

ANALISA EFISIENSI KERJA *SCREW COMPRESSOR* MM 45 DI UNIT BOILER PPSDM MIGAS CEPU

Miqdad Dzakkiy Nur Ahmad^{1*}, Toegas Soegeng Soegiarto¹

¹Teknik Mesin Kilang, PEM Akamigas, Jalan Gajah Mada No.38, Blora.58315

*E-mail: miqdaddzakkiy@gmail.com

ABSTRAK

Minyak bumi merupakan sumberdaya mineral yang mempunyai peran vital dalam kebutuhan energi di Indonesia, bahkan pada tahun 2015 energi yang berasal dari minyak bumi menyumbang 95% dari total konsumsi energi di Indonesia. Salah satu Lembaga pemerintah yang bergerak di idang minyak bumi adalah Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas), PPSDM Migas sendiri dilengkapi dengan unit kilang untuk memproduksi minyak bumi mentah menjadi BBM. Dalam kilang ini peralatan harus dalam keadaan baik demi kelancaran produksi, sehingga analisa terhadap efisiensi kinerja suatu alat perlu diperhatikan. Salah satu alat yang terdapat di kilang PPSDM Migas Cepu adalah kompresor screw MM45 dimana kompresor ini berfungsi untuk menunjang alat - alat pneumatic yang ada dalam kilang ini. Karena peranan kompresor yang sangat besar maka diperlukan adanya analisis efisiensi, berdasarkan perhitungan di ketahui bahwa ketika kompresor sedang loading atau runing, kapasitas kompresor adalah 212,0455 CFM, putaran kompresor adalah 2047,4 rpm, dan daya yang digunakan adalah sebesar 21,669 KW, yang mana mengalami penurunan daya sebesar 51,8602 % dibanding kondisi desain, hal ini dapat terjadi karena perbedaan pressure antara aktual dan desain dan karena menyesuaikan kebutuhan operasi sehingga kompresor tidak dioperasikan secara maksimal.

Kata kunci: *screw compressor, total volume displaced, compressor speed, adiabatic work input*

1. PENDAHULUAN

Minyak bumi adalah suatu bahan sumber daya mineral, yang terdapat di dalam bumi dan merupakan energi yang tidak terbarukan (*nonrenewable*). Minyak bumi berada di dalam cekungan sedimen dan terbentuk dari plankton dan fosil beberapa juta tahun yang lalu. Minyak Bumi merupakan zat molekul yang terdiri dari senyawa - senyawa hidrokarbon (CH) yang kompleks. Senyawa-senyawa hidrokarbon tersebut dapat berupa rantai biasa (*straight chain*), rantai siklus atau kombinasi dari keduanya dengan variasi rantai-rantai yang jenuh maupun yang tidak jenuh, secara variasi ikatan dengan elemen *impurities* yang lain [1]. Minyak bumi, merupakan salah satu sektor yang sangat vital baik bagi perekonomian maupun bagi kehidupan manusia. Sejak dilakukan *eksplorasi* yang pertama di Indonesia pada tahun 1883 minyak bumi kemudian mempunyai peranan yang sangat vital bagi kebutuhan energi di Indonesia [2] . Hal ini dibuktikan dari konsumsi energi yang berasal dari minyak bumi mencapai 95% dari total konsumsi energi di indonesia pada tahun 2015 [3].

Salah satu instansi milik negara yang bergerak di sektor minyak bumi adalah PPSDM Migas, instansi pemerintah ini bertanggung jawab kepada Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM) Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). PPSDM Migas sendiri memiliki tugas dan fungsi untuk mendidik dan melatih serta mensertifikasi tenaga Teknik khusus di bidang Minyak dan Gas [4]. Guna mewujudkan SDM yang berkualitas unggul dan profesional di sub sektor migas dan pelatihan memiliki unit kilang pengolahan bahan baku

minyak mentah (crude oil) menjadi produk bahan bakar minyak (BBM) sebagai sarana prasarana Pendidikan dan pelatihannya. Kilang pengolahan minyak tersebut merupakan kilang tertua di Indonesia yang masih beroperasi sampai saat ini. Sarana dan prasarana kilang minyak dimanfaatkan oleh Mahasiswa PEM Akamigas, Mahasiswa perguruan tinggi yang lain, dan pelajar sekolah menengah atas dan sederajat. Untuk tujuan tersebut maka pemeliharaan sarana dan prasarana kilang minyak sangat diperlukan sehingga kilang dapat bekerja dengan baik.

Beberapa peralatan proses kilang minyak meliputi peralatan rotasi dan peralatan statis dan pendukungnya. Adapun salah satu peralatan rotasi yang digunakan di kilang ini adalah *Compressor*, *compressor* yang digunakan adalah jenis *screw compressor* dimana *compressor* ini menggunakan konsep ulir guna mengkompresi udara. *Screw Compressor* yang ada di kilang PPSDM Migas Cepu berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan untuk mensuplai peralatan instrumentasi di unit boiler. Seiring dengan berjalannya waktu, maka *compressor* bisa mengalami penurunan kinerja, sehingga penulis mengambil judul “Analisa Efisiensi Kerja *SCREW COMPRESSOR* MM 45 di Unit Boiler PPSDM Migas Cepu”. Analisa ini penting dilakukan karena akan mempengaruhi kelancaran proses produksi minyak di kilang. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui prinsip kerja kompresor *screw*, menghitung efisiensi kinerja kompresor, dan menganalisa parameter parameter apa saja yang mempengaruhi kinerja kompresor *screw*.

2. METODE

A. Kompresor *Screw*

Kompresor adalah suatu mesin yang digunakan untuk mengkompresi udara [5]. Kompresor diklasifikasikan menjadi dua yaitu *positive displacement* dan *dynamic* [6]. *Screw compressor* merupakan salah satu *compressor* yang tergolong dalam jenis *positive displacement compressor* [7]. Kompresor *screw* adalah salah satu mesin yang paling umum digunakan untuk mengompresi udara. Konstruksinya sederhana karena pada dasarnya terdiri dari sepasang rotor dengan alur spiral yang ditempatkan dalam wadah yang terpasang erat di sekelilingnya. Rotor dan *casing* dipisahkan oleh jarak yang sangat kecil. Rotor digerakkan oleh motor *eksternal* dan menyatu seperti roda gigi sehingga saat berputar, ruang yang terbentuk di antara mereka dan *casing* akan berkurang. Oleh karena itu, setiap gas yang terperangkap di dalam kompresor akan dikompresi. Gambar 1 berikut merupakan kompresor *screw* MM 45 yang ada di unit boiler PPSDM Migas Cepu [8].



Gambar 1 *Screw Compressor* MM45

B. METODE PENELITIAN

Dalam karya tulis ini penulis menggunakan metode analisis kuantitatif dimana penelitian kuantitatif merupakan suatu penelitian yang menggunakan pengukuran, perhitungan, rumus, dan

kepastian data numerik dalam perencanaan, proses, membangun hipotesis, teknik, analisa data, dan mengambil kesimpulan. Atau dapat juga dinyatakan sebagai suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data angka sebagai alat untuk menganalisis data [9].

Penelitian ini dilakukan di PPSDM Migas Cepu (Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Cepu) yang terletak di jalan Sorogo No.1 Cepu, Kab. Blora, Prov. Jawa Tengah. Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa *Screw Compressor* MM 45, dan beberapa alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah kamera untuk dokumentasi, APD (Alat Pelindung Diri), alat tulis, dan laptop.

C. PERHITUNGAN

Dalam melakukan Analisa efisiensi compressor *screw* ini dilakukan perhitungan yang meliputi *Displacement per revolution*, *total displacement volume*, *compressor speed*, dan *adiabatic work input*.

a. *Displacement Per Revolution (Qr)*

Displacement Per Revolution (Qr) kompresor per putaran dapat di hitung dengan persamaan berikut [10]:

$$Q_r = \frac{d^3 \times \left(\frac{L}{d}\right)}{C \times 1728} \quad (1)$$

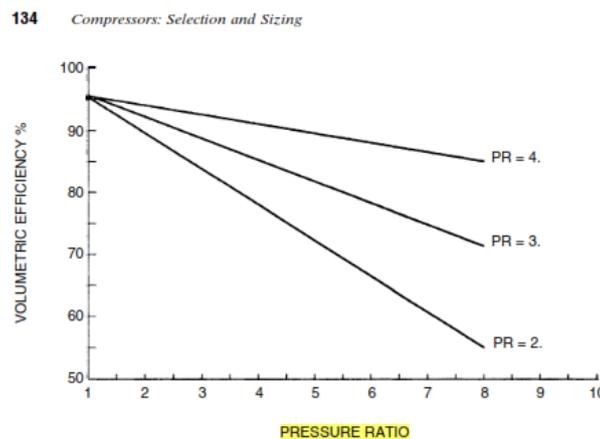
Nilai C dari persamaan diatas merupakan konstanta dari tipe profil rotor dimana C= 2,231 jika *circular profile* dan C= 2,005 jika *asymmetric profile*.

b. *Total Displacement Volume (Qd)*

Besarnya *volume displacement (Qd)* di hitung dengan menggunakan hubungan antara *displacement per revolution (Qi)* dengan efisiensi volumetrik (η_v) sebagai berikut [10]:

$$Q_d = \frac{Q_i}{\eta_v} \quad (2)$$

Effisiensi volumetrik (η_v) dapat diperkirakan dengan menggunakan acuan Gambar 2 sebagai berikut [10]:



Gambar 2 Hubungan *Pressure Ratio* Dengan *Effisiensi Volumetrik*

c. **Compressor Speed (N)**

Putaran pada kompresor *screw* di hitung dengan persamaan berikut [10]:

$$N = \frac{Q_d}{Q_r} \tag{3}$$

d. **Adiabatic Work Input (Wa)**

Kompresor *screw* dapat di evaluasi dengan menggunakan persamaan kerja *adiabatic* sebagai berikut [10]:

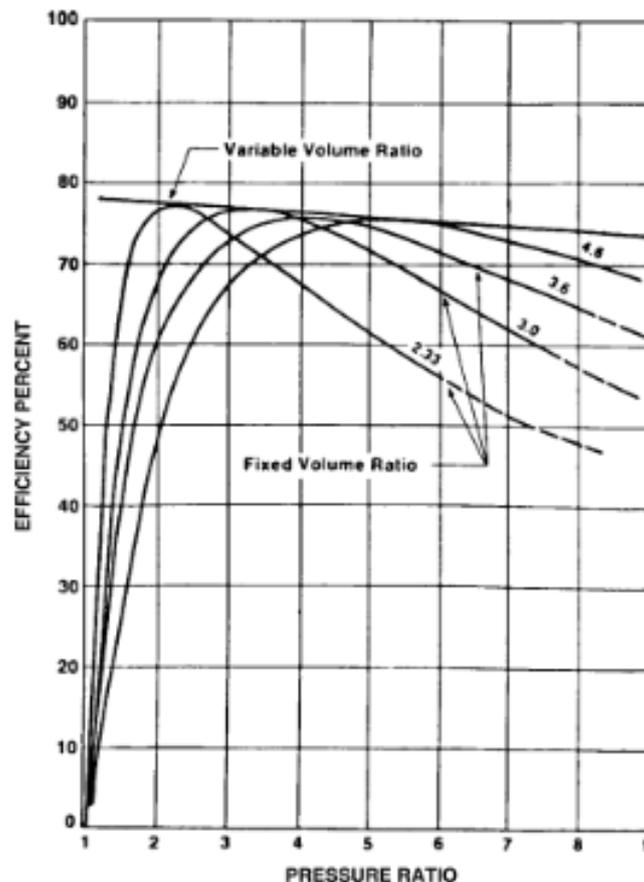
$$W_a = P_1 \times Q_1 \times \frac{k}{229 \times \eta_a (k - 1)} \times \left(r_p^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \tag{4}$$

Dimana variabel – variabel yang belum diketahui dicari dengan menggunakan persamaan berikut [10]:

$$k = \frac{Mcp}{Mcp - 1,99} \tag{5}$$

$$r_p = \frac{P_2}{P_1} \tag{6}$$

Sedangkan efisiensi adiabatik dapat di ketahui dengan mengacu pada Gambar 3 berikut [10]:



Gambar 3 Hubungan *Pressure Ratio* Dengan *Adiabatic Efficiency*

Dalam mengetahui nilai M_{cp} dapat dilakukan dengan cara interpolasi dengan mengacu pada tabel 1 berikut [11]:

Tabel 1 Properties of Gas

122 REFERENCE MATERIAL

TABLE A.1 B. Tabulation of Gas Properties in Metric Units

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

A. Data Screw Compressor

Kompresor yang digunakan PPSDM Migas Cepu untuk menunjang instrumentasi di kilang merupakan kompresor *screw*, terdapat beberapa kompresor *screw* yang digunakan di kilang ini dan salah satunya adalah *screw compressor* MM 45 dengan spesifikasi seperti tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Spesifikasi Kompresor MM45

Type	F200L3-2 0040
Phase	3
Tegangan	400 V
Service Factor	1.15
ENCL	IP55
Efficiency	93.1 %
Insulation Class	F
BRGS P. E	6312-03
Weight	315 Kg
Arus	79.1 A
SFA	90.9 A
Drive Shaft Speed	2955 Rpm
RF	0.92
LP	82 dB(A)
Max AMB	46 C
Date	2008-8

Tabel 2 di atas didapatkan dari *name plate* yang tertera pada kompresor *screw* MM45. Setelan dilakukan pengamatan dan pengambilan data yang dilakukan pada bulan maret 2023 kemudian di rata rata maka didapatkan data aktual seperti Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3 Data Aktual Kompresor

Data	Inlet	Outlet
Tekanan	1 atm; 14,695 Psia	5,0986 kg/cm ² ; 87,2151 Psia
Suhu	30°C; 85°F; 545,67°R	85°C; 185°F; 644,67°R
<i>Specific Heat</i> (Mcp)	29,131 KJ/kmol.K	
Kapasitas (Q _i)	300 Nm ³ /hour; 186,6 CFM	

B. Hasil Kalkulasi

Dengan menggunakan rumus rumus diatas maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_r &= 0,1036 \text{ ft}^3/\text{rev} \\
 \eta_v &= 0,88 \\
 Q_d &= 212,05 \text{ CFM} \\
 N &= 2047,4 \text{ rpm} \\
 k &= 1,0732 \\
 r_p &= 5,934 \\
 \eta_a &= 0,78 \\
 W_a &= 29,05 \text{ HP} = 21,669 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Kemudian hasil perhitungan daya tersebut dibandingkan dengan daya desain kompresor, dimana daya desain kompresor dianggap kompresor beroperasi dengan performa 100 % sehingga dapat diketahui berapa persen kinerja kompresor pada kondisi aktual.

$$\text{Daya aktual} = 21,669 \text{ KW}$$

$$\text{Daya desain} = 45 \text{ KW}$$

$$\begin{aligned}
 \text{daya yang digunakan} &= \frac{\text{daya kompresor aktual}}{\text{daya kompresor desain}} \times 100\% \\
 &= \frac{21,669 \text{ KW}}{45 \text{ KW}} \times 100\% \\
 &= 48,1398 \%
 \end{aligned}$$

Sehingga penurunan efisiensi kompresor dari kondisi desainnya adalah sebesar, 100% - 48,1398% = 51,8602%.

4. SIMPULAN

Prinsip kerja dari kompresor *screw* adalah dengan memanfaatkan ruang yang ada di antara rotor berbentuk ulir dengan *casing* kompresor, udara yang terperangkap diantara keduanya akan semakin terkompresi seiring dengan putaran rotor dan menyempitnya ruangan antara rotor dan *casing*. Kompresor *Screw* MM45 yang digunakan di PPSDM Migas Cepu berfungsi sebagai alat penunjang *pneumatic* yang ada di kilang tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan dari kompresor *screw* MM45 di simpulkan bahwa, total kapasitas *displacement*

Screw Compressor MM45 adalah sebesar 212,05CFM, kompresor *speed* yang terjadi pada kompresor *screw* MM45 adalah sebesar 2047,4 rpm, dan daya pada kondisi aktual kompresor yaitu sebesar 21,669 KW sedangkan daya desain kompresor sebesar 45 KW, daya kompresor menurun sebesar 51,86% dibanding kondisi desain, hal ini dapat terjadi karena perbedaan *pressure* antara aktual dan desain dan karena menyesuaikan kebutuhan operasi sehingga kompresor tidak dioperasikan secara maksimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. NUGRAHANTI, MENGENAL TEKNIK PERMINYAKAN DAN MINYAK BUMI INDONESIA, Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti, 2010.
- [2] P. Basundoro, MINYAK BUMI dolom Dinomiko Politik dan Ekonomi Indonesia 1950-1960an, Surabaya: Airlangga University Press, 2017.
- [3] F. Hapsari, N. Asminah and M. F. Okta, "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* , vol. 1, pp. 187-192, 2023.
- [4] T. I. P. Migas, "PPSDM Migas - Kementerian ESDM," PPSDM Migas, 2024. [Online]. Available: https://ppsdmmigas.esdm.go.id/id/Profile/tentang_kami.
- [5] J. Zolkowski, "Using excel to evaluate air compressor," *Journal of Energy Engineering*, pp. 51-63, 2017.
- [6] H. P. Bloch, A PRACTICAL GUIDE TO COMPRESSOR TECHNOLOGY, Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2006.
- [7] S. M. Tua, A. Fathudin, Wagiman and Yoskasih O, "EVALUASI UNJUK KERJA KOMPRESOR UDARA MODEL MH 110 INSTALASI RADIOMETALURGI," pp. 367-377, 215.
- [8] N. Stosic, I. K. Smith and A. Kovacevic, *Screw Compressors Mathematical Modelling and Performance Calculation*, London: Springer, 2005.
- [9] M. Waruwu, "Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)," *Jurnal Pendidikan Tambusa*, pp. 2896-2910, 2023.
- [10] R. N. Brown, *Compressors: Selection and Sizing 3rd Edition*, Texas: Elsevier, 2005.
- [11] T. Gresh, *Compressor Performance: Aerodynamics for the User*, Elsevier, 2001.
- [12] C. E. Thomas, *Process Technology Equipment and Systems (Vol. 4)*, Canada: Nelson Education, 2014.

Daftar Simbol

P1	=	Tekanan masuk, Psi
P2	=	Tekanan keluar, Psi
T1	=	Temperatur masuk, °C
T2	=	Temperatur keluar, °C
k	=	Rasio panas jenis
L	=	Panjang rotor, inch
d	=	Diameter rotor, inch

C	=	Massa jenis, Kg/m ³
C	=	Constanta profile
Ev	=	Efficiency volumetric, %
η_a	=	Efficiency adiabatic, %
rp	=	Preasure ratio
rv	=	Volume ratio
Qi	=	Kapasitas inlet, CFM
Qr	=	Displacement per revolution, ft ³ /rev
Qd	=	Total displacement volume,CFM
N	=	Putaran poros, rpm
Wa	=	Daya adiabatik, HP
Mcp	=	Specific Heat at Preassure Constant, KJ/kmol.K