

Evaluasi Unjuk Kerja Kompresor Screw ML45 di Unit Boiler PPSDM Migas Cepu

Michael Max Sitompul^{1*}, Hafid Suharyadi²

^{1,2}Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Indonesia

*Korespondensi penulis: michaelsitompul34@gmail.com

Abstract. This research aims to analyze the performance of the ML45 Screw compressor based on field observation data. Based on the observation and data analysis, several conclusions can be drawn. First, the actual capacity of the compressor decreased by about 33.12% from 100% initial condition of 261.22 CFM to 66.87% of 174.7 CFM. This decrease is due to the difference in operational pressure which is lower than the design pressure. Secondly, the power generated by the current compressor is about 31.6 KW, which is lower than the design power of 45 KW. This decrease in power is due to the low input temperature. These findings indicate the importance of considering actual operational conditions in optimizing compressor performance. In this context, further adjustments or evaluations are recommended to ensure optimal performance of the ML45 Screw compressor. Factors such as operational pressure and input temperature should be carefully considered to achieve the expected results. This research provides valuable insights for the industry in understanding the factors affecting compressor performance and provides a basis for future performance improvements. These efforts are expected to improve operational efficiency and reduce potential losses in the use of Screw ML45 compressors.

Keywords: Evaluation, Screw Compressor ML45, Capacity, Power.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja kompresor Screw ML45 berdasarkan data pengamatan lapangan. Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data, beberapa kesimpulan dapat ditarik. Pertama, kapasitas aktual kompresor mengalami penurunan sekitar 33,12% dari kondisi awal 100% sebesar 261,22 CFM menjadi 66,87% sebesar 174,7 CFM. Penurunan ini disebabkan oleh perbedaan tekanan operasional yang lebih rendah dari tekanan desain. Kedua, daya yang dihasilkan oleh kompresor saat ini adalah sekitar 31,6 KW, yang lebih rendah dari daya desain sebesar 45 KW. Penurunan daya ini disebabkan oleh suhu masukan yang rendah. Temuan ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan kondisi operasional aktual dalam mengoptimalkan kinerja kompresor. Dalam konteks ini, disarankan untuk melakukan penyesuaian atau evaluasi lebih lanjut untuk memastikan kinerja yang optimal dari kompresor Screw ML45. Faktor-faktor seperti tekanan operasional dan suhu masukan harus diperhatikan secara cermat untuk mencapai hasil yang diharapkan. Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga bagi industri dalam memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja kompresor dan memberikan dasar untuk peningkatan kinerja di masa depan. Upaya-upaya ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi potensi kerugian dalam penggunaan kompresor Screw ML45.

Kata Kunci: Evaluasi, Screw Compressor ML45, Kapasitas, Daya.

1. LATAR BELAKANG

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM MIGAS) adalah sebuah perusahaan satuan kerja yang berada di bawah naungan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Perusahaan ini fokus pada pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) di sektor minyak dan gas, serta memiliki peran penting dalam memajukan tenaga kerja ahli khusus di bidang tersebut. Selain itu, PPSDM MIGAS juga bertanggung jawab dalam menjalankan manajemen perkantoran dengan personel yang profesional.

Dalam sektor minyak dan gas, terdapat beberapa jenis minyak yang diproduksi, antara lain kerosin, solvent dengan brand Pertasol (CA, CB, dan CC), solar, dan residu. Produk solar didistribusikan ke Terminal BBM Cepu (Semarang Group) melalui jalur pipa bawah tanah, sedangkan Pertasol residu didistribusikan melalui truk-truk.

Salah satu komponen penting dalam kilang PPSDM MIGAS adalah kompresor. Kompresor merupakan alat yang digunakan untuk meningkatkan tekanan fluida gas dari satu tempat ke tempat lainnya. Biasanya, kompresor ini digerakkan oleh motor listrik, mesin diesel, atau mesin bensin. Udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor digunakan dalam pemadatan gas dan distribusi gas dalam sistem, menggerakkan alat-alat pneumatik dalam berbagai industri, memampatkan gas nitrogen, menggerakkan gerinda udara, dan berbagai kegunaan lainnya

Di kilang PPSDM MIGAS, terdapat berbagai komponen dan peralatan, termasuk peralatan putar dan peralatan statis. Salah satu peralatan putar yang penting dalam kilang tersebut adalah kompresor, khususnya jenis Kompresor Screw ML45 yang terdapat di Unit Boiler. Kompresor ini memiliki peran yang sangat penting dalam proses pengolahan minyak dan gas di kilang PPSDM MIGAS. Selain itu, kompresor ini juga berfungsi untuk menggerakkan semua alat dan komponen pneumatik yang ada di kilang tersebut.

Mengingat peranan yang sangat penting dari Kompresor Screw ML45 dalam proses industri, terutama dalam proses pengolahan minyak dan gas di PPSDM MIGAS, maka perlu dilakukan evaluasi unjuk kerja untuk menilai kehandalan kompresor tersebut. Hasil dari Praktik Kerja Lapangan (PKL) ini akan disusun dalam bentuk Kertas Kerja Wajib (KKW) dengan judul "Evaluasi Unjuk Kerja Kompresor Screw ML45 Pada Unit Boiler PPSDM MIGAS CEPU".

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di perusahaan PPSDM MIGAS yang terletak di Jl. Sorogo No.1, Kampungbaru, Karangboyo, Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah. PPSDM MIGAS menempati lahan seluas kurang lebih 109 Hektar.



Gambar 1. Lokasi PPSDM MIGAS CEPU (googlemaps.com)

Pada awalnya PPSDM MIGAS dibangun oleh De Dordsche Petroleum Maatschappij pada zaman Belanda ini didirikan pada tahun 1889 dan merupakan kilang tertua ke-tigas di Indonesia setelah kilang pangkalan berandan sumatera yang dibangun De Koninklijke pada tahun 1891 dan kilang Wonokromo, Surabaya, yang juga dibangun oleh De Dordsche Petroleum Maatschappij pada tahun 1889

Peneliti melaksanakan penelitian untuk menyusun tugas akhir tingkat 2 berupa Kertas Kerja Wajib selama 2 minggu dimulai dari tanggal 1 Desember 2022 hingga 14 Desember 2022. Subjek penelitian ini adalah mengevaluasi salah satu kompresor yang di PPSDM MIGAS Cepu yaitu Kompresor Screw ML-45. Kompresor ini digunakan untuk mengkompresi udara bertekanan untuk menggerakkan alat-alat pneumatik yang ada di PPSDM MIGAS Cepu. Dari kompresor ini penulis menghitung laju aliran masa, dan daya kompresor.

Pengumpulan data kompresor untuk kebutuhan analisa dilakukan melalui pengambilan data secara aktual di lapangan meliputi data tekanan pada saat operasi, suhu pada saat operasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fungsi Kompresor Screw ML45 di unit boiler

Berikut adalah gambar kompresor Screw ML45 di unit boiler



Gambar 2. Kompresor Screw ML45 di Unit Boiler

Kompresor *Screw* ML45 terletak di unit Boiler. Kompresor ML45 digunakan untuk mensirkulasikan udara sekitar untuk menggerakkan instrumentasi kilang di boiler. Udara terkompresi disimpan dalam tangki penyimpanan sebelum didistribusikan dan didinginkan oleh pengering udara di unit boiler.

Untuk mengevaluasi kinerja kompresor, perlu diketahui data spesifikasi yang menunjukkan karakteristik kompresor dan data kondisi yang menunjukkan kapasitas operasi kompresor yang sebenarnya

Data Spesifikasi Kompresor

Berikut merupakan data spesifikasi dari Kompresor Screw ML45 dan penggerak kompresor:

Data Spesifikasi Kompresor ML45

Tabel 1. Data Spesifikasi Kompresor Screw ML45

Produsen	<i>Ingersoll Rand</i>
Description compressor	<i>Screw Air Compressor</i>
Model	ML45 rotary
Serial No.	11761 DJEG AEL
Capacity	7,4 m ³ /min ; 261,22 CFM
Rated pressure	0,75 Mpa; 108,77 Psia
Drive Shaft Speed	2955 RPM
Gross weight	953 kg
Rated power	45 kW
Rotor diameter	157 mm; 6,18 inch; 0,515 feet
Lenght/Diameter	1.55
Lenght of Rotor	238,55 mm; 9,37 inch; 0,782 feet
Production date	2004.12

Data spesifik penggerak kompresor

Tabel 2. Data Spesifikasi Penggerak Kompresor

Produsen	<i>Ingersoll Rand</i>
Type	IY200L3 – 2
Serial number	040068
Phase	3
Voltage	400
Rated Power	45 KW
Ampere	79,1 A
Efficiency	75%
Cos Ø	0,8
Service Factor	1.15 HP
Service Factor Amps	90,9 A
Frequency	50 Hz
Max. Ambient	46 °C
Weight	313 Kg
Speed	2955 RPM
Production	2004.11

Data Kondisi Operasi Kompresor

Adapun kondisi operasi kompresor Screw ML45 sebagai berikut

a. Pengamatan Kondisi Operasi Kompresor

Pengamatan status pengoprasian kompresor Screw ML45 dilakukan pada tanggal 1 Desember 2022. Data Parameter operasional ini dirata-ratakan dan diambil sampelnya pada hari itu. Data Untuk merekam status operasi kompresor Ml45 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data Kondisi Operasi Kompresor Screw ML45

	<i>Inlet</i>	<i>Discharge</i>
Tekanan	1 atm ; 14,695 Psia	4,8 kg/cm ² ; 68,272 Psia
Suhu	30°C ; 86°F; 545,67°R	95 °C ; 203°F; 662,67°R

Gas Properties

Gas Properties meliputi perhitungan nilai k, Mw dan faktor kompresibelnya

a. Data Komposisi Gas

Gas yang disirkulasikan oleh kompresor screw adalah air ambient. Berikut adalah spesifikasi dari air ambient:

Tabel 4. Data Komposisi Air Ambient

Name	<i>Air Ambient</i>
Chemical formula	N ₂ + O ₂
Molecular Weight (Mw)	28,97 kg/mol; 0,064 lbm/mol
Critical Temperature (Tc)	223 °R
Critical Pressure (Pc)	492 Psia
Spesific Heat Capacity (Mcp)	6,965 BTU/lb.R

b. Rasio panas jenis

M_{cp} (*Molar Heat Capacity*) adalah panas jenis molar pada tekanan konstan, kondisi campuran. Perhitungan nilai k dapat menggunakan persamaan di bawah ini

$$\begin{aligned} K &= \frac{M_{cp}}{M_{cp}-1,99} \dots\dots\dots (1) \\ &= \frac{6,965}{6,965 - 1,99} \\ &= 1,4 \end{aligned}$$

c. Faktor Kompresibilitas

Nilai faktor kompresibilitas (Z) terlebih dahulu di peroleh dari grafik yang menentukan nilai P_r dan T_r . Lihat Tabel 4. untuk nilai P_c atau T_c . Untuk p_1 dan t_1 pada Tabel 3, untuk menghitung P_r dan T_r , gunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} P_r &= \frac{P_1}{P_2} \dots\dots\dots (2) \\ &= \frac{14,695 \text{ Psia}}{547 \text{ Psia}} \\ &= 0.026 \\ T_r &= \frac{T_1}{T_c} \dots\dots\dots (3) \\ &= \frac{545,67^\circ \text{ R}}{239^\circ} \\ &= 2.283 \end{aligned}$$

Selanjutkan untuk mencari nilai Z dapat di lihat pada grafik kompresibilitas diperoleh nilai Z sebesar 1

Perhitungan Unjuk Kerja Kompresor Screw ML45

Perhitungan unjuk kerja kompresor terdiri dari perhitungan kapasitas kompresor, efisiensi volumetrik, laju aliran, dan daya kompresor. Dengan rincian sebagian berikut

Perhitungan Kapasitas Kompresor

Sebelum mencari kapasitas kompresor maka terlebih dahulu mencari kecepatan keliling rotor dan efisiensi volumetrik.

a. Kecepatan Keliling Rotor

Untuk menentukan kecepatan rotor, harus memasukkan data tentang diameter rotor (d) dan putaran rotor (N). Diameter yang tercatat dalam manual book kompresor

ML45 adalah 0,515 (ft) dan putaran kompresor ML45 adalah 2955 (rpm). Dan untuk mencari kecepatan keliling rotor menggunakan persamaan berikut ini:

$$U = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60} \text{ fps} \dots \dots \dots (4)$$

Diketahui:

Diameter rotor (d) = 0,515 ft

Putaran rotor (N) = 2955 rpm = 49,25 rps

$$\begin{aligned} &= \frac{3,14 \cdot 0,515 \text{ ft} \cdot 49,25 \text{ rps}}{60} \text{ Fps} \\ &= 1,327 \text{ fps} = 79,62 \text{ fpm} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan kecepatan keliling rotor maka kapasitas yang dihasilkan dari kompresor dapat dihitung. Untuk mencari kapasitas yang dihasilkan menggunakan persamaan (5):

$$Q = U \cdot d^3 \cdot \frac{L}{D} \cdot C_0 (\text{CFM}) \dots \dots \dots (5)$$

$$\begin{aligned} Q &= 79,62 \text{ fpm} \cdot (0,515)^3 \cdot 1,55 \cdot 10,364 \\ &= 174,7 \text{ CFM} = 4,946 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned}$$

Laju Aliran Massa

Untuk menghitung laju aliran massa dapat menggunakan persamaan (6) berikut ini:

$$W = 0,93 \cdot d \cdot M_w \cdot L \cdot U \cdot X \cdot \left(\frac{P_1}{T_1} \right) \left(\frac{\text{lbm}}{\text{menit}} \right) \dots \dots \dots (6)$$

$$\begin{aligned} W &= 0,93 \cdot 0,515 \text{ ft} \cdot 0,064 \text{ lbm/mol} \cdot 0,782 \text{ ft} \cdot 79,62 \text{ fps} \cdot 0,0612 \cdot \frac{2130,4 \text{ lb/ft}}{545,67^\circ \text{ R}} \\ &= 0,456 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbm}}{\text{mol} \cdot \text{menit} \cdot ^\circ \text{R}} \end{aligned}$$

Daya / Power

Untuk mendapatkan daya atau power kompresor terlebih dahulu mencari efisiensi adiabatik dan efisiensi mekanik :

- Efisiensi adiabatik η_{ad}

Dilihat dari grafik pada lampiran dan melihat dari Pressure Ratio (r) dan volume ratio (rv)

Pressure ratio (r_p) (Ronald P Lapina, 1982:23)

$$r_p = \frac{P_2}{P_1} = \frac{68,272 \text{ Psia}}{14,695 \text{ Psia}} = 4,64$$

Volume ratio (r_v) (Ronald P Lapina, 1982:23)

$$r_v = r_p^{1/k} = 4,64^{1/1.4} = 2,99$$

Maka diperoleh nilai efisiensi adiabatik η_{ad} adalah 0,78

- Efisiensi Mekanik (Bambang Soetrisno:77)

Efisiensi mekanik (0,80 sampai 0,90) diasumsikan 0,80

$$GHP = \frac{0,0468 \cdot (r^{\frac{k-1}{k}} - 1) \cdot W \cdot Z \cdot T_1}{(\frac{r-1}{k}) \cdot Mw \cdot \eta_{ad}}, \text{ HP} \dots \dots \dots (7)$$

$$GHP = \frac{0,00468 \cdot (4,64^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1) \cdot 477,31 \cdot 0,99 \cdot 545,67}{(\frac{1,4-1}{1,4}) \cdot 61,77 \cdot 0,78}$$

$$= 34 \text{ HP} = 24,60 \text{ kW}$$

Compressor Horse Power (CHP)

$$CHP = \left(\frac{GHP}{\eta_m} \right) \text{ HP}$$

$$= \frac{28}{0,80} = 42,5 \text{ HP} = 31,6 \text{ kW}$$

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Kompresor

Dari hasil observasi dan hasil perhitungan aktual kondisi operasi kompresor ML45 di bandingkan dengan data desain diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan hasil perhitungan aktual dan data desain

No.	Parameter Operasi	Kondisi Desain	Kondisi Aktual	Keterangan
1.	Kapasitas (CFM)	261,22	174,7	Turun
2.	Daya Kompresor (KW)	45	31,6	Turun

Evaluasi Unjuk Kerja Kompresor Screw ML45

Perbandingan presentase hasil perbandingan aktual untuk kompresor ML45 dibandingkan data desain sebagai berikut:

$$O = \frac{\text{kapasitas kompresor aktual}}{\text{kapasitas kompresor desain}} \cdot 100\%$$

$$= \frac{174,7}{261,22} \cdot 100\%$$

$$= 66,87\%$$

Perbandingan kapasitas sebesar $100\% - 66,87\% = 33,12\%$

$$\begin{aligned} CHP &= \frac{\text{daya kompresol aktual}}{\text{daya kompresor desain}} \cdot 100\% \\ &= \frac{31,6}{45} \cdot 100\% \\ &= 70,2\% \end{aligned}$$

Penurunan daya sebesar $100\% - 70,2\% = 29,8\%$

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi unjuk kerja kompresor dan perbandingan data desain dan data aktual maka dapat diambil beberapa bahasan sebagai berikut :

- Penurunan kapasitas kompresor ML45 disebabkan oleh perbedaan rated tekanan pada kondisi aktual dan desain. Perbedaan tekanan ini dikarenakan mengikuti kebutuhan proses.
- Penurunan daya atau power kompresor dari 45 KW menjadi 31,6 KW atau sebesar 29,8 % disebabkan oleh rendahnya suhu saluran masuk. Hal ini berpengaruh terhadap output kompresor.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan kompresor Screw ML45, dapat dihitung berdasarkan operasi log sheet yang dilakukan selama kerja lapangan dan menarik kesimpulan :

- Dilihat dari kondisi desain kompresor screw ML45 dan data kapasitas aktual sekarang mengalami penurunan sekitar 33,12 % dari kondisi desain, kapasitas yang berkurang dikarenakan perbedaan rated pressure operasi dengan desain.
- Dibandingkan dengan daya kompresor pada desain sebesar 45 KW daya kompresor yang dihasilkan sekarang lebih kecil, sebesar 31,6 KW hal ini disebabkan oleh suhu masuk yang rendah.

DAFTAR REFERENSI

- Brown, R. N. (1990). *Compressors: Selection and sizing*. Gulf Publishing Company.
- Dover Company. (2012). *Compressor selection and sizing* (3rd ed.). Elsevier Science.
- Forsthoffer, W. E. (2050). *Forsthoffer's rotating equipment & technology books*.
- Giampaolo, T. (1939). *Compressor handbook: Principles and practice*. The Fairmont Press, Inc.
- Lapina, R. P. (1982). *Estimating centrifugal compressor performance* (Vol. I). Gulf Publishing Co.
- Soetrisno, B. (n.d.). *Rotating equipment compressor*. STEM Akmigas.