

**ANALISA ALIRAN FLUIDA PADA SELANG UDARA  
ALAT UJI IMPACT SISTEM PNEUMATIK KAPASITAS 220Psi**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan*

*Gelar Sarjana (S-1) di Fakultas Teknik mesin*

*Universitas Medan Area*

**Oleh:**

**ALAN SAMUEL SITEPU**

**11.813.0072**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2017**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alan Samuel Sitepu

NIM : 11.813.0072

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : "Analisa Aliran Fluida pada slang Udara Alat Uji Impact Sistem Pneumatik Kapasitas 220Psi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelarsarjana, merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 6 Oktober 2017



Alan Samuel Sitepu  
11. 813. 0072

Judul Skripsi : ANALISA ALIRAN FLUIDA PADA SELANG UDARA  
ALAT UJI IMPACT SISTEM PNEUMATIK KAPASITAS  
220 Psi

Nama : Alan Samuel Sitepu  
NPM : 118130072  
Fakultas : Teknik  
Jurusan : Teknik Mesin

Disetujui oleh  
Komisi Pembimbing

  
Dr. Ir. Suditama, MT  
Pembimbing I

  
Ir. Husin Ibrahim, MT  
Pembimbing II

Diketahui Oleh :

  
Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc  
Dekan

  
Bobby Umroh, ST, MT  
Ketua Jurusan

## ABSTRAK

Sistim impak horizontal dapat dipergunakan sebagai alat untuk membuat cetakan pada kertas dengan cara menggunakan font cetakan bergambar. Pada percobaan ini tekanan yang baik diperoleh pada tekanan 3 Kg/cm<sup>2</sup>, sehingga gambar yang dihasilkan cukup merata pada kertas yang tercetak. Proses untuk menggerakkan stempel dengan tekanan udara yang mengalir dari kompresor masuk ke selang dan diteruskan ke pneumatik.

Kata kunci: Tekanan, Gaya Tekan, Hasil Cetakan



## ABSTRACT

The horizontal impact system can be used as a tool to make prints on paper by using pictorial printed fonts. In this experiment good pressure is obtained at a pressure of 3 Kg / cm<sup>2</sup>, so that the resulting image is quite even on the printed paper. The process to move the stamp with the pressure of the air flowing from the compressor into the hose and forwarded to pneumatic.

Keywords: Pressure, Pressing Style, Print Results



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahannya rahmat kepada kita semua, yang telah memberikan kekuatan, kesempatan serta kesehatan sehingga skripsi ini telah diselesaikan.

Skripsi ini adalah salah satu syarat Mahasiswa Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area untuk mendapat gelar sarjana, Dalam hal ini judul skripsi penulis adalah “Analisa Aliran Fluida Pada Selang Udara Alat Uji Impact Sistem Pneumatik Kapasitas Kapasitas 220Psi”

Dengan selesainya penulisan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Suditman, MT , selaku dosen pembimbing I.
2. Bapak Ir. Husin Ibrahim, MT, selaku dosen pembimbing II
3. Para staf pengajar program studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area beserta staf admin fakultas Teknik
4. Ayah saya Pasang Sitepu dan ibunda Tercinta Tinurmaya Sinambela yang sudah banyak memberikan motivasi dan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
5. Adik-adik penulis Yusuf Richardo Sitepu, ST, Yosua Ronaldo Sitepu, S.Sos, Lundu Rambo Sitepu, Ebrina Lisa Sitepu itotieet , yang sudah banyak memberikan bantuan moril maupun material.
6. Bapak Gembala Pdt. J. Simanjuntak, S.Th, M.Min yang sudah banyak berdoa buat saya, dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Teman-teman seperjuangan khususnya mahasiswa T. Mesin stambuk 2011, Gober ST, Salmen, ST, Hotmen kiting, Uli, Endi Lingga, Indah Elsaday, bang Pay, Urat dan masih banyak lagi yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

8. Sahabat Terkasih, Debora Eunike Simanjuntak, S.Pd yang selalu hadir dalam setiap momen indah dalam hidup saya dan juga sudah banyak merepotkan saya dalam penulisan skripsi ini, kamu sungguh hebat

Walaupun Penulis sudah berusaha semaksimal mungkin, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan yang masih perlu diperbaiki. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat lebih sempurna dan dapat mmberi manfaat bagi penulis dan para pembaca umumnya.

Medan, Desember 2017

Penulis

Alan Samuel Sitepu

NPM. 118130072

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II .....	4
LANDASAN TEORI .....	4
2.1 Pengertian Kompresor .....	4
2.2 Asas Kerja dan Klasifikasi Kompresor .....	4
2.2.1 Asas Pemampatan Zat .....	4
2.2.2 Asas Kompresor .....	5
2.3 Teori Kompresi .....	6
2.3.1 Hubungan Antara Tekanan dan Volume .....	6

2.3.2 Hubungan antara Temperatur dan volume.....	7
2.4 Proses Kompresi .....	7
2.4.1 Kompresi Isotermal.....	7
2.4.2 Kompresi Adiabatik.....	8
2.4.3 Kompresi Politropik.....	8
2.5 Efisiensi Volumetrik.....	9
2.6 Perhitungan Daya pada Kompresi Adiabatik.....	13
2.7 Jenis Penggerak dan Transmisi Daya Poros .....	14
2.7.1 Motor Listrik.....	14
2.7.2 Motor Bakar Torak .....	15
2.7.3 Transmisi Daya Poros .....	15
2.8 Kapasitas.....	16
2.9 Konstruksi Kompresor Torak .....	17
2.9.1 Konstruksi Kompresor Torak.....	17
2.9.2 Silinder dan Kepala Silinder.....	20
2.9.3 Torak dan Cincin Torak.....	22
2.9.4 Alat Pengatur Kapasitas .....	23
2.9.3 Pelumasan .....	25
2.9.4 Peralatan Pembantu .....	26
2.10 Pemasangan dan Operasional .....	27
2.10.1 Penempatan dan Pemilihan Tempat .....	28
2.10.2 Pemasangan.....	30
2.10.2.1 Kabel Listrik .....	30
2.10.3 Pemeriksaan Sebelum Uji Coba.....	31
2.11 Mekanisme Pengisian Udara Bertekanan Kedalam Tanki Kompresor.....	33

2.12 Sistem Pemipaan Udara Kompresor .....	39
2.13 Sistem Dasar Pipa Distribusi .....	39
2.14 Solenoid Valve .....	40
2.15 Pneumatik .....	42
BAB III .....	47
METODE PENELITIAN .....	47
3.1 Tempat dan Waktu .....	47
3.2 Bahan dan Alat .....	48
3.3 Pelaksanaan Penelitian .....	50
3.3.1 Set Up Peralatan .....	50
3.3.2 Prosedur Penelitian .....	51
3.3.3 Variabel Penelitian .....	51
BAB IV .....	52
PERHITUNGAN DAN ANALISA .....	52
4.1 Perhitungan Kapasitas Silinder Pneumatik .....	57
4.2 Data Hasil Penelitian Pada Kertas .....	57
BAB V .....	59
KESIMPULAN DAN SARAN .....	59
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kompresi Fluida.....	4
Gambar 2.2 Unit Kompresor.....	6
Gambar 2.3 Langkah Torak Kerja Tunggal.....	9
Gambar 2.4 Diagram P-V dari Kompresor.....	10
Gambar 2.5 Kompresor Langkah Isap.....	18
Gambar 2.6 Kompresor Langkah Kompresi.....	19
Gambar 2.7 Kompresor Langkah Keluar.....	20
Gambar 2.8 Silinder dan Kepala Silinder.....	21
Gambar 2.9 Torak dan Cincin Torak.....	22
Gambar 2.10 Pemipaan Pembebas Beban Katup Isap.....	24
Gambar 2.11 Pelumasan Percik.....	25
Gambar 2.12 Saringan Udara.....	26
Gambar 2.13 Penampang Katup Penanganan.....	27
Gambar 2.14 Pompa dan Sepeda.....	34
Gambar 2.15 Prinsip Kerja adalah Mirip Pompa dan Ban.....	34
Gambar 2.16 Sistem Radial.....	39
Gambar 2.17 Sistem Tertutup.....	40
Gambar 2.18 Sensor dan Solenoid Valve.....	40
Gambar 2.19 Konrol Valve untuk Aliran fluida dalam pipa.....	41
Gambar 2.20 Aliran dalam Kontrol valve.....	42
Gambar 2.21 Pneumatik digunakan pada mesin industri.....	43
Gambar 2.22 Sistem Kerja Pneumatik.....	45
Gambar 3.1 solenoid valve.....	48
Gambar 3.2 Pneumatik.....	48

Gambar 3.3 Kontrol Tekanan.....	49
Gambar 3.4 Set up peralatan.....	50
Gambar 3.5 Pneumatik, solenoid valve dan control tekanan.....	50
Gambar 4.1 Pneumatik double acting.....	52
Gambar 4. 2 Grafik Tekanan Terhadap gaya tekan pada stempel .....	58



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efisiensi Vometris .....	11
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	47
Tabel 4.1 Data Hasil Perubahan Tekanan terhadap Gaya.....	57



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efisiensi Volometris



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fluida adalah suatu yang tidak bisa lepas dari kehidupan sehari-hari kita, dimanapun dan kapanpun kita berada, fluida selalu mempengaruhi berbagai kegiatan kita dalam kehidupan sehari-hari kita baik itu dalam bentuk liquid ataupun gas. Aliran fluida didalam pipa pada kenyataannya mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui fluida tersebut. Menurut teori dalam mekanika fluida, hal ini disebabkan karena fluida yang mengalir memiliki viskositas. Viskositas ini menyebabkan timbulnya gaya geser yang sifatnya menghambat. Untuk melawan gaya geser tersebut diperlukan energi sehingga mengakibatkan adanya energi yang hilang pada aliran fluida. Energi yang hilang ini mengakibatkan penurunan tekanan aliran fluida atau disebut juga kerugian tekanan (*head loses*)

Penelitian aliran dalam pipa (*internal flow*) dimulai oleh seorang maha guru dari Jerman th 1850, Julius Weisbach meneliti rugi pada hulu pipa, yang kemudian dilanjutkan oleh Insinyur Perancis, Henry Darcy pada tahun 1857 yang melakukan eksperimen aliran pipa dan pertama kalinya mengungkap efek kekasaran pada hambatan pipa yang dikenal dengan persamaan Darcy-Weisbach. Kemudian Osborne Reynold melakukan eksperimen melalui pipa klasiknya pada tahun 1883 yang memperlihatkan pentingnya bilangan reynolds dalam aliran fluida.

## 1.2 Perumusan Masalah

Kajian penelitian ini adalah analisa aliran fluida(udara) pada selang-selang udara untuk alat uji impak sistim pneumatik kapasitas 220 Psi.

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini ialah untuk mendapatkan karakteristik aliran fluida(udara) pada selang udara alat uji impak sistim pneumatik.

### 1.3.2 Tujuan khusus penelitian ini ialah :

1. Untuk mendapatkan nilai-nilai tekanan dan gaya pada alat uji impak sistim pneumtaik.
2. Untuk mendapatkan pengaruh aliran udara pada alat uji impak sistim pneumatik.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah sebagai aplikasi ilmu bagi penulis tentang ilmu mekanika fluida, terutama pada peralatan uji yang menggunakan sistim udara bertekanan, menggunakan sistim kontrol valve dan pneumatik pada alat uji impak horizontal.

Bagi akademis diharapkan dapat bermanfaat dalam menganalisa sistim aliran udara pada alat uji impak horizontal menggunakan sistim pneumatik. Sehingga dapat membuat variasi tekanan melalui pengontrolan udara masuk ke pneumatik.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut: Bagian pendahuluan berisi tentang halaman judul, halaman pengesahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, dan daftar lampiran. Bagian isi laporan penelitian terdiri dari: bab I pendahuluan berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan laporan. Bab II Tinjauan pustaka, berisi tentang gambaran umum kompresor, Teori kompresi, Proses kompresi, efisiensi volumetrik, solenoid valve dan Pneumatik Bab III Metodologi penelitian, merupakan rangkaian pelaksanaan dengan menguraikan desain penelitian, bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian, pembuatan spesimen, diagram alir, teknik pengambilan data, analisa data dan tempat penelitian. Bab IV Analisa hasil dan pembahasan penelitian, berisi tentang data hasil penelitian, analisa dan pembahasan yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan diagram. Dan penelitian ini ditutup dengan bab V penutup Berisi tentang kesimpulan dan saran.

## BAB II

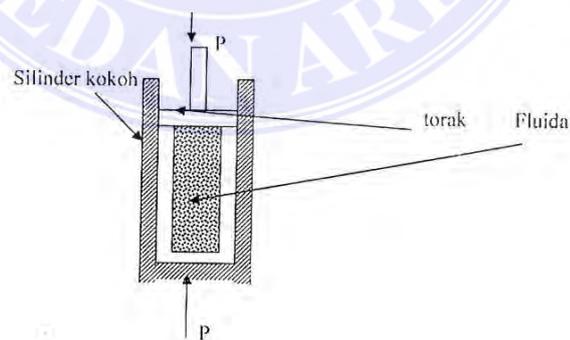
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Pengertian Kompresor

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor udara biasanya menghisap udara dari atmosfer. Namun ada pula yang menghisap udara atau gas yang bertekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Dalam hal ini kompresor bekerja sebagai penguat (Booster). Sebaliknya kompresor ada yang menghisap gas yang bertekanan lebih rendah dari pada tekanan atmosfer. Dalam hal ini kompresor disebut Pompa Vakum.

#### 2.2 Asas Kerja dan Klasifikasi Kompresor

##### 2.2.1 Azas Pemampatan Zat



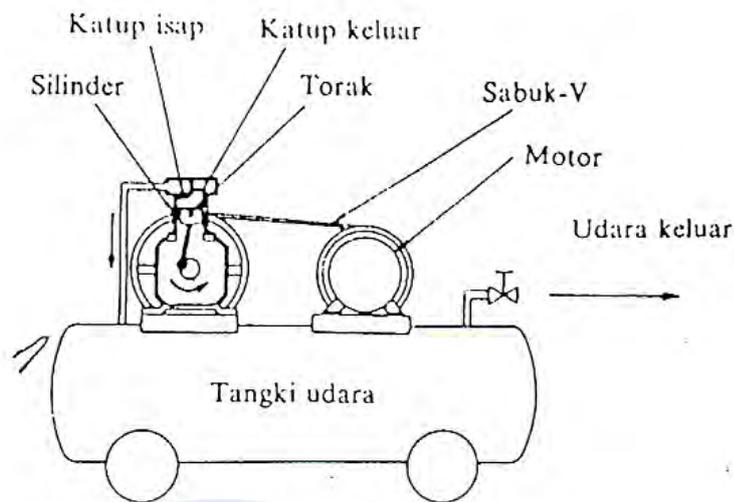
**Gambar 2.1. Kompresi Fluida**

Kompresor pada dasarnya bekerja memampatkan gas. Adapun gas yang bisa dimampatkan bukan hanya gas saja melainkan juga zat padat. Benda padat yang dapat dimampatkan dan dapat menyimpan energi, contohnya adalah pegas. Energi regangan akan diperoleh kembali jika pegas diberi kesempatan memuai kedalam semula. Namun energi regangan benda padat tidak mudah disalurkan ketempat lain yang memerlukan

### **2.2.2 Azas Kompresor**

Azas kerja kompresor jika suatu zat di dalam sebuah ruangan tertutup diperkecil volumenya, maka gas akan mengalami kompresi. Adapun pelaksanaannya dalam praktek memerlukan konstruksi seperti diperlihatkan pada gambar 1. disini digunakan torak yang bekerja bolak- balik didalam sebuah silinder untuk menghisap, menekan, dan mengeluarkan gas secara berulang- ulang. Dalam hal ini gas yang ditekan tidak boleh bocor melalui celah antara dinding yang saling bergerak. Untuk itu digunakan cincin tolak sebagai perapat.

Pada kompresor ini torak tidak digerakkan dengan tangan melainkan dengan motor melalui poros engkol seperti terlihat pada gambar 1. dalam hal ini katup isap dan katup keluar dipasang pada kepala silinder. Adapun yang digunakan sebagai penyimpan udara dipakai tanki udara. Kompresor semacam ini dimana tolak bergerak bolak- balik disebut kompresor bolak- balik.



**Gambar 2.2 Unit Kompresor**

Kompresor bolak-balik banyak menimbulkan getaran yang terlalu keras sehingga tidak sesuai untuk beroperasi pada putaran tinggi. Karena itu berbagai kompresor putar ( rotary ) telah dikembangkan dan telah banyak dipasarkan.

## 2.3 Teori Kompresi

### 2.3.1 Hubungan antara tekanan dan volume

Jika selama gas, temperatur gas dijaga tetap ( tidak bertambah panas ) maka pengecilan volume menjadi  $\frac{1}{2}$  kali akan menaikkan tekanan menjadi dua kali lipat. Demikian juga volume menjadi  $\frac{1}{3}$  kali, tekanan akan menjadi tiga kali lipat dan seterusnya. Jadi secara umum dapat dikatakan sebagai berikut ” jika gas dikompresikan ( atau diekspansikan ) pada temperature tetap, maka tekanannya akan berbanding terbalik dengan volumenya ”. Pernyataan ini disebut **Hukum Boyle** dan dapat dirumuskan pula sebagai berikut : jika suatu gas mempunyai volume  $V_1$

dan tekanan  $P_1$  dan dimampatkan ( atau diekspansikan ) pada temperature tetap hingga volumenya menjadi  $V_2$ , maka tekanan akan menjadi  $P_2$  dimana :

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \text{tetap}$$

Disini tekanan dapat dinyatakan dalam  $\text{kgf/cm}^2$  ( atau Pa ) dan volume dalam  $\text{m}^3$ .

### 2.3.2 Hubungan antara temperature dan volume

Seperti halnya pada zat cair. Gas akan mengembang jika dipanaskan pada tekanan tetap. Dibandingkan dengan zat padat dan zat cair, gas memiliki koefisien muai jauh lebih besar. Dari pengukuran koefisien muai berbagai gas diperoleh kesimpulan sebagai berikut : ” semua macam gas apabila dinaikkan temperaturnya sebesar  $1^\circ\text{C}$  pada tekanan tetap, akan mengalami pertambahan volume sebesar  $1/273$  dari volumenya pada  $0^\circ\text{C}$ . Sebaliknya apabila diturunkan temperaturnya sebesar  $1^\circ\text{C}$  akan mengalami jumlah yang sama. Pernyataan diatas disebut **Hukum Charles**.

## 2.4 Proses Kompresi

### 2.4.1 Kompresi Isotermal

Bila suatu gas dikompresikan, maka ini ada energi mekanik yang diberikan dari luar pada gas. Energi ini diubah menjadi energi panas sehingga temperature gas akan naik jika tekanan semakin tinggi. Namun jika proses kompresi ini juga dengan pendinginan untuk mengeluarkan panas yang terjadi, temperature dapat dijaga tetap. Kompresor secara ini disebut kompresor Isotermal ( temperatur tetap ). Hubungan antara P dan V untuk T tetap dapat diperoleh dari persamaan :

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \text{tetap} \dots\dots\dots(2.1)$$

### 2.4.2 Kompresi Adiabatik

Yaitu kompresi yang berlangsung tanpa ada panas yang keluar/ masuk dari gas. Dalam praktek proses adiabatik tidak pernah terjadi secara sempurna karena isolasi didalam silinder tidak pernah dapat sempurna pula.

### 2.4.3 Kompresi Politropik

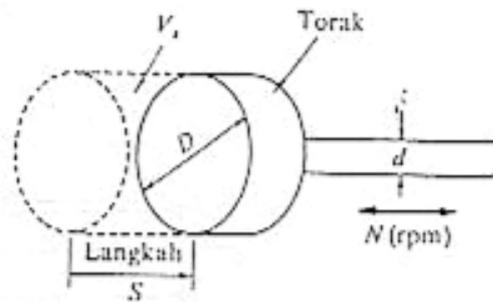
Kompresi pada kompresor yang sesungguhnya bukan merupakan proses Isotermal, namun juga bukan proses adiabatik, namun proses yang sesungguhnya ada diantara keduanya dan disebut Kompresi Politropik.

Hubungan antara P dan V pada politropik ini dapat dirumuskan sebagai :

$$P \cdot V^n = \text{tetap} \dots\dots\dots ( 2.2 )$$

Untuk n disebut indek politropik dan harganya terletak antara 1 ( proses isotermal ) dan k ( proses adiabatik ). Jadi  $1 < n < k$ . Untuk kompresor biasanya,  $n = 1,25 - 1,4$ . yaitu kompresor yang terjadi karena adanya panas yang dipancarkan keluar.

## 2.5 Efisiensi Volumetrik



**Gambar 2.3 Langkah Torak Kerja Tunggal**

Sebuah kompresor dengan silinder  $D$  ( cm ), langkah tolak  $S$  ( cm ), dan putaran  $N$  ( rpm ) seperti terlihat pada gambar 2. dengan ukuran seperti ini kompresor akan memampatkan volume gas sebesar  $V_s = (\pi/4) D^2 \times S$  (  $cm^3$  ). Untuk setiap langkah kompresor yang dikerjakan dalam setiap putaran poros engkol. Jumlah volume gas yang dimampatkan per menit disebut perpindahan tolak. Jadi jika poros kompresor mempunyai putaran  $N$  ( rpm ) maka :

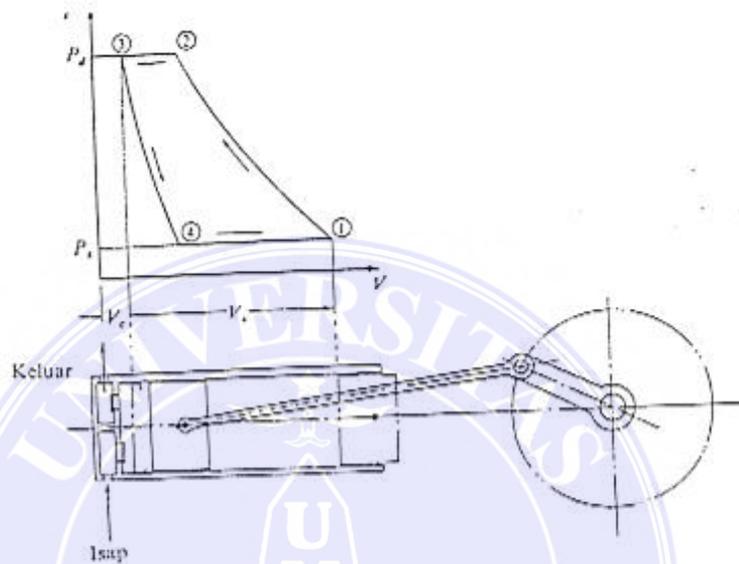
$$V_s = (\pi/4) D^2 \times S \text{ ( } cm^3 \text{ )} \dots\dots\dots (2.3)$$

Perpindahan torak :

$$V_s \times N = (\pi/4) D^2 \times S \times N \text{ ( } cm^3 / min \text{ )} \dots\dots\dots (2.4)$$

Seperti pada gambar 2.4. torak memuai langkah kompresinya pada titik ( 1 ) ( dalam diagram P-V ). Torak bergerak ke kiri dan gas dimampatkan hingga tekanan naik ketitik ( 2 ) pada titik ini tekanan di dalam silinder mencapai harga tekanan  $P_d$  yang lebih tinggi dari pada tekanan di dalam pipa keluar ( atau tanki tekan ), sehingga katup keluar pada kepala silinder akan terbuka. Jika torak

terus bergerak ke kiri maka gas akan didorong keluar silinder pada tekanan tetap sebesar  $P_d$  di titik (3) torak mencapai titik mati atas, yaitu titik mati akhir gerakan torak pada langkah kompresi dan pengeluaran.



**Gambar 2.4. Diagram P-V dari Kompresor**

Pada waktu torak mencapai titik mati atas ini antara sisi atas torak dan kepala silinder masih ada volume sisa yang besarnya  $V_c$ . Volume ini idealnya harus sama dengan 0 agar gas dapat didorong seluruhnya keluar silinder tanpa sisa. Namun dalam praktek harus ada jarak ( Clearance ) diatas torak agar torak tidak membentur kepala silinder.

Karena adanya volume sisa ini ketika torak mengakhiri langkah kompresinya diatas torak masih ada sejumlah gas dengan volume sebesar  $V_c$ , dan tekanan sebesar  $P_d$ , jika kemudian torak memuai langkah isapnya ( bergerak kekanan ), katup isap tidak dapat terbuka sebelum sisa gas diatas torak berekspansi

sampai tekanannya turun dari  $P_d$  menjadi  $P_s$ . Disini pemasukan gas baru mulai terjadi dan proses pengisapan ini berlangsung sampai titik mati bawah.

Adapun efisiensi volumetric dapat kita lihat dari tabel dibawah ini :

Perbandingan	Putaran	
	Tinggi	Rendah
$P_2/ P_1$	%	%
2	92	85
4	86	80
6	84	76
8	78	71
10	75	66
12	72	60

**Tabel 2.1  $\eta_v$  ( Efisiensi volumetris )**

Adapun harga  $\eta_v$  yang sesungguhnya adalah sedikit lebih kecil dari harga yang diperoleh dari rumus diatas karena adanya kebocoran melalui cincin torak, katup serta tahanan pada katup.

Untuk volume langkah torak ( VL ) adalah jumlah volume yang diisap dikurangi dengan volume sisa. Maka rumus dari volume langkah torak dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$VL = \pi/4 \cdot D^2 \cdot S \cdot N \dots\dots\dots ( 2.5 )$$

Dimana VL = Volume Langkah Torak ( cm<sup>3</sup> )

D = Diameter Torak ( cm )

N = Jumlah Silinder

Dengan diketahuinya volume langkah dari torak maka kita dapat mengetahui volume yang diisap oleh kompresor ( Va ). Volume yang dihisap oleh kompresor ( Va ) adalah volume langkah yang dilakukan di kalikan dengan efisiensi volumetrik dari kompresor.

$$Va = VL \times \eta_v \times N \dots\dots\dots ( 2.6 )$$

Dimana VL = Volume Langkah ( cm<sup>3</sup>/ detik )

$\eta_v$  = Efisiensi Volumetrik ( % )

N = Jumlah Putaran ( Rpm )

## 2.6 Perhitungan Daya Pada Kompresi Adiabatik

Besarnya daya kompresor secara teoritis dapat kita hitung dengan menggunakan rumus :

$$N_{th} = 0,037. P1 - VI. \frac{k}{k-1} \left[ \frac{P2}{P1} \frac{K-1}{k} 1 \right] \quad (2.7)$$

$$Ni = \frac{N_{th}}{\eta_m} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Ne = \frac{Ni}{\eta_m} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$N_{th}$  = Daya teoritis yang digunakan untuk menggerakkan Kompresor  
( HP )

$P_1$  = Tekanan Gas awal ( kg/ cm<sup>2</sup> )

$P_2$  = Tekanan akhir kompresi ( kg/ cm<sup>2</sup> )

$k$  = Eksponen adiabatik

$N_i$  = Daya Indikator

$N_e$  = Daya Efektif

$N_m$  = Daya Mekanis

Diasumsikan untuk eksponen adiabatik udara adalah k: 1,4

( 1 TK = 1 HP dan 1 HP = 0,746 kW )

Untuk efisiensi volumetrik dan efisiensi adiabatik keseluruhan sebenarnya tidak tetap harganya berubah- ubah menurut konstruksi dan tekanan keluar kompresor. Karena itu perhitungan daya tidak dapat dilakukan semudah cara diatas. Namun untuk perhitungan efisiensi adiabatik dapat diambil kira- kira 80 – 85% untuk kompresor besar, 75 – 80% untuk kompresor sedang dan 65 – 70% untuk kompresor kecil.

Dengan diketahuinya daya yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor (  $W_c$  ), kita dapat menghitung daya motor yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor.

## **2.7 Jenis Penggerak dan Transmisi Daya Poros**

Sebagai penggerak kompresor umumnya dipakai motor listrik atau motor bakar torak. Adapun macam, sifat dan penggunaan masing- masing jenis penggerak tersebut adalah sebagai berikut :

### **2.7.1 Motor Listrik**

Motor listrik dapat diklasifikasikan secara kasar atas motor induksi dan motor sinkron. Motor induksi mempunyai faktor daya efisiensi yang lebih rendah dari pada motor sinkron. Arus awal motor induksi juga sangat besar. Namun motor induksi sampai 600 KW banyak dipakai karena harganya relative murah dan pemeliharaannya mudah. Motor induksi ada dua jenis sangkar bajing ( squirrel cage ) dan jenis rotor lilit ( wound rotor). Akhir- akhir ini jenis motor sangkar bajing lebih banya dipakai karena mudah pemeliharaannya. Meskipun motor sinkron mempunyai faktor daya dan efisiensi yang tinggi, namun harganya mahal. Dengan

demikian motor ini hanya dipakai bila diperlukan daya besar dimana pemakaian daya merupakan faktor yang sangat menentukan

### **2.7.2 Motor Bakar Torak**

Motor bakar torak dipergunakan untuk penggerak kompresor bila tidak tersedia sumber listrik ditempat pemasangannya atau bila kompresor tersebut merupakan kompresor portable. Untuk daya kecil sampai 5.5 kW dapat dipakai motor bensin dan untuk daya yang lebih besar dipakai motor diesel.

### **2.7.3 Transmisi Daya Poros**

Untuk mentranmisikan daya dari poros motor penggerak ke poros kompresor ada beberapa cara yaitu dengan cara sebagai berikut :

#### ➤ Sabuk V

Keuntungan cara ini adalah pada putaran kompresor dapat lebih bebas sehingga dapat dipakai motor putaran tinggi. Namun kerugiannya adalah pada kerugian daya yang disebabkan oleh slip antara puli dan sabuk serta kebutuhan ruangan yang lebih besar untuk pemasangan. Cara transmisi ini sering dipergunakan untuk kompresor kecil dengan daya kurang dari 75 kW.

#### ➤ Kopling Tetap

Hubungan dengan kopling tetap memberikan efisiensi keseluruhan yang tinggi serta pemeliharaan yang mudah. Namun cara ini memerlukan motor dengan putaran rendah dan motor dengan putaran rendah adalah mahal. Karena itu, cara ini hanya sesuai untuk kompresor berdaya antara 150 – 450 kW.

- Rotor Terpadu ( Direct Rotor )

Pada cara ini poros engkol kompresor menjadi satu dengan poros motor. Dengan cara ini ukuran mesin dapat menjadi lebih ringkas sehingga tidak memerlukan banyak ruang. Pemeliharaannya pun mudah.

- Kopling Gesek

Cara ini dipakai untuk menggerakkan kompresor kecil dengan motor bahan bakar torak. Disini motor dapat distart tanpa beban dengan membuka hubungan kopling. Namun untuk kompresor dengan fluktuasi momen puter yang besar diperlukan kopling yang dapat meneruskan momen puter yang besar pula.

## 2.8 Kapasitas

Pada kompresor torak, angka kapasitas yang tertulis didalam katalog menyatakan perpindahan torak dan bukan laju volume yang dihasilkan. Untuk kompresor putar, yang tertulis dalam katalog pada umumnya menyatakan volume yang sesungguhnya dihasilkan. Pada kapasitas normal, kompresor mempunyai efisiensi adiabatik keseluruhan yang maksimum.

Apabila kompresor dioperasikan pada kapasitas atau beban yang lebih rendah, maka efisiensinya menurun. Karena itu pemilihan kapasitas kompresor harus dilakukan sedemikian rupa sehingga dalam pemakaiannya nanti kompresor akan dapat dioperasikan pada atau disekitar titik normalnya. Selain itu, apabila kebutuhan udara atau gas sangat fluktuasi sebaiknya dipilih kompresor dengan kapasitas normal sebesar puncak kebutuhan.

## 2.9 Konstruksi Kompresor Torak

Kompresor torak atau kompresor bolak- balik dibuat sedemikian rupa sehingga gerakan putar penggerak mula diubah menjadi gerak bolak- balik pada torak. Gerakan torak ini akan menghisap torak udara didalam silinder dan memampatkannya.

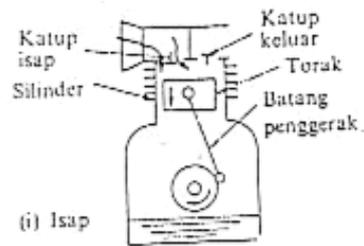
### 2.9.1 Konstruksi Kompresor Torak

Seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini, kompresor torak atau kompresor bolak- balik pada dasarnya dibuat sedemikian rupa hingga gerakan putar dari penggerak mula menjadi gerak bolak- balik. Gerakan ini diperoleh dengan menggunakan poros engkol dan batang penggerak yang menghasilkan gerak bolak- balik pada torak.

- Isap

Bila proses engkol berputar dalam arah panah, torak bergerak ke bawah oleh tarikan engkol. Maka terjadilah tekanan negative ( di bawah tekanan atmosfer ) di dalam silinder, dan katup isap terbuka oleh perbedaan tekanan, sehingga udara terhisap.

- Piston bergerak dari TDC ke BDC
- Intake valve membuka & exhaust valve menutup
- Udara luar terisap ( karena didalam ruang bakar kevakumannya lebih tinggi)



**Gambar 2.5. Kompresor Langkah Isap**

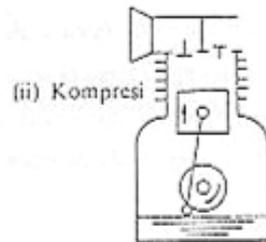
**Efisiensi Volumetrik**

Efisiensi volumetrik adalah persentase pemasukan udara yang diisap terhadap volume ruang bakar yang tersedia.

**- Kompresi**

Bila torak bergerak dari titik mati bawah ketitik mati atas, katup isap tertutup dan udara di dalam silinder dimampatkan.

- Piston bergerak dari BDC ke TDC
- Kedua valve menutup
- Udara dikompresikan Pemas ( karena ruangnya dipersempit )

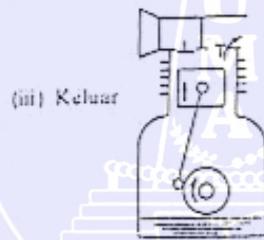


**Gambar 2.6. Kompresor Langkah Kompresi**

- Power Stroke
  - Gas sisa pembakaran mengembang ( ekspansi karena panas, yang menyebabkan gaya dorong )
  - Kedua valve menutup
  - Piston terdorong turun ke BDC

- Keluar atau Buang

Bila torak bergerak keatas, tekanan didalam silinder akan naik, maka katup keluar akan terbuka oleh tekanan udara atau gas, dan udara atau gas akan keluar.

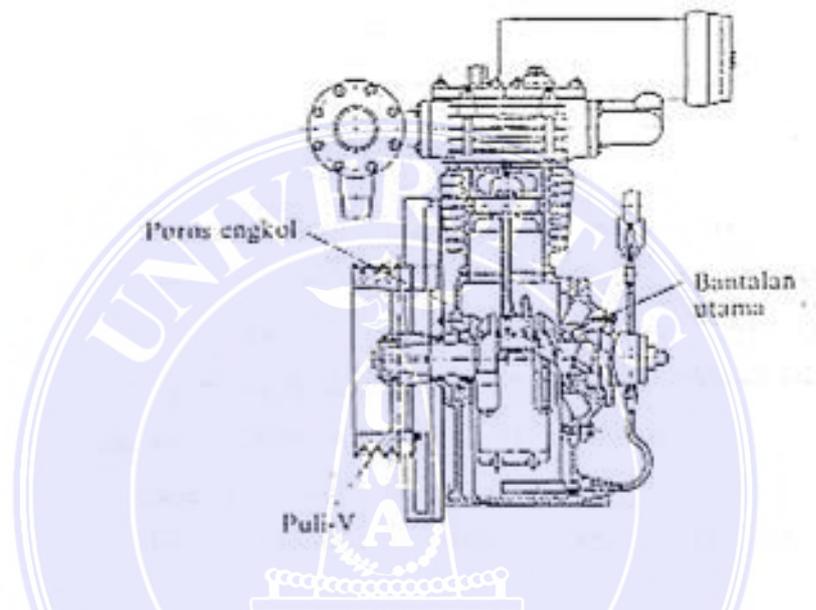


**Gambar 2.7. Kompresor Langkah Keluar**

- Piston bergerak dari BDC ke TDC
- Exhaust valve membuka
- Sisa pembakaran terbuang ( melalui exhaust valve & exhaust manifold )

### 2.9.1 Silinder dan Kepala Silinder

Gambar berikut memberikan potongan kompresor torak kerja tunggal dengan pendinginan udara. Silinder mempunyai bentuk silinder dan merupakan bejana kedap udara dimana torak bergerak bolak-balik untuk menghisap dan memampatkan udara.



**Gambar 2.8. Silinder dan Kepala Silinder**

Silinder harus cukup kuat untuk menahan tekanan yang ada. Untuk tekanan yang kurang dari  $50 \text{ kgf/cm}^2$  ( $4.9 \text{ Mpa}$ ) umumnya dipakai besi cor sebagai bahan silinder. Permukaan dalam silinder harus disuperfinis sebab licin torak akan meluncur pada permukaan ini. Untuk memancarkan panas yang timbul dari proses kompresi, dinding luar silinder diberi sirip-sirip. Gunanya adalah untuk memperluas permukaan yang memancarkan panas pada kompresor dengan pendinginan udara.

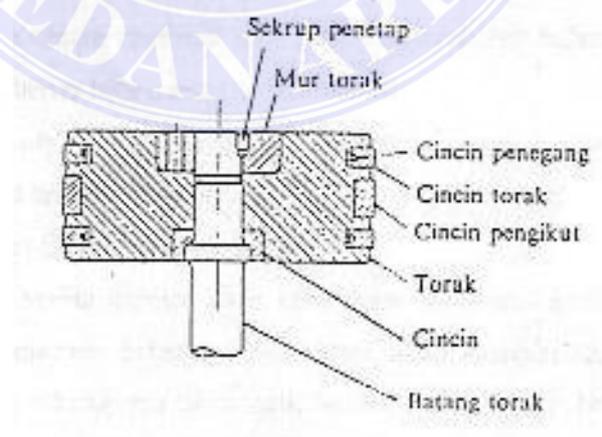
Tutup silinder terbagi atas 2 ruangan, satu sebagai sisip isap dan sebagai sisip keluar. Pada kompresor kerja ganda terdapat tutup atas silinder dan tutup

bawah silinder. Sebagai mana pada silinder, tutup silinder harus kuat, maka terbuat dari besi cor dan dinding luarnya diberi sirip- sirip pemancar panas/ selubung air pendingin.

### 2.9.1 Torak dan Cincin Torak

Torak harus cukup tebal untuk menahan tekanan dan terbuat dari bahan yang cukup kuat. Untuk mengurangi gaya inersia dan getaran yang mungkin ditimbulkan oleh getaran bolak- balik, harus dirancang seringan mungkin.

Cincin torak dipasang pada alur- alur dikeliling torak dan berfungsi mencegah kebocoran antara permukaan torak dan silinder. Jumlah cincin torak bervariasi tergantung pada perbedaan tekanan antara sisi atas dan sisi bawah torak. Tetapi biasanya pemakaian 2 sampai 4 buah cincin dapat dipandang cukup untuk kompresor dengan tekanan kurang dari 10 kgf/ cm<sup>2</sup>. dalam hal kompresor kerja tunggal dengan silinder tegak, juga diperlukan cincin penyapu minyak yang dipasang pada alur paling bawah dari alur cincin yang lain.



**Gambar 2.9. Torak dari Kompresor Bebas Minyak**

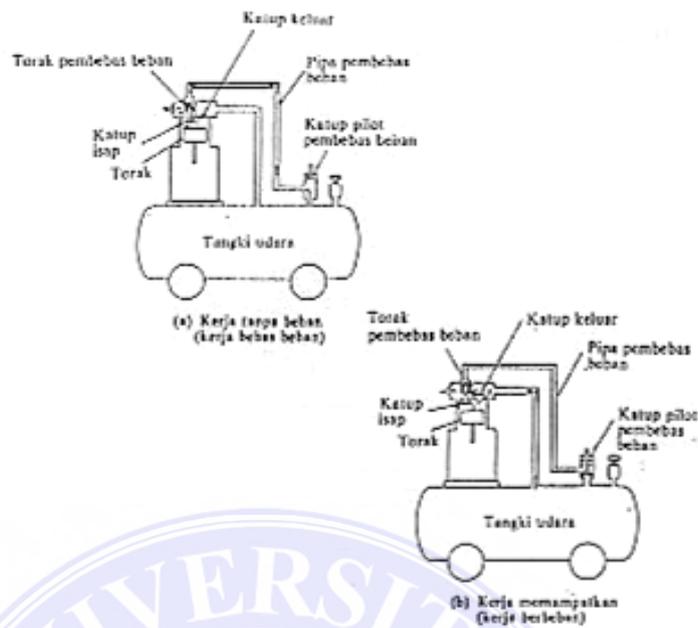
## 2.9.2 Alat Pengatur Kapasitas

Kompresor harus dilengkapi dengan alat yang dapat mengatur laju volume udara yang diisap sesuai dengan laju aliran keluar yang dibutuhkan yang disebut pembebas beban (unloader). Pembebas beban dapat digolongkan menurut azas kerjanya yaitu pembebas beban katup isap, pembebas beban celah katup, pembebas beban trolel isap dan pembebas beban dengan pemutus otomatis. Untuk mengurangi beban pada waktu kompresor distart agar penggerak mula dapat berjalan lancar, maka pembebas beban dapat dioperasikan secara otomatis atau manual. Pembebas beban jenis ini disebut pembebas beban awal.

Adapun ciri- ciri, cara kerja dan pemakaian berbagai jenis pembebas beban adalah sebagai berikut :

- **Pembebas Beban Katup Isap**

Jenis ini sering dipakai pada kompresor berukuran kecil/ sedang. Jika kompresor bekerja maka udara akan mengisi tanki udara sehingga tekanannya akan naik sedikit demi sedikit. Tekanan ini disalurkan kebagian bawah katup pilot dari pembebas beban. Namun jika tekanan didalam tanki udara naik maka katup isap akan didorong sampai terbuka.



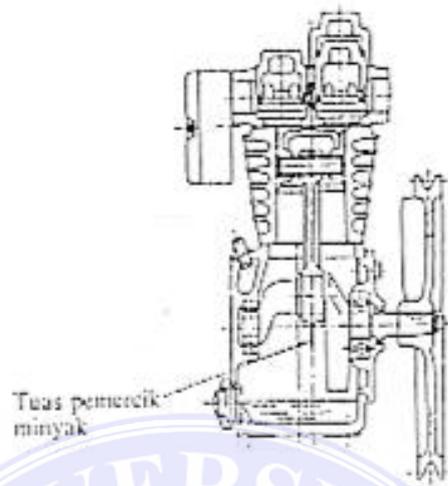
**Gambar 2.10. Pemipaan Pembebas Beban Katup Isap**

Jika tekanan turun melebihi batas maka gaya pegas dari katup pilot akan mengalahkan gaya dari tekanan tanki udara. Maka katup pilot akan jatuh, laluan udara tertutup dan tekanan dalam pipa pembebas beban akan sama dengan tekanan atmosfer.

### 1. Pembebas Beban dengan Pemutus Otomatik

Jenis ini dipakai untuk kompresor yang relative kecil, kurang dari 7.5 KW. Disini dipakai tombol tekanan ( pressure switch) yang dipasang ditanki udara. Motor penggerak akan dihentikan oleh tombol ini secara otomatis bila tekanan udara dalam tanki udara melebihi batas tertentu. Pembebas beban jenis ini banyak dipakai pada kompresor kecil sebab katup isap pembebas beban yang berukuran kecil agak sukar dibuat.

### 2.9.3 Pelumasan



**Gambar 2.11. Pelumasan Percik**

Bagian- bagian kompresor yang memerlukan pelumas adalah bagian- bagian yang saling meluncur seperti silinder, torak, kepala silang, metal- metal bantalan batang penggerak dan bantalan utama.

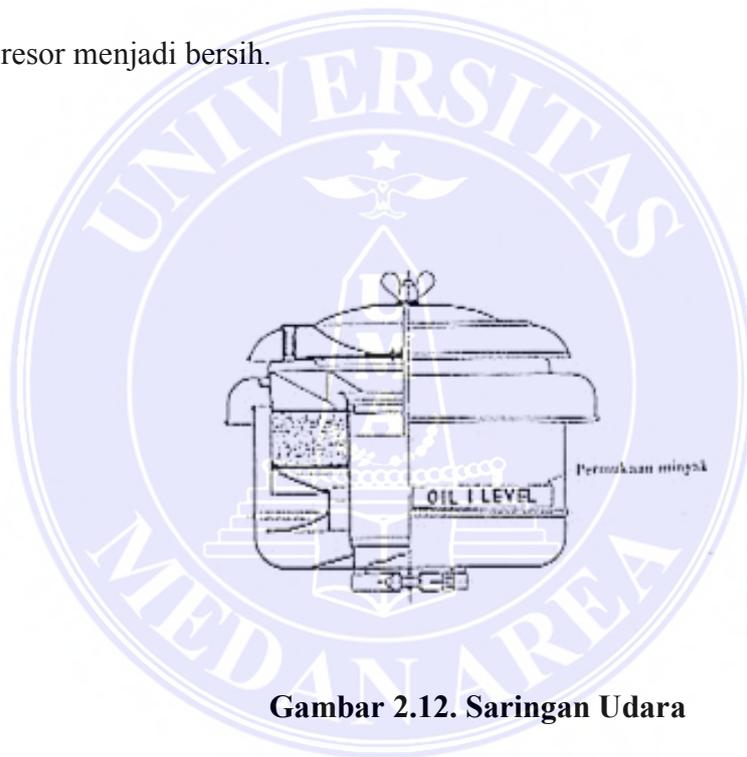
Tujuannya adalah untuk mengecek keausan, merapatkan cincin torak dan paking, mendinginkan bagian- bagian yang saling bergeser dan mencegah pengkaratan. Untuk kompresor kerja tunggal yang berukuran kecil, pelumasan dalam maupun pelumasan luar dilakukan secara bersama dengan cara pelumasan percik atau dengan pompa pelumas jenis roda gigi. Pelumasan percik menggunakan tuas percikan minyak yang dipasang pada ujung besar batang penggerak. Metode pelumasan paksa menggunakan pompa roda gigi yang dipasang pada ujung poros engkol. Kompresor berukuran sedang dan besar menggunakan pelumas dalam yang dilakukan dengan pompa minyak jenis plunyer secara terpisah.

## 2.9.4 Peralatan Pembantu

### 1. Saringan Udara

Jika udara yang diisap kompresor mengandung banyak debu maka silinder dan cincin torak akan cepat aus bahkan terbakar.

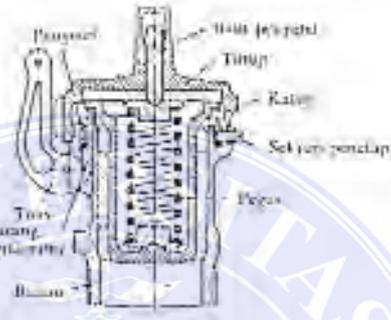
Saringan yang banyak dipakai biasanya terdiri dari tabung- tabung penyaring yang berdiameter 10 mm dan panjang 10 mm. Dengan demikian jika ada debu yang terbawa akan melekat pada saringan sehingga udara yang masuk kompresor menjadi bersih.



**Gambar 2.12. Saringan Udara**

## 2. Katup Pengaman

Katup pengaman harus dipasang pada pipa keluar dari setiap tingkat kompresor. Katup ini harus membuka dan membuang udara keluar jika tekanan melebihi 1.2 kali tekanan normal maksimum kompresor.



**Gambar 2.13. Penampang Katup Pengaman**

## 3. Tanki Udara

Alat ini dipakai untuk menyimpan udara tekan agar apabila ada kebutuhan udara tekan yang berubah-ubah jumlahnya dapat dilayani dengan baik dan juga udara yang disimpan dalam tanki udara akan mengalami pendinginan secara perlahan dan uap air yang mengembun dapat terkumpul didasar tanki.

## 4. Peralatan Pengaman Lainnya

Kompresor juga mempunyai alat pengaman lainnya untuk menghindari kecelakaan :

- Alat penunjuk tekanan rele tekanan udara dan rele tekanan minyak

- Alat petunjuk temperature dan rele termal ( untuk temperature udara keluar, temperatur udara masuk, temperature air pendingin, temperature minyak, dan temperature bantalan ).
- Rele aliran air, untuk mendeteksi aliran yang berkurang/ berhenti.

## **2.10 Pemasangan dan Operasional**

### 2.10.1 Penempatan dan Pemilihan tempat

Dalam memilih tempat yang sesuai untuk instalasi kompresor yang akan dipasang perlu diperhatikan hal- hal sebagai berikut:

1. Instalasi kompresor harus dipasang sedekat mungkin dengan tempat yang memerlukan udara. Jika tempat- tempat ini terpencar letaknya maka kompresor sedapat mungkin dipasang di tengah- tengah. Dengan maksud agar mengurangi tahanan gesek dan kebocoran pada pipa penyalur disamping untuk menghemat ongkos- ongkos.
2. Di daerah sekitar kompresor tidak boleh ada gas yang mudah terbakar/ meledak. Pengamanan harus dilakukan sebab gas- gas yang berbahaya yang terisap oleh kompresor dapat menimbulkan reaksi kimia akan meledak dan kebakaran. Selain itu bahan yang mudah terbakar harus diajuhkan dari kompresor.
3. Pemeliharaan dan pemeriksaan harus dapat dilakukan dengan mudah. Meskipun kompresor merupakan salah satu dari sumber tenaga yang besar tetapi sering ditempatkan di sudut ruangan/ tempat yang menyulitkan untuk pemeriksaan. Karena itu pelumasan harian/ pengurasan air sering terlupakan sehingga kompresor rusak. Berhubungan dengan hal tersebut harus

disediakan ruangan yang cukup untuk memudahkan pengawasan pemeliharaan dan perbaikan.

4. Ruang kompresor harus terang, cukup luas dan berventilasi baik. Bila sebuah kompresor besar dipasang disebuah ruang kompresor, maka kondisi lingkungan yang menyangkut cahaya, luar dan ventilasi harus memenuhi persyaratan. Dengan cahaya yang cukup apabila terjadi kelainan ( kebocoran ) akan segera diketahui. Luas ruangan yang cukup akan memudahkan pemeriksaan, pemeliharaan dan mempertinggi keamanan kerja. Ventilasi yang baik berguna untuk menghindari akibat buruk dari kebocoran gas apabila kompresor bekerja dengan jenis gas khusus. Untuk kompresor udarapun ventilasi sangat penting untuk mencegah kenaikan temperature yang tinggi di dalam ruangan.
5. Temperature ruangan harus lebih rendah 40°C. Kompresor mengeluarkan panas pada waktu bekerja. Jika temperature ruangan naik. Hal ini mengakibatkan kompresor bekerja pada temperature diatas normal yang dapat memperpendek umur kompresor. Sebaliknya jika temperature ruangan sangat rendah sampai dibawah 40°C, seperti keadaan pada musim dingin, maka sebelum dijalankan kompresor perlu dipanaskan dahulu. Hal ini perlu supaya kompresor tidak mengalami kerusakan pada saat start atau jalan karena pembekuan air pendingin atau air kurasan.
6. kompresor harus ditempatkan didalam gedung. Badan kompresor atau motor dapat cepat rusak atau kecelakaan yang disebabkan oleh listrik dapat terjadi jika kompresor dibiarkan kehujanan.

## 2.10.2 Pemasangan

Sebelum kompresor dipasang pondasi beton harus dipastikan sudah mengering seluruhnya dan letak dan ukuran lubang baut diperiksa apakah sesuai dengan gambar kerja. Baut jangkar pondasi dapat ditanam pada posisi yang tepat jika penetapannya dilakukan pada waktu pemasangan kompresor. Namun jika baut-baut ini harus ditanam mendahului pemasangan kompresor, penempatan baut harus dilakukan sesuai gambar kerja pondasi dengan menggunakan plat pola bila perlu. Setiap baut harus muncul dengan panjang tertentu diatas permukaan pondasi. Dalam hal ini sepertiga bagian atas baut dibiarkan tidak dicor dengan beton untuk memungkinkan sedikit penyesuaian pada waktu pemasangan kompresor. Kompresor dan motor yang akan dihubungkan dengan sabuk V harus sejajar dan rata, dengan tegangan sabuk tepat. Kompresor dan motor yang akan dihubungkan dengan kopling secara langsung memerlukan pelurusan.

### 2.10.2.1 Kabel Listrik

Pemasangan kabel- kabel listrik harus menggunakan bahan kabel yang memenuhi standart yang berlaku, yaitu:

- Ukuran dan kapasitas kabel, sekering dan tombol- tombol harus ditentukan dengan hati- hati.
- Jika kabel terlalu panjang atau ukuran yang terlalu kecil dapat terjadi penurunan tegangan yang terlalu besar. Hal ini dapat menimbulkan kesulitan atau kerusakan pada waktu start dimana motor dapat terbakar. Tegangan listrik pada terminal motor tidak boleh kurang dari 90% harga normalnya.

## Pengujian Lapangan

Setelah kompresor selesai dipasang, harus dilakukan uji coba. Sebelum pengujian dilaksanakan perlu dilakukan pemeriksaan lebih dahulu.

### 2.10.2.2 Pemeriksaan sebelum uji coba

1. Kondisi instalasi
2. Kondisi kabel- kabel listrik
3. Kondisi pemipaan

Selain itu kompresor terlebih dahulu diisi dengan minyak pelumas sebelum dijalankan. Pada kompresor kecil, minyak pelumas biasanya dikeluarkan lebih dahulu sebelum kompresor dikirim dari pabrik.

#### Uji Coba

##### Pemeriksaan arah putaran kompresor

Untuk ini dihidupkan kompresor selama beberapa detik untuk meyakinkan bahwa kompresor berputar dalam arah sesuai dengan arah panah yang ada. Kompresor kecil mempunyai puli sebagai kipas angin untuk mendinginkan kompresor. Jika kompresor berputar dalam arah yang salah, pendinginan tidak akan sempurna dan kompresor menjadi panas dan dapat mengalami gangguan.

1. Operasi tanpa beban

Operasi ini dilakukan dalam masa running in untuk dapat mendeteksi kelainan di dalam sedini mungkin. Operasi ini harus dilakukan selama jangka waktu yang ditentukan dimana getaran, bunyi dan temperature disetiap bantalan diamati.

2. Operasi dengan beban sebagian

Setelah operasi tanpa beban menunjukkan hasil yang memuaskan tekanan dinaikkan sampai suatu harga yang ditentukan, secara berangsur- angsur dengan mengontrol katup penutup utama disisi keluar. Temperature pada setiap bantalan dan getaran serta bunyi diamati terus.

3. Pengujian peralatan pelindung

Pada akhir operasi beban sebagian, kerja katup pengaman dan katup pembebas beban harus diuji. Disini batas- batas tekanan ditentukan harus dapat dicapai sesuai dengan buku petunjuk dari pabrik.

4. Operasi stasioner

Operasi ini dilakukan dengan menjaga tekanan keluar yang tetap pada kompresor menurut spesifikasi dari pabrik. Selama itu temperature di setiap bagian, getaran, bunyi tak normal, kebocoran pada pipa- pipa dan lain yang kendor harus diamati dengan cermat.

5. Penghentian operasi

- Turunkan beban kompresor sampai menjadi nol dan tutup katup air pendingin.

- Biarkan kompresor berjalan selama beberapa menit untuk membersihkan silinder- silinder dari uap air yang mengembun.
- Matikan motor, buka katup penguras dan katup laluan udara dan keluarkan air pendingin.
- Bila temperature air pendingin disisi keluar turun, aliran air pendingin melalui pendingin akhir dihentikan dan air dikeluarkan seluruhnya dari pendingin ini.
- Buang air embun dari pemisah di pendingin akhir.
- Udara tekan didalam pipa keluar harus dibuang. Hal ini untuk mencegah kembalinya air embun di pipa keluar ke dalam silinder.

## **2.10 Mekanisme Pengisian Udara Bertekanan Kedalam Tanki Kompresor**

Udara dalam suatu benda yang berbentuk gas yang bisa disalurkan dan dimampatkan kedalam sebuah benda atau bangun ruang. Seperti contoh nyata dari kompresor pemindahan yang paling umum dan sederhana adalah pompa ban untuk sepeda atau mobil seperti terlihat dalam gambar 14 dan gambar 15 cara kerjanya adalah sebagai berikut : jika udara ditarik keatas, tekanan silinder pompa dibawah torak akan menjadi negatip ( lebih kecil dari tekanan atmosfer ).

Sehingga udara akan masuk melalui celah katup isap. Katup ini terbuat dari kulit dipasang pada torak, yang sekaligus berfungsi juga sebagai perapat torak. Kemudian jika torak ditekan kebawah, volume udara yang terkurung dibawah torak akan mengecil sehingga tekanan akan naik. Katup isap akan menutup dengan merapatkan torak dan dinding silinder. Jika torak ditekan terus, volume akan semakin mengecil dan tekanan didalam silinder akan naik melebihi tekanan

didalam ban. Pada saat ini udara akan terdorong masuk kedalam dan melau pentil ( yang berfungsi sebagai katup keluar ), maka tekanan didalam ban akan semakin bertambah besar.



**Gambar 2.14. Pompa dan Sepeda**

Pada kompresor yang sesungguhnya torak tidak digerakkan dengan tangan melainkan dengan motor melalui engkol. Dalam hal ini katup isap dan katup keluar dipasang pada kepala silinder. Adapun sebagai penyimpan energi dipakai tanki udara. Tanki ini dapat dipersamakan dengan ban pada pompa ban. Udara yang dimampatkan oleh kompresor melalui putaran poros engkol torak ditarik kebawah kemudian didalam silinder terjadi tekanan negative ( tekanan dibawah atmosfer ) dan melalui katup isap yang terbuka udara masuk kedalam. Kemudian saat torak bergerak dari titik mati bawah ( TMB ) ketitik mati atas ( TMA ) katup isap tertutup dan udara didalam silinder terjadi pemampatan kemudian katup keluar akan terbuka oleh tekanan udara atau gas didalam silinder dan udara atau gas akan keluar masuk kedalam tanki kompresor melauai saluran pipa sebagai penghantar udara / gas. Demikian proses tersebut terjadi berulang- ulang dalam jangka waktu tertentu sampai udara didalam tanki kompresor mencapai titik tekanan yang telah ditentukan, dan kompresor akan berhenti bekerja.

Jumlah udara yang masuk dalam kompresor (  $V_u$  ) dapat kita hitung dengan menggunakan rumus :

$$V_u = V_2 - V_c \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$V_c$  = Volume Clearance

$$V_c = 5\% \times VL \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :  $VL$  = Volume Langkah

Untuk mengetahui volume akhir (  $V_2$  ) dapat menggunakan persamaan

$$(P_1 \cdot V_1)^k = (P_2 \cdot V_2)^k \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

$P_1$  = Tekanan Awal (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )

$P_2$  = Tekanan Akhir (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )

$V_1$  = Volume Awal (  $\text{cm}^3$  )

$V_2$  = Volume Akhir (  $\text{cm}^3$  )

$K$  = Eksponen adiabatic ( dipakai = 1,4 )

Langkah yang diperlukan untuk mengisi tanki (  $n$  ) dapat kita hitung dengan menggunakan rumus :

$$N = \frac{Vt}{V_u} \dots\dots\dots (2.13)$$

Bentuk tanki kompresor pada sisi samping sebenarnya mempunyai lengkung invalut, akan tetapi karena diameter lengkung invalut tersebut terlalu besar maka dianggap tidak ada lengkung sehingga bentuk tanki kompresor adalah silinder tabung. Karena itu volume tabung dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V_t = \text{Luas alat} \times \text{tinggi}$$

$$V_t = \pi r^2 \times L_t \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

$V_t$  = Volume Tanki (cm<sup>3</sup>)

$r$  = Jari-jari (cm)

$L_t$  = Panjang Tanki (cm)

Kemudian waktu yang dibutuhkan untuk mengisi (  $t$  ) tabung sampai titik tekanan yang telah ditentukan ( 10k kg/ cm<sup>2</sup> ) dapat kita hitung dengan rumus :

$$t = \frac{n}{n^1} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana  $t$  = Waktu yang dibutuhkan ( menit )

$n$  = Jumlah langkah torak

$n^1$  = Putaran pully/ menit ( 1000 rpm )

kita juga dapat menghitung tebal tanki yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{P \times d}{2 \tau t} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

S = Tebal tanki

P = Tekanan dari dalam ( 7 kg/ cm<sup>2</sup> )

d = Diameter silinder

$\tau$  = Tegangan tarik yang diperbolehkan (dipakai : 875 kg/ cm<sup>2</sup>)

Dimana bahan plat dari silinder tabung diambil dari st.35 dengan besarnya tegangan tarik yang diperoleh sebesar 875 kg/ cm<sup>2</sup>.

Gaya yang bekerja pada tanki ( F ) adalah :

$$F = P \times d \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

P = Tekanan dari dalam ( 7 kg/ cm<sup>2</sup> )

d = Diameter tanki

maka gaya yang bekerja pada dinding tanki ( F<sup>1</sup> ) adalah :

$$F^1 = \frac{F}{2} \dots\dots\dots (2.18)$$

Tegangan yang terjadi pada tanki (  $\sigma_t$  ) dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma_t = \frac{F/2}{A} = \frac{F/2}{t \times L} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

$$A = t \times L \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

$t$  = Tebal tanki ( cm )

$L$  = Panjang tanki ( cm )

## 2.11 Sistem Pemipaan Udara Kompresor

Bertujuan untuk mengirim udara bertekanan ke titik pengguna dengan volume yang cukup dengan kualitas dan tekanan sesuai kebutuhan.

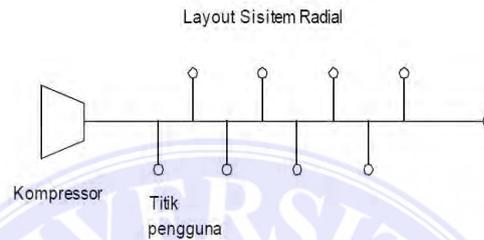
Hal berikut harus diperhatikan untuk instalasi pipa udara bertekanan :

1. Header pipa utama harus miring menuju arah aliran udara.
2. Pipa keluaran kompresor disambungkan ke koneksi bagian bawah tangki penampungan.
3. Ukuran pipa minimal sama dengan koneksi keluaran kompresor. Biasanya kecepatan udara dalam pipa tidak lebih dari 6 m/s.
4. Memperhitungkan kemungkinan ekspansi untuk tidak merubah pipa header dan ukuran pipa yang lebih besar supaya loos pressure rendah.

## 2.12 Sistem Dasar Pipa Distribusi

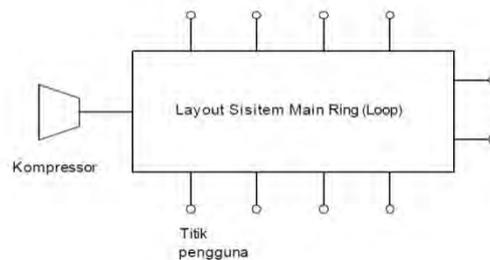
Ada dua sistem pemipaan dasar untuk distribusi udara bertekanan.

Jalur pipa tunggal dari suplai ke titik pengguna. Sistem ini dikenal juga dengan sistem radial.



**Gambar 2.16 Sistem radial**

Sistem Closed Loop (Ring Main System). Sistem loop didesign memungkinkan aliran udara dari dua arah menuju titik pengguna. Ini akan memotong jalur pipa ke arah pengguna yang akan mengurangi penurunan tekanan. Pengguna dengan flow besar tidak mengurangi pengguna downstream karena dapat menarik udara dari arah lain. Manfaat lain dari sistem closed loop adalah mengurangi kecepatan udara dalam pipa yang berarti mengurangi gesekan dalam pipa.



**Gambar 2.17 Sistem tertutup**

## 2.13 Solenoid Valve

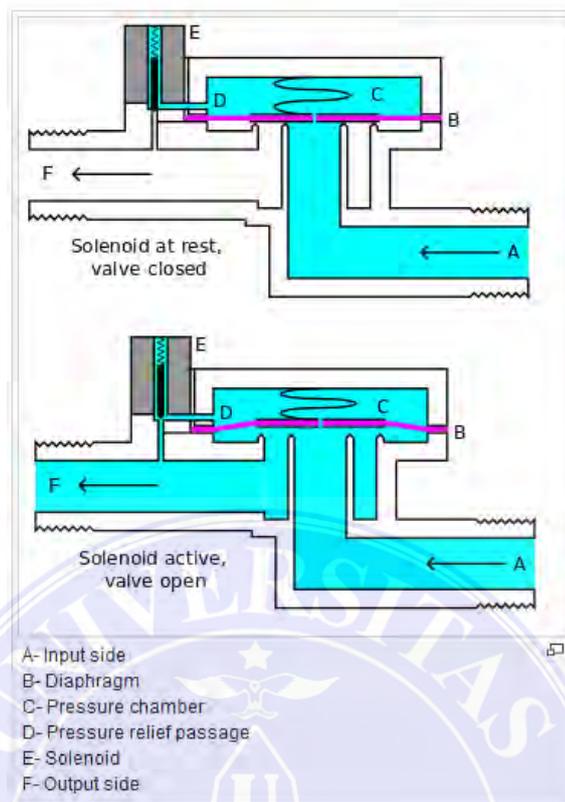


**Gambar 2.18 Sensor dan solenoid valve**

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / selenoida. Solenoid valve ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik, solenoid valve bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator pneumatik(cylinder). Atau pada sebuah tandon air yang membutuhkan solenoid valve sebagai pengatur pengisian air, sehingga tandon tersebut tidak sampai kosong.



**Gambar 2.20 kontrol valve untuk aliran fluida dalam pipa**



**Gambar 2.19 Aliran dalam Kontrol valve**

## 2.14 Pneumatik

Kata pneumatik diturunkan dari kata bahasa Yunani Pnema yang berarti udara. Lebih jauh, pneumatik didefinisikan sebagai suatu ilmu mengenai sistem-sistem udara bertekanan. Sebelum era 1950-an, sistem-sistem pneumatik telah dipergunakan dalam proses-proses mekanis sederhana. Pneumatik adalah sebuah sistem penggerak yang menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Cara kerja Pneumatik sama saja dengan hidrolis yang membedakannya hanyalah tenaga penggerak. Jika pneumatik menggunakan udara sebagai tenaga penggerak, dan sedangkan hidrolis menggunakan cairan oli sebagai tenaga penggerak. Dalam pneumatik tekanan udara inilah yang berfungsi untuk menggerakkan sebuah cylinder kerja. Cylinder kerja inilah yang nantinya

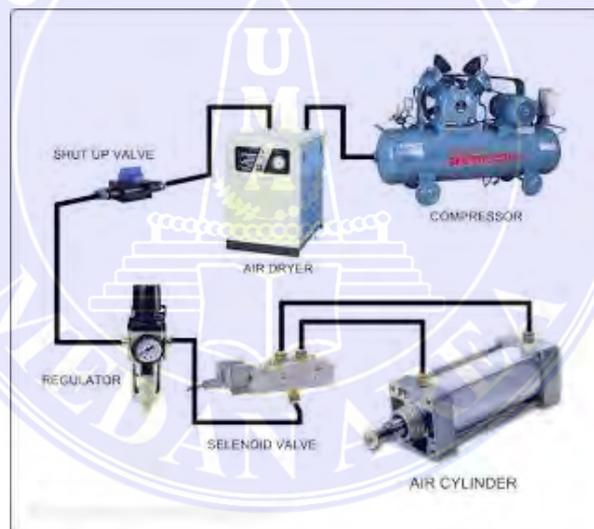
mengubah tenaga/tekanan udara tersebut menjadi tenaga mekanik (gerakan maju mundur pada cylinder).

- ☉ Sistem pneumatik ini biasa diaplikasikan pada mesin – mesin industri. Dikarenakan kurangnya daya/kekuatan mekanik dari pneumatik. Maka pneumatik ini hanya bisa diaplikasikan pada mesin – mesin yang tidak terlalu membutuhkan tenaga mekanik yang kuat (mesin-mesin bertenaga ringan) dalam pengoperasiannya. Sedangkan untuk mesin-mesin yang membutuhkan tenaga mekanik yang kuat harus menggunakan sistem hidrolik. Berikut ini kelebihan dan kekurangan pada sistem pneumatik dan hidrolik Secara umum, pneumatik berarti suatu aplikasi udara bertekanan sebagai media kerja dan media kendali pada aplikasi-aplikasi industri. Silinder pneumatik merupakan jenis actuator yang umum digunakan sebagai actuator gerakan lurus, hal ini disebabkan karena silinder tersebut memiliki harga yang murah, mudah dipasang, konstruksi yang kuat dan tersedia dalam berbagai ukuran langkah kerja.



**Gambar 2.20 Pneumatik digunakan pada mesin industri**

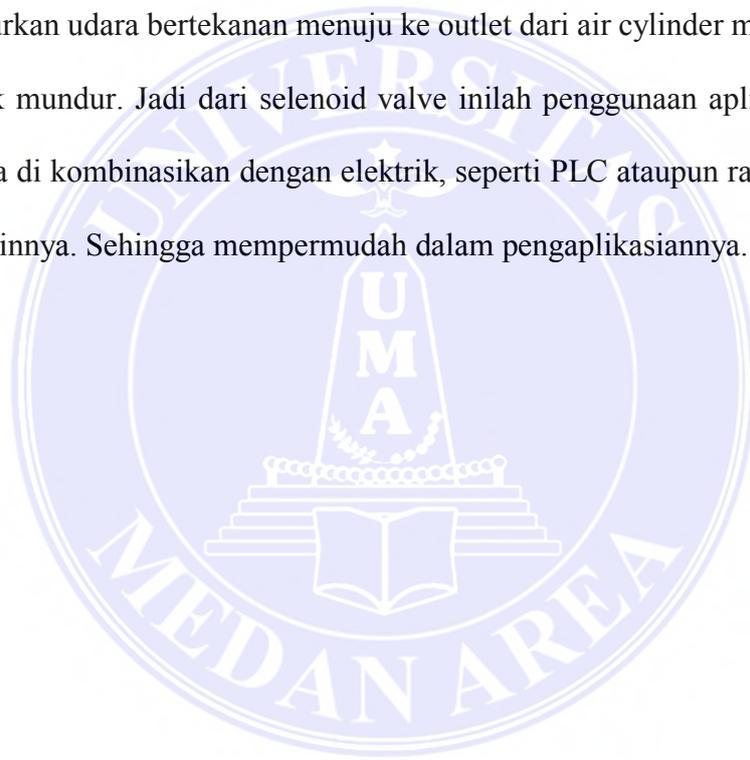
Cara kerja sistem pneumatik



**Gambar 2.21 Sistem kerja pneumatik**

Udara disedot oleh kompresor dan disimpan pada reservoir air ( tabung udara) hingga mencapai tekanan kira-kira sekitar 6 – 9 bar. Kenapa harus 6 – 9 bar?? Karena bila tekanan hanya dibawah 6 bar akan menurunkan daya mekanik dari cylinder kerja pneumatik dan sedangkan bila bertekanan diatas 9 bar akan berbahaya pada sistem perpipaan atau kompresor. Baca berapa standar tekanan

maksimal yang terdapat pada nameplate reservoir air dari kompresor. Selanjutnya udara bertekanan itu disalurkan ke sirkuit dari pneumatik dengan pertama kali harus melewati air dryer (pengering udara) untuk menghilangkan kandungan air pada udara. Dan dilanjutkan menuju ke katup udara (shut up valve), regulator, selenoid valve dan menuju ke cylinder kerja. gerakan air cylinder ini tergantung dari selenoid. Bila selenoid valve menyalurkan udara bertekanan menuju ke inlet dari air cylinder maka piston akan bergerak maju sedangkan bila selenoid valve menyalurkan udara bertekanan menuju ke outlet dari air cylinder maka piston akan bergerak mundur. Jadi dari selenoid valve inilah penggunaan aplikasi pneumatik bisa juga di kombinasikan dengan elektrik, seperti PLC ataupun rangkaian kontrol listrik lainnya. Sehingga mempermudah dalam pengaplikasiannya.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama sekitar 8 minggu. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di laboratorium konversi Universitas Medan Area dan penentuan waktu penelitian pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Minggu)							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	Penelusuran literatur, penulisan proposal dan pemeriksaan kesedian alat, bahan	■	■						
2	Pengajuan proposal			■					
3	Revisi proposal			■					
4	Persiapan dan set up penelitian				■				
5	Pengujian dan pengukuran				■				
6	Pengolahan dan analisis data					■			
7	Kesimpulan dan penyusunan Laporan						■		
8	Penyerahan laporan							■	

## 3.2 Bahan dan Alat

### 3.2.1 Bahan

- Solenoid Valve
- Kompresor
- Pneumatik
- Kontrol Tekanan
- Selang bertekanan
- Katup pengatur tekanan

### 3.2.2 Alat-alat

Adapun peralatan yang di pergunakan selama penelitian ini adalah:

#### a. Laptop

Digunakan untuk menyimpan dan mengolah data. Laptop yang digunakan dalam penelitian ini.

#### b. Mistar

Mistar adalah sebuah alat pengukur dan alat bantu gambar untuk menggambar garis lurus. Terdapat berbagai macam penggaris, dari mulai yang lurus sampai yang berbentuk segitiga (biasanya segitiga siku-siku sama kaki dan segitiga siku-siku  $30^{\circ}$ – $60^{\circ}$ ).

#### c. Obeng dan Tang

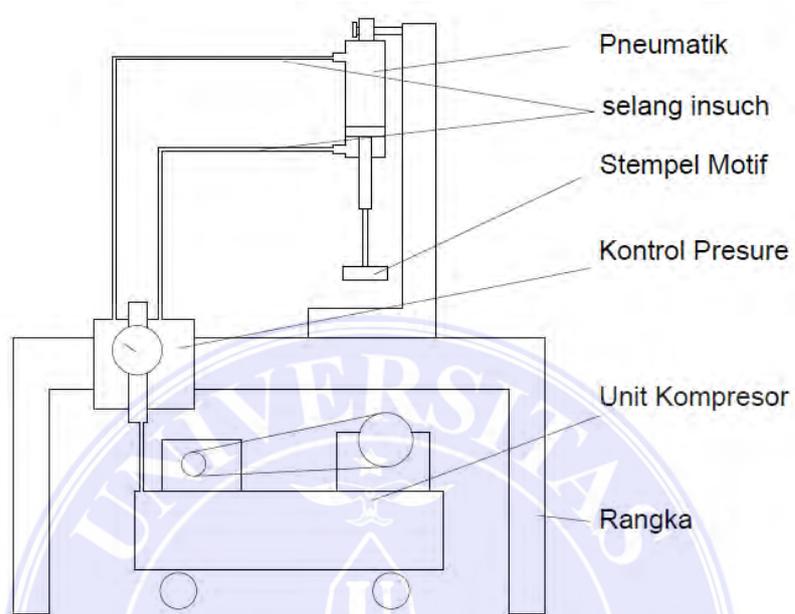
Beberapa jenis obeng dan tang diperlukan dalam pengaturan landasan impak

#### d. Stopwatch

Untuk mengukur waktu tempuh bahan impak

### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.3.1. Set up Peralatan



**Gambar 3.4 Set up Peralatan**



**Gambar 3.5 Pneumatik, Solonoid Valve Dan Kontrol Tekanan**

### 3.3.2 Prosedur Penelitian

- a. Mengaktifkan dan mengatur tekanan pada kompresor( $100 \text{ Kg/cm}^2$ )
- b. Mengatur tekanan (kontrol tekanan) yang akan digunakan untuk tekanan pada pneumatik serta mencatatnya.
- c. Memasang motif cetakan yang telah terpasang di tiang stempel.
- d. Mempersiapkan kertas untuk hasil cetakan untuk beberapa tekanan yang mengakibatkan udara(fluida) mengalir melalui pneumatik agar dapat menggerakkan stempel.
- e. Mengganti kertas hasil setiap cetakan.
- f. Mengulangi prosedur sesuai dengan variabel penelitian

### 3.3.3 Variabel Penelitian

Ps : Tekanan pada tabung kompresor(bar)

Pi : Tekanan pada pengatur kekuatan impak pneumatik(bar)

No	P(Bar)	F(N)
1	2	
2	3	
3	4	
4	5	
5	6	
6	7	

## BAB IV

### PERHITUNGAN DAN ANALISA

#### 4.1 Perhitungan Volume udara di dalam silinder

Dengan menggunakan persamaan :

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times S$$

Dimana:

V = Volume udara di dalam silinder

D = Diameter piston ( 26 mm = 0,026 m)

S = Panjang Langkah Rod (0,05 m)

Sehingga volume silinder:

$$\begin{aligned} V &= \frac{3,14 \times 0,026^2}{4} \times 0,05 \\ &= 0,000531 \text{ m}^2 \times 0,05 \text{ m} \\ &= 0,000026533 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### 4.2 Perhitungan Luas Penampang Pada Selang

Dengan menggunakan persamaan :

$$A_{\text{selang}} = \frac{\pi D^2}{4}$$

Dimana :

$A_{\text{selang}}$  = Luas Penampang Aliran pada selang

D = diameter selang ( 0,008 m)

Maka:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 3,14 \times 8^2 \text{ mm}^2/4$$
$$= 50,24 \text{ mm}^2$$

### 4.3 Perhitungan Kapasitas Silinder Pneumatik

Dengan menggunakan persamaan :

$$Q = v \times A_{\text{selang}}$$

Dimana :

Q = Kapasitas Alat

v = kecepatan udara (Asumsi kecepatan udara 4 m/s )

A<sub>selang</sub> = Luas Penampang pada selang

Maka:

$$Q = v \times A_{\text{selang}}$$
$$= 4 \text{ m/s} \times 50,24 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$
$$= 200,96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

### 4.4 Perhitungan Reynold Number

Dengan menggunakan persamaan :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Dimana:

$\mu$  = Viskositas dinamik udara pada temperatur 25 °C

$$= 1,81 \times 10^{-5} \text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$$

$\rho$  = Masa Jenis Udara(1,2 Kg/m<sup>3</sup>, pada suhu 25°C)

$v$  = Kecepatan Aliran udara

$D$  = Diameter selang

Maka :

$$\text{Re} = \frac{1,2 \times 4 \times 0,008}{1,81} \times 10^5$$

$$= 0,021215 \times 10^5$$

#### 4.5 Perhitungan Kerugian Tekanan Mayor

Dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta P = f \cdot \rho \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

Dimana:

$f$  = friction factor

$$= 0,05$$

$\rho$  = Masa Jenis Udara(1,2 Kg/m<sup>3</sup>, pada suhu 25°C)

L = Panjang selang ( 3m)

D = Diameter selang (0,008 m)

v = Kecepatan udara pada selang(4 m/s)

maka :

$$\Delta P = 0,05 \times 1,2 \frac{3}{0,008} \times \frac{4^2}{2}$$
$$= 180 \text{ Pa}$$

#### 4.6 Perhitungan Energi Kinetik Agar Dapat Menggerakkan Stempel

Dengan menggunakan persamaan :

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \text{ (joule)}$$

Massa:

$$m = Av \rho \text{ (Kg)}$$

Dimana :

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

v = kecepatan udara masuk (m/s)

$\rho$  = kepadatan udara (Kg/m<sup>3</sup>)

Maka:

$$E_k = \frac{1}{2} \rho Av^3 \text{ (Watt)}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \times 1,2 \text{ Kg/m}^3 \times 50,24 \text{ mm}^2 \times (4 \text{ m/s})^3$$

$$= 1929,216 \times 10^{-6} \text{ Watt}$$

#### 4.7 Data Hasil Penekanan Pada Kertas

Kemampuan kompresor untuk mengisi tabung 10 bar, sehingga pengaturan tekanan diatur maksimal sampai 8 bar. Untuk ukuran diameter stempel atau 0,04 m, sehingga tekanan yang diterima oleh beban impak maksimal:

$$P = \frac{F}{A} \text{ atau } F = P \times A$$

F= Gaya yang dihasilkan pada saat penekanan Stempel (N)

A= Luas penampang stempel (m<sup>2</sup>)

P= Tekanan yang dihasilkan ( bisa diatur melalui control tekanan)

Luas tekanan stempel ke landasan :  $A = \frac{1}{4} \pi d^2$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,04)^2 \\ &= 0,001256 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= 8 \text{ bar} \times 0,001256 \text{ m}^2 \\ &= 8 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,001256 \text{ m}^2 \\ &= 0,010048 \times 10^5 \text{ N} \\ &= 1004,8 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk menghasilkan tekanan yang lebih besar bisa digunakan tabung angin yang lebih besar tergantung dari kebutuhan.

Pengujian pada stempel menggunakan pengatun pada katup pengatur mulai dari tekanan 2 Bar sampai dengan 8 Bar, pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Peubahan Tekanan Pada Stempel Terhadap Gaya

No	P(bar)	F(N)
1	2	251.2
2	3	376.8
3	4	502.4
4	5	628
5	6	753.6
6	7	879.2
7	8	1004.8

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pada percobaan ini tekanan yang baik diperoleh pada tekanan 3 bar , sehingga gambar yang dihasilkan cukup merata pada kertas yang tercetak. Pengisian udara pada tangki tidak boleh berlebihan sehingga dapat membawa uap air pada pneumatik.

Adapun hasil perhitungan dalam penelitian dan analisa alat adalah sebagai berikut:

1. Volume Udara didalam Silinder (  $V$  ) =  $0,000026533 \text{ m}^3$
2. Luas Penampang Aliran pada Selang (  $A$  ) =  $50,24 \text{ mm}^2$
3. Kapasitas Alat (  $Q$  ) =  $200,96 \text{ m}^3/\text{s}$
4. Kerugian Tekanan Mayor (  $\Delta P$  ) =  $180 \text{ Pa}$
5. Energi Kinetik Agar dapat menggerakkan Stempel (  $E_k$  ) =  $1929,216 \times 10^{-6}$

#### 5.2 Saran

1. Penggunaan landasan karet sebagai dasar stempel sangat dianjurkan untuk menghindari kerusakan pada motif stempel.
2. Pengisian udara pada tangki tidak boleh berlebihan sehingga dapat membawa uap air pada pneumatik

## DAFTAR PUSTAKA

1. P.Bear, Ferdinan, E.Russel Johnshn,Jr.1991. Mekanika untuk Insinyur-Statistika edisi keempat.Erlangga. Jakarta
2. Ridwan, Mekanika Fluida Dasar, Penerbit Guna Darma
3. Suga, Kiyokatsu, Ir. Sularso, MSMe.1997.Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. PT. Prandnya Paramita. Jakarta
4. <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2013/08/Solenoid-Valve.html>
5. Chijjiwa, Dr. Kenji, Ir.Tata Surdia, M.S,Met.E. Teknik Pengecoran Logam. PT. Prandnya Paramita. Jakarta
6. Frick, Heinz Ir, Mekanika Teknik 1-Statistika dan kegunaannya, Yogyakarta, Penerbit Kanisius.

