

ANALISIS KINERJA TURBOCHARGER PADA SAAT BEBAN MAKSIMUM MENGGUNAKAN METODE RCFA (ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS) DI PLTMG ARUN

Furqan Muhammad Nur^{1,2*}, Saifuddin³, Muhammad Sami⁴

^{1,3,4}Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

²PT PLN Nusantara Power PLTMG UP Arun

*e-mail: Furqanmuhammadnur@gmail.com

Abstract

Gas engine power plant (PLTMG) is a power plant that uses a gas engine as the prime mover. Prime mover is equipment that has the function of generating the mechanical energy needed to rotate the generator rotor. The Arun PLTMG uses a type 20V34SG wartsila gas engine as the main engine. The 20V34SG type Wartsila engine has replaced several components but has not made the engine performance efficient again. One of the important components in supporting the electricity production process is the turbocharger. A turbocharger is a centrifugal compressor that gets power from a turbine whose power source comes from vehicle exhaust fumes. Usually used in internal combustion engines to increase power output and engine efficiency by increasing the air pressure entering the engine. The purpose of this paper is to calculate the efficiency of the equipment and analyze the results using the RCFA (Root Cause Failure Analysis) method to find out the basic problems that occur in the turbocharger. Based on the results of the calculation analysis showed that the lowest efficiency value for turbocharger A occurred in engine 14, which was 57%, and for turbocharger B efficiency, it was found in engine 13, which only reached 54%. By observing in the field there is oil seepage from the turbocharger which falls into the charge air cooler (CAC) area, wear and tear on the impeller mechanical sealing.

Keywords: Wartsila 20V34SG, turbocharger, compressor, turbine, RCFA, engine

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga mesin gas (PLTMG) merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan mesin gas sebagai penggerak mula (*prime mover*). *Prime mover* adalah peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar *rotor generator*. Pembangkit listrik tenaga mesin gas (PLTMG) Arun merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga mesin gas pertama di Indonesia tepatnya terletak di daerah Lhokseumawe, Aceh. PLTMG Arun memiliki 19 *engine* yang mana satu *engine*

menghasilkan daya listrik sebesar 18,4 MW, keseluruhan daya yang di hasilkan adalah 184 MW [1].

PLTMG Arun menggunakan jenis mesin gas *wartsila* tipe 20V34SG sebagai mesin utama. Dalam beberapa tahun terakhir ini mesin-mesin ini sering digunakan sebagai pembangkit utama atau *base load* di area Sumbagut (Sumatera Bagian Utara), sehingga terdapat beberapa komponen yang harus di ganti untuk memaksimalkan kinerja dari mesin [1]. Salah satu komponen penting dalam menunjang proses produksi listrik adalah *turbocharger*. *Turbocharger* terdiri dari turbin dan kompresor yang

meningkatkan laju alir massa masuk, sehingga semakin banyak jumlah *turbocharger* maka produksi listrik akan meningkat [2].

Turbocharger merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan udara dari konsep natural atau alami menjadi sistem induksi paksa. Sementara udara yang disuplai ke silinder hanya didasarkan pada ruang hampa yang disebabkan oleh gerakan piston selama transisi dari titik mati atas ke titik mati bawah atau selama langkah isap. Dengan menggunakan *turbocharger*, udara dikompresi ke dalam silinder melalui putaran kompresor yang digerakkan oleh turbin [3].

Pada sistem *engine* terdapat *exhaust engine* yang berfungsi menggerakkan turbin pada *turbocharger* dan putaran turbin yang dihasilkan menggerakkan kompresor untuk meningkatkan aliran massa udara yang masuk ke mesin, sehingga pada rasio tekanan kompresor-turbin yang tinggi akan menjadikan mesin sangat efisien dan hemat bahan bakar. Tekanan udara masuk dari mesin pembakaran dan ditingkatkan dengan udara yang bertekanan lebih tinggi yang dihasilkan dari putaran *turbocharger*.

Saat menggunakan *turbocharger* yang menggunakan tekanan gas buang untuk menggerakkan turbin dan kompresor, tekanan dan kecepatan udara yang masuk ke ruang bakar meningkat dan jumlah udara yang dapat masuk ke dalam silinder meningkat. Meningkatkan jumlah udara di dalam silinder memungkinkan menambah bahan bakar, yang juga meningkatkan tenaga yang dihasilkan oleh silinder. Penambahan kompresor pada sistem udara tekan membantu meningkatkan tekanan di ruang bakar dan meningkatkan tenaga serta torsi yang dihasilkan.

Berbagai kajian terhadap permasalahan *turbocharger* telah dilakukan oleh para peneliti. Kajian analisis efisiensi sistem *turbocharger* pada *engine* PLTMG 184 MW berdasarkan konsumsi udara telah dilakukan pada *turbocharger* ABB 140 dan TCR 18 telah dilakukan pada dua *gas engine* JGC 620 seri F111 selama 3000 jam operasi.

Hasil kajian menunjukkan bahwa efisiensi *turbocharger* pada *engine* berkisar 77,99 - 79,77% [4].

Sementara dalam kajian yang lain, studi pengaruh rasio tekanan kompresor *turbocharger* terhadap kinerja mesin diesel *type* 4D56 2,5L dilakukan pada rasio tekanan 1,5 dan 2,5 dan dibandingkan dengan tanpa *turbocharger* diperoleh hasil bahwa penggunaan *turbocharger* akan menyebabkan peningkatan daya mesin, terutama pada rasio tekanan kompresor yang tinggi karena pengisian udara yang lebih besar bila dibandingkan dengan mesin diesel NA untuk rentang putaran mesin 750 rpm sampai dengan 5.000 rpm [5].

Kajian menunjukkan bahwa *turbocharger* dapat meningkatkan unjuk kerja dari sebuah motor bakar. Tenaga *ICE turbocharged* meningkat sebesar 34,97%, diikuti dengan peningkatan *specific fuel consumption (SFC)* sebesar 11,8%. *Specific fuel consumption (SFC)* adalah rasio perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap daya listrik yang dibangkitkan dalam sebuah industri pembangkitan listrik, biasanya digunakan sebagai salah satu cara untuk mengetahui seberapa efisien sebuah pembangkit listrik dan untuk memprediksi nilai kalor bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran. Motor DAIHATSU CB-23 *turbocharged* memiliki nilai *specific fuel consumption (SFC)* yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor DAIHATSU CB-23 biasa [6]. Pada dasarnya *turbocharger* meningkatkan tenaga mesin, yang juga dapat meningkatkan efisiensi kinerja dari mesin tersebut [7].

Turbocharger yang ada di PLTMG Arun bertujuan memanfaatkan gas buang untuk meningkatkan tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan tekanan udara yang masuk ke dalam mesin. Jika terjadi masalah pada *turbocharger* maka akan mempengaruhi pengoperasian mesin, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan efisiensi mesin *turbocharger* [8].

Efisiensi *turbocharger* ditentukan dari penggunaan energi panas yang dihasilkan selama pembakaran sebagai tenaga

penggerak kompresor. Efisiensi *turbocharger* sangat dipengaruhi oleh perubahan temperatur sebelum masuk dan setelah keluar dari turbin [9]. Selain itu juga, sifat dari fluida yang masuk ke dalam *turbocharger* sangat mempengaruhi nilai kapasitas panas yang juga akan mengubah nilai efisiensi dari *turbocharger*, dan jika ditemukan ada *turbocharger* yang bermasalah maka bisa dilakukan metode *RCFA* untuk dicari penyebabnya [10].

Dalam kajian ini dilakukan analisis kinerja *turbocharger* pada kondisi beban maksimum. Analisis dilakukan pada dua buah *turbocharger* yang masing-masing terdiri dari 19 buah *engine*. Analisis dilakukan dengan metoda *RCFA* untuk menganalisis penyebab kegagalan pada setiap *engine* pada *turbocharger*.

METODE

Peralatan utama yang diamati kinerjanya adalah *turbocharger* di PLTMG Arun pada divisi pemeliharaan Meuria Paloh Lhokseumawe yang di buat oleh NAPPIER dengan tipe NA358 dan spesifikasi FLV 123. Pelumas yang digunakan berjenis Oil Grade SAE 40 dengan *serial number* 701234 dengan maximum speed 27.000 rpm dan maximum temperatur 650 °C dan efisiensi 86%.

Analisa *RCFA* (*Root Cause Failure Analysis*)

Analisa dilakukan dengan menggunakan metode analisa *RCFA*, metode ini digunakan karena sesuai dengan sistem untuk menganalisa kegagalan mesin atau sistem permesinan pada area *maintenance turbocharger* yang ada di PLMTG Arun, adapun tahapan dari metode *RCFA* adalah sebagai berikut:

Scooping

Dalam tahapan ini hal yang pertama dilakukan adalah melakukan pemilahan data

di bagian produksi, pemeliharaan dan enjiniring. Data gangguan diambil di *CCR* (*Central Control Room*). Menyimpan bukti dan mengumpulkan data setelah data diambil sebagai bahan untuk analisa efisiensi kinerja *turbocharger*. Tahapan selanjutnya adalah pengambilan bukti dan merekap data gangguan/keabnormalan yang terjadi pada *turbocharger* keseluruhan *engine*.

Organizing Analysis

Data direkap dan dokumentasi lengkap, tahap selanjutnya adalah membuat tim *RCFA*, tim terdiri dari beberapa bagian yaitu bidang operasi, pemeliharaan dan enjiniring.

Analyzing

Tahap selanjutnya yaitu analisa dengan tim *RCFA* untuk menyimpulkan akar permasalahan pada setiap data *turbocharger*. Analisis dilakukan dengan melihat data efisiensi *turbocharger* apakah berada pada batas normal kinerjanya atau dibawahnya.

Documenting, Implementing, Confirming

Untuk tahap ini, didapatkanlah hasil satu permasalahan yang menjadi sumber penyebab efisiensi kinerja *turbocharger* menjadi rendah, dan mengambil langkah penyelesaian masalah/perbaikan bagian *turbocharger*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan ini dilakukan pada *engine* 19 yang ada pada PLTMG Arun untuk *turbocharger* A dan *turbocharger* B. Dari analisa yang dilakukan terdapat temuan pada *turbocharger* 13 dan 14 yaitu patah pada bagian *impeller*.

Hasil Perhitungan Efisiensi Turbocharger A

Hasil perhitungan efisiensi pada turbocharger A yang terdiri dari 19 engine ditunjukkan dalam Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat data daya aktif, temperatur inlet dan outlet turbocharger, W adalah diameter roda turbin dan W_s adalah diameter poros turbin dan nilai efisiensi dari masing-masing engine. Efisiensi pada setiap engine berkisar 85 – 92%. Namun pada engine 14 ditemukan masalah yang menyebabkan efisiensi turun hingga 57%. Dari sisi temperatur inlet dan outlet turbocharger, juga ditemukan nilai temperatur outlet engine 14 lebih kecil jika dibandingkan dengan temperatur outlet engine lainnya.

Tabel 1. Hasil perhitungan efisiensi turbocharger A

Engine	Daya Aktif (kW)	Turbocharger A		Efisiensi (%)		
		Inlet (°C)	Outlet (°C)	W	W_s	Value
1	8807.3	27,8	81,2	3219,13	3671,42	88%
2	8802.3	27,5	80,2	3184,39	3677,09	87%
3	8802.0	27,4	82,2	3172,81	3574,57	89%
4	8819.3	27,4	82,7	3172,81	3552,96	89%
5	8806.4	27,5	78,3	3184,39	3766,31	85%
6	8836.7	27,6	82,6	3195,97	3583,23	89%
7	8812.7	27,2	81,7	3149,65	3570,20	88%
8	8829.0	27,5	82,8	3184,39	3561,62	89%
9	8805.9	27,7	85,2	3207,55	3480,35	92%
10	8818.9	28	82,6	3242,29	3635,16	89%
11	8766.0	28,1	84,6	3253,87	3561,90	91%
12	8818.5	26,7	82,8	3091,75	3458,01	89%
13	8814.6	26,9	83,1	3114,91	3471,34	90%
14	8814.9	27	53	3126,49	5463,03	57%
15	8825.8	27,1	80,4	3138,07	3614,59	87%
16	8808.2	27,8	81,9	3219,13	3640,04	88%
17	8802.6	27,2	82,3	3149,65	3544,17	89%
18	8807.4	28,2	81,3	3265,45	3719,67	88%
19	8792.5	28,1	79,3	3253,87	3799,96	86%

Hasil Perhitungan Efisiensi Turbocharger B

Hasil perhitungan efisiensi pada turbocharger B yang terdiri dari 19 engine

ditunjukkan dalam Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat data daya aktif, temperatur inlet dan outlet turbocharger, W adalah diameter roda turbin dan W_s adalah diameter poros turbin dan nilai efisiensi dari masing-masing engine. Efisiensi pada setiap engine berkisar 85 – 92%. Namun pada engine 13 ditemukan masalah yang menyebabkan efisiensi turun hingga 54%. Dari sisi temperatur inlet dan outlet turbocharger, juga ditemukan nilai temperatur outlet engine 13 lebih kecil jika dibandingkan dengan temperatur outlet engine lainnya.

Tabel 2. Hasil perhitungan efisiensi turbocharger B

Engine	Daya Aktif (kW)	Turbocharger B			Efisiensi (%)	
		Inlet (°C)	Outlet (°C)	W	W_s	Value
1	8807.3	27,8	85,1	3207,55	3480,35	92%
2	8802.3	27,5	78,3	3172,94	3748,36	85%
3	8802.0	27,4	81,4	3161,40	3592,50	88%
4	8819.3	27,4	81,3	3161,40	3596,92	88%
5	8806.4	27,5	79,8	3172,94	3677,90	86%
6	8836.7	27,6	80,9	3184,47	3641,09	87%
7	8812.7	27,2	81,3	3138,32	3570,66	88%
8	8829.0	27,5	83,4	3172,94	3519,14	90%
9	8805.9	27,7	83,5	3196,01	3540,49	90%
10	8818.9	28	87,2	3230,63	3426,98	94%
12	8818.5	26,7	82,1	3080,63	3470,87	89%
13	8814.6	26,9	50	3103,71	5741,86	54%
14	8814.9	27	84	3115,25	3430,48	91%
15	8825.8	27,1	83,2	3126,78	3476,29	90%
16	8808.2	27,8	80,4	3207,55	3690,28	87%
17	8802.6	27,2	81,4	3138,32	3566,28	88%
18	8807.4	28,2	82,1	3253,70	3665,86	89%
19	8792.5	28,1	80,2	3242,16	3739,40	87%

Pembahasan

Pada proses pembakaran akan menghasilkan energi dalam bentuk energi panas. Energi panas ini yang dimanfaatkan untuk mendorong piston pada engine. Kekuatan panas untuk unit engine PLTMG ARUN dapat mencapai 150-180 bar. Akan tetapi energi panas ini tidak langsung habis seketika setelah mendorong piston. Terdapat sisa energi panas dari exhaust gas yang

suhunya mencapai lebih 500 °C. Oleh karenanya, energi yang cukup besar ini dimanfaatkan kembali menggunakan unit *turbocharger*. Unit ini memanfaatkan energi panas dari *exhaust gas* untuk memutar turbin. Turbin akan mengubah energi panas menjadi energi gerak.

Kompresor yang satu poros dengan turbin mendapatkan energi gerak, sehingga kompresor dapat mengkompres suatu fluida. Fluida yang ditunjukkan untuk kompresor adalah udara sebagai pembakaran itu sendiri. Kompresor akan memberikan dorongan sehingga sifat dari udara akan berubah. Pada temperatur dan tekanan yang tinggi, udara (khususnya oksigen) akan sangat mudah membakar bahan bakar. Hal ini yang menjadikan faktor penggunaan *turbocharger*. Prinsip dari sistem pembakaran dengan menggunakan *turbocharger* disebut dengan *gas-turbine engine*.

Sesuai dengan tujuan dari pengamatan yang dilakukan yaitu analisis kinerja *turbocharger* pada saat beban maksimum menggunakan metode *RCFA (Root Cause Failure Analysis)*, penggunaan metode ini karena sesuai dengan kondisi dan situasi PLTMG Arun, analisa dilakukan pada 19 *engine* yang ada pada PLTMG Arun, dengan metode tersebut terdapat temuan nilai efisiensi *turbocharger* yang ada pada *engine*, untuk nilai efisiensi normal pada setiap *engine* berkisar 85 – 92%.

Pengamatan efisiensi *turbocharger A* dan *turbocharger B* yang diperoleh berada dibawah maksimum, yaitu pada *engine 14 turbocharger A* dengan efisiensi 57% sedangkan pada *engine 13 turbocharger B* diperoleh efisiensi sebesar 54%. Hal ini menunjukkan *engine* dengan efisiensi yang rendah diperlukan penanganan darurat sehingga dapat ditemukan bagian yang telah berkurang kinerjanya ataupun telah rusak.

Hal ini juga dilakukan investigasi langsung dilapangan, pada kedua *engine* terdapat kerusakan berupa patah pada bagian *impeller* atau keausan pada *mechanical sealing impeller*. Patah atau keausan *impeller* ini disebabkan karena mesin sudah beroperasi lama dan perlu perbaikan dan

perlu penanganan berupa perbaikan agar *engine* dapat beroperasi secara normal, mengingat *turbocharger* adalah bagian komponen penting untuk pengoperasian mesin di PLTMG Arun. Akibat yang ditimbulkan apabila *turbocharger* tidak dalam kondisi baik maka mesin tidak dapat beroperasi seperti biasa sehingga proses untuk menghasilkan daya listrik terhambat. Kerusakan pada *engine 14 turbocharger A* dan *engine 13 turbocharger B* diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerusakan pada *turbocharger* dan perbaikannya

Analisa yang di lakukan dengan metode *RCFA (Root Cause Failure Analysis)* efektif dilakukan untuk penanganan cepat pada permasalahan *turbocharger* yang ada di PLTMG Arun, sehingga sumber masalah dapat di atasi dengan dengan cepat dan mesin dapat beroperasi secara normal.

KESIMPULAN

Metode *RCFA* memberikan hasil analisa yang akurat dalam menentukan efisiensi *turbocharger*. Efisiensi *engine* pada *turbocharger A* dan *B* berada dalam range 85 hingga 94%. Hasil analisa menunjukkan *engine 14* pada *turbocharger A* dan *engine 13* pada *turbocharger B* mengalami kerusakan. Efisiensi *engine 14* pada *turbocharger A* sebesar 57% sedangkan *engine 13* pada *turbocharger B* nilai efisiensi sebesar 54%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PLN Nusantara Power. *Wartsila Manual Book*.

- [2] Alfalah, W., Sulisty, E., & Ikhsan, R. (2017). *Pengaruh pemeliharaan overhaul turbocharger terhadap kinerja mesin unit VIII PLTD Ampenan*. Jurnal Power Plant, 5(1).
- [3] Sumardiyanto, D., & Susilowati, S. E.(2017). *Pengaruh kondisi udara bilas terhadap kinerja mesin diesel*. Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ, 2, 81–88.
- [4] Febrianton A., S. Pranoto, and A. Ferial, 2022. *Analisis efisiensi sistem turbocharger pada engine PLTMG 20 mw berdasarkan konsumsi udara*. Jurnal Surya Teknik, Vol. 9, No. 2, pp. 487-491.
- [5] Dwinanto M.M., Y.M. Pell, and A.B. Wadu, 2022. *Studi pengaruh rasio tekanan kompresor turbocharger terhadap kinerja mesin diesel*. LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU), Vol. 9, No. 01, pp. 21-27.
- [6] Kristanto, P., & Hartadi, R. (2001). *Analisa turbocharger pada motor bensin daihatsu tipe CB-23*. JURNAL TEKNIK MESIN, 3(1), 12–18.
- [7] Hendrawan, A. (2018). *Analisa keselamatan dan kesehatan kerja pada nelayan*. Jurnal Saintara, 3(1).
- [8] J. Geankoplis Christie. 2003. *Transport processes and unit operation*. United State of America: Allin and Bacon, Inc.
- [9] Perry, Robert H, Chilton Cecil H. 1997. *Seventh Edition Chemical Engineers' Handbook*. Japan: Mc. Graw Hill Kogakusha, LTD.
- [9] Kusnadi. (2017). *Pengaruh penggunaan turbocharger terhadap unjuk kerja mesindiesel tipe L 300*. Program Studi D III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama, (9).
- [10] Purnama, S., & Saksono, P. (2017). *Analisa perbandingan aplikasi sistem satu dan dua tingkat turbocharger terhadap performansi cummins engine K38-C sofi*. Jurnal Teknologi Terpadu, 3(1).