

ANALISA PERFORMA TURBIN GAS TIPE CW251 B11 PADA SYSTEM PEMBANGKITAN LISTRIK TENAGA GAS SEKTOR PEMBANGKITAN BALI

Haleonar Mycson Karusitio Silaban¹⁾, Abdul Ghofur²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

Email: haleonarmycson@gmail.com

Abstract

In Bali, electricity demand is based on PLN data of 446,172 MW. To meet this load requirement PLN Bali relies on four different power plants in Pesanggaran, Gilimanuk, Pemaron, and Pontianak. Most electricity generation in Bali uses Gas Power Plants. In the gas generation of the Bali generation there is damage in the turbine section. To find out the effect of this damage, a study was conducted. From this study it is known that the relationship between efficiency and the performance of a gas turbine is that if the performance rises, efficiency will increase. The turbine intake temperature and turbine exit temperature will affect turbine performance.

Keywords: Gas Power Plants, Turbine, Performance

Abstrak

Di Bali, kebutuhan listrik berdasarkan data PLN 446.172 MW. Untuk memenuhi kebutuhan beban ini, PLN Bali mengandalkan empat pembangkit listrik berbeda di Pesanggaran, Gilimanuk, Pemaron, dan Pontianak. Sebagian besar pembangkit listrik di Bali menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Gas. Pada pembangkit gas generasi Bali terjadi kerusakan pada bagian turbin. Untuk mengetahui pengaruh kerusakan tersebut, dilakukan penelitian. Dari penelitian ini diketahui bahwa hubungan antara efisiensi dan kinerja suatu turbin gas adalah jika performansi naik maka efisiensi akan meningkat. Temperatur masuk turbin dan temperatur keluar turbin akan mempengaruhi kinerja turbin.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Gas, Turbin, Kinerja

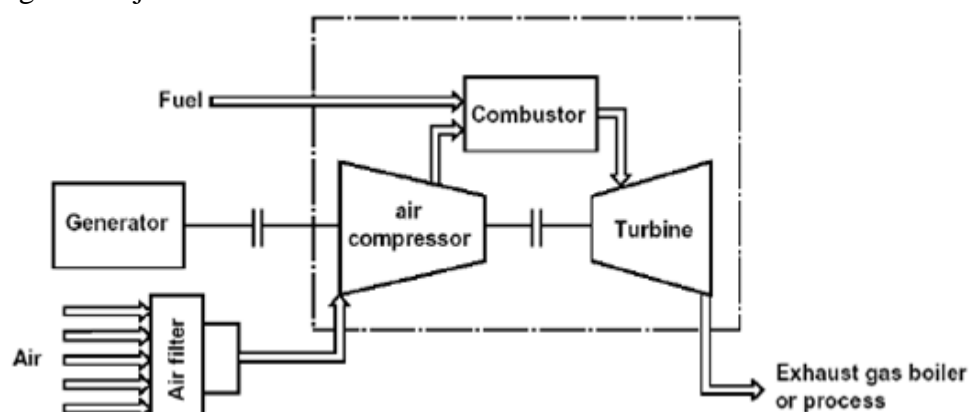
PENDAHULUAN

Di wilayah bali, kebutuhan listrik sesuai dengan data PLN distribusi bali yang tertinggi adalah 446.172 MW untuk memenuhi kebutuhan beban sebesar itu PLN Bali mengandalkan empat pembangkit listriknya yang berbeda di Pesanggaran, Gilimanuk, Pemaron, dan Pontianak. Umumnya pembangkitan di Bali menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang besar dalam cakupan Jawa Bali dengan waktu yang relative singkat, sehingga kehandalan kinerja sangatlah dibutuhkan dalam memenuhi permintaan yang semakin meningkat.

Diperlukan field performance test untuk menentukan daya yang dihasilkan. Dalam kasus tertentu, efisiensi dan komponen individu seperti kompresor dan turbin ditunjukkan secara khusus ketika diperkirakan terjadi penurunan performa. Secara umum, performa pembangkit akan dibandingkan dengan nilai – nilai base line, pada saat tiba untuk kondisi operasi pembangkit dibandingkan dengan nilai disain.

Sistem Turbin Gas

Turbin gas adalah suatu sistem penggerak mula yang menggunakan gas sebagai penggerakannya. Pada turbin gas, energi kinetik dirubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran yang menggerakkan sudu-sudu turbin sehingga menghasilkan listrik. Bagian turbin yang berputar disebut rotor dan bagian turbin yang diam disebut stator. Rotor memutar poros daya yang menggerakkan beban (generator listrik, pompa, kompresor atau yang lainnya). Bagian-bagian dari turbin gas ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Turbin Gas

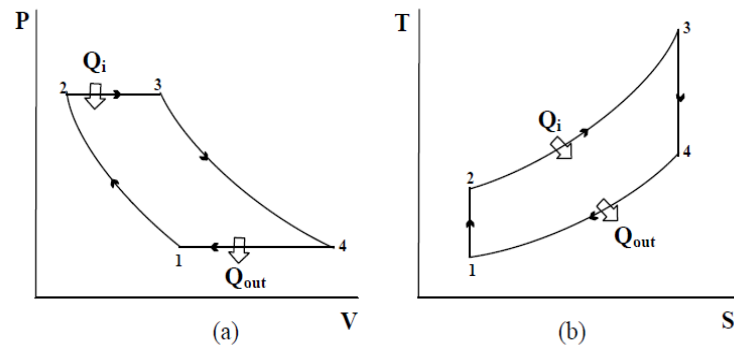
Keterangan :

1. Air intake filter : Terjadi proses penyaringan udara masuk ke dalam kompresor.
2. Kompresor : Terjadi proses kompresi, tekanan udara naik.
3. Combustor : Terjadi proses pencampuran udara kompresi dengan bahan bakar
4. Turbin : Terjadi proses ekspansi.
5. Exhaust : Terjadi proses pembuangan gas hasil pembakaran.
6. Generator : Terjadi proses pembangkitan daya akibat putaran poros.

Turbin Gas yang digunakan pada PT. Indonesia Power UBP Bali terutama unit PLTG 3 dan PLTG 4 menggunakan turbin gas buatan Westing House dengan tipe 251 B11. Turbin gas ini terdiri dari 19 tingkat kompresor aliran aksial. Bagian pembakaran terdiri dari 8 buah ruang bakar dan tiga turbin reaksi. Mesin berporos tunggal dipasang pada sebuah flat pondasi dengan sebuah gigi reduksi, tangki minyak pelumas, pompa dan saringan. Putaran nominal mesin adalah 5.427 rpm, sementara generator digerakkan dari belakang komponen melalui gigi reduksi kerucut ganda. Selubung penutup mesin dipisahkan secara horizontal untuk memudahkan masuk ke bagian dalam mesin untuk tujuan pemeliharaan atau perbaikan. Sudut komponen dan sudut turbin dikeluarkan sendiri-sendiri.

Konfigurasi Turbin Gas

Hubungan antara tekanan dan volume dan hubungan antara suhu dengan entropi pada Siklus Brayton ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Siklus Brayton: (a) Diagram P-V. (b) Diagram T-S

Proses yang terjadi dalam Siklus Brayton adalah sebagai berikut:

1. Proses Kompresi

Proses 1 – 2, merupakan proses kompresi secara isentropik. Udara luar (atmosfer) dimampatkan secara adiabatik dimana sistem diisolasi secara sempurna terhadap panas, maka kompresi akan berlangsung tanpa ada panas yang masuk atau keluar gas. Secara ideal, proses ini menimbulkan perubahan parameter tekanan P dan temperatur T dengan asumsi volume kontrol pada kondisi tunak. Tekanan udara keluar kompresor (P_2) lebih besar dari tekanan udara masuk kompresor (P_1) dan temperatur udara keluar kompresor (T_2) lebih besar dari temperatur udara masuk kompresor (T_1). Namun secara aktual perubahan parameter tersebut diikuti dengan perubahan volume spesifik dimana volume udara keluar kompresor (V_2) lebih kecil dari volume udara masuk kompresor (V_1). Fluida yang melewati kompresor mengalami kenaikan entropi spesifik yang menyebabkan terjadinya kenaikan tekanan yang kurang optimal. Meskipun tidak terlalu signifikan, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti rugi gesekan dan perpindahan panas ke lingkungan.

2. Proses Pembakaran

Proses 2 – 3, merupakan proses pembakaran pada ruang bakar pada tekanan P konstan. Secara ideal, pada proses pembakaran hanya terjadi perubahan temperatur gas. Temperatur gas hasil pembakaran (T_3) lebih besar dari temperatur udara hasil kompresi (T_2). Penambahan volume spesifik mengakibatkan volume gas hasil pembakaran (V_3) lebih besar dari volume udara hasil kompresi (V_2). Namun secara aktual, pada ruang bakar terjadi penurunan tekanan gas hasil pembakaran (P_3) akibat gesekan.

3. Proses Ekspansi

Proses 3 – 4, merupakan proses ekspansi yang terjadi secara isentropik pada turbin. Pada kondisi ideal, ekspansi turbin menyebabkan penurunan tekanan gas yang telah digunakan untuk memutar turbin (P_4) yang diikuti dengan penurunan temperatur gas (T_4). Namun secara aktual, terdapat efek ireversibilitas yang menyebabkan penurunan temperatur pada turbin lebih kecil dibandingkan dengan kenaikan temperatur udara pada kompresor yang disebabkan rugi-rugi. Hal ini

mengakibatkan penurunan kerja turbin. Dan akibat ekspansi turbin, terjadi perubahan nilai volumetrik gas yang menyebabkan bertambahnya volume gas (V_4). Bagian turbin merupakan bagian yang mengkonversi energi kinetik gas panas hasil pembakaran dari ruang bakar menjadi tenaga putar mekanis. Gas panas hasil pembakaran yang memiliki temperatur tinggi dan tekanan harus diubah menjadi fluida yang memiliki kecepatan tinggi untuk memutar sudu-sudu turbin. Untuk mengubah temperatur dan tekanan gas hasil pembakaran, gas tersebut dialirkan melalui sudu tetap turbin yang dirancang sedemikian rupa sehingga menyerupai prinsip kerja nozel. Pada sudu tetap tersebut kecepatan gas bertambah dan tekanan berkurang, karena sudut sudu tetap diarahkan agar tepat mengenai sudu gerak turbin.

4. Proses Pembuangan

Proses 4 – 1, merupakan proses pembuangan gas pada tekanan konstan ($P_4 = P_1$). Terjadi pelepasan kalor dari gas ke lingkungan yang menghasilkan temperatur gas buang menjadi sama dengan temperatur udara lingkungan. Secara proses, gas hasil pembakaran yang telah melalui serangkaian proses pada turbin kemudian dialirkan menuju saluran pembuangan (exhaust duct) untuk dialirkan ke udara. Pada kondisi ini, tekanan gas buang (P_4) sama dengan tekanan atmosfer (P_1).

Komponen Turbin Gas

Komponen turbin gas terdiri dari:

1. *Air Inlet Section*

Berfungsi untuk menyaring kotoran dan debu yang terbawa dalam udara sebelum masuk ke kompresor. *Air inlet section* PLTG Unit 4 dapat di lihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. *Air Inlet Section* PLTG Unit 4

2. *Compressor Section*

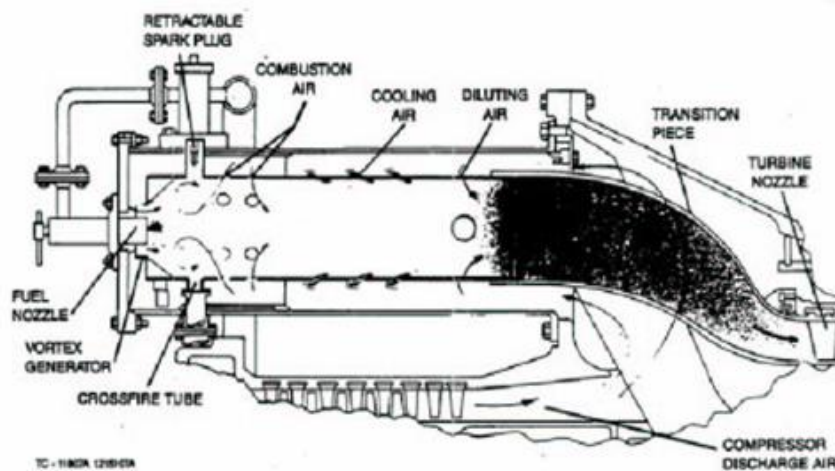
Compressor section berfungsi untuk mengkompresikan udara yang berasal dari *inlet air section* agar udara tersebut bertekanan tinggi sehingga pada saat terjadi pembakaran dapat menghasilkan gas panas dengan kecepatan tinggi. *Compressor Section* di PLTG Unit 4 dapat di lihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. *Compressor Section* PLTG Unit 4

3. *Combustion Section*

Tepat terjadinya proses pembakaran bahan bakar dengan udara. Hasil pembakaran ini berbentuk energi panas yang kemudian diubah menjadi energi kinetik dengan mengarahkan udara panas tersebut ke *transition pieces* yang juga berfungsi sebagai *nozzle*. Contoh *combustion section* dapat di lihat dalam Gambar 5.



Gambar 5. *Combustion Section*

4. *Turbine Section*

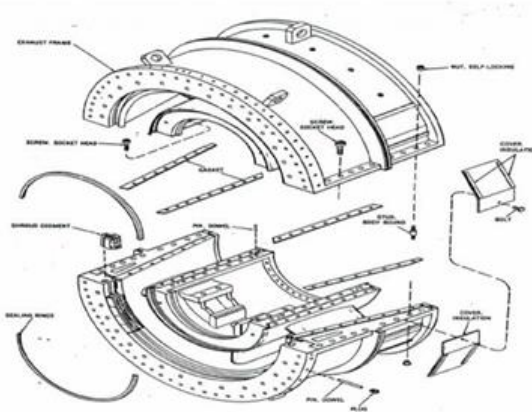
Di *Turbine Section* terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan kompresor aksial dan perlengkapan lainnya. *Turbin section* PLTG Unit 4 dapat di lihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Turbin Section PLTG Unit 4

5. *Exhaust Section*

Exhaust section merupakan bagian pembuangan dari turbin gas yang berfungsi sebagai saluran pengeluaran gas dari turbin gas. Contoh *exhaust section* dapat di lihat dalam Gambar 7.



Gambar 7. Exhaust Section

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini berupa observasi di PT Indonesia Power UBP Bali Unit Pesanggaran PLTG. Metode penelitian ini terdiri dari:

1. Metode Lapangan

Yaitu dengan mengamati secara langsung sistem turbin gas yang ada di PLTG Bali dan juga melihat secara langsung bagian-bagian turbin gas ketika terjadi overhaul pada PLTG UBP Bali Unit 4 yang didampingi oleh mentor dan tenaga teknis.

2. Metode Observasi

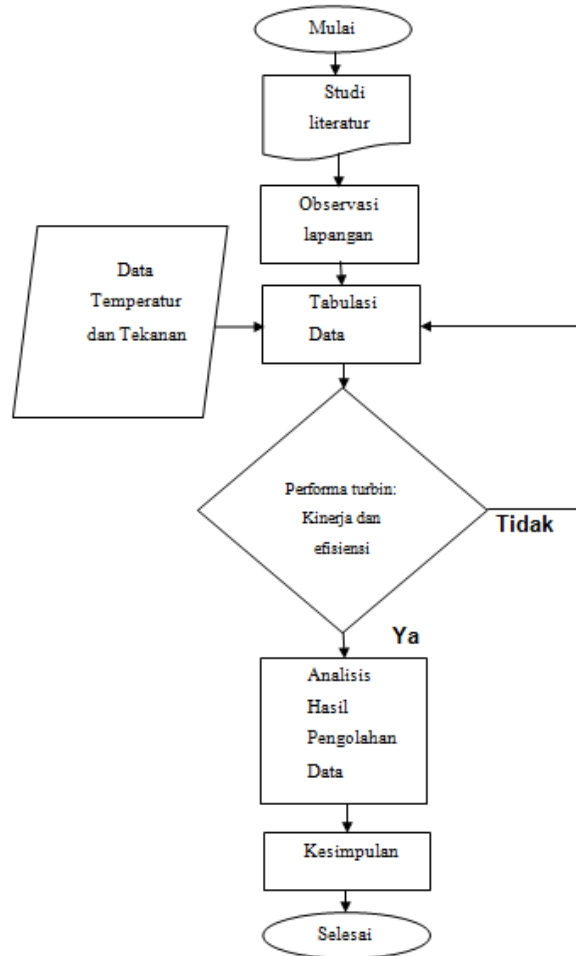
Yaitu untuk mencari data – data yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir yang kemudian digunakan untuk melakukan perhitungan dan menganalisa hasil perhitungan.

3. Metode Wawancara

Yaitu pengajuan pertanyaan kepada pihak yang lebih ahli dalam bidang turbin gas untuk memperkuat data-data yang sudah didapatkan pada proses observasi. Pengajuan pertanyaan secara langsung kepada teknisi dan operator setempat.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat di lihat dalam Gambar 8.

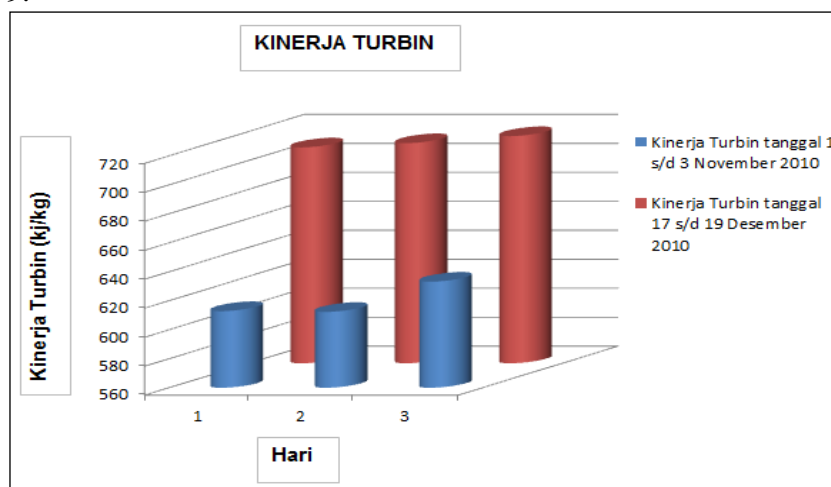


Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kinerja Turbin

Analisa kinerja turbin sebelum dan sesudah perbaikan dapat di lihat dalam Gambar 9.

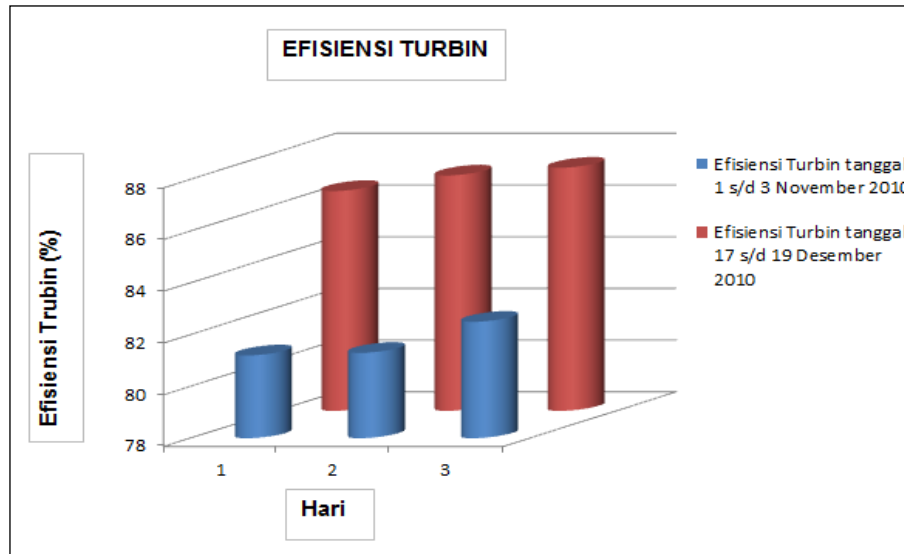


Gambar 9. Kinerja Turbin

Dari Gambar 9 diketahui bahwa kinerja turbin pada tanggal 1 s/d 3 November 2010 yaitu sekitar 612,9057 kJ/kg sampai 633,2260 kJ/kg. Untuk kinerja turbin pada tanggal 17 s/d 19 Desember 2010 memiliki nilai yang cukup baik yaitu dari 708,9780 kJ/kg sampai 716,7845 kJ/kg, sehingga daya yang dihasilkan mengalami perubahan cukup baik dari daya yang dihasilkan pada tanggal 1 s/d 3 November 2010. Adanya kenaikan kinerja turbin pada tanggal 17 s/d 19 Desember 2010 karena adanya perbaikan pada tanggal 4 November 2010 s/d 16 Desember 2010.

Analisa Efisiensi Turbin

Analisa efisiensi turbin sebelum dan sesudah perbaikan dapat di lihat dalam Gambar 10.

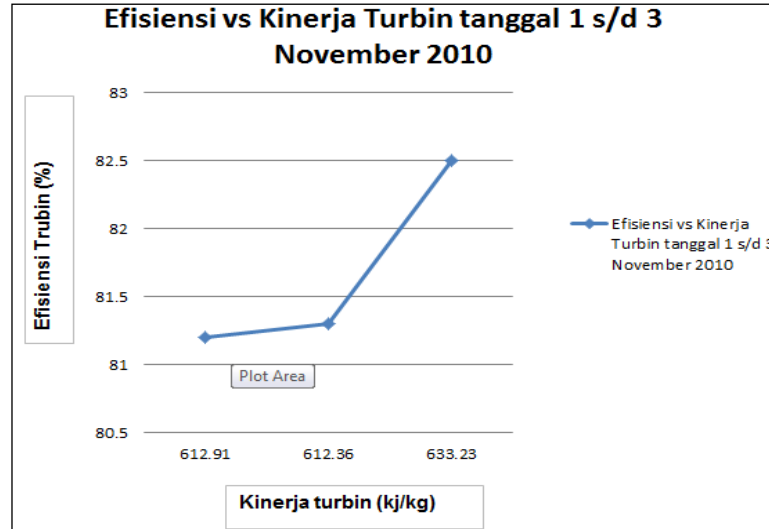


Gambar 10. Efisiensi Turbin

Dari Gambar 10 diketahui bahwa efisiensi turbin pada tanggal 1 s/d 3 November 2010 yaitu sekitar 81,2% sampai dengan 82,5%. Untuk kinerja turbin pada tanggal 17 s/d 19 Desember 2010 memiliki nilai yang cukup baik yaitu dari 86,5% sampai dengan 87,4%. Temperatur masuk turbin mempengaruhi baiknya dari efisiensi turbin. Adanya kenaikan efisiensi turbin pada tanggal 17 s/d 19 Desember 2010 karena adanya perbaikan pada tanggal 4 November 2010 s/d 16 Desember 2010.

Analisa Kinerja vs Efisiensi Sebelum Perbaikan Tanggal 1 November s/d 3 November 2010

Analisa hubungan efisiensi turbin dan kinerja sebelum perbaikan pada tanggal 1 November s/d 3 November 2010 dapat di lihat dalam Gambar 11.

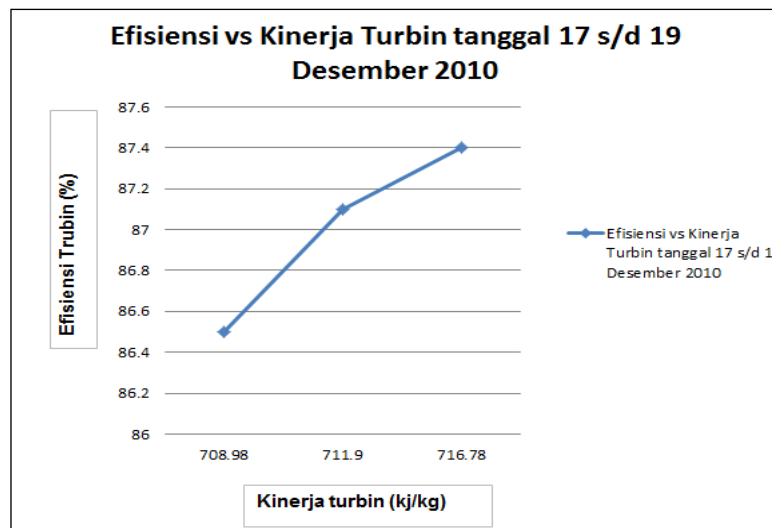


Gambar 11. Grafik Kinerja vs Efisiensi Sebelum Perbaikan Tanggal 1 November s/d 3 November 2010

Dari Gambar 11 diketahui bahwa pada hari pertama dan kedua, kinerja turbin tidak jauh berbeda nilainya sekitar 612,9057 kJ/kg sampai dengan 612,3577 kJ/kg begitu juga dengan efisiensi masih dalam nilai yang sama yaitu sekitar 81,2% sampai dengan 81,3%. Di hari ketiga kinerja naik dari 612,3577 kJ/kg sampai dengan 633,2260 kJ/kg dan efisiensi naik sekitar 1 % dari 81.3% sampai dengan 82,5%. Adanya kenaikan temperatur masuk turbin dan tekanan mempengaruhi naiknya dari kinerja dan efisiensi turbin.

Analisa Kinerja vs Efisiensi Sesudah Perbaikan Tanggal 17 Desember s/d 19 Desember 2010

Analisa hubungan efisiensi turbin dan kinerja sesudah perbaikan pada tanggal tanggal 17 Desember s/d 19 Desember 2010 dapat di lihat dalam Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Kinerja vs Efisiensi sesudah perbaikan tanggal 17 Desember s/d 19 Desember 2010

Dari Gambar 12 diketahui bahwa pada hari pertama dan kedua, terlihat kinerja turbin naik sekitar 708,9780 kJ/kg sampai dengan 716,7845 kJ/kg begitu juga dengan efisiensi terjadi kenaikan yang cukup signifikan sekitar 86,5% sampai dengan 87,4%. Adanya kenaikan temperatur masuk turbin dan tekanan mempengaruhi naiknya dari kinerja dan efisiensi turbin.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Data pada tanggal 1 November s/d 3 November 2010 dengan 17 Desember s/d 19 Desember 2010 menunjukkan adanya perbedaan hasil kinerja dan efisiensi yang signifikan. Hal ini dibuktikan pada data tanggal 1 November s/d 3 November 2010 yang memiliki persentase efisiensi yang berkisar antara 81,2% sampai 82,5% dengan data 17 Desember s/d 19 Desember 2010 yang memiliki persentase dari 86,5% sampai dengan 87,4%. Hubungan antara efisiensi dengan kinerja adalah apabila kinerja naik maka efisiensinya pun akan naik. Hal ini dibuktikan oleh grafik efisiensi terhadap kinerja.
2. Terlihat dari data analisa bahwa adanya hubungan antara temperatur masuk turbin dan temperatur keluar turbin yang mempengaruhi performa turbin. Hal ini dibuktikan dari beberapa data pada tanggal 1 November, 17 Desember dan 18 Desember.

REFERENSI

- Arismunandar, Wiranto, 2004 ; Penggerak Mula Turbin, Penerbit ITB, Bandung,
Arismunandar, Wiranto, 2002 ; Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi,
Penerbit ITB, Bandung.
Belyamin, 2008 ; Mesin Thermal, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta.
Horlock, J. H., 2003, Advanced Gas Turbine Cycles. Oxford: ELSEVIER
SCIENCE, Ltd.
Jusafwar, 2010 ; Teori Dasar Turbin Gas, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta.
Mark, Melvin, 1979 ; Thermodynamic Principles and Application, Amerika.
Moran, J. Michael and Howard N. Saphiro, 1988. Fundamentals of Engineering
Thermodynamics. New York: John Wiley & Sons. Inc.