

**Uji Kapasitas Udara yang Dihasilkan Kompresor Sentrifugal 3 Stage
pada Unit *Energy* di PT Toba Pulp Lestari**

***Test of Air Capacity Produced by a 3 Stage Centrifugal Compressor
at the Energy Unit at PT Toba Pulp Lestari***

B. N. Br Simanungkalit¹, Karti^{1*}

¹Politeknik Teknologi Kimia Industri, Jl. Medan Tenggara No. VII, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

*Correspondence Author: kartisamsung179@gmail.com

Diterima: 17-05-2023

Disetujui: 26-05-2023

Dipublikasikan: 31-05-2023

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Objek penelitian penulis amati dalam tulisan ini adalah besarnya kapasitas udara bertekanan pada kompresor yang terdapat pada unit energi di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk yang bergerak di bidang industri bubur kertas. dalam proses pembuatan bubur kertas mesin yang digunakan membutuhkan udara bertekanan. Kompresor yang digunakan di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk adalah kompresor sentrifugal 3 tingkat (*stage*). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kapasitas udara bertekanan pada kompresor sentrifugal 3 *stage*. Dimana pada *stage* 1 yang merupakan masukan udara diproses hingga mencapai kapasitas yang ditentukan, kemudian dilanjutkan ke *stage* 2 dengan proses yang sama dan mencapai kapasitas yang ditentukan dilanjutkan pada *stage* 3 lalu udara yang diproses akan mencapai kapasitas yang ditentukan dan merupakan keluaran udara menuju *receiver tank*. Besarnya kapasitas udara bertekanan yang dihasilkan kompresor sentrifugal 3 *stage* untuk setiap tingkat adalah 5886 Nm³/hr.

Kata Kunci: *Kompresor sentrifugal, kapasitas udara, stage*

Abstract

The research objects the authors observe in this paper is the large capacity of compressed air in the compressor contained in the energy unit at PT. Toba Pulp Lestari, Tbk which is engaged in the pulp and paper industry. in the process of making paper pulp the machine used requires compressed air. The compressor used at PT. Toba Pulp Lestari, Tbk is a 3-stage centrifugal compressor. The purpose of this study was to determine the capacity of compressed air in a 3-stage centrifugal compressor. We're at stage 1 which is the air input is processed until it reaches the specified capacity, then proceed to stage 2 with the same process and reaches the specified capacity continued at stage 3 then the processed air will reach the specified capacity and is the air output to the receiver tank. The amount of compressed air capacity produced by a 3-stage centrifugal compressor for each level is 5886 Nm³/hr.

Keywords: *Centrifugal compressor, air capacity, stage*

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan industri pada saat ini akan selalu menuntut perubahan teknologi kearah lebih baik. Saat ini industri semakin bertambah secara kuantitas dan telah mencakup beberapa aspek kepentingan. Untuk menjalankan industri sudah tentu dengan menggunakan sumber tenaga yang berasal dari listrik. PT. Toba Pulp Lestari, Tbk adalah pabrik yang bergerak

bidang industri bubur kertas (*pulp*), yakni mengolah bahan baku kayu menjadi bahan kertas setengah jadi.

Pada PT. Toba Pulp Lestari, Tbk yang berada di Desa Sosor Ladang Kecamatan Parmaksian Toba terdapat unit *Energy* untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk memutar turbin agar menghasilkan listrik, *steam* juga digunakan untuk kebutuhan produksi pada pembuatan *pulp*. Bagian yang terdapat pada unit *Energy* terdiri atas beberapa unit yang mempunyai fungsi dan kegunaan masing masing, diantaranya adalah kompresor.

Kompresor merupakan alat mekanik digunakan untuk memberikan energi kepada fluida udara, sehingga udara dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lain secara kontiniu. Terdiri dari beberapa bagian yang fungsinya satu dengan yang lain saling berhubungan. Sebagai aliran *discharge uniform*, kapasitas tersedia dari kecil sampai besar, tekanan *discharge* dipengaruhi oleh densitas gas/udara. Mampu memberikan unjuk kerja pada efisiensi yang tinggi dengan beroperasi pada range tekanan dan kapasitas yang besar.

Oleh karena itu, penulis berniat untuk menghitung seberapa besar kapasitas udara bertekanan pada kompresor sentrifugal 3 *stage* mengingat karena fluida kerja merupakan fluida compressible, maka akibat kenaikan tekanan akan menyebabkan terjadi perubahan temperatur (T) dan rapat massa/densitas (ρ). Bila perubahan tekanan tersebut rendah, maka akibat proses kompresi hampir tidak terjadi perubahan temperatur dan rapat massa (densitas) fluida kerja. Dan apabila dalam perubahan tekanan yang cukup besar, maka akibat dari proses kompresi akan terjadi perubahan temperatur dan rapat massa fluida yang sangat signifikan.

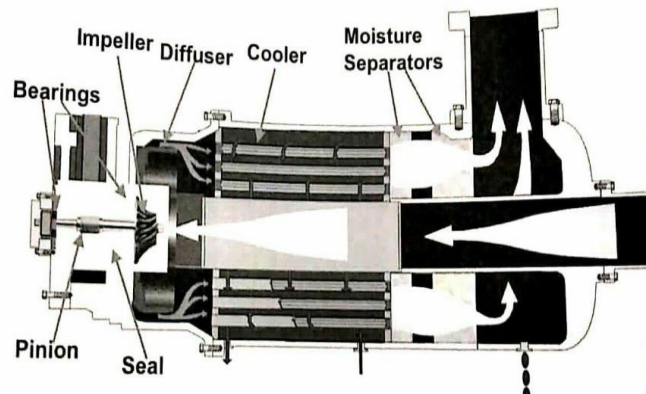
2. Kompresor Sentrifugal

Kompresor merupakan mesin fluida yang menambahkan energi ke fluida kompresibel yang berfungsi untuk menaikkan tekanan. Kompresor biasanya bekerja dengan perbedaan tekanan antara tekanan atmosfer dan didalam kompresor dimana tekanan didalam kompresor lebih rendah dari tekanan atmosfer. Jika kompresor bekerja pada tekanan yang lebih tinggi dari tekanan atmosfer maka kompresor disebut sebagai penguat (*booster*), dan jika kompresor bekerja dibawah tekanan atmosfer maka disebut pompa vakum. Gas mempunyai kemampuan besar untuk menyimpan energi persatuan volume dengan menaikkan tekanannya, namun ada hal-hal yang harus diperhatikan yaitu kenaikan temperatur pada pemampatan, pendinginan pada pemuatan, dan kebocoran yang mudah terjadi (Fritz Dietzel 1993).

Kompresor sentrifugal menghasilkan tekanan yang tinggi melalui perputaran impeller dengan kecepatan tinggi, ekspansi udara yang masuk menyebabkan pertambahan massa yang nantinya menimbulkan gaya sentrifugal yang mementalkan udara tersebut ke luar, ditambah dengan adanya pembesaran penampang pada diffuser yang menyebabkan tekanan menjadi tinggi. Kompresor sentrifugal sering juga disebut orang dengan kompresor radial, artinya arah masukan udara tegak lurus terhadap hasil udara keluarannya. Agar lebih efisien kompresor sentrifugal berputar sangat cepat bila dibandingkan dengan tipe kompresor lainnya. Gambar 1 memperlihatkan penampang dari sebuah kompresor sentrifugal dan bagian-bagiannya (Handayani, 2010).

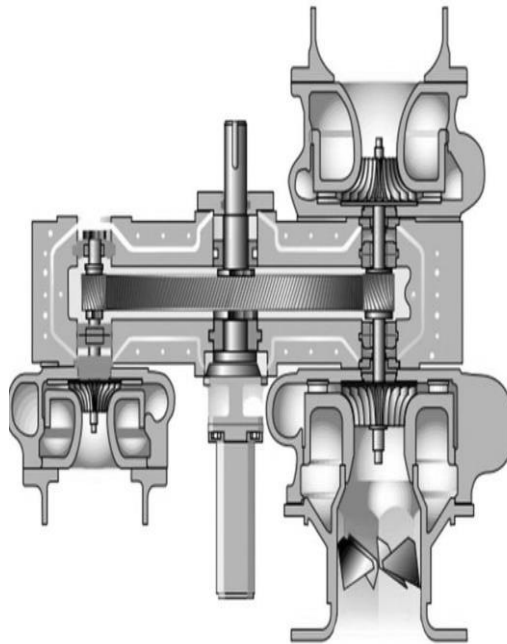
Kompresor udara umumnya dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan, seperti:

1. Menyuplai udara bersih bertekanan tinggi untuk mengisi tabung atau silinder gas
2. Menyuplai udara bersih bertekanan ke system kontrol HVAC (*heating, ventilation, dan air conditioning*) *pneumatic* di beberapa bangunan perkantoran dan sekolah
3. Mengisi udara pada ban
4. Menyuplai udara pada penyelam
5. Menyuplai udara untuk alat alat *spray* atau *air brush*
6. Gerinda udara



Gambar 1. Kompresor sentrifugal dan bagian-bagiannya

Kompresor udara tiga *stage* adalah kompresor multi-tahap dengan tiga ruang terpisah. Udara bergerak melalui tahap kompresi pertama dan kemudian melewati dua penukar panas dan dua ruang tambahan. Kompresor tiga tahap memberikan *output* daya yang paling konsisten dan dapat beroperasi untuk waktu yang lama biasanya digunakan pada dunia industri untuk menyuplai udara bertekanan yang diperlukan. Kompresor sentrifugal 3 *stage* dapat dilihat pada gambar 2 (Hamidreza dkk 2020).



Gambar 2. Kompresor sentrifugal 3 *stage*

Prinsip kerja kompresor sentrifugal 3 *stage* yang sudah terorganisir dengan baik, merupakan satu kesatuan yang saling mendukung, untuk memanfaatkan udara sehingga kompresor dapat bekerja dengan maksimal. Prinsip kerja dari sebuah kompresor terbagi menjadi beberapa prinsip utama, yaitu:

a. Staging

Selama proses kerja kompresor, suhu dari mesin kompresor menjadi tinggi dan meningkat sesuai dengan tekanan yang terdapat dalam kompresor tersebut. Sistem ini lebih dikenal dengan nama kompresor. Jumlah tekanan yang terdapat pada kompresor juga meningkat seiring dengan peningkatan dari suhu kompresor itu sendiri. Kompresor mempunyai kemampuan untuk menurunkan suhu tekanan udara dan meningkatkan efisiensi tekanan udara. Tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor mampu mengendalikan suhu dari kompresor untuk melanjutkan proses berikutnya.

b. Intercooling

Pengendali panas, atau yang lebih dikenal dengan *intercooler* merupakan salah satu langkah penting dalam proses kompresi udara. *Intercooler* mempunyai fungsi untuk mendinginkan tekanan udara yang terdapat dalam tabung kompresor, sehingga mampu digunakan untuk keperluan lainnya. Suhu yang dimiliki oleh tekanan udara dalam kompresor ini biasanya lebih tinggi jika dibandingkan dengan suhu ruangan, dengan perbedaan suhu berkisar antara 10°Fahrenheit (sekitar -12°Celcius) sampai dengan 15°Fahrenheit (sekitar -9°Celcius).

c. Kompresor displacement

Secara teori, kapasitas kompresor adalah sama dengan jumlah tekanan udara yang dapat ditampung oleh tabung penyimpanan kompresor. Kapasitas sesungguhnya dari kompresor dapat mengalami penurunan kapasitas. Penurunan ini dapat diakibatkan oleh penurunan tekanan pada *intake*, pemanasan dini pada udara yang masuk ke kompresor, kebocoran, dan ekspansi volume udara

d. Specific energy consumption

Yang dimaksud dengan *specific energy consumption* pada kompresor adalah tenaga yang digunakan oleh kompresor untuk melakukan kompresi udara dalam setiap unit kapasitas kompresor. Biasanya *specific energy consumption* pada kompresor ini dilambangkan dengan satuan bhp/100 cfm.

Cara kerja kompresor sentrifugal 3 *stage* sebagai berikut:

- a. Pada *stage 1* udara dihisap *impeller*, dimana *impeller* adalah komponen yang berputar dari kompresor sentrifugal yang digunakan untuk menghisap udara di atmosfer kemudian masuk ke difuser.
- b. Pada difuser udara dikompresi, dimana difuser adalah komponen yang digunakan untuk menaikkan tekanan (*pressure*) udara, untuk mencapai udara bertekanan yang ingin digunakan. kemudian masuk kedalam *intercooler*.
- c. Pada *intercooler* temperatur udara diturunkan, dimana *intercooler* adalah komponen yang digunakan untuk mendinginkan udara, agar temperatur udara tidak terlalu tinggi karena dapat menyebabkan kompresor mati dengan temperatur max 49°C-51°C kemudian dialirkan ke *moinsture separator*.
- d. *Moinsture separator* adalah komponen yang digunakan untuk memisahkan udara dengan air sebelum masuk ke *stage* berikutnya.
- e. Proses berikutnya berulang kembali seperti pada langkah *a* sampai dengan *d*.

Bila gas dikompresi, maka ada energi mekanik yang diberikan dari luar ke gas. Energi ini dirubah menjadi energi panas sehingga temperatur gas naik jika tekanan semakin tinggi. Namun jika proses kompresi dibarengi dengan pendinginan untuk mengeluarkan panas, temperatur dapat dijaga tetap disebut dengan kompresi isothermal (temperature tetap). Persamaan ini dapat ditulis sebagai :

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \text{Konstan} \quad (1)$$

Kapasitas/jumlah volume udara yang sebenarnya yang masuk pada setiap tingkat kompresor per menit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = V \times A \quad (2)$$

dimana:

Q = Kapasitas (m³/menit)

V = Kecepatan udara (m/menit)

A = Luas penampang (m²)

2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk yang berlokasi di Desa Sosor Ladang Kecamatan Parmaksian Toba. Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 17 Februari 2022 sampai dengan 17 Maret 2022. Wawancara dilakukan sebagai metode pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab dengan pegawai secara langsung di Unit *Energy*. Sehingga akan diperoleh data yang sistematis dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

Pada PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. Porsea unit *Energy* banyak menggunakan kompresor jenis sentrifugal. Diruang kompresor terdapat dua jenis merek kompresor yaitu sullair dan ingersoll rand. Kedua kompresor ini sebenarnya memiliki prinsip kerja yang sama, yaitu jenis sentrifugal. Dimana kompresor sentrifugal sebagai penyuplai udara bertekanan ke tiap-tiap peralatan instrumen. Adapun alat yang digunakan penulis dalam penelitian adalah kompresor sentrifugal dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. Data kompresor sentrifugal

Model	C70041MX3	Tahun 2019.3
No Serial: 301656	Unit	Rancangan
Tekanan masuk	BAR (A)	0.884
Tekanan Pelepasan	BAR (G)	7
Kecepatan Terukur	RPM	3000
Suhu Masuk	Deg C	29

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan adalah data yang diperoleh melalui pengamatan dan wawancara. Adapun data yang berkaitan tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Data spesifikasi kompresor

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Barometric Pressure</i>	0.914	Bar (A)
<i>Inlet Pressure</i>	0.884	Bar (A)
<i>Discharge Pressure</i>	7	Bar (A)
<i>Inlet Temperature</i>	29	Deg.C
<i>Relative Humidity</i>	60	%
<i>Rated Speed</i>	2975	RPM
<i>WaterTemperature</i>	30	Deg.C
<i>Water Temperature Rise</i>	13.889	Deg.C
<i>Stage 1 Cooler Water Flow</i>	181.308	Liter/min
<i>Stage 2 Cooler Water Flow</i>	207.417	Liter/min
<i>Stage 3 Cooler Water Flow</i>	179.51	Liter/min
<i>Oil Cooler Water Flow</i>	94.9	Liter/min
<i>Total Water Flow</i>	663.135	Liter/min
<i>Stage 1 C.T.D</i>	6.100	Deg.C
<i>Stage 2 C.T.D</i>	8.450	Deg.C
<i>Stage 3 C.T.D</i>	13.333	Deg.C

Berikut adalah data yang didapat selama melakukan penelitian:

Tabel 3. Data kompresor *stage 1*

Parameter	Nilai
Kecepatan Udara (Nm ² /hr)	16.913,7
<i>Stage 1</i> Temp. (°C)	35
<i>Stage 1</i> Vibration (Mils)	0.15
Diameter <i>Stage 1</i> (m)	0.444

Tabel 4. Data kompresor *stage 2*

Parameter	Nilai
Kecepatan Udara (Nm ² /hr)	24.627,6
<i>Stage 2</i> Temp. (°C)	34
<i>Stage 2</i> Vibration (Mils)	0.35
Diameter <i>Stage 2</i> (m)	0.304

Tabel 5. Data kompresor *stage 3*

Parameter	Nilai
Kecepatan Udara (Nm ² /hr)	42.345,3
<i>Stage 3</i> Temp. (°C)	39
<i>Stage 3</i> Vibration (Mils)	0.29
Diameter <i>Stage 3</i> (m)	0.177

Besarnya kapasitas udara bertekanan yang dihasilkan kompresor sentrifugal 3 *stage* dihitung dengan persamaan kontinuitas. Karena luas penampang tidak diketahui dalam data penelitian maka terlebih dahulu menghitung luas permukaan. Setelah didapatkan luas penampang, maka dapat dihitung kapasitas udara bertekanan yang dihasilkan kompresor dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Kapasitas (Q) *stage 1*,

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times A \\
 &= 16.913,7 \text{ Nm}^2/\text{hr} \times 0.348 \text{ m} \\
 &= 5886 \text{ Nm}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama didapatkan kapasitas udara untuk *stage 2* dan 3 sebesar 5886 Nm³/hr. Sehingga dari perhitungan diatas maka didapatkan kapasitas sebesar 5886Nm³/hr untuk setiap *stage*.

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut bahwa besarnya kapasitas udara bertekanan yang dihasilkan kompresor sentrifugal 3 *stage* adalah sama untuk setiap *stage* sebagai berikut:

- Kapasitas udara bertekan pada *stage 1* adalah 5886 Nm³/hr
- Kapasitas udara bertekan pada *stage 2* adalah 5886 Nm³/hr
- Kapasitas udara bertekan pada *stage 3* adalah 5886 Nm³/hr

Daftar Pustaka

Andika Kurniawan, 2019. "Analisa Pengaruh Proses Pendinginan Terhadap Temperatur Angin Masukan Stage Terakhir pada Kompresor Sentrifugal Multistage IHI TRE-50." Universitas Mercu Buana, Indonesia

- Daniel, T. 2005. Teknik Instalasi dan Inspeksi Kompresor Sentrifugal. Jakarta : Erlangga
- Faisal Yanuar Adibal. 2016. "Pemilihan Kompresor Pada Instalasi Udara Bertekanan Sistem Peunimatik Hidrolik Di Pressure Tank Line Indoor Pt. Pjb Unit Pembangkit Brantas."
- Fritz Dietzel. 1993. Turbin, Pompa Dan Kompresor. Jakarta : Erlangga.
- Gandhi Harahap. 1991. Perencanaan Teknik Mesin. Jakarta: Erlangga
- Hamidreza Seiti, Enrique, Ashkan, Ibrahim. 2020. *Developing The Modified R- Numbers For Risk – Based Fuzzy Information Fusion And Its Application To Failure Modes, Effects, And System Resilience Analysis (FMESRA)*. ISA
- Handayani, Sri Utami. 2010. Bahan Ajar Pompa dan Kompresor. Semarang : Undip
- Indarto. 1999. Perancangan Casing Pompa Sentrifugal. Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM
- Reza Setiawan, Tedi Nurjen, Rahmad Hidayat. 2018. "Analisis Fouling Resistance Intercooler Dan Kualitas Udara Kompresor Fu Sheng Sa – 4100 Wii Di Pt Xyz Indonesia."
- Sularso, Haruo Tahara. 2004. Pompa dan Kompresor. Jakarta : Penerbit PT. Pradnya Paramita.
- . 2004. Pemeliharaan/Servis Dan Perbaikan Kompresor Udara Dan Komponen Komponennya. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta