

STUDI POLA KERUSAKAN INNER PARTS TURBIN GAS DI PLTGU TAMBAK LOROK SEMARANG KARENA PENGARUH UDARA DI SEKITAR OUTFALL

Dwi Basuki Wibowo

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Kampus Undip Tembalang, Semarang 50275, Indonesia
Phone: +62-24-7460059, FAX: +62-24-7460058, E-mail: dwibasuki@yahoo.com

Abstrak

Dalam analisis perawatan dan perbaikan komponen-komponen HGP (Hot Gas Path) Turbin Gas yang dilakukan oleh PLTGU Tambak Lorok dan rekanan PT. GE NUSANTARA TURBINE SERVICES ditemukan bahwa penyebab kerusakan komponen terutama terjadi akibat korosi dan erosi. Kondisi ini sering dijumpai pada unit GTG 1.1 yang paling dekat dengan outfall dan GTG 2.3 yang paling dekat dengan jalan Arteri Utara. Hasil studi juga menunjukkan bahwa PLTGU Tambak Lorok terpaksa harus mereskedul jadwal inspeksinya sehingga sering menyimpang dari skedul inspeksi yang direncanakan sendiri maupun skedul yang direkomendasikan oleh General Electric (GE). Dari inspeksi perawatan unit-unit GTG diperoleh data interval waktu inspeksi rata-rata sebesar 5333 jam, jauh di bawah dari jadwal yang direkomendasikan oleh GE. Meski tidak terbukti secara langsung kontribusi udara di sekitar outfall namun dari hasil studi ini memperlihatkan umur komponen GTG 1.1 yang lebih pendek 20% - 50% dibanding GTG yang lainnya.

Kata kunci : umur, HGP, korosi, erosi

1. PENDAHULUAN

PLTGU Tambak Lorok memiliki 6 unit pembangkit Turbin Gas yang masing-masing berkapasitas 120 MW. Saat dibangun dan mulai beroperasi ke 6 unit *Gas Turbin Generator* (GTG) tersebut tidak sama. GTG kelompok I, yaitu GTG 1.1; GTG 1.2; dan GTG 1.3 mulai beroperasi sejak tahun 1993 sedangkan kelompok II, yaitu GTG 2.1, GTG 2.2 dan GTG 2.3 mulai beroperasi pada tahun 1996. Keseluruhan unit pembangkit tersebut buatan General Electric (GE) dan sudah cukup lama tidak lagi menggunakan gas sebagai bahan bakar melainkan HSD. Unit-unit pembangkit yang lokasinya berdekatan dengan outfall adalah GTG kelompok I (paling dekat GTG 1.1 ± 100 m), sedangkan GTG kelompok II jaraknya lebih dekat dengan jalan Arteri Utara (paling dekat GTG 2.3 ± 200 m).

Dari hasil pengkajian perawatan dan perbaikan komponen utama Turbin Gas yang dilakukan oleh PLTGU Tambak Lorok dan rekanan PT. GENTS (PT. GE NUSANTARA TURBINE SERVICES) diperoleh kesimpulan bahwa pola kerusakan komponen terutama disebabkan oleh korosi dan erosi, jadwal perawatan yang lebih pendek, serta umur komponen yang lebih pendek terutama untuk unit GTG 1.1. Atas dasar itu PLTGU Tambak Lorok memperkirakan udara di sekitar lokasi outfall berkontribusi terhadap seringnya terjadi kerusakan pada komponen utama Turbin Gas dan untuk itulah perlu dilakukan pengkajian secara mendalam.

Pengkajian pengaruh outfall terhadap kerusakan *inner part* Turbin Gas ini dilakukan melalui penelusuran riwayat kerusakan komponen pada seluruh unit GTG yang ada di PLTGU Tambak Lorok

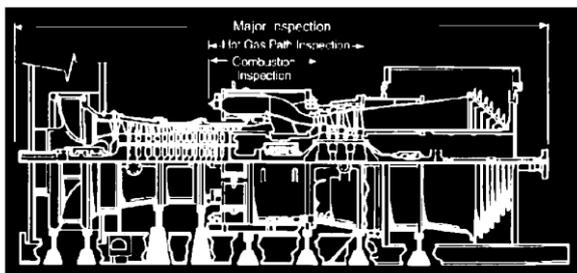
Semarang. Adapun analisisnya mengikuti kerangka berpikir sebagai berikut :

1. Menganalisa jadwal inspeksi yang telah dilaksanakan dari data riwayat perawatan dan/atau perbaikan komponen utama di setiap unit GTG. Analisis ini bertujuan untuk mengkaji pola inspeksi yang telah dilaksanakan dan deviasinya terhadap pola inspeksi yang disarankan/direkomendasikan oleh GE dan yang direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok.
2. Melakukan perhitungan umur setiap unit Turbin Gas (dalam jam) dari rentang waktu kumulatif pelaksanaan inspeksi satu ke pelaksanaan inspeksi berikutnya. Perbandingan hasil kalkulasi umur ini, pada seluruh unit Turbin Gas, dilakukan untuk mengetahui urutan umur GTG mulai dari yang terendah sampai dengan yang tertinggi.
3. Melakukan rekapitulasi umur komponen utama dari rentang waktu penggantian komponen baru ke komponen baru berikutnya. Dengan membandingkan umur komponen utama di seluruh unit GTG dapat diketahui urutan unit GTG yang tingkat frekuensi penggantian komponennya mulai dari yang tertinggi sampai yang terendah.
4. Menganalisa kerusakan komponen, terutama akibat korosi dan erosi, dari data kerusakan komponen yang ada di PLTGU Tambak Lorok. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui apakah kondisi udara di sekitar outfall memberi kontribusi terhadap kerusakan komponen tersebut.

B. ANALISIS JADWAL INSPEKSI PERAWATAN TURBIN GAS

Terdapat 3 jenis inspeksi yang dilakukan pada Pembangkit Turbin Gas produksi GE yaitu *Combustion*

Inspection (CI), Hot Gas Path Inspection (HGPI), dan Major Inspection (MI). Gb. 1 di bawah ini memperlihatkan cakupan tiap-tiap inspeksi tersebut. Sementara analisis jadwal inspeksi dilakukan berdasar pada data-data riwayat perawatan dan/atau perbaikan komponen utama setiap GTG yang masuk dalam kelompok HGP Parts yaitu : Combustion Liner, Transition Piece, 1st; 2nd; dan 3rd Bucket, 1st; 2nd; dan 3rd Nozzle, serta 1st; 2nd; dan 3rd Shroud dari sejak beroperasinya setiap GTG tersebut hingga tahun 2007.



Gb. 1 : Cakupan inspeksi Pembangkit Turbin Gas produksi GE

Dalam kajian ini dilakukan 2 hal yaitu : (1). perbandingan jenis inspeksi yang telah dilaksanakan di setiap unit GTG terhadap jenis inspeksi yang disarankan/direkomendasikan oleh GE dan yang direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok, dan (2). perbandingan deviasi total indeks inspeksi semua unit GTG selama rentang waktu sejak beroperasinya setiap GTG hingga tahun 2007.

- Perbandingan Jenis Inspeksi yang Telah Dilaksanakan Terhadap Jenis Inspeksi yang Direkomendasikan GE dan yang Direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok

Sudah cukup lama PLTGU Tambak Lorok memiliki pola inspeksi sendiri yang berbeda dengan pola inspeksi yang disarankan oleh GE, terutama semenjak tidak lagi menggunakan gas sebagai bahan bakar. Berikut ini adalah pola inspeksi yang disarankan oleh GE :

CI-CI-HGPI-CI-CI-MI-CI-CI-HGPI-dst.

Sementara jenis inspeksi yang direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok mengikuti pola inspeksi sebagai berikut :

CI-HGPI-CI-MI-CI-HGPI-CI-dst.

Namun dalam kenyataannya pola inspeksi yang dilakukan tidak sama dengan yang direncanakan maupun yang disarankan oleh GE dikarenakan umur Turbin Gas yang sudah lebih dari 10 tahun serta frekuensi on-off yang tinggi. Penyimpangan (deviasi) jenis inspeksi tersebut terhadap jenis inspeksi yang disarankan / direkomendasikan oleh GE dan yang

direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok juga cukup besar. Dari inspeksi perawatan unit-unit GTG diperoleh data jadwal inspeksi dilakukan dengan interval waktu rata-rata sebesar **5333 jam**.

Dengan memberi angka indeks penyimpangan sebesar "1" bila inspeksi pelaksanaan **berbeda** dengan inspeksi yang direkomendasikan GE dan inspeksi yang direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok, serta indeks penyimpangan sebesar "0" bila inspeksi pelaksanaan **sama** dengan inspeksi yang direkomendasikan GE dan inspeksi yang direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok dan kemudian hasilnya dijumlahkan untuk setiap interval inspeksi diperoleh hasil seperti nampak pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 : Perbedaan indeks inspeksi pelaksanaan dengan rekomendasi GE dan Rencana PLTGU Tambak Lorok (%)

Unit GTG dan Perbedaan Indeks Inspeksi	GTG 1.1	GTG 1.2	GTG 1.3	GTG 2.1	GTG 2.2	GTG 2.3
Perbedaan dengan Rekomendasi GE	50.00%	70.00%	62.50%	62.50%	42.85%	75.00%
Perbedaan dengan Rencana PLTGU Tambak Lorok	83.00%	80.00%	87.50%	50.00%	57.14%	62.50%

Hasil berikut ini menunjukkan urutan GTG yang memiliki penyimpangan dengan Rekomendasi GE dari besar ke kecil :

1. GTG 2.3	2. GTG 1.2	3. GTG 1.3	4. GTG 2.1	5. GTG 1.1	6. GTG 2.2
------------	------------	------------	------------	------------	------------

Sementara urutan penyimpangan dengan inspeksi yang direncanakan PLTGU Tambak Lorok dari besar ke kecil adalah sebagai berikut :

1. GTG 1.3	2. GTG 1.1	3. GTG 1.2	4. GTG 2.3	5. GTG 2.2	6. GTG 2.1
------------	------------	------------	------------	------------	------------

- Perbandingan Deviasi Total Indeks Inspeksi Untuk Semua GTG

Perbandingan deviasi total indeks inspeksi adalah perbandingan deviasi indeks antara total indeks inspeksi yang dilaksanakan terhadap total indeks inspeksi yang direkomendasikan GE serta yang direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok, antara GTG satu dengan GTG lainnya. Dalam hal ini setiap jenis inspeksi diberi angka indeks inspeksi yaitu : **CI = 1, HGPI = 2 dan MI = 3**. Indeks inspeksi selama rentang waktu sejak beroperasinya unit GTG hingga tahun 2007 dijumlahkan untuk setiap GTG dan menghasilkan total indeks inspeksi pelaksanaan. Sedangkan deviasi indeks adalah hasil pengurangan total indeks inspeksi pelaksanaan terhadap total indeks inspeksi yang direkomendasikan GE maupun total indeks inspeksi yang direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok.

Harga deviasi indeks inspeksi yang besar di suatu unit GTG menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan yang besar antara jenis inspeksi yang dilaksanakan terhadap jenis inspeksi yang direkomendasikan GE atau yang direncanakan oleh PLTGU Tambak Lorok. Melalui perbandingan total indeks inspeksi antara GTG satu dengan lainnya dapat dibuat daftar urutan mulai dari GTG yang memiliki deviasi indeks inspeksi yang terbesar ke GTG yang memiliki deviasi indeks inspeksi yang terkecil.

Tabel 2 di bawah ini memperlihatkan perbandingan deviasi total indeks inspeksi antara GTG satu dengan lainnya.

Tabel 2 : Perbandingan deviasi total indeks inspeksi tiap-tiap GTG

Unit GTG	Deviasi Indeks terhadap Rekomendasi GE	Deviasi Indeks terhadap Rencana Tambak Lorok
GTG 1.1	5	2
GTG 1.2	3	0
GTG 1.3	6	3
GTG 2.1	5	2
GTG 2.2	1	0
GTG 2.3	6	3

Dari Tabel 2 di atas nampak bahwa urutan GTG dengan deviasi total indeks inspeksi antara rekomendasi GE dan Rencana Tambak Lorok **sama**, yaitu :

1. GTG 1.3	2. GTG 2.3	3. GTG 1.1	4. GTG 2.1	5. GTG 1.2	6. GTG 2.2
------------	------------	------------	------------	------------	------------

Dari hasil analisis jadwal inspeksi ini setidaknya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

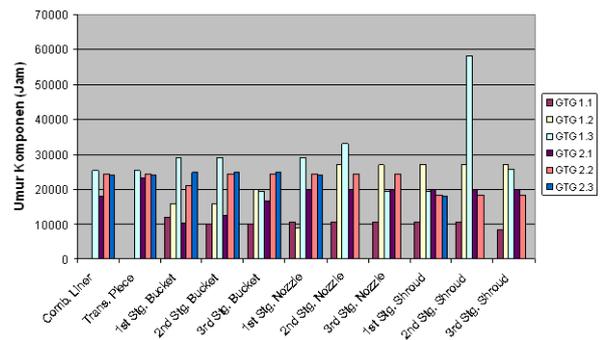
1. Perbedaan indeks inspeksi yang besar, seperti pada GTG 1.3, menunjukkan bahwa terjadi over prediksi (atau keragu-raguan) dalam menetapkan skedul inspeksi. Hal ini nampak dari hasil pengkajian jadwal pelaksanaan inspeksi yang menunjukkan terdapat 3 inspeksi HGPI dan 2 inspeksi MI yang berturutan yang dilandasi oleh ketidakpastian apakah komponen yang diinspeksi pada skedul inspeksi HGPI atau MI sebelumnya harus direpair atau bahkan diganti dengan komponen OEM baru.
2. Secara umum dari analisis jadwal inspeksi ini tidak menunjukkan adanya pengaruh dari lokasi dan kondisi udara Outfall. Namun hasil di atas setidaknya memberi indikasi bahwa GTG yang paling dekat dengan Outfall (GTG 1.1) dan GTG yang paling dekat dengan jalan Arteri Utara (GTG 2.3) berpotensi terjadi kerusakan lebih besar, yang perlu direpair atau bahkan diganti dengan yang baru, sehingga menuntut dilakukan skedul inspeksi yang mungkin tidak sesuai dengan Rekomendasi GE maupun Rencana PLTGU Tambak Lorok.

C. ANALISIS UMUR KOMPONEN TURBIN GAS

Umur komponen utama Turbin Gas dihitung dari rentang waktu penggantian komponen baru ke komponen baru berikutnya. Dengan metode penghitungan umur seperti ini dapat dilakukan perbandingan umur komponen yang sama antara GTG satu dengan GTG lainnya tanpa memandang perbedaan jenis skedul inspeksi serta perbedaan saat mulai beroperasinya unit-unit GTG.

Melalui perbandingan umur komponen utama di seluruh unit GTG dapat diketahui urutan unit GTG yang tingkat frekuensi penggantian komponennya mulai dari yang tertinggi hingga yang terendah.

Dari hasil pengkajian pelaksanaan skedul inspeksi diperoleh kalkulasi umur komponen Combustion Liner, Transition Piece, 1st; 2nd; dan 3rd Bucket, 1st; 2nd; dan 3rd Nozzle, serta 1st; 2nd; dan 3rd Shroud untuk setiap unit GTG. Tidak terdapat data-data yang pasti mengapa komponen-komponen tersebut diganti dengan yang baru, namun setidaknya setiap komponen rata-rata telah mengalami 1 hingga 3 kali perbaikan (Repair). Tabel 3 berikut ini memperlihatkan kalkulasi rata-rata umur setiap komponen dan bila rata-rata umur setiap komponen tersebut dibuat dalam bentuk grafik, hasilnya diperlihatkan seperti pada Gb. 2. Dari Gb. 2 tersebut secara umum nampak bahwa umur komponen 1st; 2nd; dan 3rd Bucket, 1st; 2nd; dan 3rd Nozzle, serta 1st; 2nd; dan 3rd Shroud pada GTG 1.1 lebih rendah dibandingkan dengan GTG lainnya. Sementara pada GTG 1.3 umur setiap komponen tersebut rata-rata lebih tinggi dibandingkan GTG lainnya.



Gb. 2 : Perbandingan rata-rata umur setiap komponen antara GTG satu dengan GTG lainnya

Dari hasil analisis umur komponen Turbin Gas ini setidaknya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum lokasi dan udara di sekitar Outfall berpengaruh terhadap umur komponen. Hal ini nampak dari umur komponen di GTG 1.1, GTG yang paling dekat dengan Outfall, yang lebih pendek dibanding GTG yang lainnya.
2. Pada GTG 1.3, semua komponen umurnya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan GTG lainnya.
3. Untuk komponen Combustion Liner dan Transition Piece, pada GTG 2.1 umur komponen tersebut lebih pendek dibandingkan dengan GTG 1.3, GTG 2.2 dan GTG 2.3.

D. ANALISIS KERUSAKAN KOMPONEN TURBIN GAS

Pada umumnya kerusakan komponen Turbin Gas di PLTGU Tambak Lorok Semarang terjadi karena: korosi (Corrosion), erosi (Erosion), Rubbing, FOD, retak (Crack), aus (Wear), TBC mengelupas dan

terkontaminasi, dan melengkung (bent). Pengumpulan data komponen yang rusak diperoleh dari dokumen perbaikan (*Repair Report Certificate*) yang dikeluarkan oleh PT. GE NUSANTARA TURBINE SERVICES (PT. GENTS). Tabel 4 di bawah ini memperlihatkan kondisi kerusakan komponen-komponen yang dilakukan perbaikan oleh PT. GENTS untuk GTG 1.1.

Tabel 3 : Rata-rata umur setiap komponen pada masing-masing GTG

Komponen Unit GTG	Comb. Liner	Trans. Piece	1st Stg. Bucket	2nd Stg. Bucket	3rd Stg. Bucket	1st Stg. Nozzle	2nd Stg. Nozzle	3rd Stg. Nozzle	1st Stg. Shroud	2nd Stg. Shroud	3rd Stg. Shroud
GTG 1.1	3042	3042	10440	11151	11123	11123	11123	11123	11123	11123	11123
			10001	8532	8533	8021	8021	8021	8021	8021	8021
			10331								
Rata-Rata			10192.3	9195	8692	8071	8071	8071	8071	8071	8071
GTG 1.2			10471	10471	27043	10571	27043	27043	27043	27043	27043
			14392	14392	14330	14392					
			20931	20931	20931						
Rata-Rata			15886	15886	19774.67	8021	27043	27043	27043	27043	27043
GTG 1.3	42292	42292	22992	14174	14174	42221	42963	42963	42963	42963	42963
	8997	8997	25211	39001	30314	19798		8423	16824	42292	17634
						8997		13788	8997		13788
Rata-Rata	25269.5	25269.5	29040	29040	19360	29040	32966	19360	19360	39000	25831
GTG 2.1	22950	22950	10436	17654	28945	28945	28945	28945	28945	28945	17634
	11927			12161	10436	10436	10436	10436	10436	10436	22957
				10436	9503						
				9503							
Rata-Rata	17723.3	22950	10436	12471	16920	20440.3	20440.3	20440.3	20440.3	20440.3	20440.3
GTG 2.2	34603	34603	34603	34603	34603	34603	34603	34603	34603	34603	34603
			11977								
Rata-Rata	34603	34603	30391	34603	34603	34603	34603	34603	18274	18274	18274
GTG 2.3	24118	24118	24118	24118	24118	24118			24118		
			25069	25069	25069				12149		
Rata-Rata	24118	24118	24963.5	24963.5	24963.5	24118			16163.5		

Dari hasil analisis kerusakan komponen Turbin Gas ini setidaknya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara umum penyebab kerusakan komponen Turbin Gas MS9001E milik PLTGU Tambak Lorok dapat disusun dengan urutan prioritas sebagai berikut : korosi (Corrosion), erosi (Erosion), Rubbing, FOD, retak (Crack), aus (Wear), TBC mengelupas dan terkontaminasi, dan melengkung (bent).
2. Penyebab utama kerusakan komponen tersebut tidak dapat dipastikan (tidak ada keterangan baik dari PLTGU Tambak Lorok maupun PT. GENTS) apakah karena bahan bakar yang digunakan atau kondisi udara di sekitar Pembangkit Turbin Gas
3. Kerusakan komponen karena korosi dan erosi dapat disebabkan oleh unsur-unsur yang terkandung pada bahan bakar HSD yang digunakan maupun oleh udara di sekitar Pembangkit Turbin yang banyak mengandung garam

4. Tidak terlihat dengan jelas korelasi antara lokasi dan kondisi di sekitar Outfall dengan jenis kerusakan komponen. Namun demikian dari fakta bahwa korosi dan erosi merupakan penyebab utama kerusakan komponen, maka dapat dipastikan bahwa kondisi udara yang banyak mengandung garam ikut berperan menyebabkan kerusakan tersebut.

KESIMPULAN

Dari hasil pengkajian pengaruh udara di sekitar outfall terhadap kerusakan komponen HGP Turbin Gas, ditinjau dari pola kerusakan yang terjadi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari analisis jadwal inspeksi diketahui bahwa GTG yang paling dekat dengan Outfall (GTG 1.1) dan GTG yang paling dekat dengan jalan Arteri Utara (GTG 2.3) berpotensi terjadi kerusakan lebih besar, yang perlu direpair atau bahkan diganti dengan yang baru, sehingga menuntut dilakukan skedul inspeksi yang mungkin tidak sesuai dengan Rekomendasi GE maupun Rencana PLTGU Tambak Lorok.
2. Umur komponen GTG 1.1 yang paling dekat dengan outfall yang lebih pendek dibanding GTG lainnya.
3. Dari fakta bahwa korosi dan erosi merupakan penyebab utama kerusakan komponen, maka dapat dipastikan bahwa kondisi udara yang banyak mengandung garam ikut berperan menyebabkan terjadinya kerusakan tersebut.

Dari hasil pengkajian lain yaitu penelitian kandungan garam dan mist pada udara di sekitar outfall, laju korosi sampel parts yang dipasang di seluruh area GTG, serta efektifitas filter udara GTG juga menunjukkan adanya pengaruh udara di sekitar outfall terhadap kerusakan HGP parts unit-unit Turbin Gas tersebut.