



ANALISA HASIL PENGUJIAN UNJUK KERJA KOMPRESOR TORAK SATU SILDER DAN DUA SILINDER DENGAN INSTALASI PARALEL

Ignatius Gunawan Widodo*, Ampala K, Supandi, Agus Pramono, Gutomo

Jurusan Teknik Mesin, Polines
Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang Semarang 50275
*E-mail: Ignatius.gunawan.widodo@polines.ac.id

Abstrak

Pengetahuan dan keahlian dalam ilmu perawatan dan perbaikan mesin industri yaitu bagaimana melakukan analisa terhadap kondisi mesin saat beroperasi (*running*), baik secara visual maupun secara pemeriksaan menggunakan peralatan. Bentuk pemeriksaan kondisi unjuk kerja suatu mesin (*performance*), salah satunya adalah dengan melakukan pengujian unjuk kerja suatu mesin yang dipakai di industri. Pada penelitian ini tim peneliti melakukan pengujian unjuk kerja kompresor satu silinder dan dua silinder yang terpasang secara paralel dengan menggunakan alat uji yang dibuat sendiri di laboratorium perawatan dan perbaikan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang (Polines). Tujuan dari penelitian ini adalah pengujian uji kinerja kompresor torak satu silinder dan dua silinder yang terpasang secara paralel, menggunakan hasil pembuatan alat praktikum. Metodologi dalam penelitian ini melakukan deteksi kondisi udara pada saluran masuk dan keluar kompresor torak yang terdiri dari Tekanan masuk piston (P_s), suhu masuk (T_s), tekanan keluar piston (P_d), temperatur keluar piston (T_d) dengan berbagai variable pertama merubah putaran poros engkol kompresor dari putaran 475 rpm sampai dengan putaran 1557 rpm dengan membagi dalam delapan bagian, dengan variable kedua pada kondisi sistem instalasi tertutup dan sistem instalasi terbuka. Pengujian dengan menggunakan dua buah kompresor yaitu kompresor dengan satu silinder dan kompresor torak dua silinder yang terpasang secara paralel. Hasil pengujian menunjukkan semakin tinggi putaran sebanding dengan kenaikan tekanan keluar torak (P_d) baik pada kompresor satu silinder maupun dengan dua silinder yang terpasang paralel yaitu pada kompresor torak satu silinder pada putaran maksimum sebesar 2500 rpm tekanan (P_d) 4,2 kg/cm² dengan system pengujian tertutup, sedangkan pada system terbuka diperoleh tekanan akhir (P_d) 0,73 kg/cm². Pada kompresor dua silinder dengan pemasangan paralel tekanan maksimum sebesar 3,4 kg/cm² pada pengujian dengan system tertutup, sedangkan pada pengujian dengan sistem terbuka tekanan maksimum sebesar 0,72 kg/cm². Rekomendasi untuk pemilihan kompresor dengan satu silinder memiliki kenaikan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kompresor torak dua silinder yang terpasang paralel.

Kata kunci : Pengujian, Hasil, Tipe Kompresor

PENDAHULUAN

Kompresor merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menaikkan tekanan fluida compressible (bisa dimampatkan) seperti udara dan gas. Kenaikkan tekanan udara/gas yang dihasilkan oleh kompresor disebabkan adanya proses pemampatan yang dapat berlangsung secara intermitten (berselang) ataupun kontinyu. Penambahan energi

ini bisa terjadi disebabkan adanya gerakan mekanik yang dirubah kedalam energi kinetik dan sisanya merupakan energi panas. Secara teoritis dalam hukum termodinamika proses kompresi dapat berlangsung pada tiga keadaan yang berbeda, yaitu:

a) Proses kompresi isothermal

Bila suatu gas dikompresikan, maka ini berarti ada energi mekanik yang diberikan dari luar kepada gas. Energi ini diubah menjadi energi panas sehingga temperatur gas akan naik jika tekanan semakin tinggi. Temperatur dapat dijaga tetap jika proses kompresi ini dibarengi dengan pendinginan untuk mengeluarkan panas yang terjadi. Isothermal artinya temperatur tetap. Persamaan ini dapat ditulis sebagai:

$$P_1 \cdot v_1 = P_2 \cdot v_2 = \text{tetap}$$

Pada keadaan yang sesungguhnya, meskipun silinder didinginkan sepenuhnya, tidak mungkin untuk menjaga temperatur udara yang tetap dalam silinder, oleh karena itu teori ini tidak banyak digunakan dalam evaluasi ataupun rancang bangun.

b) Proses kompresi *adiabatic reversible (isentropik)*

Teori ini menyatakan bahwa “Jika silinder diisolasi secara sempurna terhadap panas, maka kompresi akan berlangsung tanpa ada panas yang keluar dari gas atau masuk kedalam gas. Persamaan ini dapat ditulis sebagai:

$$P \cdot v^k = \text{tetap}$$

Dimana : $k = C_v / C_p$

Jika dibandingkan dengan rumus kompresi *isothermal* dapat dilihat bahwa untuk pengecilan volume yang sama, kompresi adiabatik akan menghasilkan tekanan yang lebih tinggi daripada kompresi *isothermal*, teori ini biasa digunakan untuk perhitungan rancang bangun kompresor

c) Proses kompresi *politropik*, untuk evaluasi unjuk kerja

Kompresi pada kompresor yang sesungguhnya bukan merupakan proses *isothermal* karena ada kenaikan temperatur, namun juga bukan proses adiabatik karena ada panas yang dipancarkan keluar. Jadi kompresi yang sesungguhnya ada diantara keduanya yang disebut proses kompresi *politropik*

Hubungan antara p dan v dapat dirumuskan sebagai:

$$P \cdot v^n = \text{tetap}$$

Dimana , n adalah indeks *politropik* dan harganya terletak antara 1 dan k . Jadi: $1 < n < k$ harga tekanan yang dihasilkan oleh proses ini lebih besar dari proses *isothermal* dan lebih kecil dari proses adiabatik untuk pengecilan volume yang sama, proses ini biasanya digunakan untuk evaluasi kinerja kompresor.

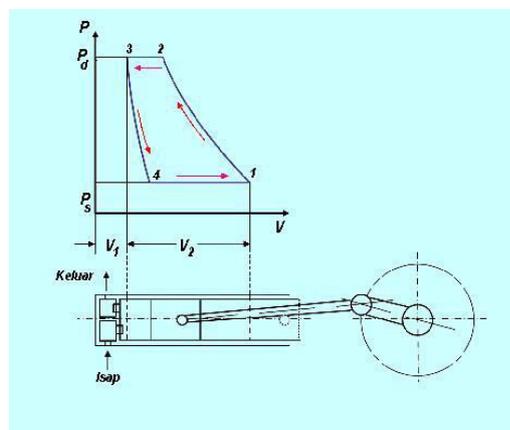
Kompresor torak resiprokal adalah jenis mesin yang dirancang khusus untuk meningkatkan tekanan gas. Difusi besar kompresor reciprocating dan biaya perawatan yang tinggi, bersama dengan meningkatnya permintaan dunia akan efisiensi yang lebih tinggi, memerlukan proses perancangan yang lebih akurat dan terperinci, yang berorientasi baik pada optimasi kinerja dan peningkatan kehandalan. Beberapa alat simulasi bisa diadopsi, sesuai dengan tingkat spesifikasi yang diperlukan untuk analisis dan aspek yang diperlukan (misalnya termodinamika, akustik, dinamis, dll.) [3] Terkait dengan hal tersebut, alat uji kompresor torak sebagai media pembelajaran kompresor torak diharapkan dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami mata kuliah teori dan praktik yang berhubungan dengan kompresor.

Kompresor Resiprokal (Reciprocating Compressor) dikenal juga dengan kompresor torak, karena dilengkapi dengan torak yang bekerja bolak-balik atau gerak resiprokal. Siklus kerja kompresor resiprokal ditandai dengan panas, terutama karena proses kompresidan fenomena gesek [4]. Pemasukan udara diatur oleh katup masuk dan dihisap oleh torak yang gerakannya menjauhi katup. Pada saat terjadi pengisapan, tekanan udara di dalam silinder mengecil, sehingga udara luar akan masuk ke dalam silinder secara alami. Pada saat gerak kompresi torak bergerak ke titik mati bawah ketitik mati atas, sehingga udara di atas torak bertekanan tinggi, selanjutnya di masukkan ke dalam tabung penyimpanan udara. Tabung penyimpanan (reservoir) dilengkapi dengan katup satu arah, sehingga udara yang ada dalam tangki tidak akan kembali ke silinder. Proses tersebut berlangsung terus- menerus hingga diperoleh tekanan udara yang diperlukan. Gerakan mengisap dan mengkompresi ke tabung penampung ini berlangsung secara terus menerus, pada umumnya bila tekanan dalam tabung telah melebihi kapasitas, maka katup pengaman akan terbuka, atau mesin penggerak akan mati secara otomatis [5].

Kompresor Torak Dua Tingkat Kompresor torak bertingkat digunakan untuk menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi. Udara masuk akan dikompresi oleh torak pertama, kemudian didinginkan, selanjutnya dimasukkan dalam silinder kedua untuk

dikompresi oleh torak kedua sampai pada tekanan yang diinginkan. Pemampatan udara tahap kedua lebih besar, temperature udara akan naik selama terjadi kompresi, sehingga perlu mengalami proses pendinginan dengan memasang sistem pendingin. Metode pendinginan yang sering digunakan misalnya dengan sistem udara atau dengan sistem air bersirkulasi.

Prinsip Kerja Kompresor Torak Kompresor merupakan mesin untuk menaikkan tekanan udara dengan cara memampatkan udara dari atmosfer. Secara sederhana prinsip kerja, perubahan tekanan dan volume dalam suatu kompresor torak dapat diuraikan dalam bentuk diagram P-V seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram P-V Kompresor Torak

Torak memulai langkah kompresi pada titik (1), torak bergerak ke kiri dan gas dimampatkan sehingga tekanannya naik ke titik (2). Pada titik ini tekanan di dalam silinder mencapai harga tekanan P_d yang lebih tinggi dari pada tekanan di dalam pipa keluar, sehingga katup keluar pada kepala silinder akan terbuka. Jika torak bergerak terus ke kiri, gas akan didorong keluar silinder pada tekanan tetap sebesar P_d . Dtitik (3) torak mencapai titik mati atas, yaitu titik akhir gerakan torak pada langkah kompresi dan pengeluaran.

Beberapa perhitungan yang digunakan dalam perencanaan dan penggunaan media pembelajaran kompresor torak adalah sebagai berikut.

Penentuan panjang v-belt

Dalam penentuan panjang v-belt perlu diketahui diameter pulley penggerak (d_p), diameter pulley yang digerakkan (D_p), jarak antara shaft motor listrik dengan shaft kompresor (C), sehingga panjang V-belt dihitung dengan rumus :

$$L = 2C + 3,14/2 (d_p + D_p) + 1/4C(D_p - d_p)^2$$

Putaran poros kompresor torak

Putaran poros kompresor torak (N) ditentukan oleh putaran motor listrik (n), diameter pulley penggerak (dp), diameter pulley yang digerakkan (Dp), sehingga putaran poros dapat dihitung dengan rumus :

$$N = \frac{n \times dp}{Dp}$$

Volume silinder

Volume silinder adalah volume ruang kompresi (V), ditentukan oleh diameter torak (D) dan panjang langkah (S), sehingga volume silinder dapat dihitung dengan rumus:

$$V = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S$$

Perpindahan torak

Besarnya nilai perpindahan torak (Qth) dapat ditentukan dari volume silinder dan putaran poros kompresor torak (N), sehingga dihitung dengan rumus :

$$Q_{th} = V_s \times N$$

Debit gas yang dihasilkan

Debit gas yang dihasilkan kompresor (Qs) merupakan besarnya volume reservoir (Vr) terhadap waktu yang dibutuhkan (t) untuk memenuhi reservoir , sehingga dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_s = V_r / t$$

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan dilaksanakan merupakan *true experimental research*. Variabel penelitian terdiri variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan variasi putaran poros engkol kompresor yang dimulai dari putaran motor listrik 1000rpm, 1200 rpm, 1500 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, 2800 rpm, 3000 rpm dan 3300 rpm. Putaran motor listrik tersebut dihubungkan dengan puli dan sabuk yang mengalami perubahan putaran pada poros engkol kompresor.

Pengujian dilakukan secara system terbuka yaitu pada saat pengujian system aliran udara dari tangka reservoir dibuka krannya sehingga udara akan langsung ke udara luar, sedangkan pada system tertutup saluran katup dari tangka reservoirs tertutup rapat sehingga tekanan akan meningkat terus. Waktu pengujian yang digunakan pada

setiap putaran sebesar 5 menit untuk setiap perubahan putaran. Pengujian menggunakan dua buah kompresor yaitu kompresor tunggal dan kompresor dengan dua silinder yang terpasang secara paralel.

Gambar-gambar dibawah ini menunjukkan aktivitas pengujian dengan menggunakan alat peraga unjuk kerja kompresor torak menggunakan kompresor satu silinder dengan pengambilan data meliputi tekanan awal (P_s), suhu awal (T_s), tekanan akhir (P_d) dan suhu akhir (T_d).



Gambar 2. Alat Pengontrol Tekanan Awal (P_s) dan Suhu Awal (T_s)



Gambar 3. Pengukur temperatur akhir (T_d)



Gambar 4. Alat pengatur putaran motor listrik (Rpm)



Gambar 5. Pengujian kompresor satu silinder

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian pada kedua kompresor torak dengan satu silinder dan kompresor torak dua silinder yang terpasang parallel diperoleh data-data sebagai mana dalam tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan pengujian kompresor satu silinder dengan sistem terbuka dan system tertutup, sedangkan tabel 3 menunjukkan hasil pengujian kompresor torak dengan dua silinder yang terpasang parallel dengan system terbuka dan tertutup sebagaimana dibawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian kompresor satu silinder dengan sistem terbuka

NO	WAKTU	PUTARAN MOTOR	PUTARAN POROS ENKOL KOMPRESOR	TEKANAN AWAL	TEKANAN AKHIR	TEMPERATUR AWAL	TEMPERATUR AKHIR
	T (MENIT)	N (rpm)	N (rpm)	Ps (KG/CM2)	Pd (KG/CM2)	Derajat CELSIUS	Derajat CELSIUS
1	5	1000	833	0.01	0.2	27	28
2	5	1200	1000	0.01	0.23	27	28
3	5	1500	1250	0.01	0.3	34	34
4	5	1800	1500	0.01	0.4	35	36
5	5	2000	1667	0.01	0.55	36	42
6	5	2800	2333	0.01	0.6	40	45
7	5	3000	2500	0.01	0.7	42	48
8	5	3300	2750	0.01	0.73	42	50

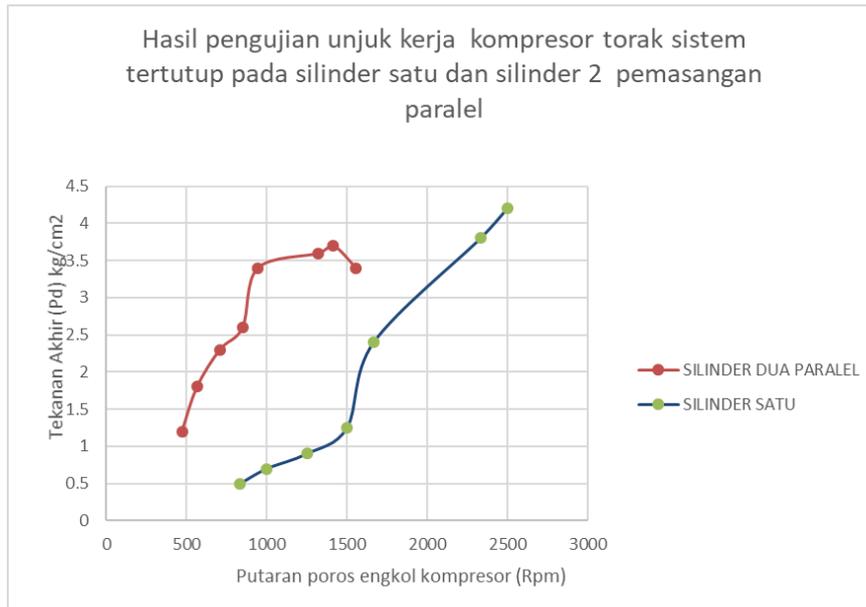
Tabel 2. Hasil pengujian kompresor satu silinder dengan sistem tertutup

NO	WAKTU	PUTARAN MOTOR	PUTARAN POROS ENKOL KOMPRESOR	TEKANAN AWAL	TEKANAN AKHIR	TEMPERATUR AWAL	TEMPERATUR AKHIR
	T (MENIT)	N (rpm)	N (rpm)	Ps (KG/CM2)	Pd (KG/CM2)	Derajat CELSIUS	Derajat CELSIUS
1	5	1000	833	0.01	0.5	27	28
2	5	1200	1000	0.01	0.7	27	28
3	5	1500	1250	0.01	0.9	34	34
4	5	1800	1500	0.01	1.25	35	36
5	5	2000	1667	0.01	2.4	36	42
6	5	2500	2333	0.01	3.8	40	45
7	5	2800	2500	0.01	4.2	42	48

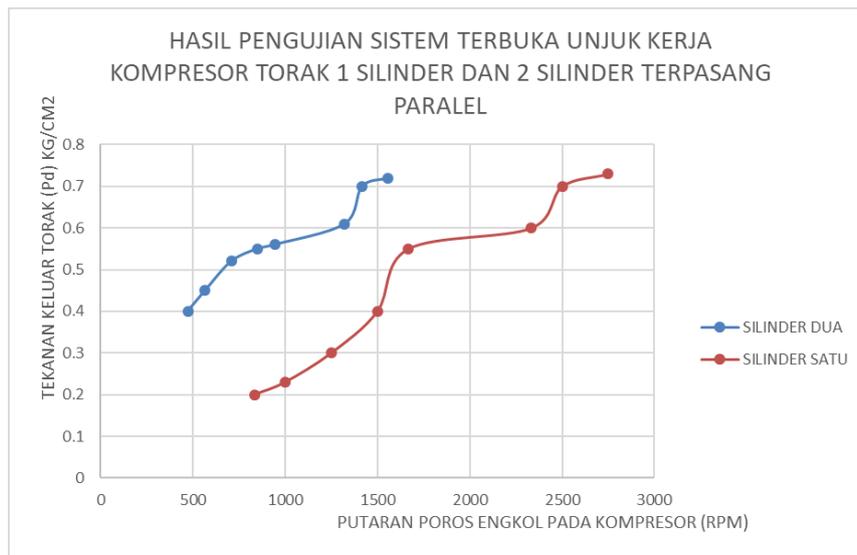
Tabel 3. Hasil pengujian kompresor dua silinder dengan sistem tertutup dan terbuka

NO	WAKTU	PUTARAN MOTOR	PUTARAN POROS ENKOL KOMPRESOR	TEKANAN SISTEM TERBUKA	TEKANAN SISTEM TERTUTUP	TEMPERATUR AWAL	TEMPERATUR AKHIR
	T (MENIT)	N (rpm)	N (rpm)	Pd (KG/CM2)	Pd (KG/CM2)	Derajat CELSIUS	Derajat CELSIUS
1	5	1000	472	0,4	1,2	27	28
2	5	1200	566	0,45	1,8	27	28
3	5	1500	708	0,52	2,3	34	34
4	5	1800	849	0,55	2,6	35	36
5	5	2000	943	0,56	3,4	36	42
6	5	2800	1321	0,61	3,6	40	45
7	5	3000	1415	0,70	3,7	42	48
8	5	3300	1557	0,72	3,4	42	50

Dari tabel1, tabel 2 dan tabel 3 dapat dibuat grafik hasil pengujian unjuk kerja pada kompresor satu silinder dan kompresor dua silinder dengan system terbuka dan system tertutup sebagaimana pada gambar grafik berikut ini.



Grafik 1 Hasil Pengujian unjuk kerja kompresor torak system tertutup pada silinder satu dan silinder dua pemasangan paralel



Grafik 2 Hasil Pengujian unjuk kerja kompresor torak sistem terbuka pada silinder satu dan silinder dua pemasangan paralel

Hasil pengujian unjuk kerja sistem tertutup kompresor satu silinder menunjukkan kenaikan tekanan sebanding dengan kenaikan putaran poros engkolnya, sedangkan pada kompresor dua silinder terpasang paralel menunjukkan dengan kenaikan tekanan sebanding dengan kenaikan putaran poros engkolnya, meskipun pada putaran yang tinggi menunjukkan penurunan hal ini terjadi karena terjadi pembatasan tekanan otomatis pada tangka reservairnya.

Hasil pengujian unjuk kerja sistem terbuka kompresor satu silinder dan dua silinder terpasang parallel menunjukkan dengan gambar pola kenaikan tekanan yang sama seiring dengan kenaikan putaran poros engkolnya. Sedangkan pengujian dengan sistem tertutup memiliki tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan pengujian dengan sistem tertutup dikarenakan udara bertekanan yang dihasilkan kompresor terjebak didalam tangka reservoir, dan akan berhenti otomatis karena adanya pembatasan tekanan sehingga mematikan motor listrik.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu bahwa hasil pengujian unjuk kerja (*performance*) pada kompresor satu silinder dan kompresor dua silinder yang terpasang parallel menunjukkan grafiknya memiliki pola kenaikan tekanan sebanding dengan kenaikan putaran poros engkolnya. Rekomendasi pemilihan penggunaan kompresor satu silinder lebih menguntungkan dari pada kompresor dua silinder yang terpasang parallel.

DAFTAR PUSTAKA

- Balduzzi, Francesco, et al." *Reciprocating Compressor Cylinder's Cooling: A Numerical Approach Using CFD With Conjugate Heat Transfer*" Proceedings of the ASME 2014 Pressure Vessels & Piping Conference. Anaheim, California, USA.2014.
- Stiaccini, Isacco, et al." *A Reciprocating Compressor Hybrid Model With Acoustic FEM Characterization*". University of Florence, Italy. ScienceDirect- International Journal of Refrigeration 63 ,2016, pp 171–183.
- Sularso, Takahara, Haruo. "*Pompa dan Kompresor - Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*", cetakan kesembilan, Jakarta : PT. Pradaya Paramitha, 2006.
- Sularso dan Suga , Kuyokatsu . "*Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*". Jakarta: PT Praditya Paramita, 2008. [7] Mitsuboshi Belting, Ltd. "Design Manual- V- Belt" .". August 2014.