

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Udara merupakan sumber daya alam yang melimpah dan mudah diperoleh. Salah satu pemanfaatan udara yang umum adalah dalam bentuk udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor. Kompresor adalah suatu alat atau mesin yang menempatkan atau meningkatkan tekanan udara atau fluida gas, penerapan teknologi dilakukan dengan melakukan pengukuran pada bagian suplai dan demand serta melakukan analisa terhadap instalasi sistem pemipaan udara bertekanan yang sudah ada. Udara bertekanan ini memiliki berbagai aplikasi industri, salah satunya adalah sebagai sumber tenaga untuk mengoperasikan peralatan pneumatik. (Hadi dkk, 2023)

Namun, potensi pemanfaatan udara bertekanan tidak hanya terbatas pada aplikasi industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kemungkinan pemanfaatan tekanan kompresor udara sebagai sumber tenaga alternatif untuk memompa air. Penggunaan kompresor udara sebagai pompa air memiliki beberapa potensi keunggulan, seperti:

1. **Efisiensi:** Kompresor udara modern memiliki efisiensi yang tinggi dalam mengubah energi listrik menjadi energi potensial udara bertekanan.
2. **Fleksibilitas:** Sistem pompa udara bertekanan dapat dengan mudah disesuaikan dengan berbagai kondisi dan kebutuhan.
3. **Ketersediaan komponen:** Komponen-komponen yang dibutuhkan untuk membangun sistem pompa udara bertekanan mudah ditemukan di pasaran.

Meskipun demikian, pemanfaatan kompresor udara sebagai pompa air masih jarang dilakukan dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kinerja, sistem, dan kelayakan ekonomisnya.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kinerja sistem pompa air berbasis kompresor udara dalam memompa air dengan berbagai debit aliran?
2. Apakah sistem pompa air berbasis kompresor udara ekonomis untuk diterapkan dalam skala kecil?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kinerja sistem pompa air berbasis kompresor udara dalam memompa air dengan berbagai debit aliran.
2. Mengevaluasi kelayakan ekonomis dari sistem pompa air berbasis kompresor udara untuk diterapkan dalam skala kecil.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam:

1. **Pengembangan teknologi:** Menambah wawasan tentang pemanfaatan energi udara bertekanan untuk aplikasi non-konvensional.
2. **Pemanfaatan sumber daya:** Meningkatkan pemanfaatan sumber daya udara yang melimpah.

## 1.5. Sistematika Penulisan Skripsi

Penjelasan Singkat Tiap Bab:

**Bab 1:** Menjelaskan latar belakang masalah, tujuan penelitian, dan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini.

**Bab 2:** Menyajikan tinjauan pustaka yang relevan dengan topik penelitian, meliputi teori dasar tentang kompresor udara, pompa air, dan konversi energi pneumatik.

**Bab 3:** Menjelaskan metode penelitian yang digunakan, mulai dari jenis penelitian, alat dan bahan, variabel penelitian, desain penelitian, hingga prosedur pengambilan dan analisis data.

**Bab 4:** Menyajikan hasil penelitian dalam bentuk data, grafik, atau tabel, serta melakukan analisis terhadap data tersebut.

**Bab 5:** Menyimpulkan hasil penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kompresor Udara**

Kompresor udara adalah mesin yang berfungsi untuk menaikkan tekanan udara dari tekanan atmosfer menjadi tekanan yang lebih tinggi. Udara bertekanan ini kemudian dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Pada abad ke-17, ahli fisika asal Belanda, Christiaan Huygens, adalah salah satu pionir dalam pengembangan kompresor udara. Pada tahun 1650, Huygens menciptakan pompa udara piston pertama yang mampu menghasilkan aliran udara bertekanan. Meskipun masih sederhana, ini menjadi landasan bagi penemuan dan pengembangan lebih lanjut dalam kompresor udara (Giampaolo, 2010).

#### **2.2. Prinsip Kerja Kompresor Udara**

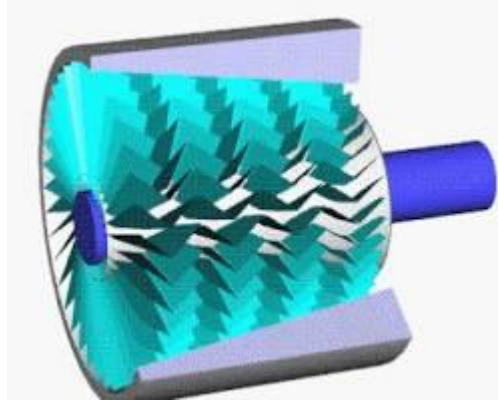
Prinsip dasar kerja kompresor adalah dengan mengurangi volume udara sehingga tekanan udara meningkat. Proses ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun secara umum dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu:

##### **1. Kompresor Dinamis**

Kompresor dinamis adalah jenis kompresor yang memanfaatkan energi kinetik untuk meningkatkan tekanan fluida. Aliran fluida yang masuk akan dipercepat dan kemudian diubah menjadi energi tekanan. Prinsip kerja kompresor dinamis berdasarkan prinsip konversi energi kinetik menjadi energi tekanan. Udara dihisap masuk ke dalam impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi. Akibat gaya sentrifugal, udara terdorong ke arah luar dan tekanan udara meningkat.

Ada dua jenis utama kompresor dinamis, yaitu:

**a. Kompresor Aksial**



Gambar 2.1. Kompresor Aksial

**Prinsip Kerja:** Aliran fluida masuk secara aksial (sejajar dengan poros) dan melewati serangkaian rotor yang dilengkapi dengan sudu-sudu. Sudu-sudu ini akan memberikan gaya dorong pada fluida sehingga kecepatannya meningkat. Setelah melewati rotor, fluida akan memasuki stator yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik menjadi energi tekanan. Proses ini berulang pada setiap tahap hingga mencapai tekanan yang diinginkan.

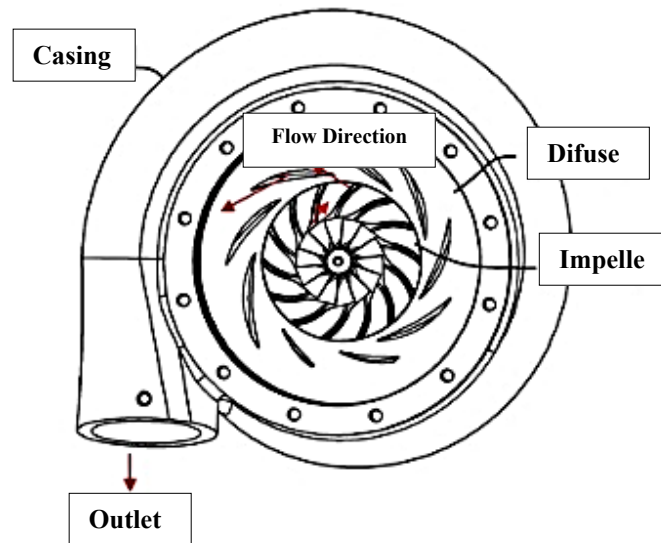
**Kelebihan:**

1. Efisiensi tinggi pada laju aliran yang besar.
2. Ukuran lebih kompak dibandingkan kompresor sentrifugal untuk kapasitas yang sama.
3. Getaran dan kebisingan lebih rendah.

**Kekurangan:**

1. Sulit dalam mencapai rasio kompresi yang tinggi dalam satu tahap.
2. Sensitif terhadap ketidakseimbangan aliran.

## b. Kompresor Sentrifugal



Gambar 2.2. Kompresor Sentrifugal

**Prinsip Kerja:** Fluida masuk ke pusat impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi. Gaya sentrifugal akan mendorong fluida ke arah luar impeller sehingga kecepatannya meningkat. Setelah meninggalkan impeller, fluida masuk ke diffuser yang berfungsi untuk memperlambat kecepatan fluida dan mengubah energi kinetik menjadi energi tekanan.

### **Kelebihan:**

1. Dapat mencapai rasio kompresi yang tinggi dalam satu tahap.
2. Toleransi terhadap ketidakseimbangan aliran lebih baik.
3. Konstruksi lebih sederhana.

### **Kekurangan:**

1. Efisiensi lebih rendah pada laju aliran yang kecil.
2. Ukuran lebih besar dibandingkan kompresor aksial untuk kapasitas yang sama.
3. Getaran dan kebisingan lebih tinggi.

## 2. Kompresor Volumetrik:

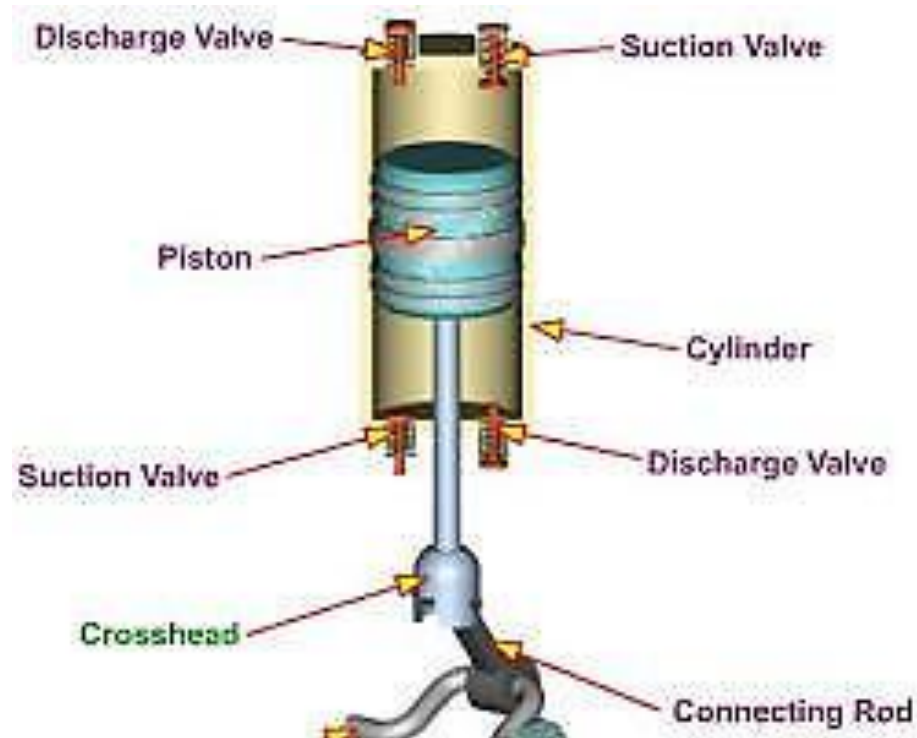
Prinsip Kerja Kompresor Volumetrik adalah berdasarkan prinsip perubahan volume secara periodik. Udara dihisap ke dalam ruang yang volumenya kemudian dikurangi secara mekanis, sehingga tekanan udara meningkat. Jenis-jenis Kompresor Volumetrik adalah sebagai berikut:

### A. Kompresor Piston

Kompresor piston adalah jenis kompresor paling tua dan paling umum digunakan di industri. Kompresor ini bekerja berdasarkan prinsip perpindahan positif, di mana volume gas dikurangi secara mekanis untuk meningkatkan tekanan (Balduzzi, 2014).

Cara Kerja Kompresor Piston adalah sebagai berikut:

1. Hisap (Suction): Piston bergerak menjauhi kepala silinder, menciptakan ruang hampa. Udara atmosfer kemudian masuk ke dalam silinder melalui katup hisap.
2. Kompresi: Piston bergerak menuju kepala silinder, memampatkan udara yang telah masuk. Tekanan udara di dalam silinder meningkat secara signifikan.
3. Buang (Discharge): Ketika tekanan di dalam silinder melebihi tekanan udara di saluran keluar, katup buang akan terbuka dan udara bertekanan tinggi akan didorong keluar menuju tangki penyimpanan.



Gambar 2.3. Kompresor Piston

Jenis-Jenis Kompresor Piston adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan jumlah sisi kerja:
  - a. Tunggal: Hanya satu sisi piston yang melakukan kompresi.
  - b. Ganda: Kedua sisi piston melakukan kompresi.
2. Berdasarkan pelumasan:
  - a. Berpelumas: Menggunakan oli untuk melumasi komponen internal.
  - b. Bebas oli: Tidak menggunakan oli, cocok untuk aplikasi yang membutuhkan udara bersih.
3. Berdasarkan jumlah silinder:
  - a. Silinder tunggal: Memiliki satu silinder.
  - b. Silinder ganda: Memiliki dua silinder.
  - c. Silinder ganda V: Dua silinder berbentuk V.
  - d. Silinder W: Tiga silinder berbentuk W.

Keunggulan Kompresor Piston adalah sebagai berikut:

1. Konstruksi sederhana: Mudah dipahami dan dirawat.
2. Fleksibilitas: Dapat menghasilkan tekanan dan debit yang bervariasi.
3. Harga terjangkau: Umumnya lebih murah dibandingkan jenis kompresor lainnya.

Kekurangan Kompresor Piston adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi rendah: Memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan kompresor sentrifugal atau skrup.
2. Getaran dan kebisingan: Menghasilkan getaran dan kebisingan yang cukup tinggi.
3. Pemeliharaan tinggi: Membutuhkan perawatan secara berkala, seperti penggantian oli dan filter.

Kompresor piston banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti:

1. Otomotif: Untuk mengisi ban, alat pengecatan, dan pengoperasian alat-alat pneumatik.
2. Konstruksi: Untuk mengoperasikan alat-alat berat seperti palu pneumatik, bor udara, dan alat potong.
3. Industri makanan dan minuman: Untuk membersihkan peralatan produksi dan pengemasan.
4. Medis: Untuk mengoperasikan peralatan medis seperti dental drill dan ventilator.

Faktor yang perlu dipertimbangkan saat memilih kompresor piston antara lain:

1. Kapasitas: Tentukan debit udara yang dibutuhkan.
2. Tekanan: Tentukan tekanan udara yang diperlukan.
3. Jenis udara: Apakah dibutuhkan udara kering atau bebas oli.
4. Frekuensi penggunaan: Jika digunakan secara terus-menerus, pilih kompresor dengan daya tahan tinggi.
5. Ruang yang tersedia: Pertimbangkan ukuran kompresor.
6. Biaya: Bandingkan harga pembelian dan biaya operasional.

Kompresor piston merupakan pilihan yang tepat untuk aplikasi yang membutuhkan tekanan udara yang tidak terlalu tinggi dan kapasitas yang relatif kecil. Meskipun memiliki beberapa kekurangan, kompresor piston tetap menjadi pilihan populer karena kesederhanaan dan harga yang terjangkau.

## B. Kompresor Rotary

Kompresor rotary adalah jenis kompresor yang menggunakan prinsip rotasi untuk memampatkan udara. Dibandingkan dengan kompresor piston, kompresor rotary umumnya memiliki efisiensi yang lebih tinggi, getaran yang lebih rendah, dan tingkat kebisingan yang lebih rendah. Prinsip kerja kompresor rotary secara umum, kompresor rotary bekerja dengan cara menarik udara ke dalam ruang kompresi, kemudian memampatkannya melalui gerakan rotasi dari dua rotor atau lebih. Rotor-rotor ini dirancang secara khusus untuk mengurangi volume udara secara bertahap sehingga meningkatkan tekanan.

Jenis-jenis Kompresor Rotary antara lain:

### 1. Kompresor Sekrup:

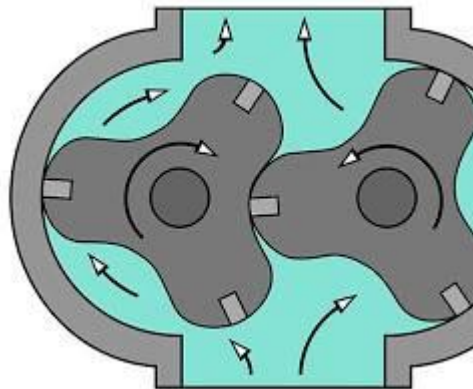
Kompresor sekrup merupakan kompresor yang menggunakan dua rotor yang saling mengunci dan berputar berlawanan arah. Dimana udara terjebak di antara profil rotor dan casing, kemudian dikompresi secara bertahap saat bergerak menuju outlet. Kompresor jenis ini memiliki kelebihan yaitu efisiensi yang tinggi, umur panjang, dan getaran rendah. Namun juga memiliki kekurangan yaitu biaya awal yang tinggi.



Gambar 2.4. Kompresor Sekrup

## 2. Kompresor Lobe

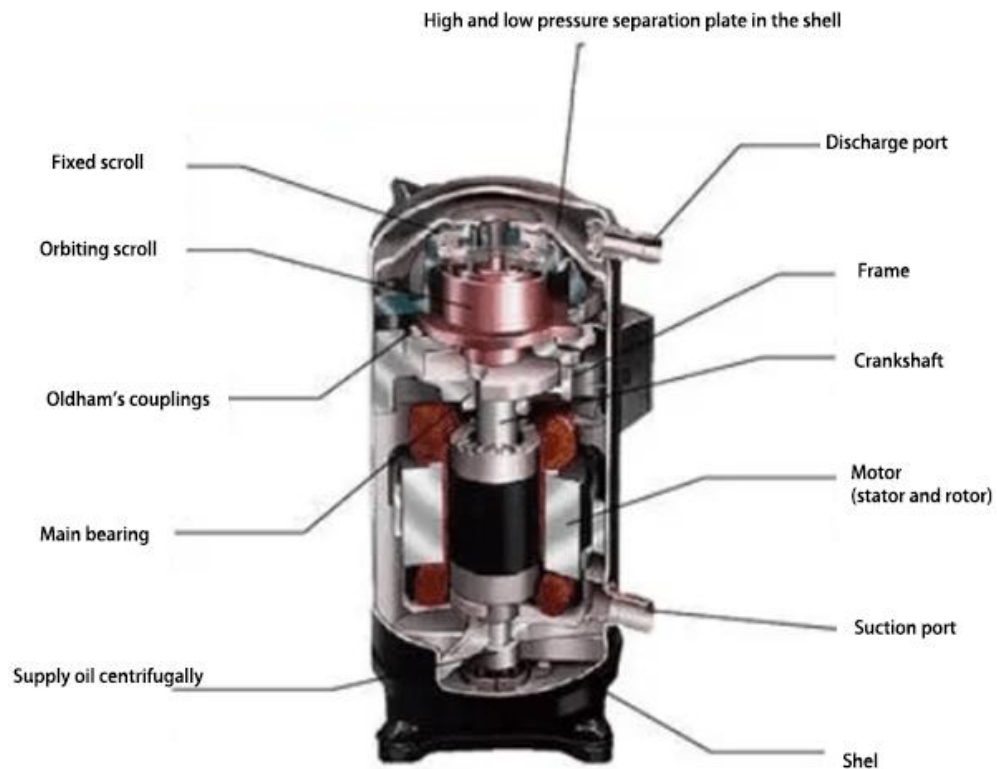
Kompresor ini menggunakan dua atau lebih lobus yang berputar dalam casing dengan prinsip kerjanya mirip dengan kompresor sekrup, namun desain rotornya lebih sederhana. Kompresor ini memiliki keunggulan yaitu konstruksi sederhana dan mudah dirawat. Namun tetap memiliki kelemahan yaitu efisiensi lebih rendah dibandingkan kompresor sekrup.



Gambar 2.5. Kompresor Lobe

## 3. Kompresor Scroll

Kompresor ini menggunakan dua spiral yang saling tumpang tindih dan berputar. Dimana udara terjebak di antara spiral dan dikompresi secara bertahap saat bergerak menuju pusat. Kompresor jenis ini memiliki keunggulan yaitu konstruksi yang kompak, efisien, dan menghasilkan getaran rendah. Akan tetapi kompresor ini juga memiliki kekurangan yaitu biaya produksi yang tinggi (Giampaolo, 2010)



Gambar 2.6. Kompresor Scroll

Keunggulan Kompresor Rotary adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi tinggi: Mengonsumsi lebih sedikit energi dibandingkan kompresor piston.
2. Getaran dan kebisingan rendah: Operasi yang lebih halus dan tenang.
3. Umur pakai panjang: Komponen yang lebih sedikit dan konstruksi yang kokoh.
4. Pemeliharaan rendah: Tidak memerlukan perawatan yang sering.

Kekurangan Kompresor Rotary :

1. Biaya awal yang tinggi: Harga pembelian kompresor rotary umumnya lebih mahal dibandingkan kompresor piston.
2. Kompleksitas: Desain internal kompresor rotary lebih kompleks dibandingkan kompresor piston.

Kompresor Rotary banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti:

1. Industri petrokimia: Untuk proses kompresi gas alam dan hidrokarbon lainnya.
2. Industri makanan dan minuman: Untuk membersihkan peralatan produksi dan pengemasan.
3. Industri medis: Untuk mengoperasikan peralatan medis seperti ventilator.
4. Industri otomotif: Untuk pengujian komponen kendaraan.

Faktor yang Perlu Dipertimbangkan Saat Memilih Kompresor Rotary:

1. Kapasitas: Tentukan debit udara yang dibutuhkan.
2. Tekanan: Tentukan tekanan udara yang diperlukan.
3. Jenis udara: Apakah dibutuhkan udara kering atau bebas oli.
4. Frekuensi penggunaan: Jika digunakan secara terus-menerus, pilih kompresor dengan daya tahan tinggi.
5. Ruang yang tersedia: Pertimbangkan ukuran kompresor.
6. Biaya: Bandingkan harga pembelian dan biaya operasional.

Kompresor Rotary merupakan pilihan yang sangat baik untuk aplikasi yang membutuhkan efisiensi tinggi, getaran rendah, dan tingkat kebisingan yang rendah. Meskipun biaya awal lebih tinggi, namun dalam jangka panjang kompresor rotary akan memberikan penghematan energi yang signifikan.

### C. Kompresor Diafragma

Kompresor Diafragma adalah jenis kompresor yang menggunakan diafragma fleksibel untuk memampatkan fluida. Diafragma ini bergerak bolak-balik, menciptakan ruang vakum yang kemudian terisi oleh fluida. Saat ruang vakum mengecil, tekanan fluida meningkat. Bentuk Kompresor Diafragma dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.7. Kompresor Diafragma

Keunggulan Kompresor Diafragma antara lain:

1. Kering dan bersih: Tidak ada kontak langsung antara fluida dan bagian mekanis pompa, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan fluida bersih dan bebas kontaminasi.
2. Tahan korosi: Bahan diafragma yang beragam memungkinkan pompa diafragma digunakan untuk berbagai jenis fluida, termasuk yang bersifat korosif.
3. Dapat menangani fluida kental: Diafragma dapat menghasilkan tekanan yang cukup tinggi untuk memompa fluida yang sangat kental.
4. Getaran rendah: Operasi yang halus dan tenang.

Kekurangan Kompresor Diafragma antara lain:

1. Kapasitas terbatas: Umumnya memiliki kapasitas aliran yang lebih rendah dibandingkan jenis kompresor lainnya.
2. Biaya perawatan tinggi: Diafragma perlu diganti secara berkala.
3. Sensitif terhadap partikel padat: Partikel padat dalam fluida dapat merusak diafragma.

Jenis-jenis Kompresor Diafragma antara lain:

1. Diafragma mekanis: Digunakan untuk aplikasi dengan tekanan rendah hingga sedang.
2. Diafragma pneumatik: Menggunakan udara bertekanan untuk menggerakkan diafragma, cocok untuk aplikasi dengan tekanan tinggi.
3. Diafragma elektromagnetik: Menggunakan kumparan elektromagnetik untuk menggerakkan diafragma, sering digunakan pada pompa dosis.

Kompresor diafragma merupakan pilihan yang sangat baik untuk aplikasi yang membutuhkan pompa yang bersih, tahan korosi, dan dapat menangani fluida yang kental. Meskipun memiliki kapasitas yang terbatas dan biaya perawatan yang relatif tinggi, kompresor diafragma tetap menjadi pilihan populer dalam berbagai industri.

### **2.3. Parameter Kinerja Kompresor Udara**

Beberapa parameter penting yang digunakan untuk mengukur kinerja kompresor udara antara lain:

1. Debit aliran yaitu volume udara yang dimampatkan per satuan waktu ( $\text{m}^3/\text{menit}$ ).
2. Tekanan discharge merupakan tekanan udara setelah dikompresi (bar atau MPa).
3. Efisiensi volumetrik adalah perbandingan antara volume udara aktual yang dimampatkan dengan volume teoritis yang seharusnya dimampatkan.
4. Efisiensi isothermal yaitu perbandingan antara kerja ideal yang diperlukan untuk mengompresi udara secara isothermal dengan kerja aktual yang diperlukan.
5. Suhu discharge merupakan suhu udara setelah dikompresi ( $^{\circ}\text{C}$ ).

## 2.4. Aplikasi Kompresor Udara

Kompresor umumnya banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam dunia industri. Udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor banyak digunakan dalam mengisi ban ataupun balon, selain itu digunakan dalam sistem pneumatik pada berbagai alat instrumentasi. Adapun penggunaan kompresor udara diberbagai bidang yaitu sebagai berikut :

### 1. Industri manufaktur

Dalam industry manufaktur kompresor udara digunakan untuk mengoperasikan alat-alat pneumatik seperti bor udara, kunci pas udara, dan cat semprot.

### 2. Industri otomotif

Pada bidang otomotif sendiri penggunaan udara bertekanan berfungsi untuk mengoperasikan alat-alat bengkel, seperti kompresor ban dan alat pengecatan.

### 3. Industri Pertambangan dan perminyakan

Mata bor yang digunakan dalam dunia pertambangan pada umumnya dilengkapi dengan sistem udara bertekanan yang berfungsi untuk membersihkan serpihan batuan yang menempel pada mata *drill*.

### 4. Industri makanan dan minuman

Kompresor udara digunakan untuk membersihkan peralatan produksi dan mengemas produk.

## 2.5. Karakteristik Udara

Udara adalah campuran gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Udara mengelilingi bumi dan sangat penting bagi kehidupan. Berikut adalah beberapa karakteristik utama udara:

### Karakteristik fisik udara antara lain:

1. Tidak Berwarna, Tidak Berbau, dan Tidak Berasa: Dalam kondisi normal, udara yang bersih tidak memiliki warna, bau, atau rasa yang khas.
2. Menempati Ruang: Udara mengisi semua ruang yang tersedia. Jika sebuah wadah ditutup rapat, udara akan menekan ke segala arah di dalam wadah tersebut.

3. **Mempunyai Massa:** Meskipun ringan, udara memiliki massa. Hal ini dapat dibuktikan dengan percobaan sederhana seperti mengukur berat sebuah balon yang diisi udara, kemudian mengukur beratnya kembali setelah udara dikeluarkan.
4. **Mempunyai Tekanan:** Udara memberikan tekanan ke segala arah. Tekanan udara ini disebabkan oleh tumbukan partikel-partikel udara terhadap permukaan.
5. **Dapat Dimampatkan:** Udara dapat dimampatkan, artinya volumenya dapat diperkecil dengan memberikan tekanan. Contohnya, ketika kita memompakan ban sepeda, kita memampatkan udara ke dalam ban sehingga tekanannya meningkat.
6. **Dapat Mengembang:** Sebaliknya, udara juga dapat mengembang jika diberikan ruang yang lebih besar. Contohnya, ketika kita meniup balon, udara di dalam balon mengembang sehingga balon menjadi besar.

#### **Karakteristik Kimia Udara :**

1. **Campuran Gas:** Udara bukan zat tunggal, melainkan campuran dari berbagai macam gas. Komponen utama udara adalah nitrogen (sekitar 78%), oksigen (sekitar 21%), dan argon (sekitar 1%). Selain itu, udara juga mengandung gas-gas lain dalam jumlah yang lebih kecil, seperti karbon dioksida, neon, helium, dan metana.
2. **Dapat Bereaksi:** Oksigen dalam udara dapat bereaksi dengan zat lain, seperti saat pembakaran atau perkaratan.

#### **Perubahan Sifat Udara**

Sifat udara dapat berubah karena berbagai faktor, seperti:

1. **Suhu:** Ketika suhu meningkat, partikel udara bergerak lebih cepat dan tekanan udara meningkat.
2. **Tekanan:** Perubahan tekanan dapat menyebabkan perubahan volume udara.
3. **Kelembaban:** Kandungan uap air dalam udara dapat mempengaruhi sifat udara, seperti densitas dan kemampuan untuk menahan panas.

4. Pencemaran: Pencemaran udara dapat mengubah komposisi udara dan menyebabkan masalah kesehatan.

## 2.6. Proses Kompresi

Beberapa proses kompresi adalah sebagai berikut:

1. Proses isothermal: Kompresi pada suhu konstan, idealnya tanpa perubahan suhu.
2. Proses adiabatik: Kompresi tanpa perpindahan panas dengan lingkungan.
3. Proses politropik: Proses kompresi yang sebenarnya, di antara proses isothermal dan adiabatik.

## 2.7. Efisiensi Kompresor

Jenis-jenis efisiensi Kompresor adalah sebagai berikut:

### 1. Efisiensi Adiabatik

Efisiensi adiabatik keseluruhan didefinisikan sebagai daya yang diperlukan untuk memampatkan gas dengan siklus adiabatik (menurut perhitungan teoritis), dibagi dengan daya yang sesungguhnya diperlukan oleh kompresor pada porosnya.

Efisiensi adiabatik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\eta_{ad} = \frac{L_{ad}}{L_s}$$

dimana:

$L_{ad}$  = Daya adiabatik teoritis (kW)

$L_s$  = Daya yang masuk pada poros kompresor (kW)

### 2. Efisiensi volumetric

Efisiensi volumetrik didefinisikan sebagai perbandingan antara volume gas yang dihasilkan dengan volume perpindahan torak, yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\eta_v = \frac{Q_s}{Q_{th}}$$

dimana:

$Q_s$  = Volume gas yang dihasilkan pada kondisi tekanan dan temperatur isap  
(m<sup>3</sup> /min)

$Q_{th}$  = Perpindahan torak (m<sup>3</sup> /min)

Besarnya efisiensi volumetris ini dapat dihitung secara teoritis berdasarkan volume gas yang dapat diisap secara efektif oleh kompresor pada langkah isapnya, seperti telah diuraikan di atas. Dan perhitungan tersebut diperoleh rumus yang dapat ditulis sbb: yang diperlukan.

$$\eta_v = 1 - \varepsilon \left\{ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right\}$$

Dimana :

$\varepsilon = \frac{V_c}{V_s}$ , Volume sisa (clearance) relative

$P_d$  = tekanan keluar dari silinder Tingkat pertama (kgf/cm<sup>3</sup> abs)

$P_s$  = tekanan isap dari silinder pertama (kgf/cm<sup>3</sup> abs)

$n$  = Koefisien ekspansi gas yang tertinggal di dalam volume sisa, untuk udara  $n = 1,2$  (Mahmudi, 2013)

## 2.8. Sistem Kontrol Kompresor

Pengaturan kapasitas kompresor sangat penting untuk memastikan efisiensi energi dan kinerja optimal dari sistem udara bertekanan. Dengan mengontrol kapasitas, kita dapat menyesuaikan produksi udara sesuai dengan permintaan, sehingga menghindari pemborosan energi dan meningkatkan umur komponen (Apriandi, 2022)

Berikut adalah beberapa metode umum untuk mengontrol kapasitas kompresor:

### 1. On-Off Control

- a. Prinsip: Kompresor beroperasi secara penuh atau mati total.
- b. Cara kerja: Ketika tekanan sistem turun di bawah batas bawah yang telah ditentukan, kompresor akan menyala dan beroperasi pada kapasitas penuh hingga tekanan mencapai batas atas. Kemudian, kompresor akan mati.
- c. Kelebihan: Sederhana dan murah.

- d. Kekurangan: Menyebabkan fluktuasi tekanan yang signifikan dan dapat memperpendek umur kompresor akibat start-stop yang sering.

## 2. Multi-Speed Control

- a. Prinsip: Mengubah kecepatan motor penggerak kompresor untuk menyesuaikan kapasitas.
- b. Cara kerja: Kompresor memiliki beberapa tingkat kecepatan. Dengan mengubah kecepatan, kapasitas kompresor dapat disesuaikan.
- c. Kelebihan: Lebih efisien daripada on-off control karena menghindari start-stop yang sering.
- d. Kekurangan: Membutuhkan motor penggerak khusus dengan beberapa kecepatan.

## 3. Load-Unload Control

- a. Prinsip: Mematikan sebagian silinder kompresor untuk mengurangi kapasitas.
- b. Cara kerja: Kompresor dilengkapi dengan beberapa silinder. Dengan mematikan beberapa silinder, kapasitas kompresor dapat dikurangi.
- c. Kelebihan: Fleksibel dan efisien.
- d. Kekurangan: Membutuhkan kompresor dengan desain khusus.

## 4. Inverter Control

- a. Prinsip: Mengatur kecepatan motor kompresor secara mulus menggunakan inverter.
- b. Cara kerja: Inverter mengubah tegangan dan frekuensi listrik yang diberikan ke motor, sehingga kecepatan motor dapat diatur secara halus.
- c. Kelebihan: Sangat efisien, memberikan kontrol kapasitas yang sangat halus, dan memperpanjang umur kompresor.
- d. Kekurangan: Biaya awal lebih tinggi dibandingkan metode lain.

## 5. Hot Gas Bypass

- a. Prinsip: Membuang sebagian gas panas kembali ke saluran masuk kompresor.
- b. Cara kerja: Gas panas yang keluar dari kompresor dialirkan kembali ke saluran masuk, sehingga mengurangi beban kerja kompresor.

- c. Kelebihan: Sederhana dan efektif untuk mengurangi kapasitas secara cepat.
- d. Kekurangan: Dapat mengurangi efisiensi kompresor dalam jangka panjang.

Faktor yang mempengaruhi pemilihan metode control :

- a. Besarnya fluktuasi beban: Jika beban fluktuasi sangat besar, inverter control adalah pilihan yang baik.
- b. Biaya investasi: On-off control adalah yang termurah, sedangkan inverter control adalah yang paling mahal.
- c. Efisiensi energi: Inverter control umumnya memberikan efisiensi energi yang paling tinggi.
- d. Kualitas udara: Jika kualitas udara sangat penting, kompresor kering dengan kontrol inverter adalah pilihan yang tepat.

Pemilihan metode kontrol kapasitas kompresor tergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis kompresor, ukuran sistem, dan kebutuhan spesifik aplikasi. Dengan memilih metode yang tepat, Anda dapat mengoptimalkan kinerja kompresor, menghemat energi, dan meningkatkan umur komponen (Faisal Yanuar, 2016).

## 2.9. Rumus Dasar dan Persamaan Kompresor udara

Beberapa rumus dan persamaan dasar kompresor udara antara lain adalah:

### 1. Kerja Kompresor:

#### a. Kerja Isotermal:

$$W = nRT \times \ln(P_2/P_1)$$

Dimana:

$W$  = Kerja (J)

$n$  = Jumlah mol udara

$R$  = Konstanta gas universal (8.314 J/mol.K)

$T$  = Suhu mutlak (K)

$P_1$  = Tekanan awal

$P_2$  = Tekanan akhir

**b. Kerja Adiabatik:**

$$W = (P_2V_2 - P_1V_1) / (\gamma - 1)$$

Dimana:

$$\gamma = \text{Rasio kalor jenis } (C_p/C_v)$$

**c. Kerja Aktual**

Kerja aktual biasanya lebih besar dari kerja isothermal atau adiabatik karena adanya kerugian.

**2. Daya Kompresor:**

$$\text{Daya} = \text{Kerja} / \text{Waktu} = (\text{J/s}) = \text{Watt}$$

**3. Energi Potensial Air:**

$$E_p = m \times g \times h$$

Dimana:

$E_p$  = Energi potensial (J)

$m$  = Massa air (kg)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = Tinggi angkat (m)

**4. Debit Air (Q):**

$$Q = A \times v$$

Dimana:

$Q$  = Debit aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$A$  = Luas penampang pipa ( $\text{m}^2$ )

$v$  = Kecepatan aliran ( $\text{m/s}$ )

## 2.10. Persamaan yang Berkaitan dengan Kompresor Udara

**Persamaan Bernoulli** adalah persamaan yang mendeskripsikan hubungan antara tekanan, kecepatan, dan ketinggian suatu aliran fluida ideal (tidak viskos dan tidak kompresibel) sepanjang garis arus. Persamaan ini didasarkan pada prinsip kekekalan energi mekanik dalam suatu aliran fluida.

Persamaan Bernoulli untuk menjelaskan hubungan antara kecepatan, tekanan, dan ketinggian fluida. Bentuk Umum Persamaan Bernoulli:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2$$

Keterangan:

- P** : Tekanan fluida (N/m<sup>2</sup>)
- $\rho$**  : Densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)
- v** : Kecepatan aliran fluida (m/s)
- g** : Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- h** : Ketinggian dari titik acuan (m)

**1 dan 2** : Menunjukkan dua titik yang berbeda dalam aliran fluida

Penjelasan masing-masing parameter:

**P** : Tekanan statis, yaitu tekanan yang diakibatkan oleh tumbukan molekul-molekul fluida terhadap dinding penampang.

**$\frac{1}{2} \rho v^2$**  : Energi kinetik per satuan volume, yang berkaitan dengan kecepatan aliran fluida.

**Pgh** : Energi potensial gravitasi per satuan volume, yang berkaitan dengan ketinggian fluida dari titik acuan.

Persamaan Bernoulli menyatakan bahwa jumlah dari tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial gravitasi per satuan volume pada suatu titik dalam aliran fluida adalah konstan. Artinya, jika salah satu besaran tersebut meningkat, maka besaran lainnya harus berkurang untuk menjaga agar jumlah totalnya tetap konstan.

Contoh Penerapan:

1. **Venturimeter:** Alat untuk mengukur kecepatan aliran fluida berdasarkan prinsip Bernoulli. Ketika fluida mengalir melalui pipa yang menyempit, kecepatannya akan meningkat dan tekanan akan menurun.
2. **Sayap Pesawat:** Bentuk sayap pesawat dirancang sedemikian rupa sehingga kecepatan aliran udara di atas sayap lebih besar daripada di bawah sayap. Hal ini menyebabkan tekanan di atas sayap lebih kecil daripada di bawah sayap, sehingga menghasilkan gaya angkat.
3. **Pipa Pitot:** Alat untuk mengukur kecepatan aliran fluida secara langsung.

Asumsi Persamaan Bernoulli:

**Aliran tunak:** Kecepatan aliran tidak berubah terhadap waktu di setiap titik.

**Aliran tak viskos:** Tidak ada gesekan antara lapisan-lapisan fluida.

**Aliran tak kompresibel:** Densitas fluida konstan.

**Aliran irotasional:** Tidak ada rotasi partikel fluida.

Keterbatasan Persamaan Bernoulli:

Meskipun Persamaan Bernoulli sangat berguna, namun persamaan ini hanya berlaku untuk aliran ideal. Dalam kondisi nyata, selalu ada gesekan dan kompresibilitas, sehingga hasil perhitungan menggunakan Persamaan Bernoulli dapat menyimpang dari kenyataan.

Persamaan Bernoulli merupakan alat yang sangat penting dalam memahami perilaku aliran fluida. Persamaan ini dapat digunakan untuk menganalisis berbagai fenomena aliran fluida, mulai dari aliran dalam pipa hingga aliran di sekitar benda bergerak.

**Persamaan kontinuitas** adalah salah satu konsep dasar dalam mekanika fluida yang menjelaskan hubungan antara kecepatan aliran fluida dan luas penampang pipa atau saluran tempat fluida mengalir. Persamaan ini didasarkan pada prinsip kekekalan massa, yaitu massa fluida yang masuk ke dalam suatu sistem harus sama dengan massa fluida yang keluar dari sistem tersebut dalam selang waktu tertentu.

Persamaan kontinuitas untuk menjelaskan hubungan antara kecepatan aliran dan luas penampang.

Bentuk Matematis Persamaan Kontinuitas:

$$A_1v_1 = A_2v_2$$

Keterangan:

**A1:** Luas penampang pada titik 1

**v1:** Kecepatan aliran pada titik 1

**A2:** Luas penampang pada titik 2

**v2:** Kecepatan aliran pada titik 2

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa hasil kali antara luas penampang dan kecepatan aliran pada setiap titik sepanjang aliran fluida adalah konstan. Artinya, jika luas penampang suatu pipa semakin kecil, maka kecepatan aliran fluida akan semakin besar untuk menjaga agar debit aliran (volume fluida yang mengalir per satuan waktu) tetap konstan.

Persamaan kontinuitas memiliki banyak penerapan dalam kehidupan sehari-hari dan industri, antara lain:

1. **Perancangan pipa:** Persamaan ini digunakan untuk menghitung diameter pipa yang diperlukan untuk mengalirkan fluida dengan debit tertentu.
2. **Hidrolika:** Persamaan ini digunakan untuk menganalisis aliran air dalam sungai, saluran irigasi, dan sistem perpipaan.
3. **Aerodinamika:** Persamaan ini digunakan untuk menganalisis aliran udara di sekitar benda bergerak, seperti sayap pesawat.
4. **Mesin fluida:** Persamaan ini digunakan untuk merancang dan menganalisis kinerja pompa, turbin, dan kompresor.

Hukum Boyle adalah salah satu hukum dasar dalam ilmu kimia yang menjelaskan hubungan antara tekanan dan volume suatu gas pada suhu yang konstan. Hukum ini dinamai berdasarkan penemunya, Robert Boyle.

### Bunyi Hukum Boyle:

“Pada suhu yang konstan, tekanan ( $P$ ) suatu gas berbanding terbalik dengan volumenya ( $V$ )”.

Secara matematis, Hukum Boyle dapat dinyatakan sebagai:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

Dimana:

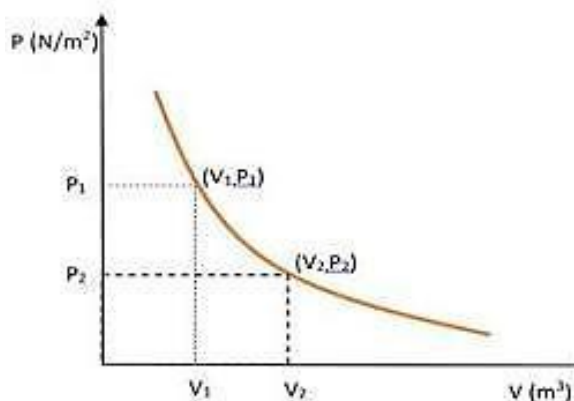
$P_1$  = tekanan awal

$V_1$  = volume awal

$P_2$  = tekanan akhir

$V_2$  = volume akhir

Artinya, Jika tekanan suatu gas ditingkatkan, maka volumenya akan berkurang, dan sebaliknya. Jika tekanan diturunkan, maka volumenya akan bertambah, selama suhu tetap konstan. Visualisasi Hukum Boyle dapat dilihat seperti gambar dibawah.



Gambar 2.8. Grafik Hukum Boyle

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara tekanan dan volume gas sesuai dengan Hukum Boyle. Garis kurva menunjukkan bahwa ketika tekanan meningkat, volume menurun secara proporsional, dan sebaliknya.

Contoh Penerapan Hukum Boyle:

1. **Pompa sepeda:** Saat Anda menekan pedal pompa, volume udara di dalam tabung pompa mengecil, sehingga tekanan udara meningkat dan udara dapat terdorong masuk ke dalam ban.
2. **Balon udara:** Ketika balon ditiup, udara di dalamnya mengembang, sehingga tekanan udara di dalam balon menurun.
3. **Selam scuba:** Ketika penyelam menyelam lebih dalam, tekanan air di sekitarnya meningkat, sehingga volume udara dalam tabung selam akan berkurang.

Hukum Boyle berlaku karena partikel-partikel gas dalam suatu wadah terus bergerak secara acak dan bertumbukan satu sama lain dan dengan dinding wadah. Ketika volume wadah diperkecil, partikel-partikel gas akan lebih sering bertumbukan dengan dinding wadah, sehingga tekanan gas meningkat. Sebaliknya, jika volume wadah diperbesar, frekuensi tumbukan akan berkurang, sehingga tekanan gas menurun.

Keterbatasan Hukum Boyle adalah, Hukum Boyle hanya berlaku untuk gas ideal pada suhu konstan. Gas nyata tidak selalu berperilaku seperti gas ideal, terutama pada tekanan dan suhu yang sangat tinggi atau rendah.

Hukum Boyle merupakan konsep dasar dalam memahami perilaku gas. Hukum ini sangat berguna dalam berbagai bidang, seperti kimia, fisika, dan teknik. Dengan memahami Hukum Boyle, kita dapat memprediksi bagaimana perubahan tekanan akan mempengaruhi volume suatu gas, dan sebaliknya.

**Persamaan gas ideal ( $PV = nRT$ )** adalah suatu persamaan yang menggambarkan hubungan antara tekanan ( $P$ ), volume ( $V$ ), jumlah mol ( $n$ ), suhu ( $T$ ), dan konstanta universal gas ( $R$ ) untuk suatu gas ideal. Persamaan ini merupakan gabungan dari beberapa hukum gas yang lebih sederhana, seperti Hukum Boyle, Hukum Charles, dan Hukum Avogadro dan harus memahami Setiap Variabel seperti:

1. **P:** Tekanan gas, biasanya dinyatakan dalam satuan atmosfer (atm), pascal (Pa), atau mmHg.

2. **V:** Volume gas, biasanya dinyatakan dalam liter (L) atau meter kubik ( $m^3$ ).
3. **n:** Jumlah mol gas, yaitu jumlah partikel gas yang ada dalam suatu sampel.
4. **R:** Konstanta universal gas, nilainya tergantung pada satuan yang digunakan untuk tekanan dan volume. Beberapa nilai umum untuk R adalah:
  - $0,0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$  (jika P dalam atm dan V dalam L)
  - $8,314 \text{ J}/\text{mol}\cdot\text{K}$  (jika P dalam Pa dan V dalam  $m^3$ )
5. **T:** Suhu mutlak gas, dinyatakan dalam Kelvin (K).

Hubungan antara kompresor dan pompa air:

1. Energi Udara Bertekanan: Energi dari udara bertekanan digunakan untuk mendorong air melalui pipa.
2. Efisiensi Konversi: Tidak semua energi udara bertekanan akan terkonversi menjadi energi kinetik air. Ada kerugian akibat gesekan dan turbulensi.

Faktor-Faktor yang mempengaruhi kapasitas Kompresor adalah :

1. Efisiensi kompresor
2. Efisiensi konversi energi
3. Kerugian gesekan dalam pipa
4. Tinggi angkat air
5. Debit aliran air
6. Diameter pipa
7. Sifat fluida (viskositas, densitas)

Faktor-Faktor yang mempengaruhi efisiensi sistem Kompresor adalah :

1. Efisiensi Volumetrik Kompresor: Ini adalah perbandingan antara volume udara aktual yang dimampatkan dengan volume teoritis. Semakin tinggi efisiensi volumetrik, semakin sedikit energi yang terbuang.
2. Efisiensi Isotermal Kompresor: Ini adalah perbandingan antara kerja ideal yang diperlukan untuk mengompresi udara secara isotermal dengan kerja aktual.

3. Efisiensi Mekanik Motor: Efisiensi motor listrik yang menggerakkan kompresor.
4. Kerugian Gesekan: Gesekan dalam pipa, katup, dan komponen lainnya akan mengurangi energi yang tersedia untuk menaikkan air.
5. Kerugian Panas: Panas yang dihasilkan selama proses kompresi dan gesekan akan mengurangi efisiensi sistem.
6. Tinggi Angkat: Semakin tinggi air dinaikkan, semakin besar energi yang diperlukan.
7. Debit Aliran: Semakin besar debit aliran, semakin besar daya yang dibutuhkan.
8. Diameter Pipa: Diameter pipa yang terlalu kecil akan meningkatkan kerugian gesekan.
9. Sifat Fluida: Viskositas dan densitas air akan mempengaruhi kerugian gesekan dan daya yang dibutuhkan.

### 2.11. Pompa

Pompa berfungsi mengkonversikan energi mekanis poros dari penggerak mula menjadi energi potensial atau tekanan fluida (zat) cair. Pompa digunakan untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi atau mengalirkan cairan ke tempat yang menghasilkan tekanan atau ketinggian tertentu, dimana tidak dimungkinkannya cairan tersebut mengalir secara alami. Pompa juga dapat digunakan untuk mensirkulasikan cairan, misalnya air pendingin atau pelumas yang melewati mesin-mesin dan peralatan (Mahmudi, 2013).

### 2.12. Daya Hidrolisis Pompa

Berdasarkan energi atau daya dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa disebut juga dengan daya pompa dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Nh = \frac{\gamma Q H}{102}$$

Dimana :

$N_h$  = Daya Hidrolisis (KW)

$H$  = Head total (m)

$Q$  = Debit ( $m^3/s$ )

$\gamma$  = Berat jenis air ( $kN/m^3$ )

### 2.13. Tekanan (*Pressure*)

Tekanan didefinisikan sebagai gaya normal yang diberikan oleh fluida per satuan luas. Kita berbicara tentang tekanan hanya ketika kita berurusan dengan gas atau cairan. Padanan tekanan dalam benda padat adalah tegangan normal. Karena tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas, tekanan memiliki satuan newton per meter persegi ( $N/m^2$ ), yang disebut **pascal (Pa)**. Yaitu,

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Satuan tekanan pascal terlalu kecil untuk tekanan yang ditemui dalam praktik. Oleh karena itu, kelipatannya kilopascal ( $1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$ ) dan megapascal ( $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$ ) umumnya digunakan. Tiga satuan tekanan lain yang umum digunakan dalam praktik, khususnya di Eropa, adalah bar, atmosfer standar, dan kilogram-gaya per sentimeter persegi:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bars}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kgf/cm}^2 &= 9.807 \text{ N/cm}^2 = 9.807 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 9.807 \times 10^4 \text{ Pa} \\ &= 0.9807 \text{ bar} \\ &= 0.9679 \text{ atm} \end{aligned}$$

Perhatikan bahwa satuan tekanan bar, atm, dan  $\text{kgf/cm}^2$  hampir setara satu sama lain. Dalam sistem Inggris, satuan tekanan adalah pound-force per square inch ( $\text{lbf/in}^2$ , atau psi), dan  $1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$ . Satuan tekanan  $\text{kgf/cm}^2$  dan  $\text{lbf/in}^2$  juga dilambangkan dengan  $\text{kg/cm}^2$  dan  $\text{lb/in}^2$ , dan keduanya umum digunakan dalam pengukur ban. Dapat ditunjukkan bahwa:

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 14,223 \text{ psi.}$$

Tekanan juga digunakan untuk benda padat sebagai sinonim dari tegangan normal, yaitu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan per satuan luas. Misalnya, orang dengan berat 150 pon dengan luas total

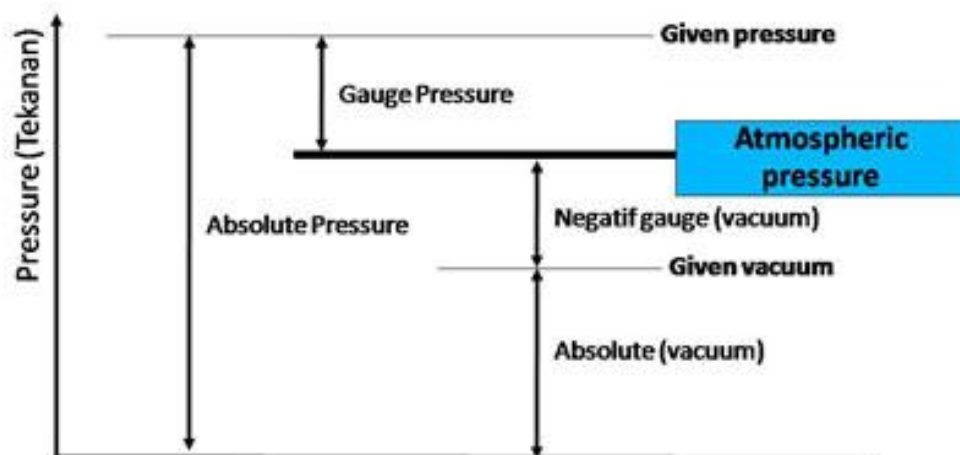
jejak kaki 50 in<sup>2</sup> memberikan tekanan sebesar 150 lbf/50 in<sup>2</sup> = 3,0 psi pada lantai.

Tekanan aktual pada posisi tertentu disebut **Tekanan Absolut (Absolute Pressure)**, dan diukur relatif terhadap vakum absolut (yaitu, tekanan nol absolut). Namun, sebagian besar alat pengukur tekanan dikalibrasi untuk membaca angka nol di atmosfer), sehingga menunjukkan perbedaan antara tekanan absolut dan tekanan atmosfer lokal.

Perbedaan ini disebut **Tekanan Pengukur (Gage Pressure)**. Tekanan di bawah tekanan atmosfer disebut **Tekanan Vakum P(Vacuum Resures)** dan diukur dengan pengukur vakum yang menunjukkan perbedaan antara tekanan atmosfer dan tekanan absolut. Tekanan absolut, pengukur, dan vakum semuanya merupakan besaran positif dan saling terkait oleh

$$P_{\text{gage}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{atm}}$$

$$P_{\text{vac}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}}$$



Gambar 2. 9. Ilustrasi Tekanan Absolut dari Ruang Vakum

Tekanan hidrostatis adalah tekanan yang dihasilkan oleh gaya berat zat cair pada suatu luas bidang tekanan pada kedalaman tertentu. Tekanan hidrostatis dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \rho gh \quad (\text{Kpa})$$

dimana P adalah tekanan,  $\rho$  ( $\text{Kg/m}^3$ ) adalah massa jenis zat cair, g adalah percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ), dan h (m) adalah kedalaman.

#### 2.14. Penelitian Terdahulu

Judul : PEMILIHAN KOMPRESOR PADA INSTALASI UDARA BERTEKANAN SISTEM PNEUMATIK HIDROLIK DI PRESSURE TANK LINE INDOOR PT. PJB UNIT PEMBANGKIT BRANTAS

Tahun : 2016

Peneliti : Faisal Anuar Adiba

Kompresor adalah suatu alat yang menerima energi atau kerja dari luar (daya poros) dengan tujuan untuk menaikkan suatu tekanan fluida (udara/gas). Pada industri pembangkit listrik, kompresor merupakan suatu komponen penting yang berperan besar dalam sistem pneumatik hidraulik pada pressure tank guna membuka atau menutup inlet valve dan juga digunakan untuk pengereman pada turbin francis. Kebutuhan tekanan dan kapasitas yang diperlukan untuk dapat menekan oil pada sistem pneumatik hidraulik di pressure tank, serta instalasi perpipaan yang memiliki panjang total 16,46 m. Oleh karena itu, sistem pendistribusian udara bertekanan perlu dilakukan perhitungan, sehingga dapat diketahui pemilihan kompresor yang tepat untuk memenuhi kebutuhan pada sistem pneumatik hidraulik pressure tank secara tepat. Hasil perhitungan didapatkan kebutuhan yang harus dipenuhi adalah  $Q = 1000 \text{ L/min}$ ,  $P = 28,603 \text{ Bar}$ , dan  $W = 21,706 \text{ kW}$ . Dengan hasil perhitungan yang telah diperoleh maka dapat dipilih kompresor torak Tokyo Shibaura tipe CDW 2-220 H dengan spesifikasi  $P = 33,5 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $Q = 1030 \text{ L /min}$ ,  $W = 22 \text{ kW}$ ,  $\omega = 950 \text{ Rpm}$  yang dapat memenuhi kebutuhan yang diperlukan pada instalasi udara bertekanan sistem pneumatik hidraulik pressure tank line indoor PT. PJB Unit Pembangkit Brantas.