Science and Engineering (ICCSE 2017)* (pp. 165-168). Atlantis Press.
- Su, P., Gao, J., Zhao, S., Kong, X., & Fang, Y. Effects of Some Key Parameters on the Overall Performance of Gas Turbine.