



Evaluasi Unjuk Kerja Screw Compressor UP5-15-10 di PT XYZ

Muhammad Rifqi Abiyyi^{1*}, Hernawan Novianto²

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

*Korespondensi penulis: rifqiabiyyi21@gmail.com

Abstract. This paper aims to evaluate the efficiency of screw compressor UP5- 15-10 used at PT XYZ. Screw compressor efficiency is a key factor in the operation of gas processing facilities, then a good understanding of screw compressor operation can improve operational efficiency and reduce energy consumption. The compressor used in this KKW is an Ingersoll Rand UP5-15-10. The UP5-15-10 compressor is used to power pneumatic tools and instrumentation equipment. The UP5-15-10 compressor is included in the rotary type positive displacement compressor, the compressor uses ambient air as its working fluid. UP5-15-10 screw compressor operation, including design data from the manual book and actual data such as incoming air capacity of 65 CFM at a temperature of 186 F with a pressure of 135 Psia getting a power of 13.74 kW from the power specification data of 15 kW obtained efficiency of 91%. The decrease in power in screw compressor UP5-15-10 by 9% is due to the difference in intake capacity between design and actual conditions, this is caused by process needs.

Keywords: Air, Screw Compressor, Power, Efficiency.

Abstrak. Penulisan KKW ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi *screw compressor* UP5- 15-10 yang digunakan di PT XYZ. Efisiensi *screw compressor* merupakan faktor kunci dalam operasional fasilitas pengolahan gas, kemudian pemahaman yang baik tentang pengoperasian *screw compressor* dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi konsumsi energi. Kompresor yang digunakan dalam KKW ini menggunakan ingersoll rand UP5-15-10. Kompresor UP5-15-10 digunakan untuk menggerakkan alat alat pnumatik dan peralatan instrumentasi. Kompresor UP5-15-10 termasuk kedalam kompresor *positif displacement* jenis *rotary*, kompresor menggunakan udara ambient sebagai *fluida* kerjanya. Operasional *screw compressor* UP5-15-10, termasuk data desain dari *manual book* dan data aktualnya seperti kapasitas udara yang masuk 65 CFM pada suhu 186 F dengan tekanan 135 Psia mendapatkan daya sebesar 13,74 kW dari data spesifikasi daya sebesar 15 kW didapatkan efisiensi sebesar 91%. Penurunan daya pada *screw compressor* UP5-15-10 sebesar 9% hal ini disebabkan perbedaan kapasitas masuk antara kondisi desain dan aktual, hal ini di sebabkan oleh kebutuhan proses.

Kata Kunci: Udara, *Screw Compressor*, Daya, Efisiensi.

1. LATAR BELAKANG

Gas merupakan salah satu komponen penting dalam kehidupan sehari-hari digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, industri, maupun pembangkit listrik. Seiring berjalannya waktu, kebutuhan dari gas sendiri semakin meningkat dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat, industri juga harus diimbangi dengan meningkatkan sarana dan fasilitas yang ada.

Salah satu peningkatan sarana dan fasilitas yang ada pada industri berhubungan dengan peralatan penunjang proses seperti halnya kompresor untuk membantu kelancaran proses produksi gas itu sendiri. Kompresor-kompresor tersebut digunakan untuk mencukupi kebutuhan tekanan, kebutuhan udara bertekanan maupun menunjang peralatan *pneumatic* pada *plant*.

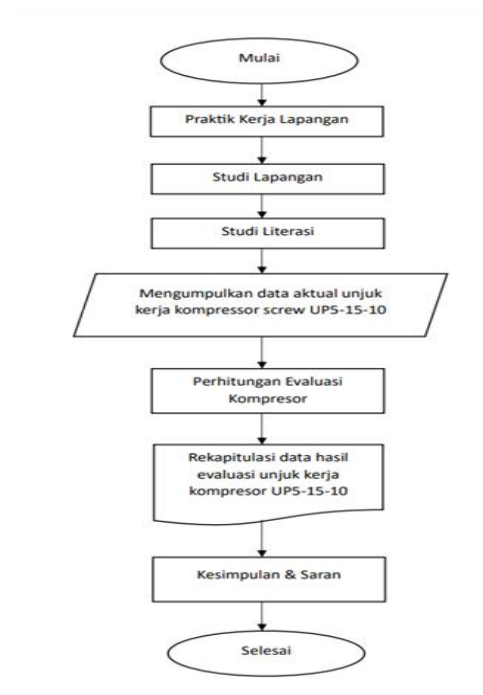
PT. XYZ menggunakan kompresor berjenis *screw* untuk memproduksi udara bertekanan sebagai penyuplai peralatan *pneumatic* yang terpasang pada jaringan perpipaan, dan instrumentasi. Seiring berjalannya waktu, pada *air screw compressor* akan terjadi penurunan performa, oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi mengenai performa kerja dari kompresor udara jenis ulir tersebut karena akan sangat berpengaruh pada produksi gas. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis Evaluasi Unjuk Kerja Screw Compressor Up5-15-10 Di PT XYZ

2. METODE PENELITIAN

Penulis melakukan PKL untuk mengambil data di PT. XYZ pada tanggal 22 Desember 2022 sampai 5 Januari tahun 2023 dalam jangka waktu 2 minggu. Bahan dan alat yang digunakan dalam pengambilan data ini antara lain:

- 1) Coverall;
- 2) Helm safety;
- 3) Masker;
- 4) Alat tulis;
- 5) Sepatu Safety;
- 6) Ear plug;
- 7) Kacamata safety;
- 8) Screw compressor ingersoll rand tipe UP5-15-10.

Persiapan awal untuk proses penelitian yaitu menyiapkan peralatan *safety* yang akan digunakan, setelah it dilakukan pengambilan data secara langsung melalui indikator yang ada pada kompresor screw tipe UP5-15-10. Variable- variable yang diambil di antaranya pada sisi *Suction* yaitu pressure dan temperature, sedangkan pada sisi *discharge* yaitu pressure, temperature. Untuk data diameter rotor dan panjang rotor diambil pada manual *book screw compressor ingersoll rand* UP5. Berikut di jelaskan *flow chart* proses pengambilan data.



Gambar 1. Flow Chart Proses Pengambilan Data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fungsi Screw Compressor UP5-15-10

Screw compressor UP5-15-10 terletak di unit utilitas di Alas Dara Kemuning. *Screw compressor* UP5-15-10 digunakan untuk menyuplai kebutuhan udara bertekanan untuk menggerakkan peralatan instrumentasi. Udara yang sudah terkompresi disimpan di dalam tangki bertekanan sebelum didistribusikan sesuai kebutuhan.

Untuk mengevaluasi kinerja kompresor *screw*, diperlukan data spesifikasi kompresor *screw* dan data kondisi *aktualnya*.



Gambar 2. Screw Compressor UP5-15-10

Data Spesifikasi Screw Compressor

Berikut merupakan data spesifikasi dari kompresor screw UP5-15-10 dan penggerakannya:

a. Data Spesifikasi Kompresor UP5-15-10

Tabel 1. Data Spesifikasi Screw Compressor UP5-15-10

Keterangan	Unit Satuan
Produsen	Ingersoll Rand
Description Compressor	Screw Air Compressor
Model	UP5-15-10
Serial Number	117092 CEGG BD B
Capacity	2,07 m ³ /min (73 CFM)
Rated Pressure	1 Mpa (145 Psig)
Rated Power	15 kW
Male Rotor Speed	2677 rpm
Gross Weight	509 kg
Male Rotor Diameter	107 mm (4,21 inch)
Lenght of Rotor	158 mm (6,22 inch)
Production Date	2021.02

b. Data spesifikasi penggerak kompresor UP5-15-10

Tabel 2. Data Penggerak Screw Compressor UP5-15-10

Keterangan	Unit Satuan
Produsen	Ingersoll Rand
Protection	IP55 TEFV
Nominal Current	28,3 Amps
Maximum Current	29,7 Amps
Speed	1470 RPM
Driver Motor Frame	160L
Efficiency	92%
Driver motor Power Factor	0,84
Rated Power	15 kW
Tip Speed	15,8 m/s

Data Operasi Screw Compressor

Dari pengamatan kompresor screw UP5-15-10 pada saat beroperasi tanggal 30 Desember 2022, data yang didapatkan antara lain *inlet pressure*, *inlet temperature*, kapasitas *inlet*, *discharge pressure*, dan *discharge temperature*. Berikut ini data yang didapatkan :

Tabel 3. Data Operasi Screw Compressor UP5-15-10

Variable	Inlet	Discharge
Tekanan	1 atm (14,695 psia)	135 psia
Suhu	30°C (86°F ; 545,67 R)	186°F (85°C ; 646,67 R)
Kapasitas	65 ACFM	

Komposisi Gas

Perhitungan Komposisi Gas meliputi nilai eksponen adiabatik (k), dan faktor kompresibilitas.

a. Data Komposisi gas

Gas yang digunakan dalam *screw compressor* ini adalah *air ambient*. Untuk data mengenai komposisi *air ambient* terdapat pada Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Data Komposisi Air Ambient

Keterangan	Unit Satuan
Gas	<i>Air Ambient</i>
Formula	$N_2 + O_2$
<i>Molecular weight</i> (Mw)	28,97 kg/kmol (0,067 lbm/mol)
<i>Critical Temperature</i> (Tc)	239 R
<i>Critical Pressure</i> (Pc)	547 psia
<i>Specific Heat Capacity</i> (Mcp)	6,96296 BTU/lb.R

b. Eksponen Adiabatik

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

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{M_{cp}}{M_{cp} - 1,986} \\
 &= \frac{6,96296}{6,96296 - 1,986} \\
 &= 1,399
 \end{aligned}$$

c. Faktor Kompresibilitas

Faktor Kompresibilitas (Z) diperoleh dengan menentukan nilai P_r (*reduced pressure*) dan T_r (*reduced temperature*). Untuk nilai P_c dan T_c dan untuk P_1 dan T_1 dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 P_r &= \frac{P_1}{P_c} \\
 &= \frac{14,695 \text{ psia}}{547 \text{ psia}} \\
 &= 0,0268
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_r &= \frac{T_1}{T_c} \\
 &= \frac{545,67 \text{ R}}{239 \text{ R}} \\
 &= 2,2831
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai P_r dan T_r selanjutnya dapat mencari faktor kompresibilitas (Z) menggunakan grafik pada Lampiran 6, didapatkan nilai $Z = 0,98$.

Kapasitas *Displacement* dan Kecepatan *Screw Compressor*

Sebelum menentukan kapasitas *displacement* (Q_d) dan kecepatan kompresor (N) terlebih dahulu menghitung kapasitas per *revolution* (Q_r).

a. Kapasitas per *Revolution*

Untuk menghitung kapasitas per *revolution* membutuhkan diameter *rotor* (d), Rasio panjang dan diameter *rotor* ($\frac{L}{d}$) dan konstanta rotor profile (C). Penghitungan kapasitas per *revolution* menggunakan persamaan berikut :

$$Q_r = \frac{d^3 \left(\frac{L}{d}\right)}{1728 \cdot C} \text{ , ft}^3/\text{rev}$$

Keterangan :

Diameter Rotor (d) = 4,21 inch;

Panjang Rotor (L) = 6,22 inch;

Konstanta Rotor Profile (C) = 2,231.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4,21^3 \text{ inch} \left(\frac{6,22 \text{ inch}}{4,21 \text{ inch}} \right)}{1728 \cdot 2,231} \text{ ft}^3/\text{rev} \\
 &= 0,028596 \text{ ft}^3/\text{rev}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas *Displacement* dan Kecepatan *Screw Compressor*

Sebelum menentukan kapasitas *displacement* diperlukan *effisiensi* volumetrik. *Effisiensi* volumetrik dapat di tentukan dengan *pressure ratio* (r_p) menggunakan grafik. Setelah mendapatkan nilai *effisiensi* volumetrik, kapasitas *displacement* dapat di tentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_d = \frac{Q_1}{E_v}, \text{ CFM}$$

Keterangan :

$$\text{Kapasitas (Q1)} = 65 \text{ ACFM}$$

$$\text{Efisiensi Volumetrik (Ev)} = 0,89$$

$$Q_d = \frac{65}{0,89},$$

$$= 73,03371 \text{ CFM}$$

Setelah mendapatkan kapasitas *displacement*, maka kecepatan dari kompresor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$N = \frac{Q_d}{Q_r}, \text{rpm}$$

$$Q_r$$

Keterangan :

$$\text{Kapasitas Displacement (Qd)} = 73,03371 \text{ CFM};$$

$$\text{Kapasitas per Revolution (Qr)} = 0,028596 \text{ ft}^3/\text{rev}.$$

$$N = \frac{73,03371 \text{ CFM}}{0,028596 \text{ ft}^3/\text{rev}}$$

$$= 2553,9 \text{ rpm}.$$

Daya Screw Compressor

Untuk menentukan daya atau kerja kompresor terlebih dahulu menentukan efisiensi adiabatik.

a. Efisiensi adiabatik

Dibutuhkan *pressure* rasio (r_p) dan *volume* rasio (r_v) sebagai berikut :

$$\text{Pressure rasio (} r_p \text{)}^{(\text{lapina})}$$

$$r_p = \frac{p_2}{p_1} = \frac{135 \text{ psia}}{14,495 \text{ psia}} = 9,1$$

$$\text{Volume rasio (} r_v \text{)}^{(\text{brown})}$$

$$r_v = r_p^{1/k} = 9,1^{1/1,399} = 4,85$$

Maka diperoleh *efisiensi* adiabatik (η_a) sebesar 0,7.

b. Kerja Screw Compressor

Kerja dari *screw compressor* dapat di cari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$W_a = P_1 \cdot Q_2 \cdot \frac{k}{299 \cdot n_a (k-1)} \left(r^{\frac{k-1}{R}} - 1 \right)$$

Keterangan :

Adiabatic Work Input (Wa) = hp

Inlet Pressure (P1) = 14,695 psia

Kapasitas *Inlet (Q1)* = 65 ACFM 955,175 5,0089

Eksponen *Adiabatic (k)* = 1,399

Effisiensi *Adiabatic (ηa)* = 0,7;

Pressure Rasio (rp) = 9,1.

$$W_a = 14,695 \text{ psia} \cdot 65 \text{ CFM} \frac{1,399}{299 \cdot 0,7 \cdot (1,399-1)} \left(9,1^{\frac{1,399-1}{1,399}} - 1 \right)$$

$$= 18,42 \text{ hp} = 13,74 \text{ kW}.$$

c. Kerja poros *Screw Compressor*

Setelah mendapatkan kerja dari kompresor *screw*, selanjutnya mencari kerja dari poros. Kerja dari poros dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$W_s = W_a + \text{Mechanical Loss, hp}$$

$$\text{Mechanical Loss} = 0,07 \cdot W_a$$

Keterangan :

$$W_a = 18,42 \text{ hp};$$

$$\text{Mechanical Loss} = 0,07 \cdot 18,42;$$

$$\text{Mechanical Loss} = 1,289 \text{ hp}.$$

$$W_s = 18,42 + 1,289$$

$$= 19,71 \text{ HP} = 14,70 \text{ kW}.$$

Evaluasi Unjuk Kerja *Screw Compressor* UP5-15-10

Perbandingan *Presentase* hasil perhitungan aktual untuk kompresor UP5- 15-10 dengan data *design* sebagai berikut:

$$\text{Daya} = \frac{\text{daya kompresor aktual}}{\text{daya kompresor desain}} \cdot 100\%$$

$$= \frac{13,74}{15}$$

$$= 91 \%$$

Penurunan daya sebesar $100\% - 91\% = 9\%$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh bahwa pada kapasitas inlet sebesar 65 CFM di dapatkan kecepatan kompresor sebesar 2553,9 rpm dan kapasitas *displacement* sebesar 73,03371 CFM. Penggunaan daya pada screw compressor pada kondisi kapasitas masuk sebesar 65 CFM di dapatkan sebesar 13,74 kW. Penurunan daya kompresor UP5-15-10 dikarenakan perbedaan kapasitas masuk antara kondisi desain dan aktual. Perbedaan ini disebabkan karena kebutuhan dari proses. Penurunan daya sebesar 1,26 kW atau 9% dari desainnya sehingga kompresor *screw* ini masih bekerja dengan optimal.

5. SARAN

- 1) Efisiensi adiabatik terukur saat ini adalah 0,7, pengoptimalan lebih lanjut dapat dilakukan melalui penyesuaian kondisi operasi, seperti memperbaiki rasio tekanan dan menjaga suhu operasional dalam batas optimal, sehingga potensi kehilangan efisiensi berkurang.
- 2) Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada analisis efisiensi energi kompresor dalam berbagai kondisi beban, untuk mendapatkan data yang lebih komprehensif tentang konsumsi energi di berbagai tingkat pemakaian. Dengan demikian, dapat diketahui strategi optimal untuk mengoperasikan kompresor pada beban tertentu demi efisiensi yang lebih baik.
- 3) Penelitian lebih lanjut dapat mengevaluasi potensi penggunaan teknologi Variable Frequency Drive (VFD) pada screw compressor untuk mengoptimalkan efisiensi energi.

DAFTAR REFERENSI

- Ajim, N. (2021). Macam-macam kompresor dalam pneumatik. Retrieved June 5, 2023, from <https://www.mikirbae.com/2021/05/macam-macam-kompresor-dalam-pneumatik.html>
- Brown, R. N. (1990). *Compressors: Selection and sizing*. Gulf Publishing Company.
- Cengel, Y. A. (n.d.). *Heat transfer: A practical approach* (2nd ed.).
- Hanlon, P. C. (2001). *Compressor handbook*. McGraw-Hill.
- Lapina, R. P. (1982). *Estimating centrifugal compressor performance* (Vol. I). Gulf Publishing Co.
- Sularso, & Tahara, H. (1983). *Pompa dan kompresor: Pemilihan, pemakaian, dan pemeliharaan*. Pradnya Paramita.