

Evaluasi Unjuk Kerja *Screw Compressor* CSM60 Di *Utilities Boiler Unit* PPSPDM Migas Cepu

Melly Tri Arini^{1*}, Ayende¹

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

ABSTRAK

Lembaga Pemerintah memiliki pusat pengembangan sumber daya manusia minyak dan gas berfungsi sebagai pusat pendidikan dan pelatihan dalam subsektor minyak dan gas yang bertujuan membina jaringan sinergis. Dalam industri minyak dan gas, transformasi minyak mentah yang efisien menjadi bahan bakar sangat bergantung pada *equipment* yang ada. Didalam nya terdapat beberapa kilang pengolahan minyak mentah atau *crude oil*. Salah satu komponen yang akan dievaluasi adalah kompresor screw CSM60. Kompresor ini diklasifikasikan sebagai kompresor *rotary* berjenis *screw* yang terletak di dalam unit boiler. Kompresor merupakan bagian integral dari kompresi udara sekitar, yang diperlukan untuk penyuplai udara bertekanan pada peralatan instrumen air dan fasilitas plant air, serta berfungsi sebagai *set-filter* untuk memfasilitasi pengoperasian instrumentasi kilang dalam boiler serta untuk keperluan proses. Mengingat peran penting kompresor, maka perlu dilakukan evaluasi unjuk kerja guna untuk memastikan bahwa kompresor bekerja secara optimal dan memenuhi fungsi sesuai peruntukannya. Perhitungan ini mencakup kapasitas operasional yang dihasilkan oleh kompresor dan output daya setelah perubahan telah diimplementasikan, berdasarkan *log sheet* yang menunjukkan bahwa kompresor sentrifugal yang dirancang beroperasi pada kapasitas 207,7 CFM bila dibandingkan dengan data ideal kapasitas mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi karena perbedaan *temperature* dan *pressure* dengan *pressure ratio* sebesar 6,85% dan volume ratio 6%.

Kata kunci: *Screw Compressor*, Evaluasi, Kapasitas, Daya

 arinimellytri@gmail.com

1. Pendahuluan

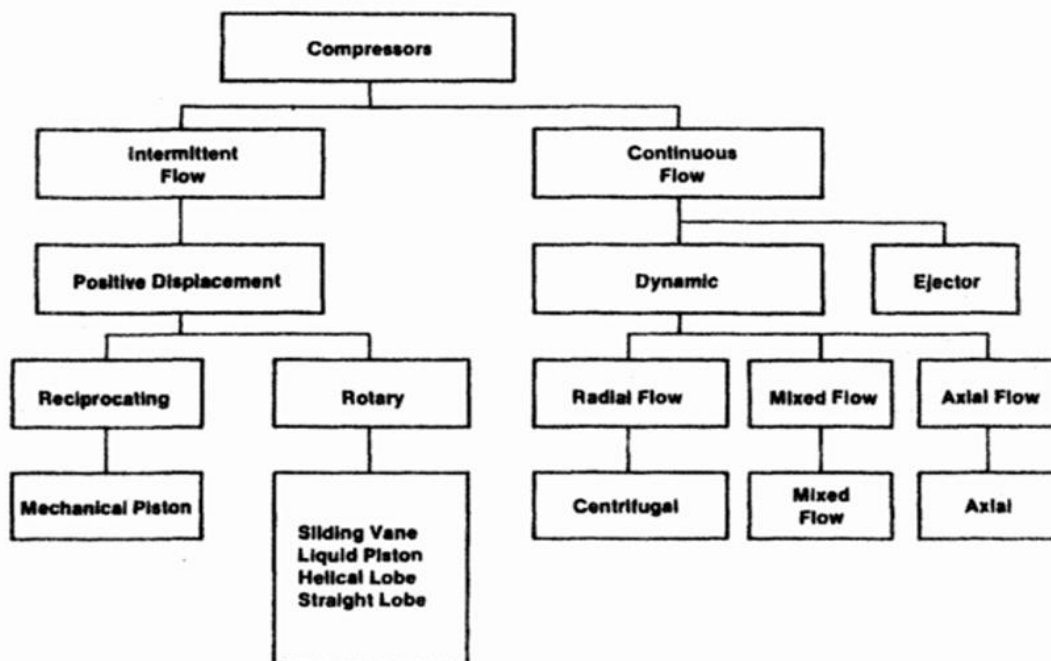
Seiring berjalannya waktu, perkembangan masyarakat pasti disertai dengan kemajuan teknologi. Dalam penulisan paper ini, penulis telah merumuskan masalah penelitian berdasarkan data yang diperoleh selama Praktek Kerja Lapangan (PKL), secara khusus berfokus pada evaluasi unjuk kerja guna untuk mempertahankan kinerja dari kompresor dengan melakukan perhitungan output daya kompresor *screw* CSM60 setelah mengalami perubahan serta menghitung kapasitas yang dihasilkan

kan dengan tujuan untuk membandingkan kondisi operasi *Screw Compressor* CSM60 pada kondisi awal dan kondisi saat ini.

Kompresor merupakan alat mekanik berputar (*rotating equipment*) yang beroperasi untuk menambah tekanan fluida bersifat *compressible* (dapat dikompresi). Cairan ini dapat dicirikan sebagai udara atau gas. Peningkatan tekanan udara oleh kompresor dihasilkan dari proses kompresi yang dapat terjadi baik secara *Intermittent* (tidak kontinyu) atau *Continuous Flow* (kontinyu). Metodologi kompresi non-kontinyu dicirikan oleh sifat sikliknya, di

mana volume gas tertentu diambil oleh kompresor kemudian dikeluarkan, sebelum pengulangan siklus. Istilah *intermittent* (non-kontinu) mengacu pada kategori *positive displacement compressor*, yang mencakup dua jenis utama kompresor bolak-balik (*reciprocating*) dan kompresor putar (*rotary*). Sebaliknya, metodologi aliran kontinu (*continous flow*) merupakan proses kompresi yang terjadi tan-

pa gangguan, mempertahankan aliran pada titik tertentu. Kompresor kontinu diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, yaitu kompresor *dynamic* dan *ejector*. Kompresor *dynamic* dibagi lagi menjadi kompresor sentrifugal dan aksial. Pengklasifikasian kompresor dapat dilihat dari Gambar 1 dibawah ini [1].



Gambar 1. Klasifikasi Kompresor [1]

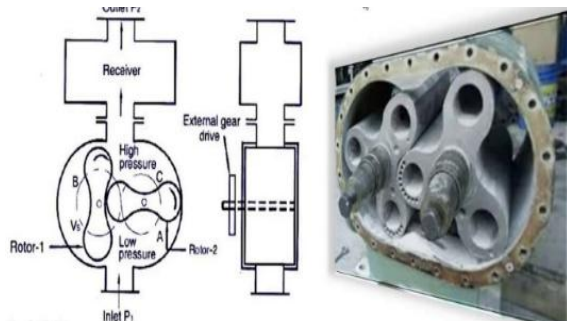
Kompresor Perpindahan Positif (*Positive Displacement*) menaikkan tekanan dengan memampatkan atau memperkecil volume gas yang diisap ke dalam silinder atau stator oleh torak atau sudu [2]. Kompresor ini juga dibagi atas kompresor bolak-balik (*reciprocating*) dan kompresor putar (*rotary*). *Reciprocating Compressor* menggunakan gerakan piston di dalam silinder untuk memindahkan gas dari satu tingkat tekanan ke tingkat tekanan lainnya (lebih tinggi). Yang termasuk dalam kelompok kompresor *reciprocating* yaitu *Mechanical piston (piston compressor)* dan *Reciprocating kompresor*. Karakteristik umum kompresor perpindahan positif adalah aliran konstan dan rasio tekanan variabel (untuk kecepatan tertentu [3].

Rotary Compressors memiliki prinsip kerja memampatkan dan mendorong udara atau gas secara berselang melalui elemen yang

berputar didalam kompresor sehingga menaikkan tekanan. Yang termasuk dalam kelompok kompresor rotary adalah *Root Compressor (Straight lobe)*, *Sliding Vane*, *Screw Compressor (Helical Lobe)*, dan *Scroll Compressor*. *Root Compressor (Straight lobe)* ditunjukkan pada Gambar 2. Pada *root blower* memiliki motor silinder dengan bentuk yang bertujuan sebagai penggerak motor itu sendiri. Biasanya memiliki suhu dingin yang relatif tinggi dan tidak membutuhkan oli seperti pada pompa vakum.

Sliding Vane seperti pada Gambar 3 terdiri dari rotor yang mempunyai beberapa *blade* atau *vane* 4-12 buah yang tersusun ke arah radial dan bergerak *sliding* pada rotor (*rotor housing*). Kedudukan rotor dibuat aksentrik (tidak satu sumbu) terdapat *casing*, sehingga pada saat rotor berputar perubahan area atau lua-

san casing yang dimanfaatkan oleh vane sebagai intake dan discharge port. Penggunaan kompresor sliding vane cocok untuk sistem



Gambar 2. Bagian Root Compressor

Screw Compressor (Helical Lobe) seperti pada Gambar 4 menggunakan sistem screw atau ulir. Screw berfungsi sebagai pemampat udara, gerakannya adalah putaran dan bukan gerak bolak-balik, sehingga lebih halus, dan dapat meminimalisir getaran. Jenis *Screw Compressor* ada dua yaitu *dry* dan *oil flooded*. Untuk membandingkan kekuatan kompresi dan ketahanan tarik-pisah dari sekrup kompresi satu bagian dengan 2 sekrup komponen ganda [4].

Scroll compressor seperti pada Gambar 5 adalah kompresor yang memampatkan udara



Gambar 4. Compressor screw CSM60

Pada *screw compressor* sistem berfungsi melalui pemanfaatan dua screw heliks yang berputar di dalam kompartemen yang disebut sebagai *air end*. Dimana kedua screw digerakkan oleh motor listrik. Perputaran kedua rotor screw ini kemudian menghasilkan suction pada intake valve dan menghasilkan udara bertekanan melalui outlet atau lubang discharge. Udara bertekanan dialirkan ke separator tank. Udara bertekanan kemudian

air conditioning dan vacuum recovery gas process.



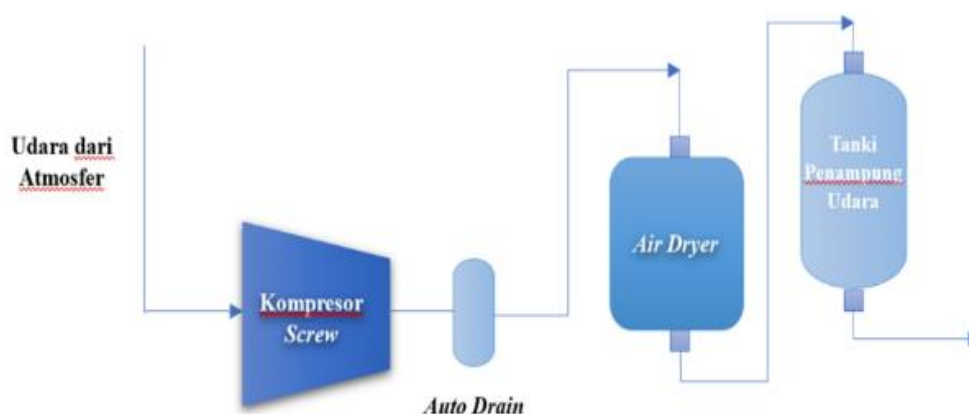
Gambar 3. Kompresor Sliding Vane

untuk memutar dua kepala seperti gulir. Desain ini mengurangi gerakan dan getaran yang timbul selama operasi, menghasilkan kebisingan yang rendah dan getaran yang rendah. Menggunakan dua scroll berbentuk spiral untuk memampatkan udara. Satu scroll tetap diam, sementara yang lain bergerak dalam gerakan mengorbit di sekitar bagian tengah scroll yang diam. Saat scroll berputar, scroll yang mengorbit menarik udara melalui saluran masuk, memampatkan dan mendorongnya ke arah tengah.



Gambar 5. Scroll Compressor

diarahkan ke pemisah tangki. Tujuan utama komponen ini adalah untuk memfasilitasi pemisahan udara terkompresi dari minyak. Minyak turun ke bagian bawah tangki, memungkinkan udara akan melewati separator. Udara mengalami proses pendinginan menggunakan air cooler setelah itu udara ditarik masuk oleh air fan dari bagian sisi kiri kemudian disalurkan menuju pompa screw sebelum pembuangan akhir melalui air discharge [5].



Gambar 4. Diagram Alir Udara Bertekanan

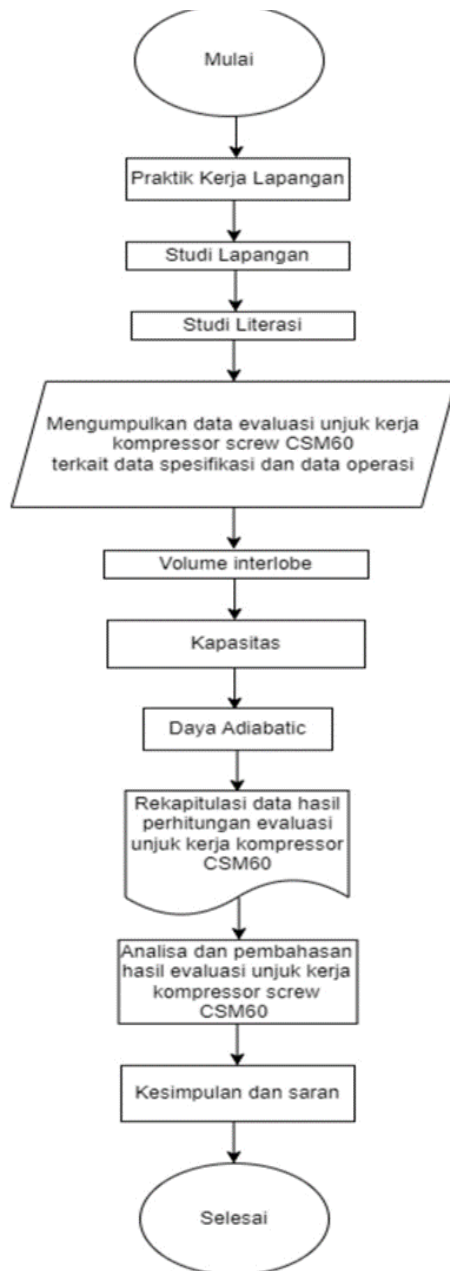
Pada PPSDM Migas kompresor bagi utilitas memiliki peranan penting yaitu sebagai penyuplai udara bertekanan pada peralatan *instrument air* dan *plant air*, juga berperan untuk mengkompresi fluida dan sebelum itu akan masuk ke *pressure vessel*. Kompresor telah memainkan peran penting dalam menyediakan udara terkompresi yang tersimpan dalam tangki penyimpanan sebelum didistribusikan dan didinginkan oleh pengering udara di unit boiler. Kompresor *screw* ini memiliki prinsip kerja yaitu beroperasi menggunakan 2 buah *screw* yang berputar di dalam ruang yang disebut *air end*. Dimana, kedua *screw* digerakkan oleh motor.

Perputaran kedua rotor *screw* ini kemudian menghasilkan *suction* pada *intake valve* dan menghasilkan udara bertekanan melalui outlet atau lubang *discharge*. Udara bertekanan dialirkan ke separator tank [6], untuk memisahkan udara terkompresi dengan oli. Minyak jatuh ke dasar tangki dan udara akan melewati separator. didinginkan menggunakan *air cooler* sebelum akhirnya dikeluarkan melalui *air discharge* kemudian udara disedot dari air fan melalui bagian sisi kiri lalu dihisap masuk ke dalam pompa *screw*. Untuk itu dilakukan evaluasi unjuk kerja guna untuk mempertahankan kinerja dari kompresor itu sendiri agar optimal dan bekerja sesuai peruntukannya. Berdasarkan pertimbangan kapasitas terpasang dan daya mampu di atas untuk memenuhi kebutuhan proses di utilities unit boiler, akan dilakukan evaluasi terhadap beberapa komponen kompresor [7].

2. Metode

Penelitian ini berlangsung pada 1 Desember 2022 sampai 31 Desember 2022. Dengan data berupa *Screw Compressor Data Operation* dan data *design* dari perusahaan. Adapun langkah yang dilakukan dalam pelaksanaannya yaitu kunjungan lapangan dengan tujuan mengumpulkan data sebagai bahan analisis secara aktual waktu di lapangan dan secara langsung. Kemudian melakukan studi literatur dengan membandingkan antara data sebelumnya dengan data sekarang untuk menganalisa kondisi mesin, serta mengumpulkan data kompresor. Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan maka dilakukan perhitungan volume interlobe, kapasitas, dan daya adiabatik seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Dalam pekerjaan ini, model mekanistik rinci dari mesin sekrup tunggal dilakukan untuk membandingkan profil garis lurus konvensional dengan profil gigi baru yang diusulkan. Penekanan khusus diberikan pada efek garis segel pada aliran kebocoran. Selanjutnya, implikasi desain profil gigi baru pada rasio volume internal, porting, dan perpindahan juga dibahas [8]. Selanjutnya, cara mengevaluasi kompresor yaitu melalui langkah-langkah sebagai berikut membuat rekapitulasi data hasil perhitungan, pemeriksaan fungsi mesin secara berkala dengan cara dioperasikan dan pada minggu terakhir dilakukannya analisa pembahasan hasil evaluasi untuk mengidentifikasi kesimpulan yang diperlukan.



Gambar 5. Flowchart Penelitian

Dalam perhitungan unjuk kerja kompresor *screw* terdiri dari beberapa parameter utama yaitu kapasitas kompresor Daya kompresor. Untuk menghitung rasio panas jenis atau bisa disebut dengan M_{cp} (*Molal Heat Capacity*) yang mengacu pada jumlah energi yang perlu disuplai sebagai energi panas ke satu mol zat kepada zat lainnya untuk menghasilkan peningkatan satu unit dalam suhunya. Menggunakan persamaan berikut [1].

$$K = \frac{M_{cp}}{M_{cp} - 1,99} \quad (1)$$

Untuk menghitung rasio tekanan (*Pressure Ratio*) yang terjadi selama siklus operasional kompresor dapat di ketahui dengan membagi tekanan keluar dengan tekanan masuk, menggunakan persamaan berikut [1].

$$rp = \frac{P_2}{P_1} \quad (2)$$

Untuk menghitung rasio volume yang terjadi selama siklus operasional kompresor dapat di ketahui dengan melihat hasil dari rasio dengan nilai panas jenis menggunakan persamaan berikut [1].

$$rv = rp^{\frac{1}{k}} \quad (3)$$

Dalam menghitung kapasitas aktual dibutuhkan beberapa parameter dihitung dengan persamaan berikut. [9].

$$Q_i = Q_d \cdot E_v \quad (4)$$

Selanjutnya dalam menghitung kapasitas desain dibutuhkan beberapa parameter seperti kecepatan kompresor dan efisiensi volumetric. Berikut rumus menghitung *compressor speed*,

$$Q_d = \frac{Q_i}{E_v} \quad (5)$$

Volumetric efficiency menggunakan persamaan dibawah ini [10]

$$VE = 98 - V \cdot r \quad (6)$$

Untuk *Volume interlobe* tergantung pada karakteristik profil rotor, diameter dan panjang rotor dapat dihitung dengan persamaan berikut [9],

$$Q_r = \frac{d^3 \cdot \left(\frac{L}{D}\right)}{c} \quad (7)$$

Untuk menghitung daya adiabatik dimasukkan data tekanan, kapasitas, rasio juga efisiensi. Untuk lebih jelasnya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [10],

$$W_a = P_1 \cdot Q_1 \cdot \frac{k}{\eta_a(K-1)} (r_p^{\frac{k-1}{k}} - 1) \quad (8)$$

Adapun perbandingan kapasitas yang di dapat bisa digunakan untuk menghitung efisiensi kapasitas dengan memasukkan nilai kapasitas aktual dan desain dengan rumus sebagai berikut [1]

$$\text{Efisiensi Kapasitas} = \frac{\text{kapasitas kompresor aktual}}{\text{kapasitas kompresor desain}} \cdot 100\% \quad (9)$$

Untuk menghitung efisiensi daya dapat diperoleh dari hasil daya antar kondisi desain dan aktual yang didapatkan menggunakan rumus sebagai berikut [1]

$$\text{Efisiensi Daya} = \frac{\text{Daya kompresor aktual}}{\text{Daya kompresor desain}} \cdot 100\% \quad (10)$$

3. Hasil

Tabel 1 menyajikan hasil yang diperoleh dari perhitungan yang berkaitan dengan efisiensi volumetrik, laju aliran, *pressure ratio*, daya kompresor mencakup pada saat kondisi aktual juga desain, dan kapasitas kompresor baik kondisi aktual dan desain. Sedangkan hasil perhitungan rasio panas jenis, perhitungan *pressure ratio* dan volume ratio dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Analisa Unjuk Kerja Kompresor Screw Kapasitas Aktual

Keterangan	Hasil Analisa
Q _i	= 186,92 CFM
Q _d	= 207,7 CFM
Q _r	= 0,101 $\frac{ft^3}{rev}$
K	= 1,07
Pr	= 6,85%
rv	= 6%
W _a	= 30,3 Hp = 22 kW
Q _{aktual}	= 207,7
Q _{desain}	= 250,028
Q%	= 83.0663%
W _{aktual}	= 22,6283
W _{desain}	= 45
W%	= 50.2851%

Tabel 2. Hasil analisa Rasio panas

Keterangan	Hasil Analisa
Rasio panas jenis (K)	1,07
<i>Pressure Ratio</i> (rp)	6,85
<i>Volume Ratio</i> (rv)	6

4. Pembahasan

Fungsi Kompresor *Screw* CSM60 di unit boiler digunakan untuk mensirkulasikan udara se-

kitar untuk menggerakkan instrumentasi kilang di *boiler*. Udara terkompresi untuk menggerakkan instrumentasi kilang di boiler. Udara terkompresi disimpan dalam tangki

penyimpanan sebelum didistribusikan dan didinginkan oleh pengering udara di unit *boiler*. Tabel 3 berikut adalah data spesifikasi

screw compressor. Sedangkan data spesifikasi penggerak *compressor screw* yang di peroleh tercantum pada Tabel 4.

Tabel 3. Data Spesifikasi Screw Compressor CSM60

Keterangan	Data		
<i>Description Compressor</i>	<i>Screw Air Compressor</i>		
<i>Model</i>	CSM60 - 0400V50 HZ	SIN	COX216619
<i>PN</i>	4103503905		
<i>Capacity</i>	7,08		m ³ /min
<i>Working Pressure</i>	1,0		MPa
<i>Rated Voltage</i>	400		V
<i>Frequency</i>	50		Hz
<i>Motor Power</i>	45		kW
<i>Drive Shaft Speed</i>	2955		RPM
<i>Dimension</i>	1723*980*1600		(l x w x h) mm
<i>Rotor Diameter</i>	157; 6,18; 0,515		mm; inch; feet
<i>Length of Rotor</i>	238,55; 9,37; 0,782		mm; inch; feet
<i>Length Diameter</i>	1.55		mm
<i>Input Ser</i>	7,9		kW/m ³ /min
<i>Weight</i>	866 kg	<i>Date</i>	2022.10

Tabel 4 .Data Spesifikasi Penggerak Kompresor :

Keterangan	Data
Merk Produsen	ZHONGDA MOTORS CO.LTD
<i>Type</i>	YE3-225-M2
<i>Serial Number</i>	220909003-1
<i>Phase</i>	3
<i>Voltage</i>	400 V
<i>Ampere</i>	76,6 A
<i>Rated Power</i>	45 kW
<i>Efficiency</i>	94%
<i>Cos Φ</i>	0,90
<i>Service Factor Amps</i>	88.3 A
<i>Service Factor</i>	1.15 HP
<i>Frequency</i>	50 Hz
<i>Max. Ambient</i>	46°C
<i>Weight</i>	312 kg
<i>Speed</i>	2960 RPM
<i>Production Date</i>	22.10

Data kondisi operasi kompresor pada Tabel 5 menunjukkan dimana *equipment* berada pada status *running*. Adapun kondisi pada pengoperasian *compressor screw* CSM60 di unit

boiler dilakukan pada 14 Desember 2022. Gas yang disirkulasikan oleh kompresor adalah *air ambient*, dengan spesifikasi dari Tabel 6.

Tabel 5. Data Kondisi Operasi Kompresor Screw CSM60

DATA OPERASI					
P1	1	atm	P2	6.9	bar
	1.01325	bar		85.37996	psig
	14.6	psia		100	psia
	2117.627	lb/ft ²		14420.21	lb/ft ²
T1	30	°C	T2	85	°C
	86	°F		185	°F
	545.67	°R		644.67	°R
	303.15	°K		358.15	°K
Qi	186.92	CFM			

Tabel 6 . Data Komposisi Air Ambient

Keterangan	Data
<i>Component</i>	<i>Air Ambient</i>
<i>Chemical formula</i>	N ₂ + O ₂
<i>Molecular Weight (Mw)</i>	28,97 kg/kmol; 0,067 lbm/mol
<i>Critical Temperature(Tc)</i>	239 °R
<i>Critical Pressure (Pc)</i>	547 psia
<i>Specific Heat Capacity (Mcp)</i>	6,965 Btu/lb.R

Dari hasil observasi dan hasil perhitungan aktual kondisi operasi kompresor CSM60 di bandingkan dengan data desain dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini dimana besarnya nilai *Pressure Ratio* (rp) mengakibatkan ka-

pasitas kompresor menurun dari kondisi desain 250,02 SCFM menjadi 207,7 SCFM dan nilai *Volume Ratio* (rv) mengakibatkan siklus kompresi menurun dari kondisi desain 45 kW menjadi 22 kW.

Tabel 2. Perbandingan hasil perhitungan aktual dan data desain

No	Parameter Operasi	Kondisi Desain	Kondisi Aktual	Keterangan
1	Kapasitas (CFM)	250,028	207,7	Turun
2	Daya Kompresor (kW)	45	22	Turun

5. Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan melalui pengamatan dan analisis kuantitatif unjuk kerja kompresor *screw* maka dapat disimpulkan bahwa kompresor ini men-

alami penurunan sekitar 42,32% dari kondisi desain. Dimana pada *overall pressure ratio* dapat mempengaruhi pengurangan kapasitas, sebagaimana dibuktikan oleh tekanan sisi output kompresor meningkat dari 14,6 psia menjadi 100 psia bersamaan dengan peningkatan nilai tekanannya. Kapasitas yang berkurang ini dapat dikaitkan dengan perbedaan antara tekanan saat kondisi operasi dan parameter desain. Dimana ketika daya kompresor yang dirancang 45 kW, output daya kompresor berkurang menjadi 22 kW hal ini disebabkan oleh suhu inlet yang tidak optimal (rendah).

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah Azza Wajalla yang telah melimpahkan rahmat dan karunia tak terhingga sehingga terselesainya penyusunan jurnal ini. Terima kasih kepada PPSDM Migas Cepu yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Dan kepada keluarga yang senantiasa memberi dorongan tanpa henti, kasih sayang serta mengiringi dalam restu dan doa.

Daftar Pustaka

- [1] Brown and R. N, "*Compressor : Selection and Sizing. Third Edition*," Amsterdam: Elsavier Science & Technology Books, 2005.
- [2] T. Rating, "*American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers*," AMCA, vol. 10, pp. 51-75, 2004.
- [3] Gresh and M. Theodore, "*Compressor Performance : Aerodynamics for the User*," Butterworth Heinemann: Elsavier Science, 2001.
- [4] L. Crawford, E. Powell and I. Trail, "*The Fixation Strength of Scaphoid Bone Screws An In Vitro Investigation Using Polyurethane Foam*," *Journal* , vol. 37, pp. 255-260, 2012.
- [5] H. Azwir, "*Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM*," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 17, pp. 21-35, 2018.
- [6] D. Ziviani, G. Patrick and G. Eckhard, "*Performance evaluation of a novel single-screw compressor and expander design*," *IOP USA*, vol. 10, pp. 1-10, 2019.
- [7] R. Mukhnizar and M. Zulkarnain, "*Analisis Penyebab Over Heating untuk Tindakan Pada Screw Compressor di PT. Semen Padang Unit Indarung IV*," *Jurnal Teknik Industri*, pp. 1313-1320, 2023.
- [8] D. Ziviani, G. Patrick and D. Michael, "*Review and Update on the Geometry Modeling of Single-Screw Machines with Emphasis on Expanders*," *IOP USA*, vol. 10, pp. 1-10, 2018.
- [9] Felecia, "*Fuzzy Logic Reliability Centered Maintenance*," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 16, pp. 121-126, 2014.
- [10] D. Fritz and S. D, "*Turbines, Pump and Compressor*," Jakarta: Erlangga, 2001.