

OPTIMALISASI PERFORMA TURBIN GAS SERI M701D BLOK 2 UNIT 3 MENGGUNAKAN METODE COMBUSTION INSPECTION PADA PT. XYZ

Oleh:

Rizky Hernanda Pramudya 221020200068

Dosen pembimbing: Dr. A'rasy Fahrudin, S.T., M.T.

Progam Studi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Agustus, 2026



Pendahuluan

Overhaul adalah proses pemeliharaan berat yang dilakukan secara periodik untuk memeriksa, mengganti, atau memperbaiki komponen-komponen kritis pada turbin gas. Pelaksanaan *Overhaul* yang tepat dapat memulihkan efisiensi termal, menurunkan konsumsi bahan bakar, serta memperpanjang umur pakai mesin. Di sisi lain, jika tidak dilakukan secara tepat waktu dan sesuai prosedur, bisa berakibat pada menurunnya efisiensi operasional hingga potensi gangguan sistem yang lebih luas.



Rumusan Masalah

“Bagaimana pengaruh performa turbin gas seri M701D blok 2 unit 3 secara keseluruhan sebelum dan sesudah dilakukan *combustion inspection* di PT. XYZ ? ”

Batasan Masalah

1. Perhitungan kerja dan efisiensi, menggunakan data kerja dari GT 2.3 di PT. XYZ.
2. Perhitungan yang dilakukan menggunakan data dari GT 2.3 dengan beban ± 100 MW.
3. Data yang diambil merupakan data beban sebelum dan sesudah *combustion inspection*.

Tujuan Penelitian

“Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan unjuk kerja siklus brayton pada Blok 2 Unit 3 PT. XYZ antara data operasi sebelum dengan data setelah *combustion inspection* dan pengaruh terhadap peningkatan efisiensi thermal.”

Manfaat Penelitian

“Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi dan rekomendasi teknis mengenai efektivitas *combustion inspection* yang telah dilakukan, dan dapat menjadi acuan bagi pelaksanaan pemeliharaan serupa di unit pembangkit lainnya untuk mengoptimalkan kinerja dan efisiensi mesin.”

Penelitian Terdahulu

Rahmadi, Sandy Okta Pratama, Arfianto Fendy

“Analisis pengaruh combustion inspection terhadap efisiensi turbin gas blok 2 unit 1 PLTGU” untuk mengetahui pengaruh dari “Combustion Inspection” terhadap Efisiensi Turbin Gas Blok 2 unit 1 PLTGU .

Research GAP

Penelitian yang ada mungkin tidak secara spesifik membahas Turbin Gas Unit 2.3 di PT. XYZ. Setiap unit memiliki karakteristik operasional, jam operasi ekuivalen (*Equivalent Operating Hour/EOH*), dan riwayat perawatan yang unik, yang dapat memengaruhi hasil CI.

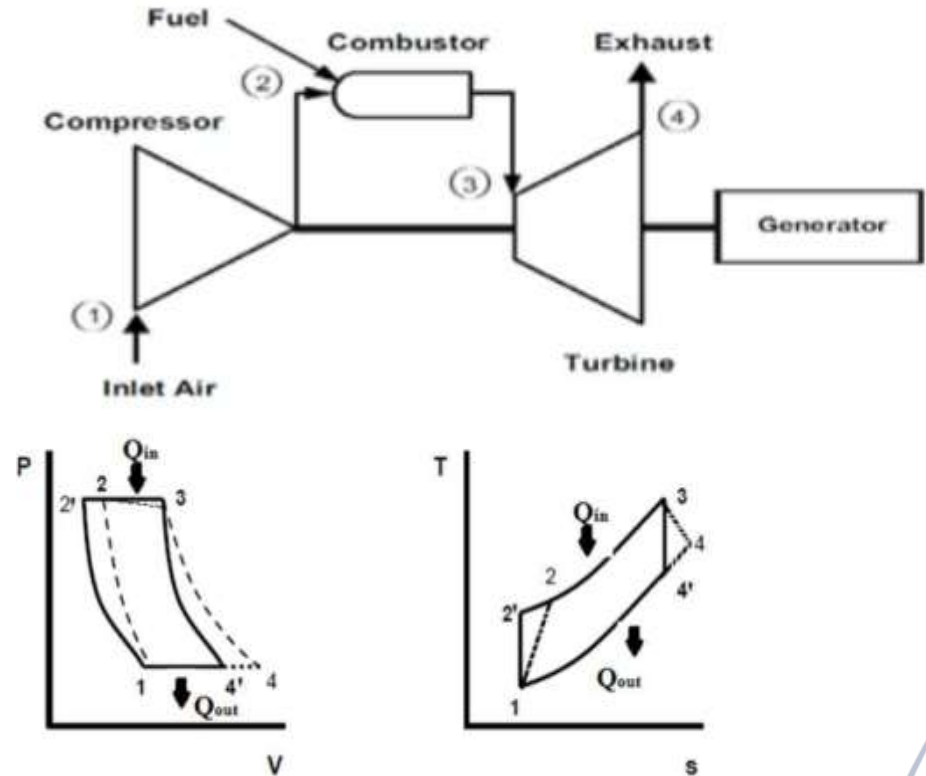
Novelty

Penelitian ini menyajikan kebaruan dengan melakukan Analisis Eksergi dan Evaluasi Finansial yang komprehensif terhadap dampak *Combustion Inspection* pada Turbin Gas Unit 2.3 di PT. XYZ, yang memiliki jam operasi dan kondisi lingkungan unik, dimana studi-studi sebelumnya di lokasi yang sama masih didominasi oleh analisis efisiensi termal sederhana."

Dasar Teori

Siklus Brayton adalah siklus termodinamika yang menjelaskan cara kerja turbin gas, melibatkan kompresi udara secara adiabatik, penambahan panas pada tekanan konstan (pembakaran), ekspansi adiabatik gas panas melalui turbin untuk menghasilkan kerja, lalu pendinginan pada tekanan konstan. Siklus ini merupakan dasar dari turbin gas pembangkit listrik (PLTG), di mana energi dari pembakaran bahan bakar diubah menjadi daya mekanik atau dorong.

“Analysis of Brayton Cycle Efficiency at 100 MW Load Before and After of Unit 1 Block 1 at PLTGU PT . PLN Nusantara Power Up Gresik,” vol. 2, pp. 1540–1547, 2024.



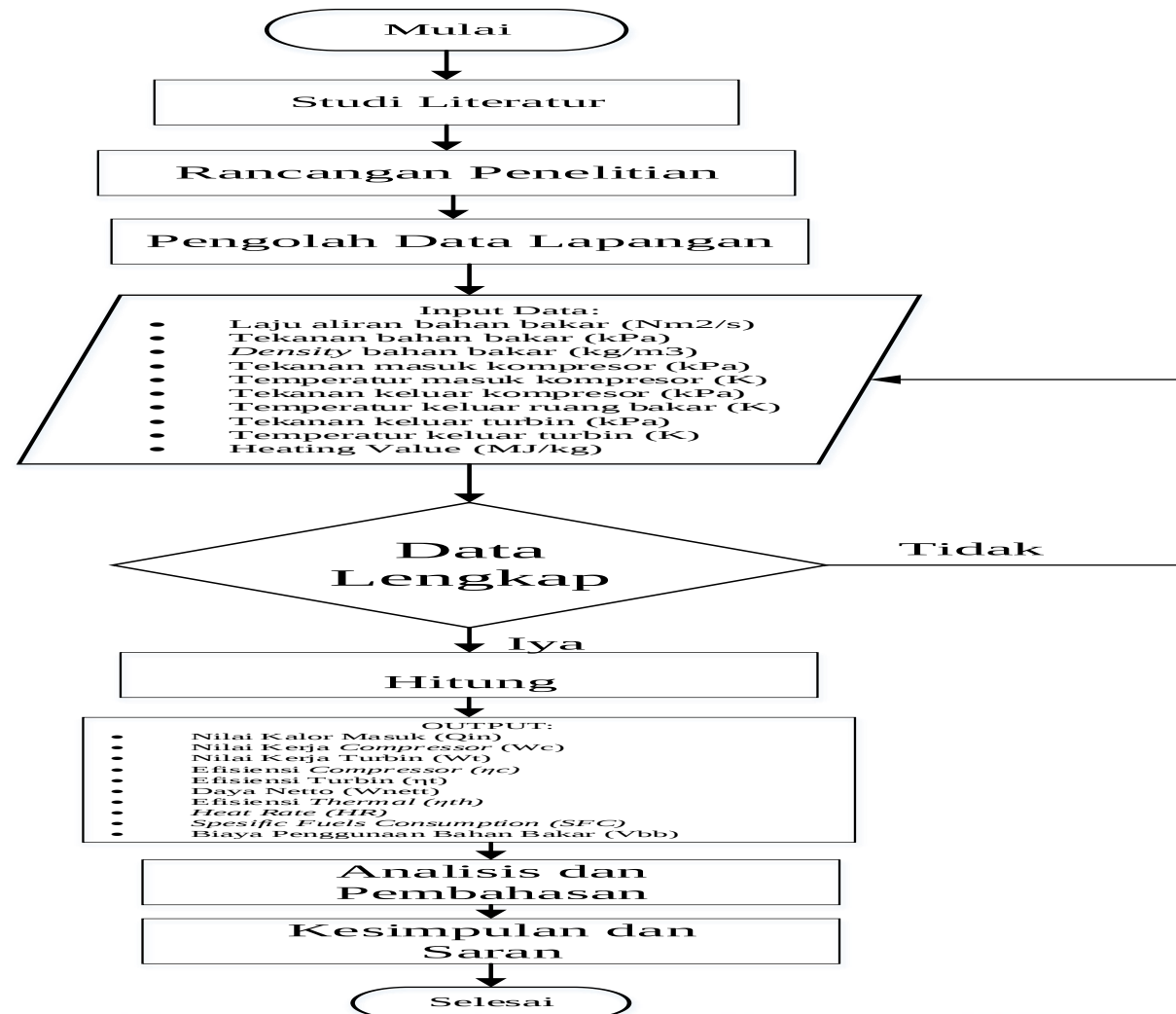
1-2' – 3-4' = Proses turbin gas ideal

1-2 – 3-4 = Proses turbin gas aktual

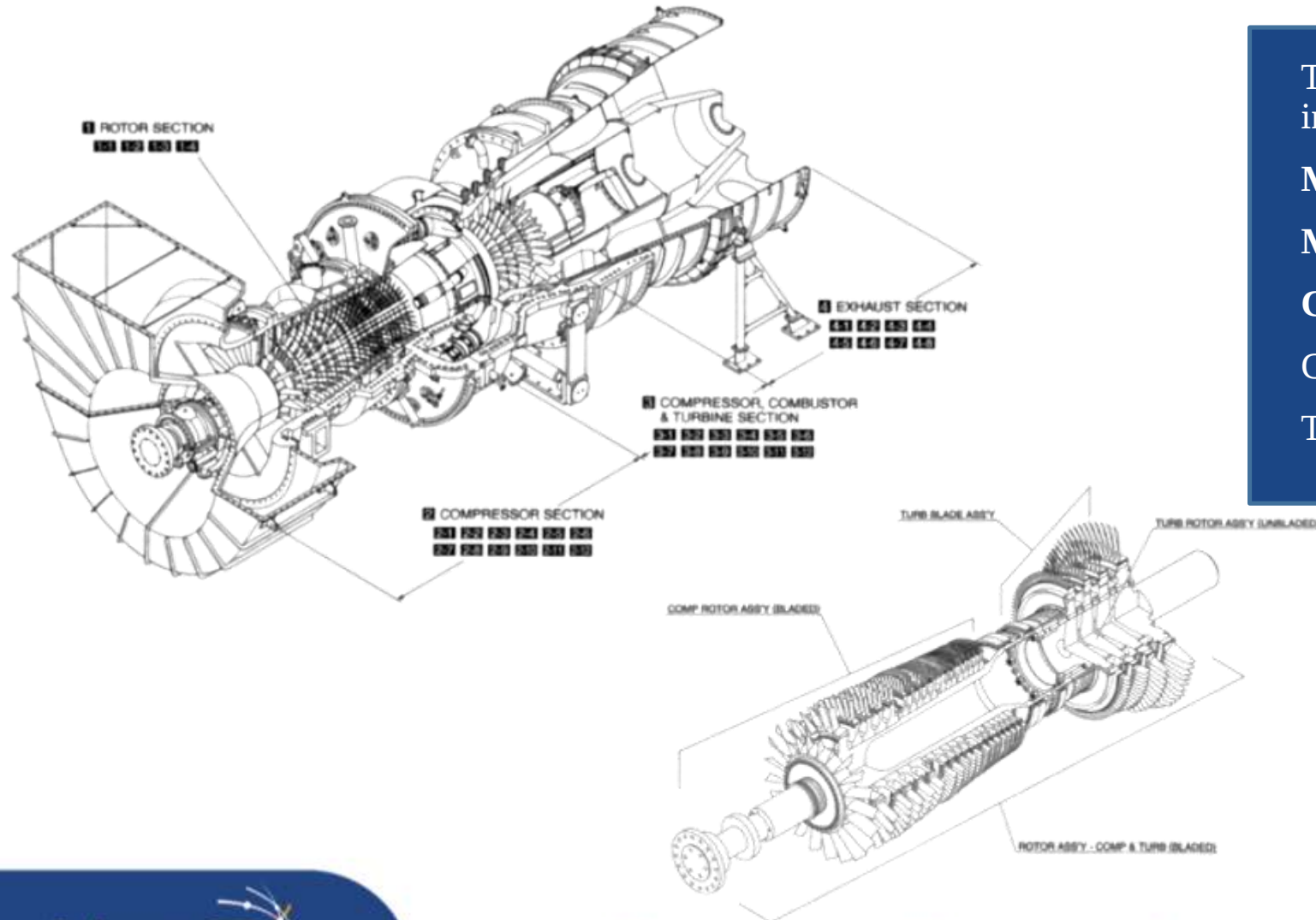
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan pelaksanaan studi lapangan yang difokuskan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) milik PT. XYZ. Penelitian ini menggunakan data dari wawancara, observasi, dan dokumen dibandingkan satu sama lain untuk menemukan kesamaan, perbedaan, dan konsistensi dalam informasi yang diperoleh. Proses ini membantu memperkuat temuan-temuan yang ada dan memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap pemeliharaan unit. Proses penelitian dibagi ke dalam dua tahap utama, yaitu: analisis perhitungan terhadap kinerja turbin gas, dan upaya optimasi performa turbin gas.

Diagram alir penelitian



Spesifikasi Turbin Gas 2.3



Type : Open-cycle, single shaft, heavy duty industrial gas turbine.

Model : M701D

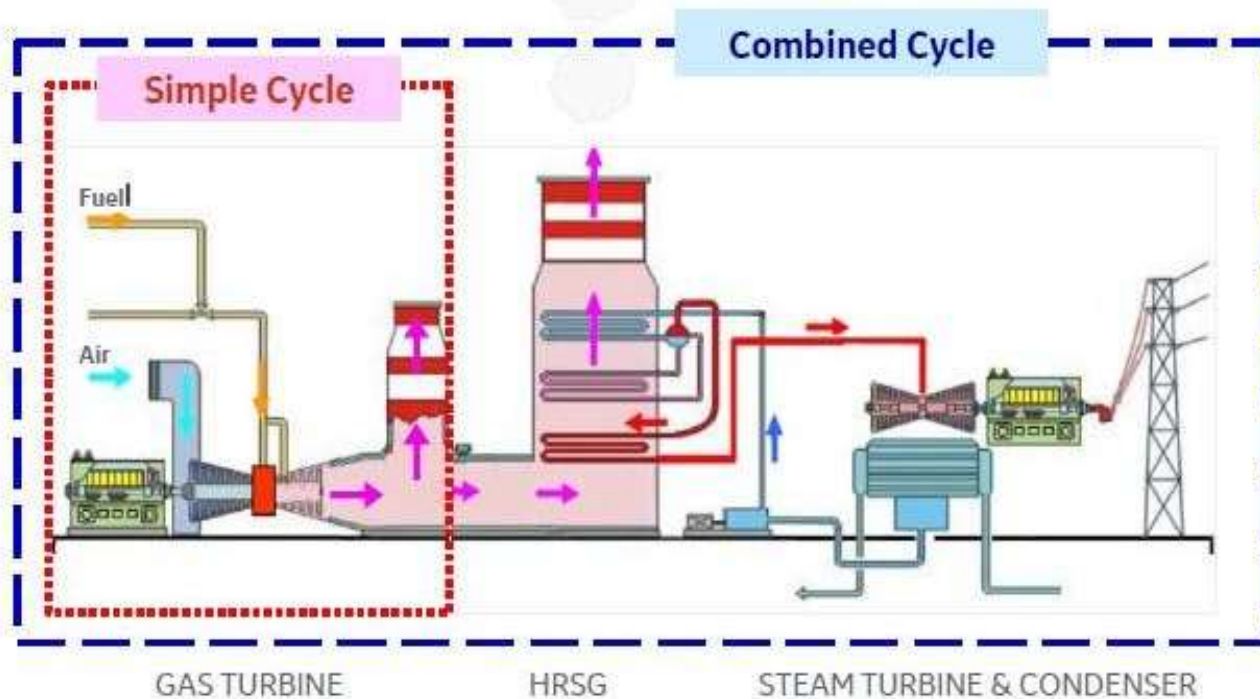
Merk : Mitsubishi (Japan)

Compressor type : Axial flow, 19 stages

Combuter type : Connular, 18 Baskets

Turbine type : Axial flow, 4 stages

SIKLUS PLTGU



Proses pembangkitan listrik pada sebuah PLTGU merupakan sistem gabungan, itu berarti siklus yang terjadi juga terdiri dari gabungan dua siklus. Siklus PLTG menerapkan siklus Brayton, sedangkan siklus PLTU menerapkan siklus *ideal Rankine*. Penggabungan siklus tunggal PLTG dan PLTU menjadi suatu kesatuan siklus yaitu siklus kombinasi atau *combine cycle* pada satu unit pembangkitan listrik PLTGU.

Pada PLTGU secara umum dalam operasinya ada 2 mode yaitu *open cycle* dan *combined cycle*. *Open cycle* yaitu ketika gas buang dari turbin gas saat beroperasi langsung di buang ke udara bebas melalui *by pass stack*. Sedangkan *combined cycle* jika gas buang dari turbin gas dimanfaatkan kembali untuk memanaskan air pada HRSG untuk menghasilkan uap yang selanjutnya akan dialirkan menuju turbin uap

Data Overhaul Combustion Inspection

No	Properties	Satuan	Sebelum	Sesudah
1	Laju aliran bahan bakar ($\dot{Q}_{bb}$)	NM ³ /s	8,386	8,422
2	Tekanan bahan bakar (P_{bb})	kPa	2.551	2.453
3	Density bahan bakar (ρ)	kg/m ³	0,7514	0,7514
4	Tekanan masuk kompresor (P1)	kPa	101,325	101,325
5	Temperatur masuk kompresor (T1)	K	299,25	302,55
6	Tekanan keluar kompresor (P2)	kPa	1307	1218
7	Temperatur keluar ruang bakar (T2)	K	681,85	681,85
8	Tekanan keluar turbin	kPa	104	105
9	Temperatur keluar turbin (T4)	K	794,65	777,45
10	Gross Heating Value	kJ/kg	51.117	51.117

Hasil Perhitungan Input Data *Overhaul Combustion Inspection*

Perhitungan Unjuk Kerja Turbin Gas Sebelum *Overhaul Combustion Inspection*

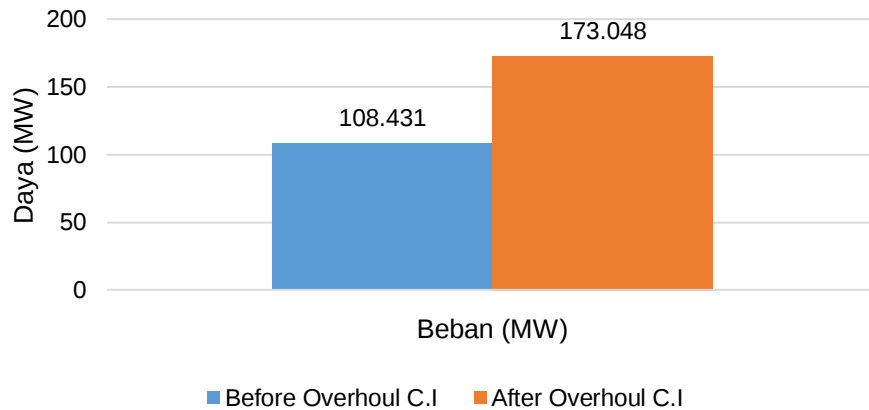
No	Beban	W kompresor (MW)	W Turbin (MW)	Q_{in} (MW)	W Netto	EFF Thermal (%)	EFF Kompresor (%)	EFF Turbin (%)
1	100,9	108,431	237,169	340.490	131,653	39	82	62

Perhitungan Unjuk Kerja Turbin Gas Setelah *Overhaul Combustion Inspection*

No	Beban	W kompresor (MW)	W Turbin (MW)	Q_{in} (MW)	W Netto	EFF Thermal (%)	EFF Kompresor (%)	EFF Turbin (%)
1	100,8	173,048	333,759	340,490	160,711	47	83	63

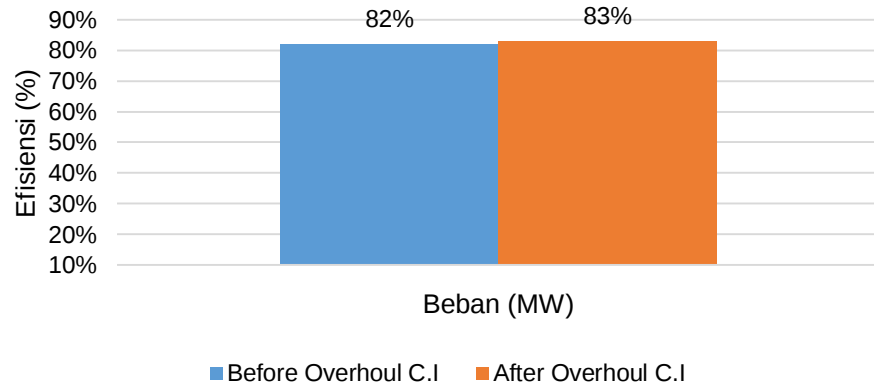
Hasil Perhitungan Input Data *Overhaul Combustion Inspection*

Daya Kerja Compressor



Menunjukkan bahwa kompresor telah berhasil dipulihkan dari kondisi penurunan performa (*degradation*). Nilai yang lebih besar setelah inspeksi menandakan kompresor kini bekerja dengan kapasitas penuh (mampu mengalirkan udara dengan densitas dan laju aliran yang jauh lebih tinggi) dibandingkan saat kondisinya masih kotor.

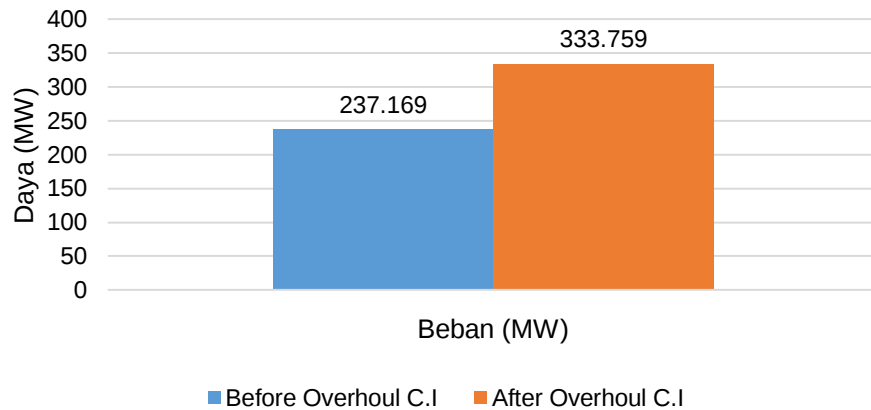
Efisiensi Compressor



Membuktikan bahwa proses atau inspeksi berhasil mengembalikan kondisi geometri dan kebersihan kompresor mendekati kondisi idealnya (83%). Walau angkanya hanya naik 1%, kontribusinya sangat masif dalam menopang peningkatan laju aliran udara dan daya kerja kompresor secara keseluruhan tanpa pemborosan energi.

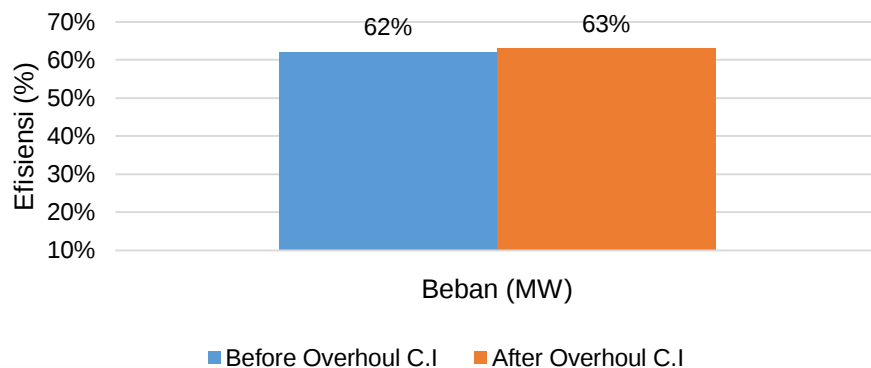
Hasil Perhitungan Input Data *Overhaul Combustion Inspection*

Daya Kerja Turbin



Pelaksanaan kegiatan *overhaul combustion inspection* terbukti memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kapasitas pembangkitan daya mekanis pada unit turbin. Terjadi lonjakan daya kerja turbin sebesar 96,59 MW

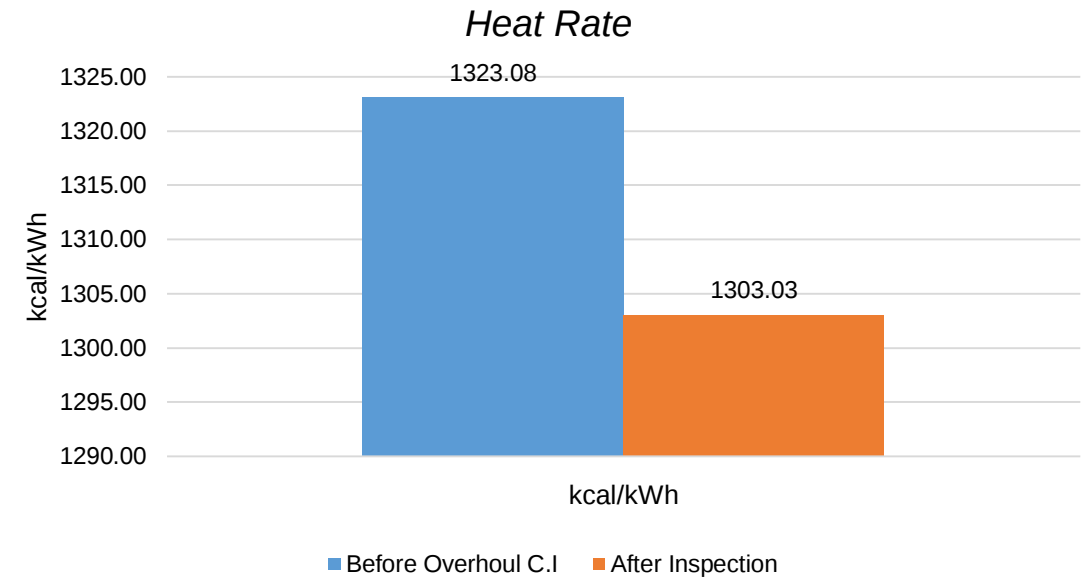
Efisiensi Turbin



Meskipun secara angka peningkatan efisiensi terlihat linear dan berada pada angka 1%, kenaikan ini sangat krusial bagi mesin rotasi berskala megawatt. Hasil ini mengindikasikan bahwa tindakan perawatan berhasil merestorasi kualitas ekspansi gas panas di dalam turbin dengan cara meminimalkan rugi-rugi aliran (*flow losses*) akibat penumpukan material sisa pembakaran (*fouling*) maupun degradasi celah mekanis (*clearance*).

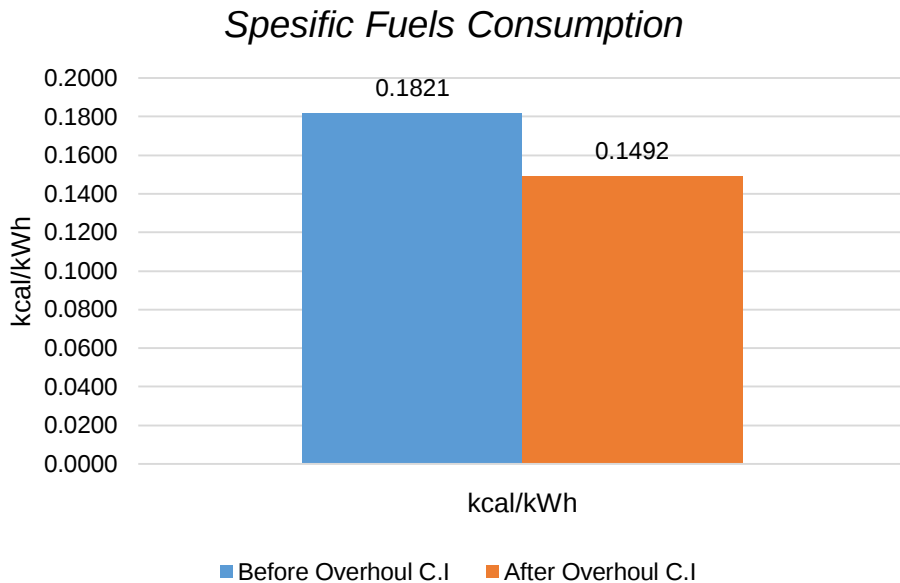
Hasil Perhitungan Input Data *Overhaul Combustion Inspection*

Heat rate adalah jumlah energi panas bahan bakar (dalam kJ, kcal, atau Btu) yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap **1 kWh** energi listrik.



Penurunan *heat rate* ini melengkapi benang merah keberhasilan dari rangkaian pemeliharaan sebelumnya. Dengan kompresor dan turbin yang bekerja lebih optimal (daya naik dan efisiensi meningkat), sistem pembangkit kini mampu beroperasi jauh lebih ekonomis dan efisien secara keseluruhan pasca-inspeksi.

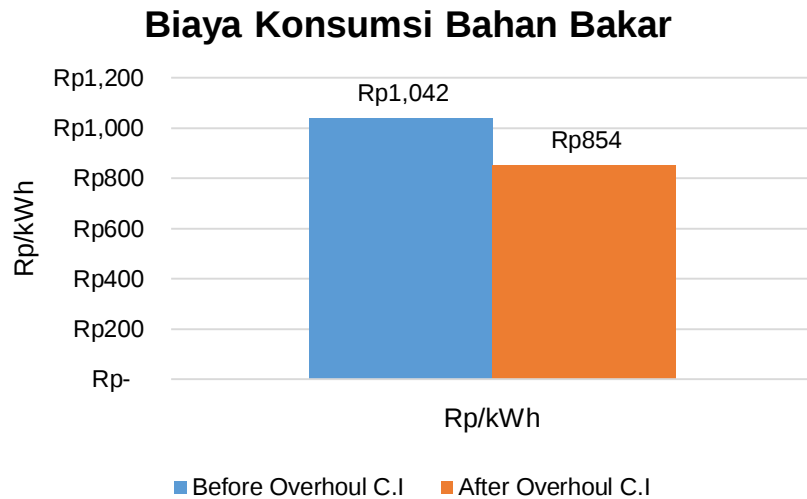
Hasil Perhitungan Input Data *Overhaul Combustion Inspection*



Specific Fuel Consumption (SFC) adalah metrik yang mengukur efisiensi sebuah mesin dalam mengubah bahan bakar menjadi tenaga yang bermanfaat. Nilai ini menunjukkan seberapa banyak bahan bakar (dalam massa) yang dibutuhkan mesin untuk menghasilkan satu satuan daya dalam jangka waktu tertentu. Semakin rendah nilai SFC, semakin efisien mesin tersebut.

Penurunan nilai SFC ini mengindikasikan bahwa jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap unit daya (kWh) kini menjadi lebih sedikit. Secara teknis, hal ini melengkapi data penurunan heat rate pada tahap sebelumnya, yang berarti sistem pembangkit telah kembali ke performa optimalnya dan dapat beroperasi dengan biaya bahan bakar yang lebih hemat.

Hasil Perhitungan Input Data *Overhaul Combustion Inspection*



Berdasarkan grafik diatas, menunjukkan bahwa biaya konsumsi bahan bakar sebelum *Overhaul Combustion Inspection* sebesar **Rp1.042/kWh**, sedangkan biaya konsumsi bahan bakar setelah *Overhaul Combustion Inspection* sebesar **Rp854/kWh**. Secara keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar setelah dilakukan *Overhaul Combustion Inspection* memang lebih sedikit daripada sebelum *Overhaul Combustion Inspection*. Sehingga bisa diartikan juga bahwa setelah dilakukan *Overhaul Combustion Inspection* ini turbin gas menjadi lebih irit bahan bakar.

Hasil & Kesimpulan

Pelaksanaan pemeliharaan berat dengan metode *Combustion Inspection* (CI) pada Gas Turbin Seri M701D Blok 2 Unit 3 di PT. XYZ terbukti berhasil dalam mengembalikan dan mengoptimalkan performa pembangkit. Dari analisis data operasional pada beban 100 MW.

Ucapan Terima kasih

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

