

EVALUASI UNJUK KERJA KOMPRESOR SCREW CSM60 DI UNIT BOILER PPSDM MIGAS CEPU

Ilham Ageng Irawan^{1*}, Ferro Aji¹

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada no.38, Blora, 58315

E-mail: ilham.ageng12@gmail.com

ABSTRAK

Kompresor *screw* merupakan komponen utama dalam *pneumatic system* yang digunakan di Kilang Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia (PPSDM) Migas Cepu. Evaluasi unjuk kerja kompresor ini menjadi penting untuk memastikan operasional yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi unjuk kerja kompresor *screw* CSM60 di unit boiler PPSDM Migas Cepu, dengan fokus pada perhitungan kapasitas dan daya yang terjadi. Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data desain kompresor *screw* CSM60 dari produsen dan data aktual dari pengoperasian kompresor di unit boiler. Data tersebut kemudian dibandingkan dan dianalisis untuk mengidentifikasi perbedaan yang terjadi. Perhitungan dilakukan untuk menentukan penurunan kapasitas, yaitu perbedaan antara data desain dengan kapasitas aktual yang tercatat. Selain itu, penurunan daya juga dihitung sebagai perbedaan antara daya data desain dengan daya aktual yang diamati. Hasil evaluasi menunjukkan adanya penurunan kapasitas sebesar 16,92% dan penurunan daya sebesar 47,8% pada kompresor *screw* CSM60 dibandingkan dengan data desain. Penurunan tersebut dapat disebabkan oleh faktor kebutuhan operasi. Temuan ini menunjukkan bahwa tindakan perawatan diperlukan untuk mengoptimalkan kinerja kompresor *screw* dan memastikan bahwa data aktual sesuai dengan yang diharapkan. Evaluasi unjuk kerja kompresor *screw* CSM60 ini memberikan wawasan yang berguna bagi operator unit boiler PPSDM Migas Cepu dalam memahami performa kompresor dan perbedaan antara data desain dan data aktual.

Kata kunci: kompresor *screw*, evaluasi unjuk kerja, data desain, data aktual

1. PENDAHULUAN

Kilang PPSDM Migas Cepu merupakan fasilitas pengolahan minyak mentah atau Crude Oil yang berada dibawah naungan Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral [1]. Kilang PPSDM Migas Cepu menghasilkan produk keseluruhan mencapai 280kl/hari diantara lain yaitu Pertasol CA, Pertasol CB, Pertasol CC, Solar dan Residu [2]. Salah satu peralatan penunjang dalam proses di Kilang PPSDM Migas Cepu yaitu peralatan instrumentasi, peralatan instrumentasi berfungsi untuk mengontrol, memberikan informasi, dan mengoperasikan peralatan mekanik yang ada di dalam proses. Peralatan instrumentasi di Kilang PPSDM Migas Cepu menggunakan *pneumatic system* yang dimana udara untuk *pneumatic system* tersebut disuplai oleh kompresor *screw* CSM60 yang berada di Unit Boiler PPSDM Migas Cepu.

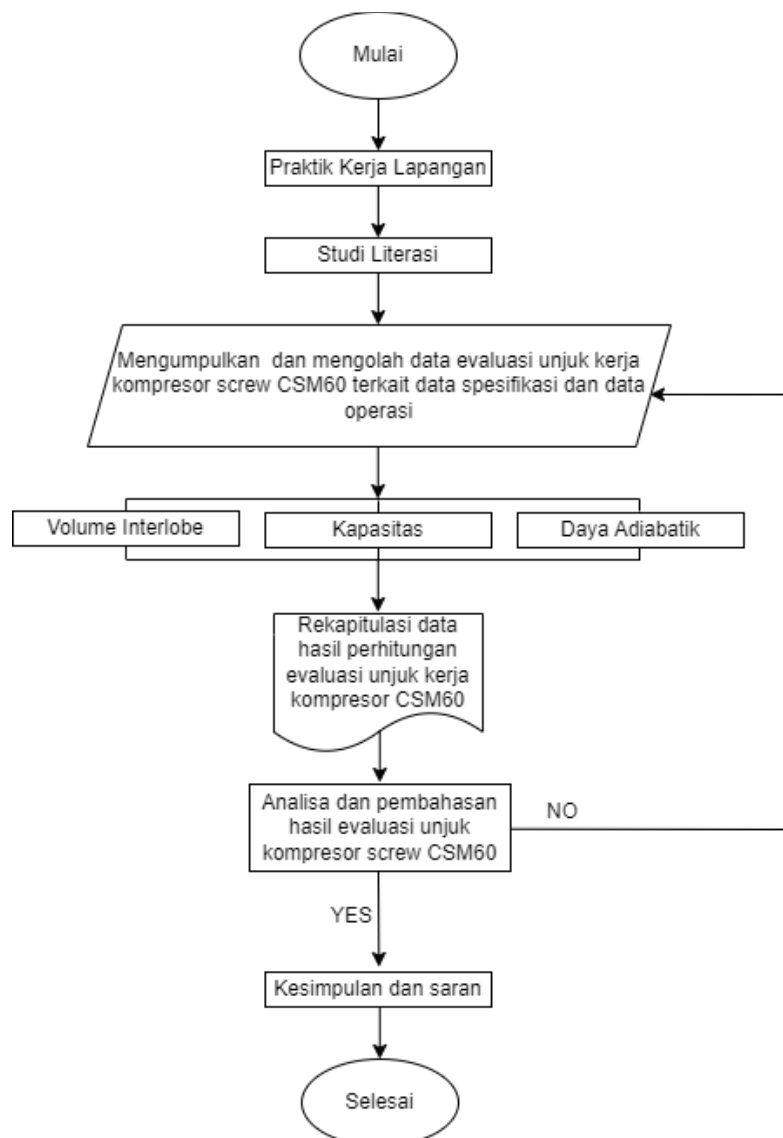
Pneumatik berasal dari kata '*pneuma*' dalam bahasa Yunani yang artinya; 'tiupan angin'. Secara historis seorang bangsa Yunani bernama Ktezibios dianggap sebagai orang yang pertama kali menggunakan alat pneumatik. Ia membuat sebuah meriam, dengan prinsip pemampatan udara untuk menembakkan sebuah proyektil. Namun secara definisi, artinya; "salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari fenomena udara yang dimampatkan (bertekanan) sehingga tekanan yang terjadi akan menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak atau aktuasi pada aktuator" [3].

Dalam pengoperasian kompresor, kemungkinan terdapat perbedaan antara data desain dan data operasi yang dipengaruhi oleh intensitas durasi pengoperasian, perawatan, dan kebutuhan operasi. Kondisi operasi kompresor akan mempengaruhi efisiensi yang dimiliki oleh kompresor itu sendiri, yang dimana menjaga efisiensi peralatan sangat penting karena akan berpengaruh

terhadap *reliability* (keandalan) kompresor untuk menyuplai udara bertekanan pada sistem pneumatik, mengurangi biaya perawatan, dan menjaga lingkungan sekitar operasi menjadi lebih aman. Dalam penyusunan dan penulisan paper ini akan dibahas evaluasi unjuk kerja kompresor *Screw* CSM60 di unit Boiler PPSDM Migas Cepu. Beberapa masalah yang akan dikaji pada adalah menghitung volume *lobe* kompresor *screw* CSM60, menghitung kapasitas kompresor *screw* CSM60 di unit boiler PPSDM Migas Cepu saat dioperasikan, menghitung daya kompresor yang dimiliki oleh kompresor CSM60 saat beroperasi, menghitung efisiensi kapasitas dan daya kompresor *screw* CSM60.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode yang sistematis yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif sebagai acuan untuk melakukan serangkaian penelitian untuk melakukan studi literatur, memperoleh data yang diperlukan, perhitungan evaluasi, dan analisis dari hasil perhitungan volume interlobe, kapasitas, dan daya adiabatik. Serangkaian metode penelitian dipaparkan pada Gambar 1 sebagai berikut.

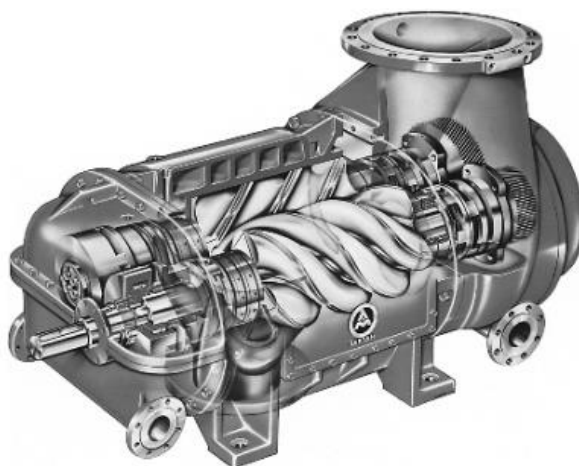


Gambar 1. Flowchart Penelitian

Kompresor merupakan suatu perangkat mekanis yang digunakan untuk meningkatkan tekanan fluida (baik gas atau udara) dengan mengurangi volume fluida tersebut. Prinsip kerja kompresor didasarkan pada hukum Boyle yang menyatakan bahwa pada suhu tetap, tekanan gas akan meningkat ketika volumenya dikurangi [4].

Kompresor *screw* diklasifikasikan sebagai perangkat perpindahan positif karena volume gas terperangkap dalam ruang tertutup dan dari volume itu berkurang [5]. Kompresor *screw* dimodifikasi dengan menginjeksikan cairan (biasanya minyak pelumas) secara terus-menerus, yang memungkinkan rasio kompresi yang jauh lebih tinggi dan menyederhanakan desain mekanis dengan menghilangkan roda gigi pengaturan waktu [6].

Kelebihan kompresor *screw* atau secara umumnya kompresor *rotary* adalah aliran dan tekanan discharge yang dihasilkan bervariasi, konstruksi lebih kompak, vibrasi relative kecil. Sedangkan kekurangan kompresor *screw* atau *rotary* adalah efisiensi volumetrik lebih rendah karena kebocoran antar rotor dan casing lebih besar serta khusus kompresor liquid liner, gas yang dikompresi akan bercampur dengan sebagian kecil air [7]. Contoh struktur komponen kompresor *screw* dapat dilihat pada Gambar 2 [8].



Gambar 2. Struktur Kompresor Screw

Parameter yang dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai evaluasi unjuk kerja adalah volume interlobe, kapasitas, dan daya adiabatik. Formula yang digunakan dalam perhitungan sebagai berikut :

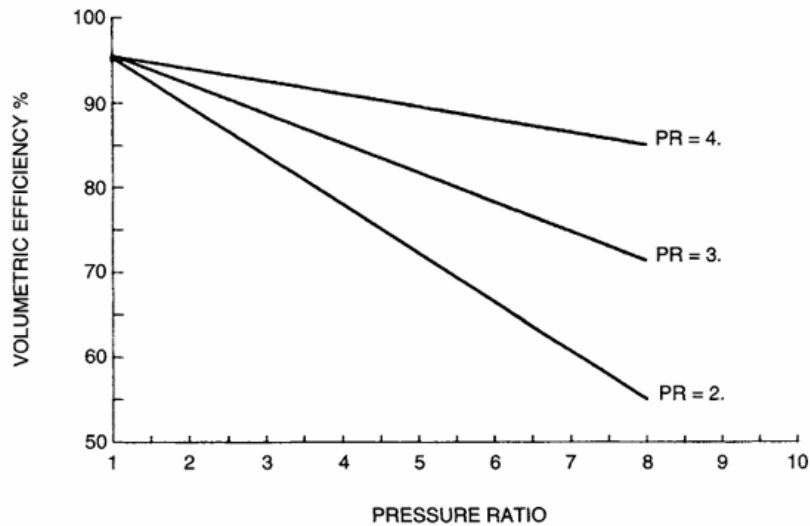
$$Qr = \frac{d^3 \left(\frac{L}{d}\right)}{c} \quad (1)$$

- Volume interlobe tergantung rotor profile, diameter rotor, dan panjang rotor.

$$Qd = \frac{Q_i}{E_v} \quad (2)$$

- *Displacement screw compressor* (Qd) tergantung pada kapasitas inlet dan efisiensi volumetrik. Efisiensi volumetrik ditentukan dari grafik (Gambar 3) *pressure ratio* (rp) vs volumetrik efficiency (Ev), *pressure ratio* (rp) diperoleh dari :

$$rp = \frac{P_2}{P_1} \quad (3)$$



Gambar 3. Grafik Efisiensi Volumetrik [9]

- Kompresor *screw* dapat dievaluasi dengan menggunakan persamaan kerja adiabatik, yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

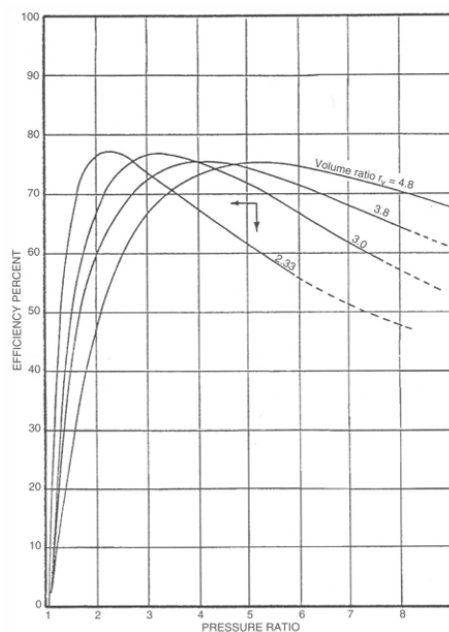
$$W_a = P_1 \cdot Q_1 \frac{k}{\eta_a(k-1)} \left(r_p^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \quad (4)$$

- Rasio panas jenis dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$k = \frac{MC_p}{MC_p - 1,986} \quad (5)$$

- Efisiensi adiabatik didapatkan dari Gambar 4 dengan menggunakan perbandingan rasio volume (r_v) dengan rasio tekanan (r_p), rasio volume menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$r_v = r_p^{\frac{1}{k}} \quad (6)$$



Gambar 4. Grafik Efisiensi Adiabatik [9]

- Untuk mengetahui nilai M_{cp} dengan fluida udara lingkungan (*air ambient*), maka lakukan interpolasi berdasarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Properties of Gas [10]

Gas or Vapor	Hydro-carbon Reference Symbols	Chemical Formula	Molecular Mass	Specific Heat Ratio $k = c_p/c_v$ at 15.5°C	Critical Conditions		* M_{cp}	
					Absolute Pressure p_c (bar)	Absolute Temperature T_c (K)	at 0°C	at 100°C
Acetylene	C ₂	C ₂ H ₂	26.05	1.24	62.4	309.4	42.16	48.16
Air		N ₂ + O ₂	28.97	1.40	37.7	132.8	29.05	29.32

3. PEMBAHASAN

Kompresor *screw* CSM60 yang saat ini digunakan untuk menunjang proses yang ada di Kilang PPSDM Migas Cepu memiliki data sebagai berikut. Spesifikasi yang dimiliki oleh kompresor *screw* CSM60 ditunjukkan pada Tabel 2. Kompresor *screw* CSM60 memiliki penggerak (driver) menggunakan motor Listrik dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Data Spesifikasi Kompresor CSM60

Variabel	Nilai	Satuan
Model	CSM60-10 400V50HZ S/N	
PN	4103503905	kg/cm ²
Capacity	7,08; 250	m ³ /min; CFM
Working Pressure	1	Mpa
Rated Voltage	24	V
Frequency	3.824	Hz
Motor Power	3.760,08	kW
Dimension	1723 x 980 x 1600	(L x W x H) mm
Input ser	7,9	kW/(m ³ /min)
Weight	866	Kg
Date	202210	YYYYMM
Rotor Diameter	6,18	Inchi
Length/Diameter	1,5	
Length of Rotor	9,4	Inchi

Tabel 3. Data Spesifikasi Penggerak Kompresor

Variabel	Nilai	Satuan
<i>Manufacture</i>	Zhongda Motors CO.,LTD	
<i>Type</i>	YE3-225M-2	
<i>Voltage</i>	400	V
<i>Ampere</i>	76,8	A
<i>Rated Power</i>	45	Kw
<i>Frequency</i>	50	Hz
<i>Motor Speed</i>	2960	rpm
<i>EFF</i>	94	%
<i>COSØ</i>	0,9	
<i>SF</i>	1,15	
<i>Weight</i>	312	Kg
<i>Date</i>	22.10	YY.MM
<i>IP</i>	55	
<i>Insulation Class</i>	F	

Kompresor *screw* beroperasi dengan menghisap dan memampatkan udara lingkungan (*air ambient*) untuk suplai udara bertekanan yang digunakan pada peralatan sistem pneumatic dengan data operasi yang ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan data – data diatas, maka selanjutnya didapatkan hasil perhitungan evaluasi unjuk kerja kompresor *screw* CSM60. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan aktual dan data kondisi desain kompresor sebagai perbandingan yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Data Operasi Kompresor *Screw* CSM60

Variabel	Simbol	Jumlah	Satuan
Tekanan Masuk	P_1	14,69	Psia
Tekanan Keluar	P_2	100,07	Psia
Temperatur Masuk	T_1	30	°C
Temperatur Keluar	T_2	85	°C
Kapasitas Masuk	Q_i	186,92	CFM

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Parameter	Satuan	Desain	Aktual	Keterangan
Volume Interlobe	ft ³ /rev	-	0.101	Tanpa Pemanding
Kapasitas	CFM	250	207,7	Turun
Daya Kompresor	kW	45	23,5	Turun

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan kondisi operasi kompresor *screw* CSM60 dibandingkan dengan data desain, persentase hasil perhitungan sebagai berikut :

$$Effisiensi Kapasitas = \frac{Kapasitas\ aktual}{Kapasitas\ Desain} \cdot 100\% \tag{7}$$

$$Effisiensi Kapasitas = \frac{207,7}{250} \cdot 100\%$$

$$Effisiensi Kapasitas = 83,08 \%$$

$$Penurunan\ kapasitas\ sebesar\ 100\% - 83,08\% = 16,92\%$$

$$Effisiensi Daya = \frac{Daya\ aktual}{Daya\ desain} \cdot 100\% \tag{8}$$

$$Effisiensi Daya = \frac{23,5}{45} \cdot 100\%$$

$$Effisiensi Daya = 52,2\%$$

$$Penurunan\ daya\ sebesar\ 100\% - 52,2\% = 47,8\%$$

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan kompresor *screw* CSM60, dapat dihitung berdasarkan operasi *log sheet* yang dilakukan selama kerja lapangan dan menarik kesimpulan bahwa berdasarkan perhitungan volume interlobe, kompresor *screw* CSM60 dapat beroperasi dengan menghasilkan 0,101 ft³/rev. Dilihat dari kondisi desain kompresor *screw* CSM60 dan data kapasitas aktual sekarang mengalami penurunan sekitar 16,92 % dari kondisi desain, kapasitas yang berkurang dikarenakan perbedaan *rated pressure* operasi dengan *rated pressure* desain. Efisiensi kapasitas harus selalu diperhatikan karena berhubungan dengan tekanan yang dibutuhkan untuk menyuplai seluruh sistem pneumatik yang ada di kilang dan sangat berperan untuk keselamatan operasional. Dibandingkan dengan daya kompresor pada desain sebesar 45 kW daya kompresor yang dihasilkan sekarang lebih kecil sebesar 23,5 kW hal ini disebabkan oleh kapasitas yang diperlukan tidak terlalu besar.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PPSDM, 2024. Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi. (ppsdmmigas.esdm.go.id/id). Diakses pada tanggal 20 September 2024 pukul 08.00 WIB.
- [2] Istiqomah, Ilmi Nurul. 2022. Proses Pengolahan Minyak Mentah di Unit Kilang PPSDM MIGAS Cepu. Universitas Bojonegoro. Bojonegoro.
- [3] Maryadi, M. 2017. Modul Elektronika dan Mekatronika Pneumatik dengan Aplikasinya. Jakarta, Indonesia: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [4] Hapsari, Farlina. 2023. Analisa Efisiensi Kinerja Kompresor Sentrifugal (15-K-103) pada Unit Residue Catalytic Cracking di PT Pertamina Internasional Refinery Unit VI Balongan Indramayu. Jurnal Global Ilmiah.
- [5] Giampaolo, Tony. 2010. Compressor handbook: principles and practices. Lilburn : The Fairmont Press, Inc.

- [6] Forsthoffer, Michael S. 2017. More Best Practices for Rotating Equipment. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- [7] Soetrisno, Bambang. 2003. Rotating Equipment Compressor. STEM Akamigas. Cepu.
- [8] Bloch, Heinz P. 2006. A Practical Guide to Compressor Technology. West Des Moines, Iowa : A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- [9] Brown, Royce N. 1990. Compressors: Selection and Sizing. Houston, Texas : British Library.
- [10] Gresh, Theodore. 2001. Compressors Performance : Aerodynamics For the User. Elsevier Science & Technology Books.

Daftar notasi

P_1	=	Tekanan masuk, Psi
P_2	=	Tekanan keluar, Psi
T_1	=	Suhu masuk, °C
T_2	=	Suhu keluar, °C
M_{cp}	=	Specific Heat, kJ/kmol*K
k	=	Rasio panas jenis
L	=	Panjang rotor, inchi
d	=	Diameter rotor, inchi
C	=	Typical profile constant rotor 4+6 2.231 circular profile 2.005 asymmetric profile
E_v	=	Efisiensi volumetrik, %
η_a	=	Efisiensi adiabatik, %
r_p	=	Rasio tekanan
r_v	=	Rasio volume
Q_i	=	Kapasitas masuk, cfm
Q_r	=	Volume interlobe, ft ³ /rev
Q_d	=	Kapasitas yang dipindahkan, cfm
W_a	=	Daya adiabatik, HP