

# EVALUASI EFISIENSI KOMPRESOR CP-9600 DI UNIT PEMROSESAN GAS PADA *CENTRAL PROCESSING AREA* SUKOWATI

Zalsa Tri Warjuna Putra<sup>1</sup>, Agus Setiyono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Kabupaten Blora, 58312

\*E-mail: [zalsawarjuna2406@gmail.com](mailto:zalsawarjuna2406@gmail.com)

## ABSTRAK

Kompresor torak adalah salah satu alat mekanik yang digunakan untuk meningkatkan tekanan atau memampatkan suatu fluida dan yang sering berupa gas. Prinsip kompresor torak adalah bergerak bolak balik dari sebuah torak di dalam silinder dan saat torak bergerak maju, volume ruang di dalam silinder mengecil, sehingga tekanan gas di dalamnya meningkat. Kompresor yang digunakan pada area *processing* adalah *sour gas compressor*. Perhitungan evaluasi dilakukan untuk mengetahui efisiensi dari kinerja kompresor CP-9600 untuk mengetahui seberapa efisiensi alat tersebut. Metode yang digunakan untuk mengevaluasi adalah studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, perhitungan, dan analisa data. Parameter-parameter yang sangat penting untuk mengevaluasi adalah data desain dan data operasi alat kompresor CP-9600. Perhitungan evaluasi dilakukan dan didapatkan efisiensi volumetrik pada kompresor sebesar 83,24% dari data operasinya yaitu 78,65%. *Gas recovery* kompresor mempunyai kapasitas yang dievaluasi sebesar 3.237,75 cfm lebih tinggi dari kapasitas yang sedang beroperasi dan daya yang digunakan kompresor untuk memompa energi berupa *sour gas* yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya sebesar 487,89 HP.

**Kata kunci:** *Kompresor, Sour Gas, Data Operasi, Efisiensi*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan gas merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam masa sekarang. Gas dapat digunakan di berbagai aspek seperti industry, rumah tangga, dan pembangkit Listrik. [1] *Central Processing Area* (CPA) pada area Sukowati digunakan untuk memproses *crude oil* dari sumur untuk dipisahkan dari kontaminan seperti H<sub>2</sub>S yang merupakan gas beracun. *Central Processing Area* pada operasinya menggunakan gas kompresor *sweet* dan *sour gas*. Gas yang diproses pada CPA merupakan gas bumi yang diproduksi dengan minyak bumi dari sumur *associated gas* yang artinya sumur yang menghasilkan gas bumi yang tergabung dalam minyak bumi dalam satu *reservoir*. Gas yang berasal dari *oil rig* akan diproses lanjut pada unit *Sulphur Recovery Unit* (SRU) sebelum digunakan untuk proses *sweet gas*. Adapun parameter yang akan mempengaruhi dari hasil dan kinerjanya yaitu suhu dan tekanan. Parameter tersebut harus dijaga supaya dapat berjalan dengan baik dan maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui prinsip kerja dan menganalisa efisiensi kompresor CP-9600 yang ada di *Central Processing Area*. Pada penelitian sebelumnya didapatkan evaluasi dari efisiensi volumetric sebesar 81,49% dan masih terdapat beberapa parameter yang dapat di evaluasi untuk mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi.

Kompresor merupakan salah satu peralatan penunjang proses produksi untuk peningkatan sarana dan fasilitas. [2] Kompresor merupakan peralatan yang vital pada proses industri yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan *pressure* pada suatu plan. Kompresor juga untuk kebutuhan proses dengan udara bertekanan pada alat *pneumatic* dan penunjang sirkulasi gas pada proses. [3]

Kompresor yang digunakan pada CPA ada 2, yaitu untuk *sour gas* dan *sweet gas* kompresor. Kompresor tersebut mempunyai fungsi untuk menjaga tekanan dan suhu gas agar sesuai

dengan desain operasinya. Apabila sesuai dengan desain operasi maka dapat beroperasi dengan maksimal. Evaluasi akan dilakukan untuk mengetahui sistem atau kinerja dan efisiensi dari kompresor. Fungsi untuk menghitung evaluasi yaitu untuk mempermudah dalam menghitung keuntungan ekonomis dan penentuan kondisi operasi yang optimal [4]. Kompresor dapat beroperasi menggunakan tekanan masuk dibawah atmosfer sampai dengan tekanan tinggi diatas atmosfer sedangkan tekanan keluar memiliki tingkatan sampai dengan tekanan tinggi. Kompresor biasanya digunakan untuk distribusi udara atau gas pada pengolahan migas, petrokimia, dan keperluan proses. [5]

### A. Prinsip Kerja Kompresor Torak

Kompresor bolak balik adalah kompresor perpindahan positif yang dilengkapi dengan piston bolak balik yang memampatkan udara. Prinsip pengoperasian kompresor torak mempunyai 4 tahapan yaitu [6] *Ekstensi* saat piston bergerak mundur, udara atau gas diruang terbuka mengembang. Tekanan didalam silinder turun dan katup pada bagian masuk terbuka. pada *suction*, piston bergerak lebih jauh ke belakang dan gas akan memasuki silinder. Tekanan dalam silinder akan relatif konstan. Selanjutnya *Compression*, piston akan mulai bergerak maju (berlawanan arah), udara atau gas diberi tekanan dengan katup hisap dan pelepasan tertutup. Volume gas berkurang dan tekanan bertambah hingga sedikit diatas tekanan awal. Fase tersebut dengan fase kompresi. Tahap terakhir adalah *Discharge* yaitu Piston kemudian melanjutkan fase dimana gas dipaksa keluar melalui katup buang. Fase ini disebut dengan fase pelepasan. Selama fase pelepasan, tekanan gas didalam silinder akan konstan. Saat fase ekstraksi selesai, langkah-langkah diulang dari awal lagi dan secara *continue*. [7]

### B. Bagian-Bagian Utama Kompresor Torak

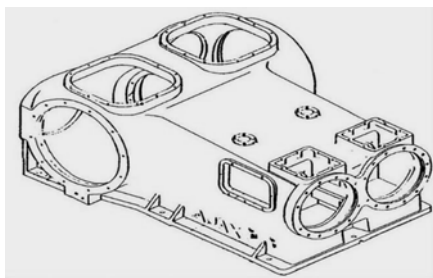
Komponen utama kompresor torak adalah :

#### 1. Kerangka (*Frame*)

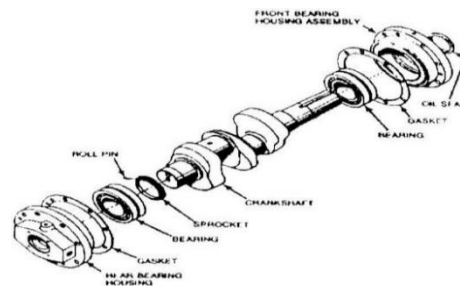
Gambar 1 merupakan kerangka kompresor. Fungsi utama dari rangka adalah untuk membawa seluruh beban dan juga berfungsi sebagai tempat bantalan, poros engkol, silinder, dan wadah untuk pelumas. [8]

#### 2. Poros Engkol (*Crank Shaft*)

Gambar 2 merupakan poros engkol. Poros Engkol berfungsi untuk mengubah gerakan berputar menjadi gerakan timbal balik secara langsung. [8]



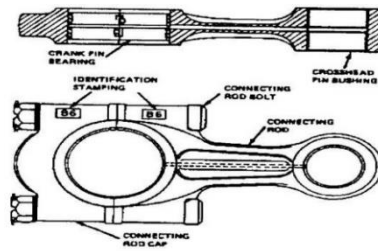
Gambar 1 Kerangka Kompresor



Gambar 2 Poros Engkol

#### 3. Batang Penghubung (*Connecting Rod*)

Gambar 3 merupakan batang penghubung. Batang penghubung berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari poros engkol ke batang piston melalui *crosshead*. Komponen ini harus kuat dan tidak fleksibel untuk menahan tekanan saat dikompresi. [8]



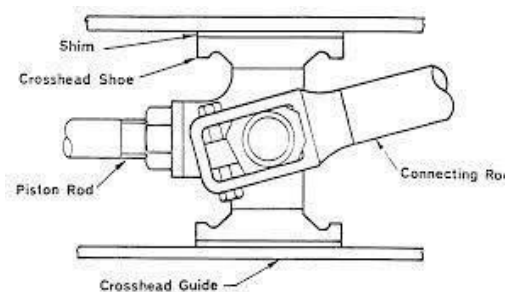
**Gambar 3 Batang penghubung**

4. Kepala Silang (*Cross Head*)

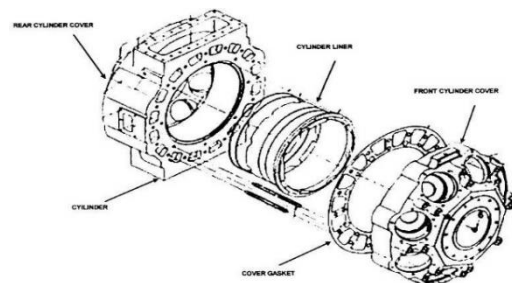
Gambar 4 merupakan kepala silang. Kepala silang berfungsi untuk mentransfer faktor gaya dari batang penghubung ke batang piston. [8].

5. Silinder (*Cylinder*)

Gambar 5 merupakan silinder. Silinder berfungsi sebagai stasiun linier untuk silinder dan jaket air. [8].



**Gambar 4 Kepala silang**



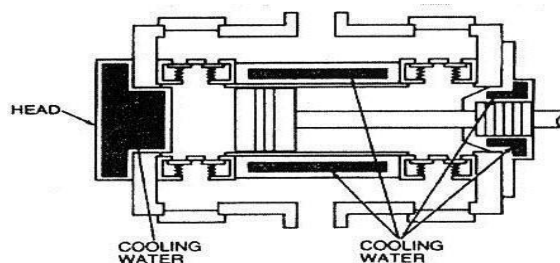
**Gambar 5 Silinder**

6. *Water Jacket*

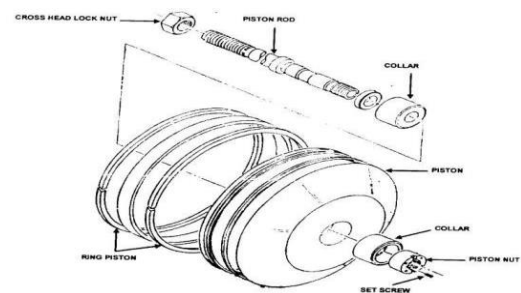
Gambar 6 merupakan *water jacket*. *Water jacket* adalah ruang di dalam silinder tempat air yang bersirkulasi untuk pendinginan. [9]

7. Torak (Piston)

Piston berfungsi sebagai elemen yang memanipulasi gas dalam proses kompresi dan ekstraksi. [9]



**Gambar 6. Water Jacket**



**Gambar 7 Torak (Piston)**

**2. METODE**

Metode yang digunakan yaitu Pengumpulan Data, Pengolahan data, dan Perhitungan. Sebelum melakukan pengumpulan data dilakukan studi literatur untuk mengetahui data-data apa saja yang akan dikumpulkan. Data-data yang diperlukan adalah data desain alat gas

recovery kompresor, data kondisi operasi, spesifikasi *fuel gas conditioning*, dan spesifikasi gas *cooling* seperti dipaparkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1. Fuel Gas Conditioning Kompresor**

<b>Spesifikasi Fuel Gas Conditioning Kompresor</b>	
<i>Unit Type</i>	<i>Fuel Gas</i>
<i>Flow rate</i>	2.5 MMSCFD
<i>Suction P/T</i>	15 PSIG /120°F
<i>Discharge P/T</i>	350 PSIG /120°F
<i>Capacity</i>	3.005,75 cfm
Daya kompresor	356.507,7 Watt
<i>Efisiensi Volumetric</i>	78,65 %

**Tabel 2. Design Spesifikasi Gas Cooling**

<b>Spesifikasi Gas Cooling</b>	
<i>Unit Type</i>	<i>Gas Cooling</i>
<i>Design Press.</i>	450 PSIG
<i>Design Temp.</i>	250°F
<i>Capacity</i>	0,75×10 <sup>4</sup> mBTU/hr
<i>Material</i>	Carbon Steel

Selanjutnya pengolahan dan analisa data. Data yang telah diperoleh selanjutnya dikumpulkan dan dianalisa untuk mengetahui perhitungan data pada kompresor dan mengetahui permasalahan yang ada di kompresor. Untuk mengevaluasi performa dari kompresor untuk menekan *sour gas* untuk diolah dari unit berikutnya. Metode analisis gas *recovery* kompresor adalah metode menghitung efisiensi *sour gas* kompresor dalam melakukan kinerjanya setelah menerima gas dari *stripper*. Metode terakhir adalah perhitungan untuk mengetahui efisiensi dari kompresor.

1. Rasio Panas Jenis [10]

$$K = \frac{C_p}{C_v} \tag{1}$$

2. Faktor *Kompresibilitas* [10]

$$Pr = \frac{P_1}{P_c} \quad (2)$$

$$Tr_1 = \frac{T_1}{T_c} \quad (3)$$

3. Kecepatan Keliling Rotor [10]

$$U = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} \quad (4)$$

4. Efisiensi Volumetrik [10]

$$VE = 98 - V \cdot r \quad (5)$$

5. Kapasitas yang dihasilkan [10]

$$Q = D \cdot L \cdot U \cdot X \cdot VE \quad (6)$$

6. Laju Aliran Massa [10]

$$W = 0,93 \cdot D \cdot Mw \cdot L \cdot U \cdot X \cdot \frac{P_1}{T_1} \quad (7)$$

7. Daya Kompresor [10]

$$CHP = \frac{0,0468 \cdot \left(r^{\frac{k-1}{k}}\right) \cdot W \cdot Z \cdot T_1}{\frac{k-1}{k} \cdot Mw \cdot \eta_{ad} \cdot \eta_m} \quad (8)$$

### 3. PEMBAHASAN

#### A. Fungsi Gas Kompresor CP-9600

*Gas recovery* kompresor (CP-9600) adalah kompresor *reciprocating*. Tugas kompresor CP-9600 adalah memampatkan gas asam yang keluar dari kolom stripper. Kompresor ini menyediakan bahan bakar *sour gas* yang dikirim ke *Sulphur Recovery Unit* (SRU) dan sisanya yang banyak mengandung belerang dikirim ke *flare* HP untuk di bakar. Terdapat empat turbin gas menghasilkan daya listrik per turbin sebesar 760 Kw, yang digunakan untuk membangkitkan listrik di *central processing area* dan untuk menggerakkan dua mesin kompresor.

#### B. Prinsip Kerja Kompresor CP-9600

*Gas recovery* kompresor mendapatkan suplai gas yang berasal dari kolom stripper. Gas yang keluar dari kolom stripper ada yang berbentuk *sour gas* dan *sweet gas*. Untuk *sweet gas* akan menuju ke *Gas Boot* untuk dipisahkan antara gas dan cairan sedangkan *sour gas* akan menuju ke *gas recovery* kompresor. Kompresor tersebut mengolah *sour gas* yang selanjutnya masuk ke *first stage scrubber* untuk menangkap cairan yang masuk bersama gas dan cairan akan ditampung di *pull station drum*. Dari *pull station drum* pertama masuk ke silinder untuk dikompresi tekanannya lalu masuk ke *pull station drum* untuk ditampung sebelum masuk ke *intercooler* untuk diturunkan suhunya.

Setelah dari *intercooler* gas masuk ke *second stage scrubber* untuk dikeringkan lagi atau dipisahkan dari cairan yang masih terikut di dalam gas. Setelah dari *second stage scrubber* gas lalu masuk ke *pull station drum* dan masuk ke silinder untuk dikompres tekanannya. Setelah masuk ke silinder gas kemudian masuk lagi ke *pull station drum* sebelum masuk lagi ke *intercooler*. Setelah dari *intercooler* gas masuk ke *after scrubber* untuk ditampung dulu agar gas lebih kering dan lebih bagus untuk *fuel gas* ke *Sulphur Recovery Unit*.



Gambar 8 Kompresor CP-9600 di Central Processing Area

### C. Perhitungan Efisiensi

#### 1. Rasio Panas Jenis

Molar Heat Capacity adalah panas jenis molal pada tekanan konstan dan pada kondisi campuran.

$$K = \frac{1,01 \text{ Kcal(Kg C)}}{0,712 \text{ Kcal (Kg C)}} = 1,4$$

Karena fluida alir kompresor adalah udara maka nilai  $K= 1,4$ . Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 3 rasio panas jenis gas yang ada dibawah ini.

Tabel 3 Rasio Panas Jenis Gas

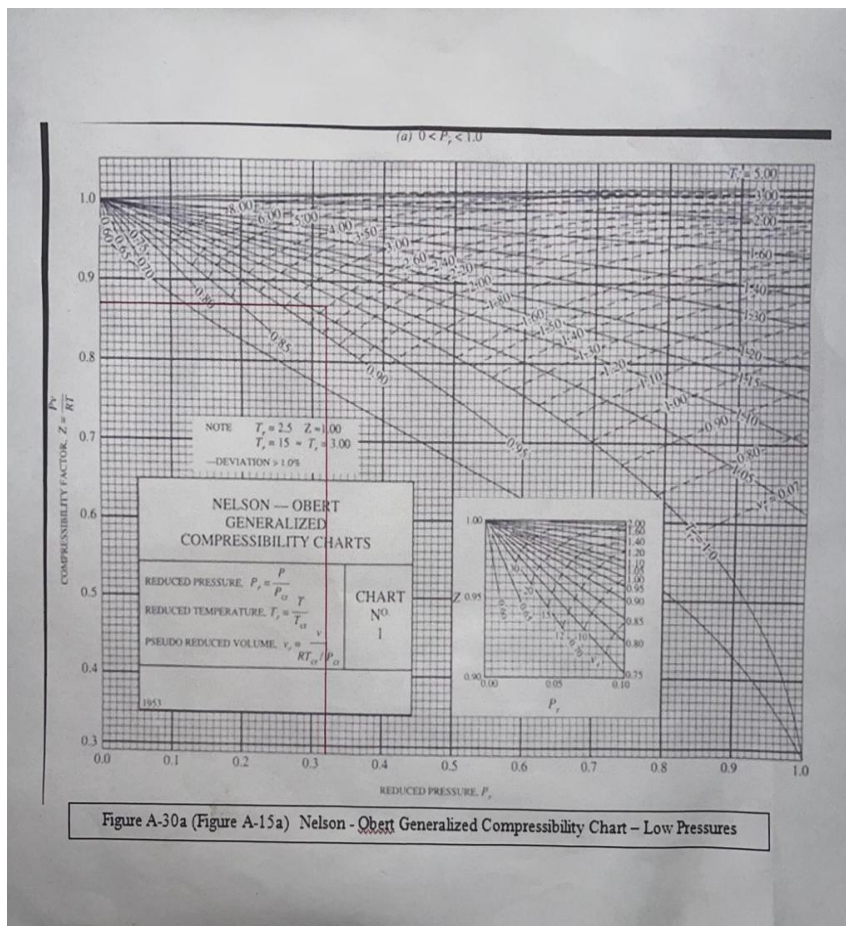
Nama Gas	Rumus kimia	Jumlah atom	$c_p$	$c_v$	$k = c_p/c_v$
Udara	-	-	1,01	0,712	1,42
Argon	Ar	1	0,52	0,31	1,67
Helium	He	1	5,23	3,16	1,66
Hidrogen	H <sub>2</sub>	2	14,32	10,16	1,41
Nitrogen	N <sub>2</sub>	2	1,03	0,74	1,39
Oksigen	O <sub>2</sub>	2	0,91	0,65	1,4
Uap air (1 atm, 100-315 C)	H <sub>2</sub> O	3	1,97	1,5	1,31
Karbon dioksida	CO <sub>2</sub>	3	0,86	0,66	1,30
Asetilin	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	4	1,47	1,35	1,24
Alkohol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	9	1,88	1,67	1,13
Amoniak	NH <sub>3</sub>	4	2,19	1,66	1,32
Gas Alam			2,34	1,85	1,27

#### 2. Faktor Kompresibilitas

Nilai faktor kompresibilitas ( $Z$ ) yang terlebih dahulu menentukan nilai tekanan tereduksi dan temperatur tereduksi. Sedangkan untuk nilai tekanan kritis ( $P_{sia}$ ) dan nilai temperatur kritis ( $^{\circ}R$ ).

$$Pr1 = \frac{P1}{Pc} = \frac{177 \text{ psia}}{549,08 \text{ psia}} = 0,32$$

$$Tr1 = \frac{T1}{Tc} = \frac{639,27 \text{ R}}{238,73 \text{ R}} = 2,6$$



**Gambar 9 Grafik Faktor Kompresibilitas**

Berdasarkan hubungan nilai  $P_{r1}$  dan  $T_{r1}$  pada grafik yang terdapat dalam Gambar 9, maka diperoleh nilai  $Z_1$  yaitu 0,87.

3. Kecepatan Keliling Rotor

Mencari kecepatan keliling rotor harus memasukan data diameter rotor (D) dan putaran rotor (N). Diameter yang didapatkan pada kompresor adalah 0,764 feet dan putaran kompresor adalah 766 rpm. Menggunakan pers. (4) didapatkan perhitungan diatas maka didapatkan hasil bahwa kecepatan keliling rotor pada kompresor adalah 559,97 m/min.

4. Efisiensi Volumetrik

Mencari efisiensi volumetrik membutuhkan data konstanta efisiensi volumetrik (V) dan perbandingan tekanan keluar dan tekanan masuk (r). Berdasarkan kondisi operasi, tekanan masuk kompresor adalah 83 Psia dan tekanan keluar adalah 175 Psia.

Efisiensi volumetrik mempunyai range dari 40-90%. Sedangkan hasil pada kompresor menggunakan Pers. (5) didapatkan 83,24% yang mana masih masuk dalam range kondisi optimal. Efisiensi volumetrik yang sedang beroperasi sekitar 78,65%. Nilai efisiensi volumetric yang beroperasi saat ini 78,65% berasal dari perbandingan antara volume actual gas yang berhasil dikompresi oleh kompresor dengan volume teoritis yang seharusnya dapat dikompresi oleh kompresor pada setiap langkah piston. Terdapat perbedaan antara perhitungan dan kondisi saat beroperasi dikarenakan adanya ruang kosong kecil antara piston dan dinding silinder. Sehingga ruang kosong ini terisi gas dan mengurangi volume efektif yang dapat dikompresi serta diasumsikan dalam kondisi ideal seperti tidak adanya kebocoran.



5. Kapasitas yang dihasilkan

Setelah mendapatkan keliling rotor dan efisiensi volumetrik maka kapasitas yang dihasilkan dari kompresor dapat dihitung. Menggunakan Pers. (6) didapatkan kapasitas sebesar  $91,682 \text{ m}^3/\text{min}$ .

6. Laju Aliran Massa

Laju aliran massa harus dihitung untuk mengetahui berapa *flow* yang masuk ke dalam kompresor. Menggunakan Pers. (7) didapatkan  $W = 18,69 \text{ lbm}/\text{menit}$ .

7. Daya Kompresor

Perhitungan daya kompresor (CHP) digunakan untuk seberapa besar energi yang dibutuhkan kompresor untuk melakukan kerjanya. Menggunakan Pers (8) didapatkan *CHP* 487,89 *HP* atau 363.819,51 *Watt*.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa *gas recovery* kompresor CP-9600 mempunyai kapasitas yang dievaluasi sebesar 3.237,75 cfm lebih tinggi dari kapasitas yang sedang beroperasi. Data kondisi *gas recovery* kompresor secara operasinya masih dalam keadaan yang layak untuk beroperasi dapat dilihat dari segi efisiensi volumetriknya yaitu 78,65%, namun setelah di evaluasi terjadi kenaikan sebesar 83,24%. Hal tersebut dikarenakan diasumsikan dalam perhitungan tidak adanya ruang kosong kecil antara piston dan dinding silinder. Adapun beberapa parameter yang dapat mempengaruhi dari segi komposisi umpan, kapasitas daya, dan efisiensi dari kerja kompresor yaitu seperti suhu dan tekanan operasi.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suprianto, "Pengertian Dan Macam-Macam Kompresor," Online. Available: <http://blog.unnes.ac.id>. Accessed: Mar. 17, 2021.
- [2] Didin S., "Pengaruh Konfigurasi Tabung Kompresor Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram," Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, 2012.
- [3] A. Mursyid and A. Ahmad, "Analisis Unjuk Kerja Kompresor Sentrifugal pada Turbin Gas Mikro Proto X-2," Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok, 2014
- [4] H. Satria, "Pengoperasian Dan Pemeliharaan Kompresor CP-9600 di JOB P- PEJ," 2016.
- [5] M. Suarda, Pompa dan Kompresor, Bagian II: Kompresor, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali, 2016.
- [6] Sularso, Ir. MsME, Pompa dan Kompresor. PT Pradnya Paramita, Jakarta, 2014.
- [7] A. Putra, "Pembuatan Kompresor Angin Dari Tabung Bekas Freon Dan Limbah Kompresor Kulkas Menggunakan Metode VDI 2222," Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2020. Online. Available: <https://scholar.google.com>. Accessed: Mar. 7, 2022.
- [8] H. S. Utami, Bahan Ajar Pompa dan Kompresor, Semarang: Undip, 2017.
- [9] Wijdan, "Fungsi dan bagian Kompresor pada Air Conditioner (AC) atau pendingin ruangan," Online. Available: <https://www.kelistrikanku.com>. Accessed: Mar. 19, 2021.
- [10] A. Giampaolo, Compressor Handbook: Principles and Practice. CRC Press, 2014. [4] A. Mursyid and A. Ahmad, "Analisis Unjuk Kerja Kompresor Sentrifugal pada Turbin Gas Mikro Proto X-2," Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok, 2014.

#### Daftar Simbol

CPA	= Central Processing Area
SRU	= Sulphur Recovery Unit
HP	= Horse Power



H <sub>2</sub> S	= Hidrogen Sulfida
K	= <i>Eksponen adiabatic</i>
C <sub>p</sub>	= Kapasitas panas pada tekanan konstan
C <sub>v</sub>	= Kapasitas panas pada volume konstan
P <sub>r</sub>	= Tekanan tereduksi
P <sub>c</sub>	= Tekanan kritis
T <sub>r</sub>	= Temperatur tereduksi
T <sub>c</sub>	= temperatur kritis
U	= Kecepatan keliling rotor (fps)
D	= Diameter rotor (feet)
V	= Konstanta efisiensi <i>volumetric</i>
r	= Perbandingan tekanan (P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub> )
Q	= Kapasitas yang dihasilkan (cfm)
D	= Diameter rotor (inch)
L	= Panjang rotor (inch)
X	= Konstanta <i>displacement</i>
V	= Efisiensi <i>volumetric</i> (%)
W	= Laju aliran massa (lbm/menit)
M <sub>w</sub>	= Berat molekul gas (lbm/mol)
P <sub>1</sub>	= Tekanan masuk (Psia)
T <sub>1</sub>	= Suhu masuk (°R)
CHP	= Daya kompresor (HP)
Z	= faktor kompresibilitas gas masuk
η <sub>a</sub>	= Efisiensi <i>adiabatic</i>
η <sub>m</sub>	= Efisiensi mekanik