

[KE-20] ANALISIS EFISIENSI KOMPRESOR SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI DIAMETER PIPA SALURAN MASUK

Rustan Tarakka^{*1}, Luther Sule¹, Nicolaus Bayu Sanjaya¹
¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
 *Email: rustan_tarakka@yahoo.com

Abstrak

Kompresor adalah salah satu alat yang banyak dibutuhkan dan digunakan pada industri sebagai alat atau mesin yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida yang dimampatkan seperti udara dan gas. Kompresor sentrifugal merupakan kompresor yang memanfaatkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh impeller untuk mempercepat aliran fluida. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental. Pengujian dilakukan dengan 5 variasi diameter pipa saluran masuk yaitu 1.0", 1.5", 2.0", 2.5" dan 3.0" serta 5 variasi pembukaan katup saluran masuk yaitu 10%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jika ukuran diameter pipa saluran masuk diperbesar mengakibatkan peningkatan debit, daya yang disuplai dan daya yang dikonsumsi serta efisiensi pada kompresor sentrifugal. Efisiensi optimum yang dihasilkan sebesar 21.888% yang terjadi pada diameter pipa saluran masuk yaitu 3" dengan pembukaan katup 25%.

Abstract

Compressor is a tool that is widely needed and used in industry as a machine that functions to increase the pressure of compressed fluids such as air and gas. A centrifugal compressor is a compressor that requires centrifugal force generated by the impeller to accelerate fluid flow. This research was conducted experimentally. This research uses 5 variations of the inlet pipe diameter of 1.0 ", 1.5", 2.0 ", 2.5", and 3.0 " and 5 variations of the inlet valve opening of 10%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The result of this research is that if the diameter of the inlet pipe is enlarged, there is an increase in flow rate, power supplied and power consumed and efficiency in the centrifugal compressor. The optimum efficiency produced is 21.888% in the diameter of the inlet pipe of 3 " with a valve opening of 25%.

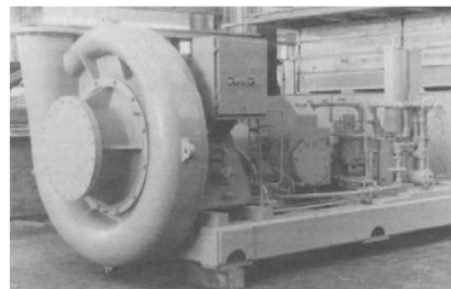
Kata Kunci: Diameter pipa saluran masuk, efisiensi, kompresor sentrifugal.

1. Pendahuluan

Kompresor sangat banyak dibutuhkan dan digunakan pada industri – industri sebagai alat atau mesin yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida yang dimampatkan seperti udara dan gas. Untuk instalasi – instalasi yang membutuhkan tekanan yang tinggi, dipergunakanlah kompresor, seperti penyedia udara tekan untuk peralatan pneumatik pada pertambangan, peleburan logam, dan pada industri otomotif. Kompresor juga digunakan sebagai pemadat gas dan mengalirkannya pada sistem distribusi gas yang dialirkan melalui pipa dan pada instalasi pencairan gas alam untuk transport kapal laut dan sebagai kompresor dari turbin gas [1].

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor udara biasanya mengisap udara dari atmosfer. Namun ada pula yang mengisap udara atau gas yang bertekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer, dimana kompresor bekerja sebagai penguat (*booster*). Sebaliknya ada pula kompresor yang mengisap gas yang bertekanan lebih rendah dari pada tekanan atmosfer, dimana kompresor disebut pompa vakum. [2]

Kompresor sentrifugal memanfaatkan gaya sentrifugal pada prinsip kerjanya. Mula-mula *impeller* meningkatkan kecepatan fluida, kemudian fluida dengan kecepatan tinggi akan masuk ke *diffuser* dimana terjadi perubahan energi kinetik menjadi energi potensial. Dalam proses kompresi pada kompresor terdapat dua macam efisiensi yang penting yaitu efisiensi volumetrik dan efisiensi adiabatik keseluruhan [2]. Kompresor sentrifugal satu tingkat diperlihatkan pada gambar 1.



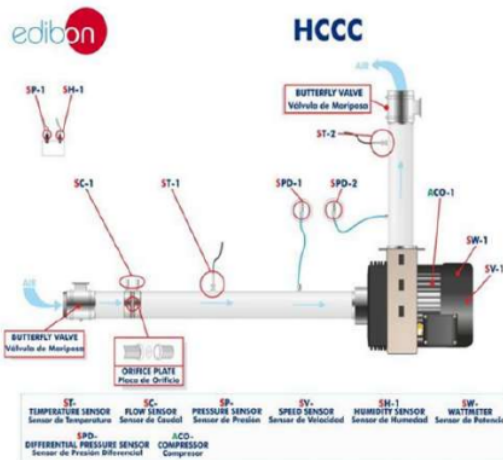
Gambar 1. Kompresor sentrifugal satu tingkat [3]

Efisiensi volumetrik hanya berlaku pada kompresor torak karena kompresor torak

menggunakan silinder untuk memampatkan volume gas. Sementara, efisiensi yang bekerja pada kompresor sentrifugal adalah efisiensi adiabatik keseluruhan. Efisiensi kompresor ditentukan oleh berbagai faktor seperti tahanan aerodinamik di dalam katup-katup, saluran-saluran, pipa-pipa, kerugian mekanis, efektivitas pendinginan dan lain-lain [2].

Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi kompresor adalah ukuran diameter luar impeller yaitu diameter pipa saluran masuk. Menurut Teuku Firmansyah, apabila ukuran diameter luar impeller diperbesar dimana kompresor beroperasi pada putaran tetap, maka akan menyebabkan kenaikan kapasitas yang sebanding dengan perbandingan kenaikan diameter [4].

Desain dan kinerja kompresor merupakan hal yang masih perlu dikembangkan dan diteliti karena pada kompresor terdapat beberapa parameter penting yang mempengaruhi efisiensi kompresor. Beberapa desainer mengembangkan penelitian secara simulasi menggunakan *HCCC Computer Controlled Centrifugal Compressor Demonstration (PC)*. Pada *HCCC Computer Controlled Centrifugal Compressor Demonstration (PC)* dapat menghasilkan informasi yang akurat pada kondisi fluida yang berada di dalam mesin dan juga dapat membantu penggunaannya mendapatkan evaluasi kinerja mesin dan mengukur karakteristik operasi kompresor sentrifugal secara detail pada objek. Kompresor tipe HCCC diberikan pada Gambar 2.

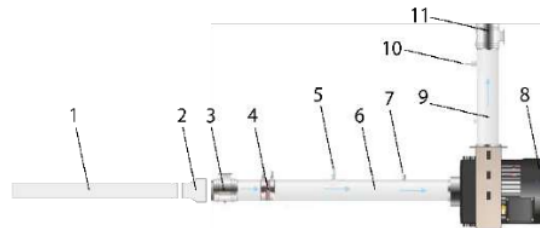


Gambar 2. Kompresor tipe HCCC [5]

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara daya yang disuplai terhadap daya yang di konsumsi kompresor sentrifugal dan hubungan antara efisiensi terhadap debit aliran dari kompresor sentrifugal.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksperimental. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan 5 variasi diameter pipa saluran masuk yaitu 1.0", 1.5", 2.0", 2.5" dan 3.0" serta 5 variasi pembukaan katup saluran masuk yaitu 10%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Instalasi kompresor sentrifugal diberikan pada gambar 3.



Gambar 3. Instalasi kompresor sentrifugal [5]

Keterangan:

- 1) Titik Pipa saluran masuk dengan variasi diameter.
- 2) Sambungan pipa dengan variasi ukuran yang disesuaikan dengan pipa saluran masuk.
- 3) Butterfly valve saluran masuk.
- 4) Orifice Plate.
- 5) Sensor temperatur udara dalam pipa saluran masuk.
- 6) Pipa saluran masuk utama.
- 7) Sensor tekanan udara dalam pipa saluran masuk.
- 8) Kompresor sentrifugal.
- 9) Pipa saluran keluar.
- 10) Sensor temperatur udara dalam pipa saluran keluar.
- 11) Butterfly valve saluran keluar.

Untuk menganalisis data pengujian dengan variasi diameter pipa saluran masuk pada kompresor, digunakan persamaan (1), (2) dan (3).

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} \tag{1}$$

$$P = Q \left[P_2 - P_1 + \rho \frac{(v_2)^2}{2} - \rho \frac{(v_1)^2}{2} + \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) \right] \quad (2)$$

$$\eta = \frac{P}{P_e} 100\% \quad (3)$$

Persamaan (1), (2) dan (3) masing-masing digunakan untuk menghitung kecepatan udara dalam pipa, daya yang disuplai dari kipas ke udara dan efisiensi kompresor.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Hubungan daya yang disuplai terhadap daya yang dikonsumsi

Hubungan daya yang disuplai terhadap daya yang dikonsumsi yang diperoleh dari hasil penelitian dengan variasi diameter pipa saluran masuk pada kompresor untuk setiap pembukaan katup dirangkum pada Tabel 1 dan Gambar 4.

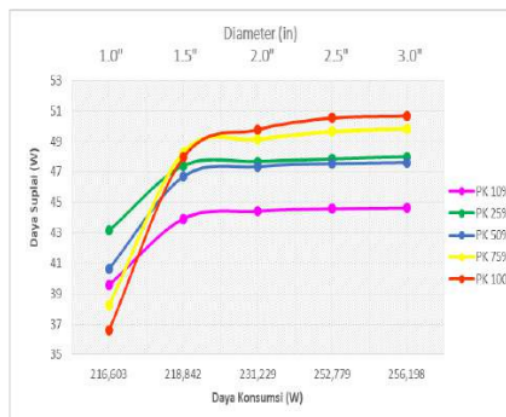
Tabel 1. Hubungan daya yang disuplai terhadap daya yang dikonsumsi.

Diameter (in)	Daya yang dikonsumsi (W)				
	Pembukaan katup saluran masuk kompresor, PK (%)				
	10	25	50	75	100
1.0	216.60	216.21	225.56	243.19	247.58
1.5	218.67	218.78	229.55	250.97	255.52
2.0	218.74	219.33	229.68	251.73	255.96
2.5	219.53	219.27	229.69	252.10	256.20
3.0	219.82	219.25	229.70	252.34	256.03

Diameter (in)	Daya yang disuplai (W)				
	Pembukaan katup saluran masuk kompresor, PK (%)				
	10	25	50	75	100
1.0	39.574	43.152	40.643	38.258	36.610
1.5	43.921	47.414	46.697	48.292	47.960
2.0	44.430	47.677	47.358	49.142	49.784
2.5	44.579	47.862	47.550	49.650	50.542
3.0	44.647	47.990	47.630	49.821	50.669

Dari Tabel 1 dan Gambar 4 diperoleh informasi bahwa nilai daya yang dikonsumsi terendah terjadi pada pipa saluran masuk dengan diameter 1" dan pembukaan katup 25% sebesar 216.21 Watt. Demikian pula untuk nilai daya yang disuplai juga diperoleh pada pipa saluran masuk dengan diameter 1", namun pada pembukaan katup 100% sebesar 36.610 Watt. Hal tersebut disebabkan karena luas penampang

dalam pipa saluran masuk 1" terlampau kecil mengakibatkan kapasitas udara yang masuk dalam pipa saluran masuk sedikit. Dengan variasi besar diameter pipa saluran masuk, hubungan daya yang disuplai terhadap daya yang dikonsumsi yaitu berbanding lurus. Bila ukuran diameter pipa saluran masuk diperbesar menyebabkan kenaikan daya yang disuplai dengan daya yang dikonsumsi pada kompresor sentrifugal. Hasil penelitian yang diperoleh sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Teuku Firmansyah[4].



Gambar 4. Hubungan daya yang disuplai terhadap daya yang dikonsumsi pada setiap pembukaan katup saluran masuk dan setiap perubahan besar diameter pipa saluran masuk.

3.2. Hubungan efisiensi terhadap debit aliran

Hubungan efisiensi terhadap debit aliran dengan variasi diameter pipa saluran masuk pada kompresor untuk setiap pembukaan katup yang diperoleh dari hasil penelitian ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar 5.

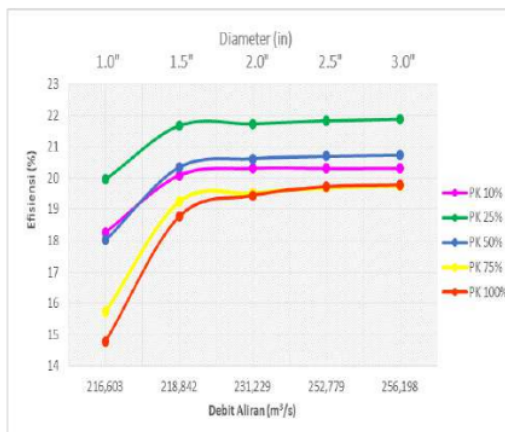
Informasi yang diperoleh dari Tabel 2 dan Gambar 5 memperlihatkan bahwa debit aliran terendah terjadi pada pipa saluran masuk dengan diameter 1" dan pembukaan katup 10% sebesar $1.2864 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk efisiensi terendah diperoleh sebesar 14.787% yang terjadi pada pipa saluran masuk dengan diameter 1" dan pembukaan katup 100%. Sementara, efisiensi optimum yang dihasilkan terjadi pada diameter pipa saluran masuk 3" dengan pembukaan katup 25% sebesar 21,888%.

Dengan variasi besar diameter pipa saluran masuk, hubungan efisiensi terhadap debit aliran adalah berbanding lurus. Bila ukuran diameter pipa saluran masuk diperbesar menyebabkan kenaikan efisiensi dengan debit aliran pada kompresor sentrifugal.

Tabel 2. Hubungan efisiensi terhadap debit aliran.

Diameter (in)	Debit Aliran ($10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$)				
	Pembukaan Katup Saluran Masuk Kompresor, PK (%)				
	10	25	50	75	100
1.0	1.2864	1.3858	1.4436	1.8626	1.9409
1.5	1.3329	1.4087	1.5258	2.0546	2.2007
2.0	1.3374	1.4041	1.5293	2.0551	2.2226
2.5	1.3379	1.4045	1.5289	2.0587	2.2294
3.0	1.3385	1.4067	1.5291	2.0596	2.2292

Diameter (in)	Efisiensi (%)				
	Pembukaan Katup Saluran Masuk Kompresor, PK (%)				
	10	25	50	75	100
1.0	18.270	19.959	18.018	15.732	14.787
1.5	20.085	21.672	20.343	19.242	18.769
2.0	20.312	21.738	20.619	19.522	19.449
2.5	20.307	21.828	20.701	19.694	19.727
3.0	20.311	21.888	20.735	19.744	19.790



Gambar 5. Hubungan efisiensi terhadap debit aliran pada setiap pembukaan katup saluran masuk dan setiap perubahan besar diameter pipa saluran masuk.

Kesimpulan

10

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan variasi besar diameter pipa saluran masuk, hubungan daya yang disuplai

terhadap daya yang dikonsumsi yaitu berbanding lurus. Bila ukuran diameter pipa saluran masuk diperbesar menyebabkan kenaikan daya yang disuplai dengan daya yang dikonsumsi pada kompresor sentrifugal.

2. Dengan variasi besar diameter pipa saluran masuk, hubungan efisiensi terhadap debit aliran yaitu berbanding lurus. Bila ukuran diameter pipa saluran masuk diperbesar menyebabkan kenaikan efisiensi dengan debit aliran pada kompresor sentrifugal.
3. Efisiensi optimum kompresor sentrifugal yang dihasilkan terjadi pada diameter pipa saluran masuk 3" dengan pembukaan katup 25% sebesar 21,888%.

Ucapan Terimakasih

3

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kapala dan Staf Laboratorium Mesin Fluida Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang mengizinkan dan memfasilitasi penelitian ini.

Referensi

- [1] Dietzel, Fritz, "Turbin, Pompa dan Kompresor", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993
- [2] Sularso, Haruo Tahara, "Pompa dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan" PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1994
- [3] Brown, Royce N., "Compressors: Selection and Sizing, 3rd edition" Elsevier Science & Technology Books, 2005.
- [4] Firmansyah, Teuku, Analisis Kinerja Kerja Kompresor Lifting Gas C505 dan C3065 pada Platform Off Shore West Java, Depok, Teknik Perkapalan, Universitas Indonesia, 2010.
- [5] PB2C. Manual Book: Practices Manual, Edibon, 2011
- [6] White, Frank M., "Mekanika Fluida Jilid I", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
- [7] Ungkawa, Uung, "Pompa dan Kompresor", Bandung, 2010.
- [8] Stewart, Maurice, "Surface Production Operations, Volume IV", Pump and Compressor Systems: Mechanical Design and Specification, 2018.
- [9] Darmawan & Steven, Analisis Aliran pada Suhu Kompresor Sentrifugal Turbin Gas Mikro Proto X-1. Depok, Universitas Indonesia, 2011
- [10] Mursyid A. & Ahmad, Analisis Unjuk Kerja Kompresor Sentrifugal pada Turbin Gas Mikro Proto X-2. Depok, Teknik Mesin, Universitas Indonesia, 2012.

[11] Mulyani, Yully & Nenny, Pengaruh
Temperatur Inlet Terhadap Efisiensi Kinerja

Kompresor Centrifugal C.101.At, *Indramayu, Teknik
Kimia, Akamigas Balongan, 2017.*