

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Pneumatik.

Istilah pneumatik berasal dari bahasa Yunani, yaitu '*pneuma*' yang mempunyai arti 'napas atau udara'. Istilah pneumatik selalu berhubungan dengan teknik penggunaan udara bertekanan, baik tekanan di atas 1 atmosfer maupun tekanan di bawah 1 atmosfer (*vacum*). Sehingga pneumatik merupakan ilmu yang mempelajari teknik pemakaian udara bertekanan (udara kempa). Zaman dahulu kebanyakan orang sering menggunakan udara bertekanan untuk berbagai keperluan yang masih terbatas, antara lain menambah tekanan udara ban mobil atau motor, melepaskan ban mobil dari peleknya, membersihkan kotoran, dan sejenisnya. Sekarang, sistem pneumatik memiliki aplikasi yang luas karena udara pneumatik bersih dan mudah didapat. Banyak industri yang menggunakan sistem pneumatik dalam proses produksi seperti industri makanan, industri obat - obatan, industri pengepakan barang maupun industri yang lain. Belajar pneumatik sangat bermanfaat mengingat hampir semua industri sekarang memanfaatkan sistem pneumatik⁽⁵⁾.

2.2. Karakteristik Udara Kempa.

Udara dipermukaan bumi ini terdiri atas campuran dari bermacam-macam gas. Komposisi dari macam-macam gas tersebut adalah sebagai berikut : 78 % vol. gas, 21 % vol. nitrogen, dan 1 % gas lainnya seperti *carbon dioksida*, *argon*, *helium*, *krypton*, *neon* dan *xenon*. Dalam sistem pneumatik udara difungsikan sebagai media transfer dan sebagai penyimpan tenaga (daya) yaitu dengan cara dikempa atau dimampatkan. Udara termasuk golongan zat fluida karena sifatnya yang selalu mengalir dan bersifat *compressible* (dapat dikempa). Sifat-sifat udara senantiasa mengikuti hukum-hukum gas⁽⁹⁾.

Karakteristik udara dapat diidentifikasi sebagai berikut :

- a) Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.
- b) Volume udara tidak tetap.
- c) Udara dapat dikempa (dipadatkan).
- d) Berat jenis udara 1,3 kg/m³.
- e) Udara tidak berwarna.

2.3. Aplikasi Penggunaan Pneumatik.

Penggunaan udara bertekanan sebenarnya masih dapat dikembangkan untuk berbagai keperluan proses produksi, misalnya untuk melakukan gerakan mekanik yang selama ini dilakukan oleh tenaga manusia, seperti menggeser, mendorong, mengangkat, menekan, dan lain sebagainya. Gerakan mekanik tersebut dapat dilakukan juga oleh komponen pneumatik, seperti silinder pneumatik, motor pneumatik, robot pneumatik translasi, rotasi maupun gabungan keduanya. Perpaduan dari gerakan mekanik oleh aktuator pneumatik dapat dipadu menjadi gerakan mekanik untuk keperluan proses produksi yang terus menerus (*continue*), dan *flexibel*.

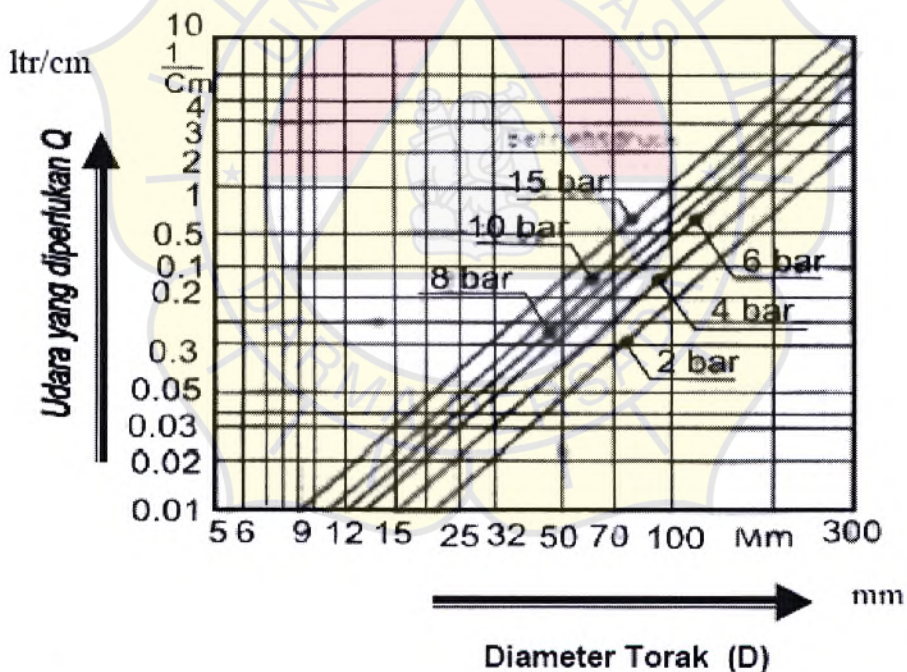
Pemakaian pneumatik dibidang produksi telah mengalami kemajuan yang pesat, terutama pada proses perakitan (*manufacturing*), elektronika, obat-obatan, makanan, kimia dan lainnya. Pemilihan penggunaan udara bertekanan (pneumatik) sebagai sistem kontrol dalam proses otomasinya, karena pneumatik mempunyai beberapa keunggulan, antara lain: mudah diperoleh, bersih dari kotoran dan zat kimia yang merusak, mudah didistribusikan melalui saluran (selang) yang kecil, aman dari bahaya ledakan dan hubungan singkat, dapat dibebani lebih, tidak peka terhadap perubahan suhu dan sebagainya⁽⁹⁾.

Udara yang digunakan dalam pneumatik sangat mudah didapat atau diperoleh di sekitar kita. Udara dapat diperoleh dimana saja kita berada, serta tersedia dalam jumlah banyak. Selain itu, udara yang terdapat di sekitar kita cenderung bersih dari kotoran dan zat kimia yang merugikan. Udara juga dapat dibebani lebih tanpa menimbulkan bahaya yang fatal. Karena tahan terhadap perubahan suhu, maka penumatik banyak digunakan pula pada industri pengolahan logam dan sejenisnya.

Secara umum udara yang dihisap oleh kompressor, akan disimpan dalam suatu tabung penampung. Sebelum digunakan udara dari kompressor diolah agar menjadi kering, dan mengandung sedikit pelumas. Setelah melalui regulator udara dapat digunakan menggerakkan katup penggerak (*actuator*), baik berupa silinder atau stang torak yang bergerak translasi, maupun motor pneumatik yang bergerak rotasi. Gerakan bolak balik (*translasi*), dan berputar (*rotasi*) pada *actuator* selanjutnya digunakan untuk berbagai keperluan gerakan yang selama ini dilakukan oleh manusia atau peralatan lain.

2.4. Efektifitas Pneumatik.

Sistem gerak dalam pneumatik memiliki optimalisasi atau efektifitas bila digunakan pada batas - batas tertentu. Adapun batas - batas ukuran yang dapat menimbulkan optimalisasi penggunaan pneumatik antara lain: diameter piston antara $6 \frac{s}{d}$ 320 mm, panjang langkah $1 \frac{s}{d}$ 2.000 mm, tenaga yang diperlukan $2 \frac{s}{d}$ 15 bar, untuk keperluan pendidikan biasanya berkisar antara 4 sampai dengan 8 bar, dapat juga bekerja pada tekanan udara di bawah 1 atmosfer (*vacuum*), misalnya untuk keperluan mengangkat plat baja dan sejenisnya melalui katup karet hisap *flexibel*. Adapun efektifitas penggunaan udara bertekanan dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 2.1. Efektifitas Udara Bertekanan (Werner Rohrer,1990).

Penggunaan silinder pneumatik biasanya untuk keperluan antara lain: mencekam benda kerja, menggeser benda kerja, memposisikan benda kerja, mengarahkan aliran material ke berbagai arah. Penggunaan secara nyata pada industri antara lain untuk keperluan: membungkus (*verpacken*), mengisi material, mengatur distribusi material, penggerak poros, membuka dan menutup pada pintu transportasi barang, memutar benda kerja, menumpuk atau menyusun material, menahan dan menekan benda kerja. Melalui gerakan rotasi pneumatik dapat digunakan untuk, mengebor, memutar mengencangkan dan mengendorkan mur atau baut, memotong, membentuk profil plat, menguji, proses finishing (gerinda, pahat, dll.)

2.5. Kelebihan dan Kerugian Penggunaan Udara Kempa.

2.5.1. Kelebihan.

Penggunaan udara kempa dalam sistem pneumatik memiliki beberapa kelebihan antara lain :

- Ketersediaan yang tak terbatas, udara tersedia di alam sekitar kita dalam jumlah yang tanpa batas sepanjang waktu dan tempat.
- Mudah disalurkan, udara mudah disalurkan atau pindahkan dari satu tempat ke tempat lain melalui pipa yang kecil, panjang dan berliku.
- Fleksibilitas temperatur, udara dapat fleksibel digunakan pada berbagai temperatur yang diperlukan, melalui peralatan yang dirancang untuk keadaan tertentu, bahkan dalam kondisi yang agak ekstrim udara masih dapat bekerja.

- Aman, udara dapat dibebani lebih dengan aman selain itu tidak mudah terbakar dan tidak terjadi hubungan singkat (*konsleting*) atau meledak sehingga proteksi terhadap kedua hal ini cukup mudah, berbeda dengan sistim elektrik yang dapat menimbulkan *konsleting* hingga kebakaran.
- Bersih, udara yang ada di sekitar kita cenderung bersih tanpa zat kimia yang berbahaya dengan jumlah kandungan pelumas yang dapat diminimalkan sehingga sistem pneumatik aman digunakan untuk industri obat - obatan, makanan, dan minuman maupun tekstil
- Pemindahan daya dan Kecepatan sangat mudah diatur. udara dapat melaju dengan kecepatan yang dapat diatur dari rendah hingga tinggi atau sebaliknya. Bila *actuator* menggunakan silinder pneumatik, maka kecepatan torak dapat mencapai 3 m/s. Bagi motor pneumatik putarannya dapat mencapai 30.000 rpm, sedangkan sistem motor turbin dapat mencapai 450.000 rpm.
- Dapat disimpan, udara dapat disimpan melalui tabung yang diberi pengaman terhadap kelebihan tekanan udara. Selain itu dapat dipasang pembatas tekanan atau pengaman sehingga sistem menjadi aman.
- Mudah dimanfaatkan, udara mudah dimanfaatkan baik secara langsung misal untuk membersihkan permukaan logam dan mesin-mesin, maupun tidak langsung, yaitu melalui peralatan pneumatik untuk menghasilkan gerakan tertentu.

2.5.2. Kekurangan.

Selain memiliki kelebihan seperti di atas, pneumatik juga memiliki beberapa kekurangan antara lain:

- Memerlukan instalasi peralatan penghasil udara. Udara kempa harus dipersiapkan secara baik hingga memenuhi syarat. memenuhi kriteria tertentu, misalnya kering, bersih, serta mengandung pelumas yang diperlukan untuk peralatan pneumatik. Oleh karena itu, sistem pneumatik memerlukan instalasi peralatan yang relatif mahal, seperti kompresor, penyaring udara, tabung pelumas, pengering, regulator, dll.
- Mudah terjadi kebocoran, Salah satu sifat udara bertekanan adalah ingin selalu menempati ruang yang kosong dan tekanan udara susah dipertahankan dalam waktu bekerja. Oleh karena itu, diperlukan seal agar udara tidak bocor. Kebocoran seal dapat menimbulkan kerugian energi. Peralatan pneumatik harus dilengkapi dengan peralatan kededapan udara agar kebocoran pada sistem udara bertekanan dapat ditekan seminimal mungkin.
- Menimbulkan suara bising, Pneumatik menggunakan sistem terbuka, artinya udara yang telah digunakan akan dibuang ke luar sistem, udara yang keluar cukup keras dan berisik sehingga akan menimbulkan suara bising terutama pada saluran buang. Cara mengatasinya adalah dengan memasang peredam suara pada setiap saluran buangnya.

- Mudah Mengembun, Udara yang bertekanan mudah mengembun, sehingga sebelum memasuki sistem harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan tertentu, misal kering, memiliki tekanan yang cukup, dan mengandung sedikit pelumas agar mengurangi gesekan pada katup - katup dan *actuator*. Diharapkan setelah diketahuinya keuntungan dan kerugian penggunaan udara kempa ini kita dapat membuat antisipasi agar kerugian - kerugian ini dapat dihindari.

Tabel 2.1. Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Sistem Pneumatic.

Kelebihan Sistem Pneumatic	Kekurangan Sistem Pneumatic
Fluida kerja mudah didapat dan ditransfer.	Menimbulkan suara bising.
Dapat disimpan dengan baik.	Gaya yang ditrasfer terbatas.
Penurunan tekanan relatif lebih kecil dibandingkan dengan sistem hidrolik.	Dapat terjadi pengembunan.
Aman, bersih.	Mudah terjadi kebocoran.
Media control (udara) tak terbatas.	Mudah mengembun.
Cepat atau responsive (dibandingkan hidrolik).	Memerlukan instalasi peralatan penghasil udara.
Dapat bertahan lebih baik terhadap keadaan - keadaan kerja tertentu.	
Mudah dimanfaatkan.	

2.6. Sistem Kontrol Pneumatik.

Komponen yang ada dalam rangkaian sistem pneumatik harus dapat bekerja sama satu dengan lainnya agar menghasilkan gerakan output *actuator* yang sesuai dengan kebutuhan. Bagian ini akan mendeskripsikan tentang komponen - komponen sistem kontrol pneumatik, seperti katup sinyal, katup pemroses sinyal, dan katup kendali.

2.6.1. Pengertian sistem kontrol pneumatik.

Sistem udara bertekanan tidak terlepas dari upaya mengendalikan aktuator baik berupa silinder maupun motor pneumatik, agar dapat bekerja sebagaimana yang diharapkan. Masukan (input) diperoleh dari katup sinyal, selanjutnya diproses melalui katup sinyal kemudian ke katup kendali sinyal. Bagian sinyal dan pengendali sinyal dikenal dengan bagian kontrol. Bagian kontrol akan mengatur gerakan *actuator* (output) agar sesuai dengan kebutuhan. Sistem kontrol pneumatik merupakan bagian pokok sistem pengendalian yang menjadikan sistem pneumatik dapat bekerja secara otomatis. Adanya sistem kontrol pneumatik ini akan mengatur hasil kerja baik gerakan, kecepatan, urutan gerak, arah gerakan maupun kekuatannya. Dengan sistem kontrol pneumatik ini sistem pneumatik dapat didesain untuk berbagai tujuan otomasi dalam suatu mesin industri.

2.6.2. Fungsi sistem pneumatik.

Fungsi dari sistem kontrol pneumatik ini untuk mengatur atau mengendalikan jalannya tenaga fluida hingga menghasilkan bentuk kerja (usaha) yang berupa tenaga mekanik melalui silinder pneumatik maupun motor pneumatik. Bentuk - bentuk dari sistem kontrol pneumatik ini berupa katup (*valve*) yang bermacam-macam.

Menurut fungsinya katup - katup tersebut dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu:

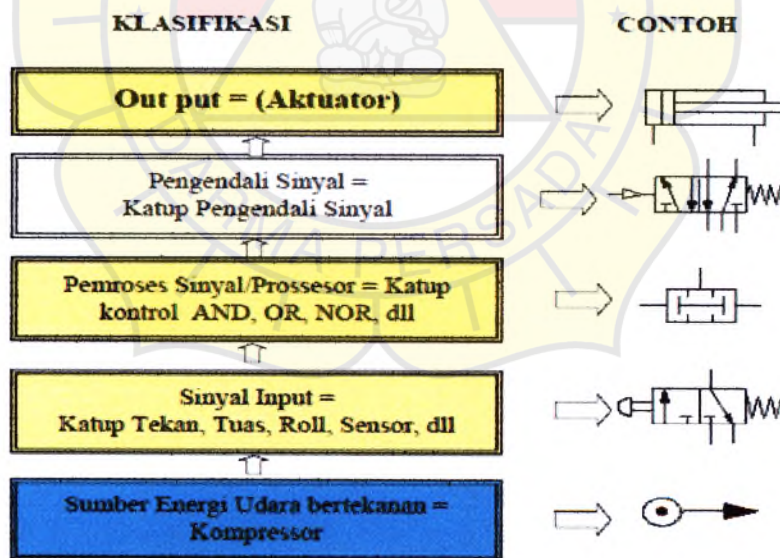
- a.) Katup Sinyal (*sensor*).
- b.) Katup pemroses sinyal (*processor*).
- c.) Katup pengendalian.

Katup - katup tersebut akan mengendalikan gerakan aktuator agar menghasilkan sistem gerakan mekanik yang sesuai dengan kebutuhan. Katup sinyal adalah suatu alat yang menerima perintah dari luar untuk mengalirkan, menghentikan atau mengarahkan fluida yang melalui katup tersebut. Perintah tersebut berupa aksi, bisa melalui penekan, roll, tuas, baik secara mekanik maupun elektrik yang akan menimbulkan reaksi pada sistem kontrol pneumatik. Unit katup sinyal merupakan gabungan dari berbagai katup yang berfungsi memberikan *input* (sinyal) pada suatu unit prosesor (pemroses sinyal) agar menghasilkan gerakan aktuator yang sesuai dengan kebutuhan.

Katup sinyal akan menghasilkan sinyal atau sensor sebagai masukan (*input*) guna diproses ke katup pemroses sinyal. Katup sinyal dilambangkan dengan katup yang terdiri dari beberapa ruangan (misal: ruang a, b, c) dan saluran udara yang dituliskan dalam bentuk angka, misal saluran 1, 2, 3, dan seterusnya. Sedangkan jenis penekannya (aksi) mempunyai beberapa pilihan misalnya, melalui penekan manual, tuas, roll, dan sebagainya.

2.7. Klasifikasi Sistem Pneumatik.

Sistem elemen pada pneumatik memiliki bagian-bagian yang mempunyai fungsi berbeda. Secara garis besar sistem elemen pada pneumatik dapat digambarkan pada skema berikut :



Gambar 2.2. Klasifikasi Elemen Sistem Pneumatik (Festo FluidSim).

2.8. Jenis – jenis Kompresor.

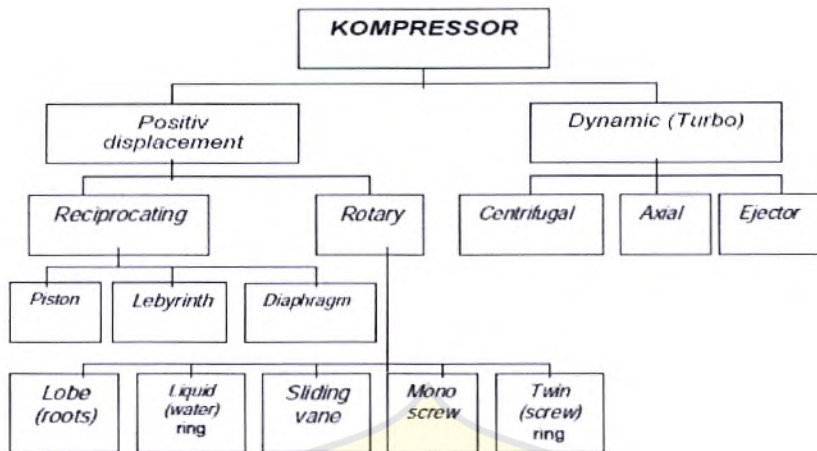
2.8.1. Kompresor (Pembangkit Udara Kempa).

Kompresor berfungsi untuk membangkitkan atau menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian disimpan di dalam tangki udara kempa untuk disuplai kepada pemakai (sistem pneumatik). Kompresor dilengkapi dengan tabung untuk menyimpan udara bertekanan, sehingga udara dapat mencapai jumlah dan tekanan yang diperlukan. Tabung udara bertekanan pada kompresor dilengkapi dengan katup pengaman, bila tekanan udaranya melebihi ketentuan, maka katup pengaman akan terbuka secara otomatis.

Pemilihan jenis kompresor yang digunakan tergantung dari syarat-syarat pemakaian yang harus dipenuhi misalnya dengan tekanan kerja dan volume udara yang akan diperlukan dalam sistem peralatan (katup dan silinder pneumatik). Secara garis besar kompresor dapat diklasifikasikan seperti di bawah ini:

2.8.2. Klasifikasi kompresor.

Secara garis besar kompresor dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu *Positive Displacement compressor*, dan *Dynamic compressor*, (Turbo), *Positive Displacement compressor*, terdiri dari *Reciprocating* dan *Rotary*, sedangkan *Dynamic compressor*, (turbo) terdiri dari *Centrifugal*, *axial* dan *ejector*, secara lengkap dapat dilihat dari klasifikasi di bawah ini:

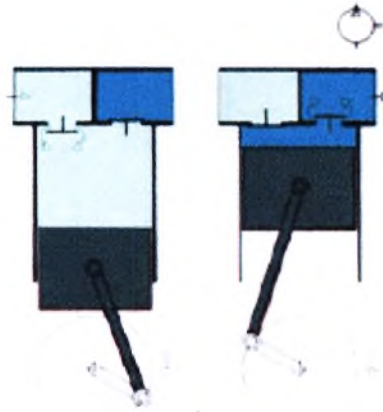


Gambar 2.3. Klasifikasi Kompresor (Majumdar,2001).

2.8.3. Kompresor torak resiprokal (*reciprocating compressor*).

Kompresor ini dikenal juga dengan kompresor torak, karena dilengkapi dengan torak yang bekerja bolak - balik atau gerak *resiprokal*. Pemasukan udara diatur oleh katup masuk dan dihisap oleh torak yang gerakannya menjauhi katup. Pada saat terjadi pengisapan, tekanan udara di dalam silinder mengecil, sehingga udara luar akan masuk ke dalam silinder secara alami. Pada saat gerak kompresi torak bergerak ke titik mati bawah ke titik mati atas, sehingga udara di atas torak bertekanan tinggi, selanjutnya di masukkan ke dalam tabung penyimpanan udara.

Tabung penyimpanan dilengkapi dengan katup satu arah, sehingga udara yang ada dalam tangki tidak akan kembali ke silinder. Proses tersebut berlangsung terus-menerus hingga diperoleh tekanan udara yang diperlukan. Gerakan mengisap dan mengkompresi ke tabung penampung ini berlangsung secara terus menerus, pada umumnya bila tekanan dalam tabung telah melebihi kapasitas, maka katup pengaman akan terbuka, atau mesin penggerak akan mati secara otomatis.

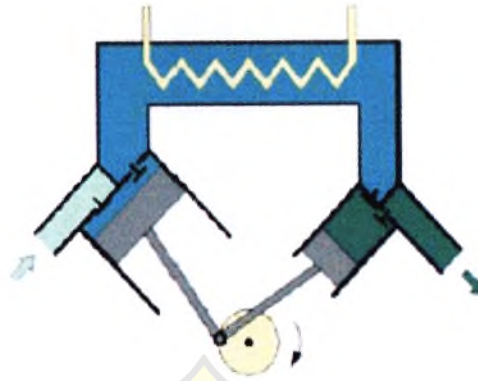


Gambar 2.4. Kompresor Torak Resiprokal.

2.8.4. Kompresor torak dua tingkat sistem pendingin udara.

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

Pemampatan (pengkompresian) udara tahap kedua lebih besar, temperatur udara akan naik selama terjadi kompresi, sehingga perlu mengalami proses pendinginan dengan memasang sistem pendingin. Metode pendinginan yang sering digunakan misalnya dengan sistem udara atau dengan sistem air bersirkulasi.



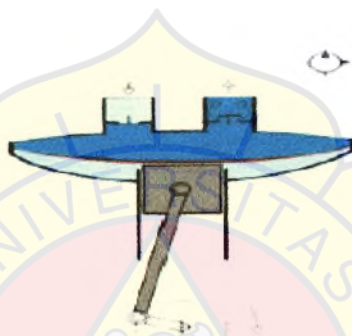
Gambar 2.5. Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendinginan Udara.

Batas tekanan maksimum untuk jenis kompresor torak resiprokal antara lain, untuk kompresor satu tingkat tekanan hingga 4 bar, sedangkan dua tingkat atau lebih tekanannya hingga 15 bar.

2.8.5. Kompresor diafragma (*diaphragma compressor*).

Jenis Kompresor ini termasuk dalam kelompok kompresor torak. Namun letak torak dipisahkan melalui sebuah membran diafragma. Udara yang masuk dan keluar tidak langsung berhubungan dengan bagian - bagian yang bergerak secara resiprokal. Adanya pemisahan ruangan ini udara akan lebih terjaga dan bebas dari uap air dan pelumas atau oli. Oleh karena itu, kompresor diafragma banyak digunakan pada industri bahan makanan, farmasi, obat-obatan dan kimia.

Prinsip kerjanya hampir sama dengan kompresor torak. perbedaannya terdapat pada sistem kompresi udara yang akan masuk ke dalam tangki penyimpanan udara bertekanan. Torak pada kompresor diafragma tidak secara langsung menghisap dan menekan udara, tetapi menggerakkan sebuah membran (*diafragma*) dulu. Dari gerakan *diafragma* yang kembang Kempis itulah yang akan menghisap dan menekan udara ke tabung penyimpan.

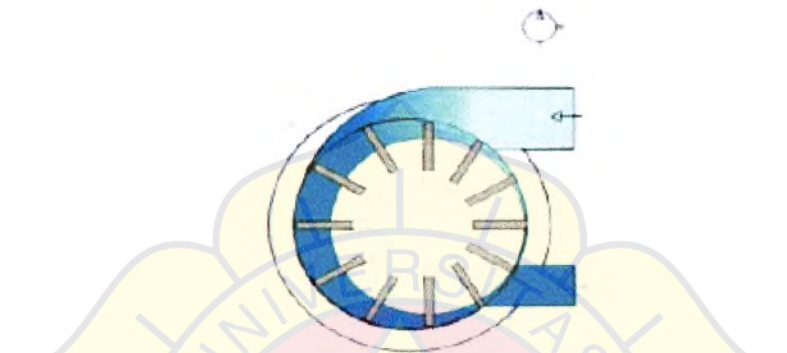


Gambar 2.6. Kompresor Diafragma.

2.8.6. Kompresor putar (*rotary compressor*).

Secara eksentrik rotor dipasang berputar dalam rumah yang berbentuk silindris, mempunyai lubang-lubang masuk dan keluar. Keuntungan dari kompresor jenis ini adalah mempunyai bentuk yang pendek dan kecil, sehingga menghemat ruangan. Bahkan suaranya tidak berisik dan halus dalam , dapat menghantarkan dan menghasilkan udara secara terus menerus dengan mantap. Baling - baling luncur dimasukkan ke dalam lubang yang tergabung dalam rotor dan ruangan dengan bentuk dinding silindris.

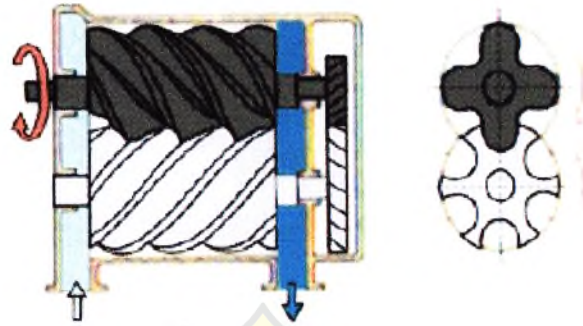
Ketika rotor mulai berputar, energi gaya sentrifugal baling - balingnya akan melawan dinding. Karena bentuk dari rumah baling -baling itu sendiri yang tidak sepusat dengan rotornya maka ukuran ruangan dapat diperbesar atau diperkecil menurut arah masuknya (mengalirnya) udara.



Gambar 2.7. Kompresor Rotari Baling-baling Luncur (Festo Transparan).

2.8.7. Kompresor sekrup (*screw compressor*).

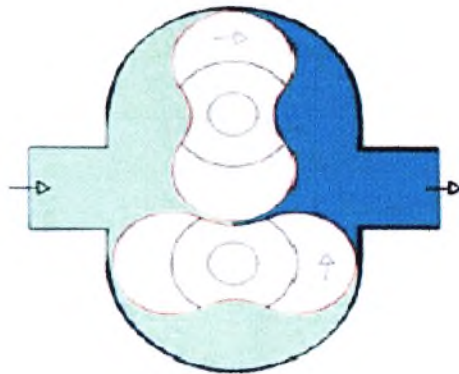
Kompresor Sekrup memiliki dua rotor yang saling berpasangan atau bertautan (*engage*), yang satu mempunyai bentuk cekung, sedangkan lainnya berbentuk cembung, sehingga dapat memindahkan udara secara aksial ke sisi lainnya. Kedua rotor itu identik dengan sepasang roda gigi *helix* yang saling bertautan. Jika roda - roda gigi tersebut berbentuk lurus, maka kompresor ini dapat digunakan sebagai pompa hidrolis pada pesawat - pesawat hidrolis. Roda - roda gigi kompresor sekrup harus diletakkan pada rumah - rumah roda gigi dengan benar sehingga betul - betul dapat menghisap dan menekan fluida.



Gambar 2.8. Kompresor Sekrup (Gottfried Nist, 1994).

2.8.8. Kompresor sayap kupu-kupu (*root blower compressor*).

Kompresor jenis ini akan mengisap udara luar dari satu sisi ke sisi yang lain tanpa ada perubahan volume. Torak membuat penguncian pada bagian sisi yang bertekanan. Prinsip kompresor ini ternyata dapat disamakan dengan pompa pelumas model kupu - kupu pada sebuah motor bakar. Beberapa kelemahannya adalah: tingkat kebocoran yang tinggi. Kebocoran terjadi karena antara baling - baling dan rumahnya tidak dapat saling rapat betul. Berbeda jika dibandingkan dengan pompa pelumas pada motor bakar, karena fluidanya adalah minyak pelumas maka film - film minyak sendiri sudah menjadi bahan perapat antara dinding rumah dan sayap - sayap kupu itu. Dilihat dari konstruksinya, Sayap kupu - kupu di dalam rumah pompa digerakan oleh sepasang roda gigi yang saling bertautan juga, sehingga dapat berputar tepat pada dinding.



Gambar 2.9. Kompresor Model Root Blower.

2.8.9. Kompresor aliran (*turbo compressor*).

Jenis kompresor ini cocok untuk menghasilkan volume udara yang besar. Kompresor aliran udara ada yang dibuat dengan arah masuknya udara secara aksial dan ada yang secara radial. Arah aliran udara dapat dirubah dalam satu roda turbin atau lebih untuk menghasilkan kecepatan aliran udara yang diperlukan. Energi kinetik yang ditimbulkan menjadi energi bentuk tekanan.

2.8.10. Kompresor aliran radial.

Percepatan yang ditimbulkan oleh kompresor aliran radial berasal dari ruangan ke ruangan berikutnya secara radial. Pada lubang masuk pertama udara dilemparkan keluar menjauhi sumbu. Bila kompresornya bertingkat, maka dari tingkat pertama udara akan dipantulkan kembali mendekati sumbu. Dari tingkat pertama masuk lagi ke tingkat berikutnya, sampai beberapa tingkat sesuai yang dibutuhkan. Semakin banyak tingkat dari susunan sudu - sudu tersebut maka akan semakin tinggi tekanan udara yang dihasilkan.

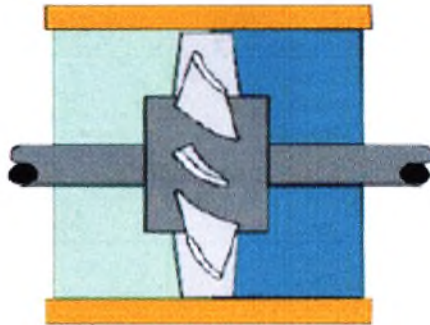
Prinsip kerja kompresor radial akan mengisap udara luar melalui sudu - sudu rotor, udara akan terisap masuk ke dalam ruangan isap lalu dikompresi dan akan ditampung pada tangki penyimpanan udara bertekanan hingga tekanannya sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.10. Kompresor Aliran Radial (Gottfried Nist, 1994).

2.8.11. Kompresor aliran aksial.

Pada kompresor aliran aksial, udara akan mendapatkan percepatan oleh sudu yang terdapat pada rotor dan arah alirannya ke arah aksial yaitu searah (sejajar) dengan sumbu rotor. Jadi, pengisapan dan penekanan udara terjadi saat rangkaian sudu-sudu pada rotor itu berputar secara cepat. Putaran cepat ini mutlak diperlukan untuk mendapatkan aliran udara yang mempunyai tekanan yang diinginkan. Teringat pula alat semacam ini adalah seperti kompresor pada sistem turbin gas atau mesin - mesin pesawat terbang turbo propeller. Bedanya, jika pada turbin gas adalah menghasilkan mekanik putar pada porosnya. Tetapi, pada kompresor ini tenaga mekanik dari mesin akan memutar rotor sehingga akan menghasilkan udara bertekanan.



Gambar 2.11. Kompresor Aliran Aksial.

2.8.12. Penggerak kompresor.

Penggerak kompresor berfungsi untuk memutar kompresor, sehingga kompresor dapat bekerja secara optimal. Penggerak kompresor yang sering digunakan biasanya berupa motor listrik dan motor bakar seperti gambar 2.12. Kompresor berdaya rendah menggunakan motor listrik dua phase atau motor bensin. Sedangkan kompresor berdaya besar memerlukan motor listrik 3 phase atau mesin diesel. Penggunaan mesin bensin atau diesel biasanya digunakan bilamana lokasi disekitarnya tidak terdapat aliran listrik atau cenderung *non stasioner*. Kompresor yang digunakan di pabrik-pabrik kebanyakan digerakkan oleh motor listrik karena biasanya terdapat instalasi listrik dan cenderung stasioner (tidak berpindah - pindah).



Gambar 2.12. Kompresor Torak berpindah (Moveble).

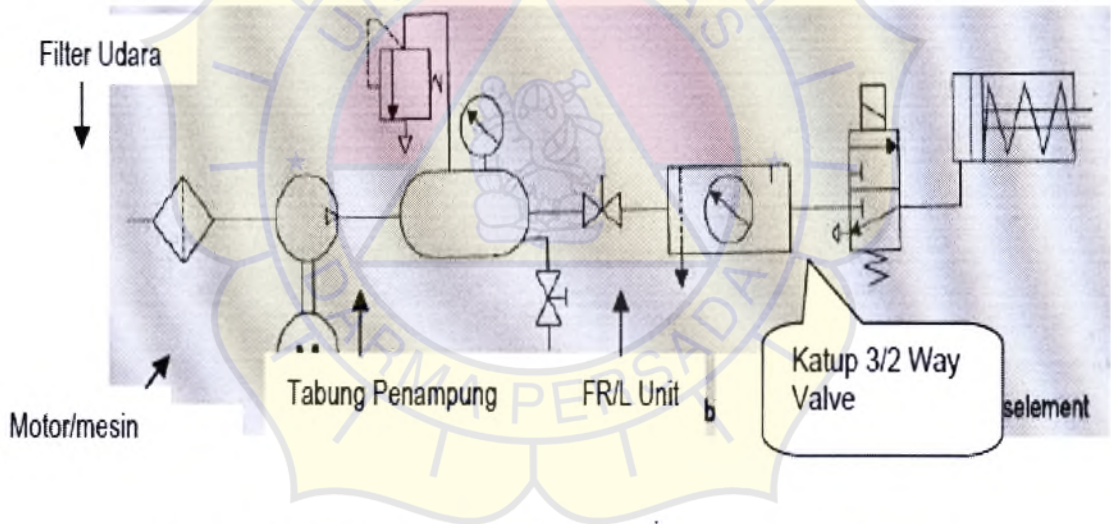
2.9. Unit Pengolahan Udara Bertekanan (*Air Service Unit*).

2.9.1. Udara bertekanan.

Udara bertekanan (kempa) yang akan masuk dalam sistem pneumatik harus harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan, antara lain;

- a.) Tidak mengandung banyak debu yang dapat merusak keausan komponen - komponen dalam sistem pneumatik.
- b.) Mengandung kadar air rendah, kadar air yang tinggi dapat menimbulkan korosi dan kemacetan pada peralatan pneumatik.
- c.) Mengandung pelumas, pelumas sangat diperlukan untuk mengurangi gesekan antar komponen yang bergerak seperti pada katup - katup dan aktuator.

Secara lengkap suplai udara bertekanan memiliki urutan sebagai berikut: filter udara, sebelum udara atmosfer dihisap kompresor, terlebih dahulu disaring agar tidak ada partikel debu yang merusak kompresor. Kompresor digerakkan oleh motor listrik atau mesin bensin atau diesel tergantung kebutuhan. Tabung penampung udara bertekanan akan menyimpan udara dari kompresor, selanjutnya melalui katup satu arah udara dimasukan ke FR/L unit, yang terdiri dari Filter, Regulator dan *Lubrication* atau pelumasan agar lebih memenuhi syarat. Setelah memenuhi syarat kemudian baru ke sistem rangkaian pneumatik, seperti tertera dalam bagan di bawah ini:

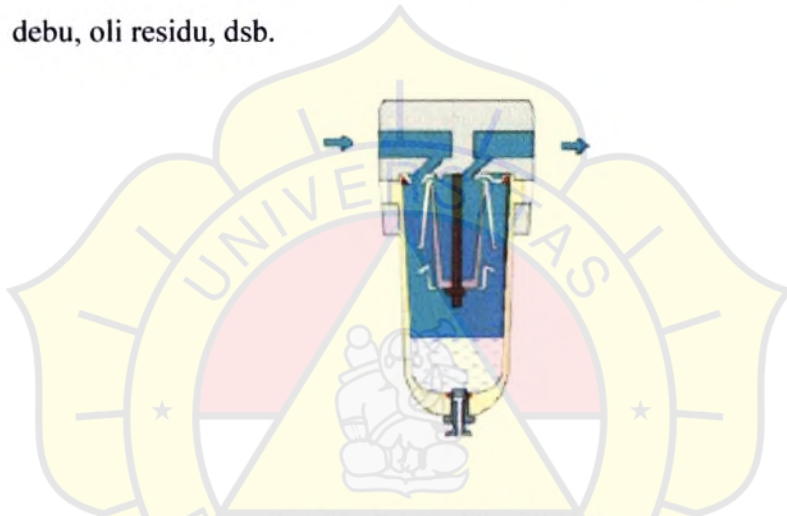


Gambar 2.13. Distribusi Sistem Pengolahan Udara Bertekanan.

2.9.2. Peralatan pengolahan udara bertekanan.

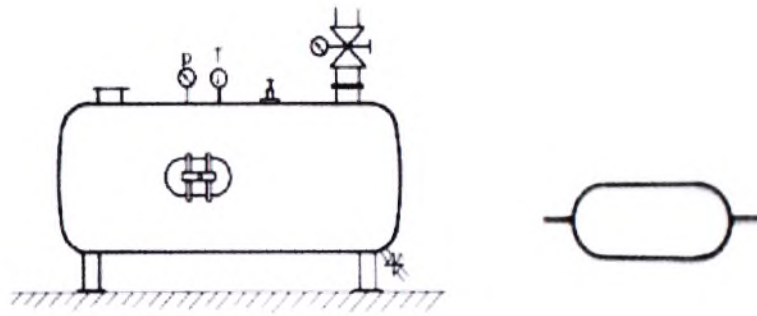
Pengolahan udara bertekanan agar memenuhi persyaratan diperlukan peralatan yang memadai, antara lain :

- Filter Udara (*air filter*), berfungsi sebagai alat penyaring udara yang diambil dari udara luar yang masih banyak mengandung kotoran. Filter berfungsi untuk memisahkan partikel - partikel yang terbawa seperti debu, oli residu, dsb.



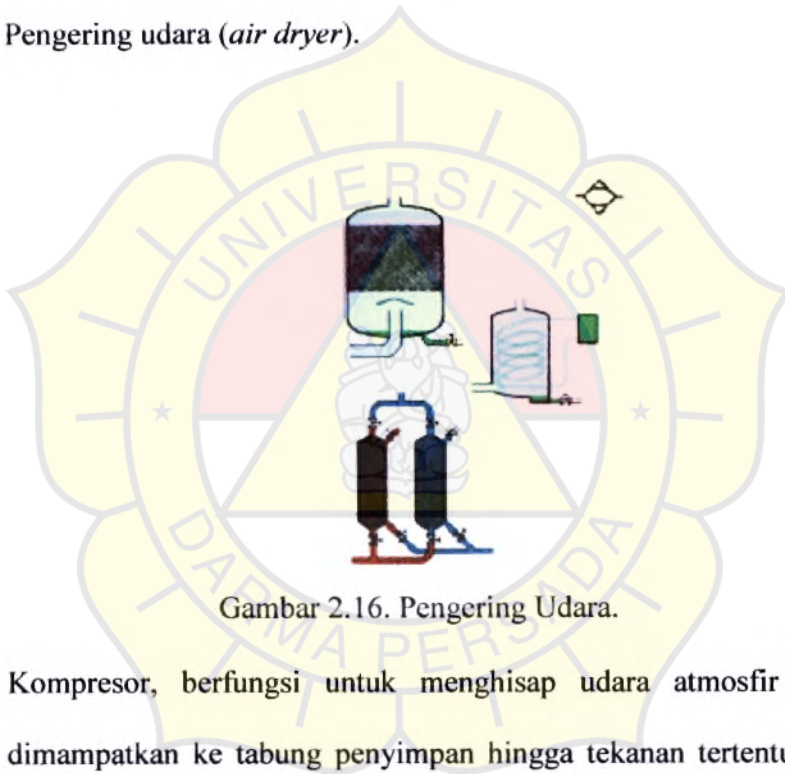
Gambar 2.14. Filter Udara.

- Tangki udara, berfungsi untuk menyimpan udara bertekanan hingga pada tekanan tertentu hingga pengisian akan berhenti, kemudian dapat digunakan sewaktu - waktu diperlukan.



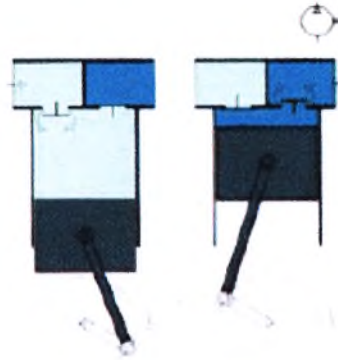
Gambar 2.15. Tangki Udara.

- Pengering udara (*air dryer*).



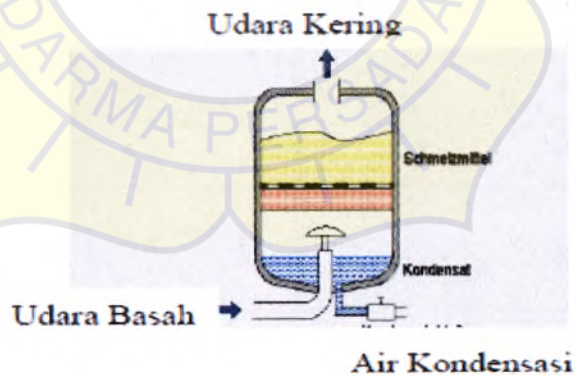
Gambar 2.16. Pengering Udara.

- Kompresor, berfungsi untuk menghisap udara atmosfer kemudian dimampatkan ke tabung penyimpan hingga tekanan tertentu. Sebelum digunakan harus ada sistem pengolahan udara bertekanan untuk membersihkan dan mengeringkan sebelum digunakan.



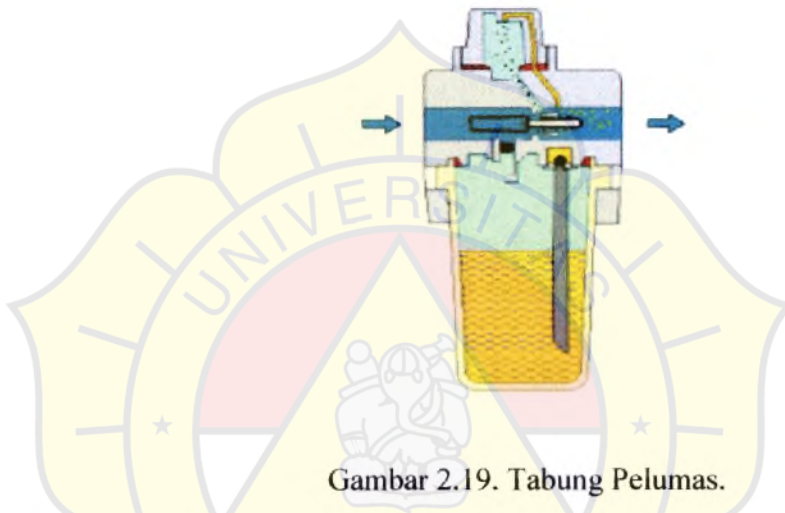
Gambar 2.17. Kompresor Torak.

- Pemisah air, udara bertekanan yang keluar melalui filter masih mengandung uap air. Kelembaban dalam udara bertekanan dapat menyebabkan korosi pada semua saluran, sambungan, katup, alat-alat yang tidak dilindungi sehingga harus dikeringkan dengan cara memisahkan air melalui tabung pemisah air.

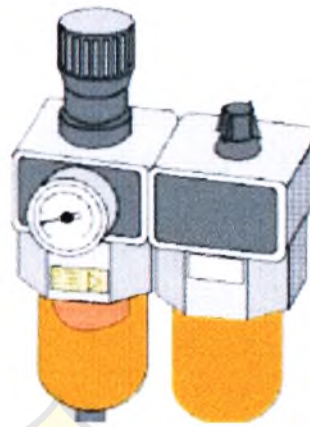


Gambar 2.18. Pemisah Air.

- Tabung pelumas, komponen sistem pneumatik memerlukan pelumasan (*lubrication*) agar tidak cepat aus, serta dapat mengurangi panas yang timbul akibat gesekan. Oleh karena itu, udara bertekanan atau mampat harus mengandung kabut pelumas yang diperoleh dari tabung pelumas pada regulator.

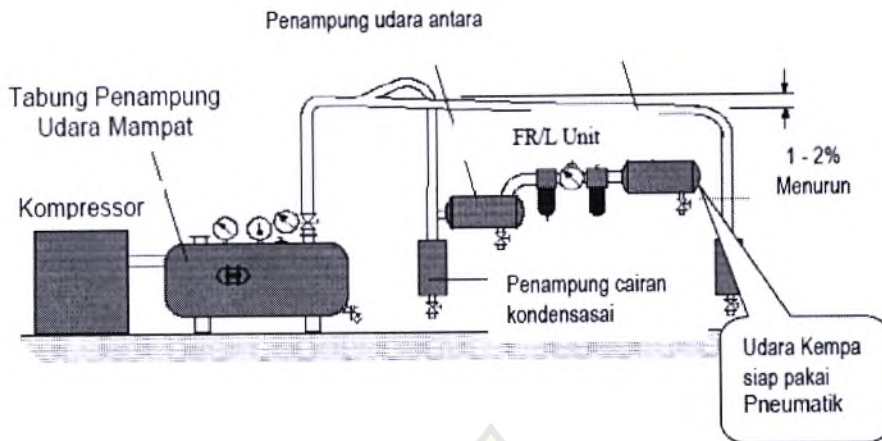


- Regulator udara bertekanan, udara yang telah memenuhi persyaratan, selanjutnya akan disalurkan sesuai dengan kebutuhan. Untuk mengatur besar kecilnya udara yang masuk, diperlukan keran udara yang terdapat pada regulator, sehingga udara yang disuplai sesuai dengan kebutuhan kerjanya. Adapun unit pengolahan udara dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.20. Regulator Udara Bertekanan.

Unit pengolahan udara bertekanan memiliki jaringan instalasi perpipaan yang sudah dirancang agar air dapat terpisah dari udara. Air memiliki massa jenis (ρ) yang lebih tinggi sehingga cenderung berada di bagian bawah. Untuk menjebaknya maka instalasi pipa diberi kemiringan, air akan mengalir secara alami ke tabung penampung air, selanjutnya dibuang. Sedangkan udara kering diambil dari bagian atas instalasi agar memiliki kadar air yang rendah. Secara lengkap unit pengolahan udara bertekanan dapat dilihat dalam skema berikut :



Gambar 2.21. Unit Pengolahan Udara Bertekanan (Gottfried Nist, 1994).

2.10. Pemeriksaan Udara Kempa dan Peralatan.

Sebelum mengaktifkan sistem pneumatik, udara kempa dan peralatannya perlu diperiksa terlebih dahulu. Prosedur pemantauan penggunaan udara kempa yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut:

- a.) Frekuensi pemantauan, misalnya setiap akan memulai bekerja perlu memantau kebersihan udara, kandungan air, embun, kandungan oli pelumas dan sebagainya.
- b.) Tekanan udara perlu dipantau apakah sesuai dengan ketentuan.
- c.) Pengeluaran udara buang apakah tidak berisik atau bising.
- d.) Udara buang perlu dipantau pencampurannya.
- e.) Katup pengaman atau regulator tekanan udara perlu dipantau apakah bekerja dengan baik.
- f.) Setiap sambungan (*conenctor*) perlu dipantau agar dipastikan cukup kuat dan rapat karena udara kempa cukup berbahaya.

Peralatan sistem pneumatik seperti *valve*, silinder dan lain-lain umumnya dirancang untuk tekanan antara 8 -10 bar. Pengalaman praktek menunjukkan bahwa tekanan kerja pada umumnya sekitar 6 bar. Kehilangan tekanan dalam perjalanan udara kempa karena bengkokan (*bending*), bocoran *restriction* dan gesekan pada pipa dapat menimbulkan kerugian tekanan yang diperkirakan antara 0,1 s.d 0,5 bar.

Dengan demikian kompresor harus membangkitkan tekanan 6,5 - 7 bar. Apabila suplai udara kempa tidak sesuai dengan syarat-syarat tersebut di atas maka berakibat kerusakan seperti berikut :

- a.) Terjadi cepat aus pada seal (perapat) dan bagian-bagian yang bergerak di dalam silinder atau *valve* (katup-katup).
- b.) Terjadi *oiled-up* pada *valve*.
- c.) Terjadi pencemaran (kontaminasi) pada *silencers*.

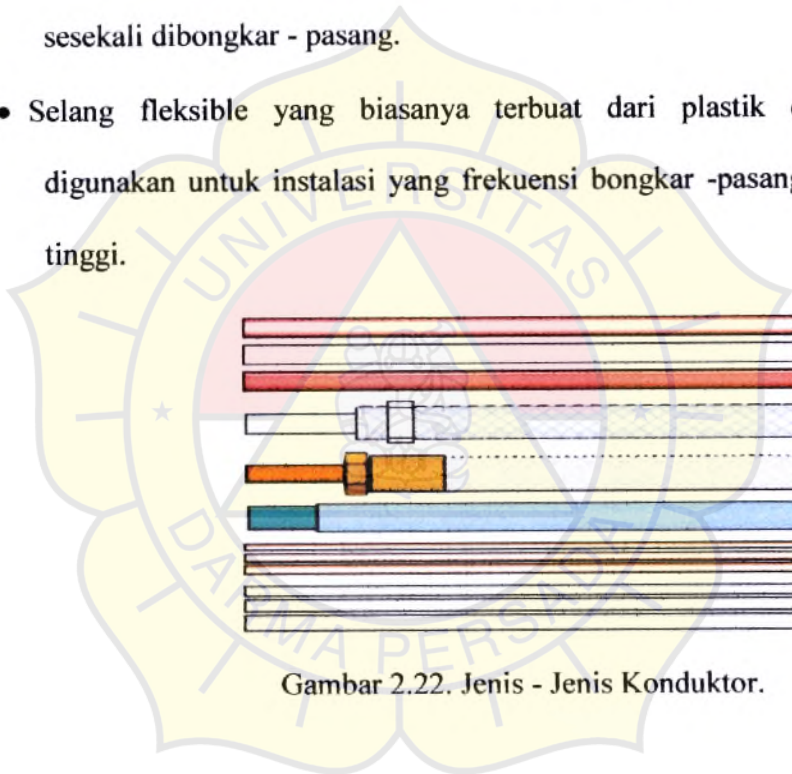
2.11. Konduktor dan Konektor.

2.11.1. Konduktor (Penyaluran).

Penginstalan sirkuit pneumatik hingga menjadi satu sistem yang dapat dioperasikan diperlukan konduktor, sehingga dapat dikatakan bahwa fungsi konduktor adalah untuk menyalurkan udara kempa yang akan membawa atau mentransfer tenaga ke aktuator.

Macam-macam konduktor :

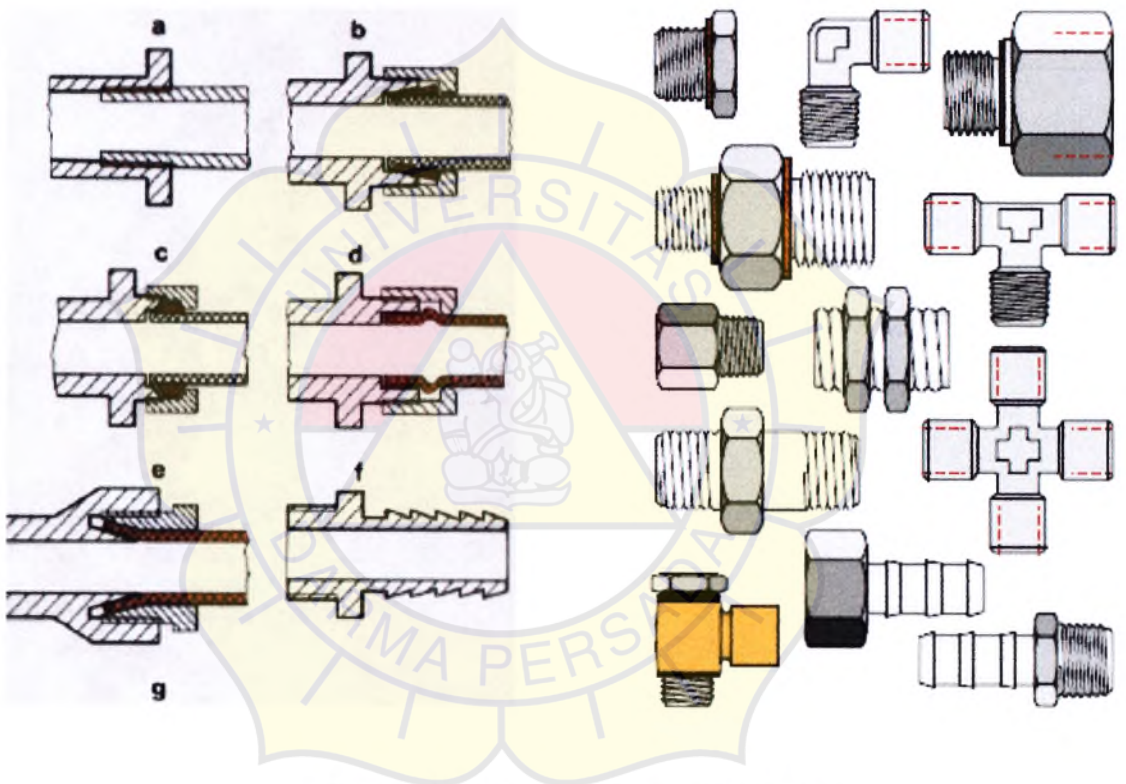
- Pipa yang terbuat dari tembaga, kuningan, baja, galvanis atau *stainless steel*. Pipa ini juga disebut konduktor kaku (*rigid*) dan cocok untuk instalasi yang permanen.
- Tabung (*tube*) yang terbuat dari tembaga, kuningan atau aluminium. Ini termasuk konduktor yang semi fleksible dan untuk instalasi yang sesekali dibongkar - pasang.
- Selang fleksible yang biasanya terbuat dari plastik dan biasa digunakan untuk instalasi yang frekuensi bongkar -pasangnya lebih tinggi.



Gambar 2.22. Jenis - Jenis Konduktor.

2.11.2. Konektor.

Konektor berfungsi untuk menyambungkan atau menjepit konduktor (selang atau pipa) agar tersambung erat pada bodi komponen pneumatik. Bentuk ataupun macamnya disesuaikan dengan konduktor yang digunakan. Adapun macam - macam konektor dapat kita lihat pada gambar berikut:



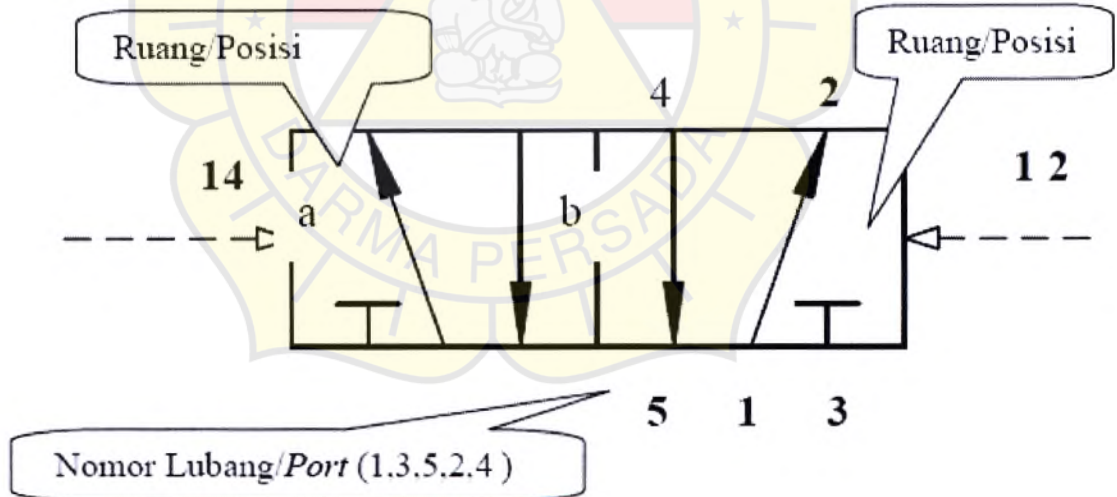
Gambar 2.23. Macam - Macam Konektor.

2.12. Katup – Katup Pneumatik.

Katup berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah udara kempa yang akan bekerja menggerakkan aktuator, dengan kata lain katup ini berfungsi untuk mengendalikan arah gerakan aktuator. Katup - katup pneumatik diberi nama berdasarkan pada:

- Jumlah lubang atau saluran kerja (*port*).
- Jumlah posisi kerja.
- Jenis penggerak katup.
- Nama tambahan lain sesuai dengan karakteristik katup.

Berikut ini contoh - contoh penamaan katup yang pada umumnya disimbolkan sebagai berikut :

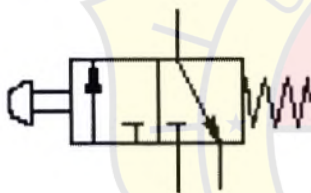


Gambar 2.24. Detail Pembacaan Katup 5/2.

Dari simbol katup di atas menunjukkan jumlah lubang atau *port* bawah ada tiga (1,3,5) sedangkan di bagian output ada 2 port (2,4). Katup tersebut juga memiliki dua posisi atau ruang yaitu a dan b. Penggerak katup berupa udara bertekanan dari sisi 14 dan 12. Sisi 14 artinya bila disisi tersebut terdapat tekanan udara, maka tekanan udara tersebut akan menggeser katup ke kanan sehingga udara bertekanan akan mengalir melalui *port* 1 ke *port* 4 ditulis 14. Demikian pula sisi 12 akan mengaktifkan ruang b sehingga port 1 akan terhubung dengan port 2 ditulis 12. Berdasarkan pada data-data di atas, maka katup di atas diberi nama :

KATUP 5/2 penggerak udara bertekanan

Contoh lain :



Katup ini memiliki tiga *port* dan dua posisi atau ruang, penggerak knop dan pembalik pegas, maka katup tersebut diberi nama :

Gambar 2.25. Katup 3/2 Knop, Pembalik Pegas.

Katup - katup pneumatik memiliki banyak jenis dan fungsinya. Katup tersebut berperan sebagai pengatur atau pengendali di dalam sistem pneumatik. Komponen - komponen kontrol tersebut atau biasa disebut katup - katup (*valves*) menurut desain konstruksinya dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a.) Katup Poppet (*Poppet Valves*).
 - Katup Bola (*Ball Seat Valves*).
 - Katup Piringan (*Disc Seat Valves*).
- b.) Katup Geser (*Slide valves*).
 - *Longitudinal Slide*.
 - *Plate Slide*.

Sedangkan menurut fungsinya katup - katup dikelompokkan sebagai berikut :

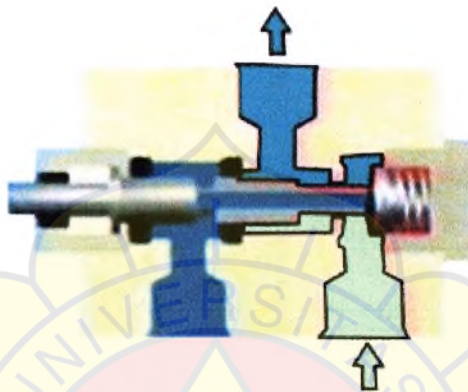
- a.) Katup Pengarah (*Directional Control Valves*).
- b.) Katup Satu Arah (*Non Return Valves*).
- c.) Katup Pengatur Tekanan (*Pressure Control Valves*).
- d.) Katup Pengontrol Aliran (*Flow Control Valves*).
- e.) Katup buka-tutup (*Shut-off valves*).

Sedangkan susunan urutannya dalam sistem pneumatik dapat dijelaskan sebagai berikut :

- ✓ Sinyal masukan atau *input element* mendapat energi langsung dari sumber tenaga (udara kempa) yang kemudian diteruskan ke pemroses sinyal.
- ✓ Sinyal pemroses atau *processing element* yang memproses sinyal masukan secara logic untuk diteruskan ke *final control element*.
- ✓ Sinyal pengendalian akhir (*final control element*) yang akan mengarahkan output yaitu arah gerakan aktuator (*working element*) dan ini merupakan hasil akhir dari sistem pneumatik.

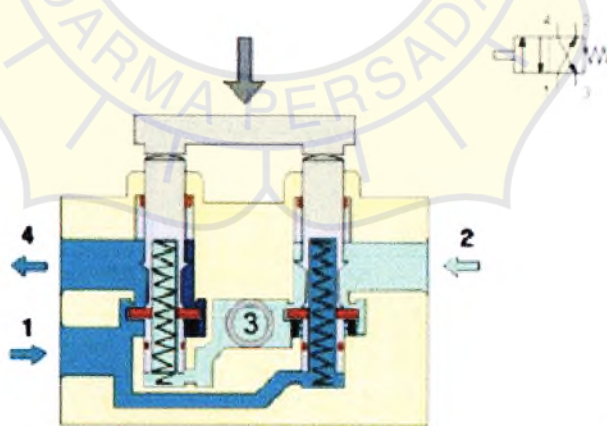
2.12.1. Katup pengarah (*directional control valves*).

Katup 3/2 Way valve (WV) penggerak plunyer, pembalik pegas (*3/2 DCV plunger actuated, spring centered*), termasuk jenis katup piringan (*disc valves normally closed (NC)*).

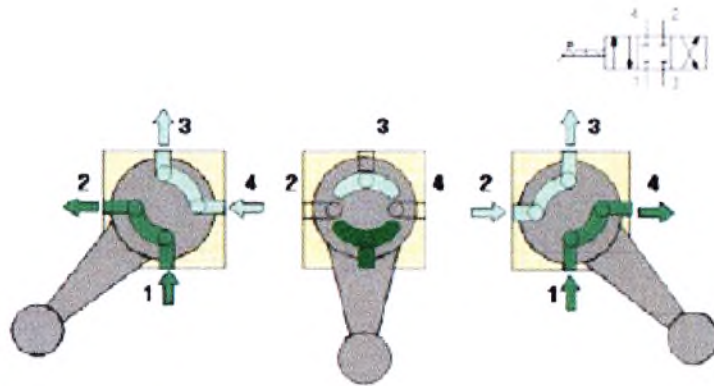


Gambar 2.26. Katup 3/2 Knop Pembalik Pegas.

Katup 4/2 penggerak plunyer, kembali pegas (*4/2 DCV plunger actuated, spring centered*), termasuk jenis katup piringan (*disc seat valves*).

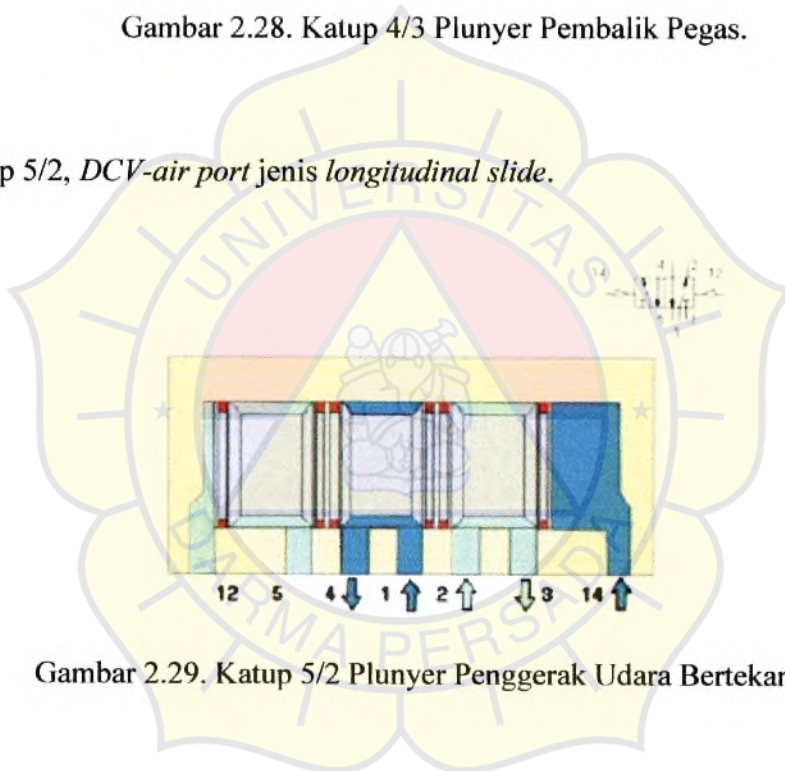


Gambar 2.27. Katup 4/3 Manually Jenis Plate Slide Valves.



Gambar 2.28. Katup 4/3 Plunyer Pembalik Pegas.

Katup 5/2, DCV-air port jenis longitudinal slide.



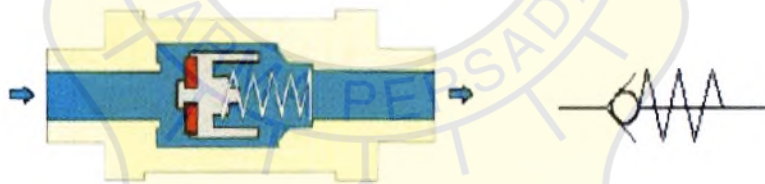
Gambar 2.29. Katup 5/2 Plunyer Penggerak Udara Bertekanan.

2.12.2. Katup satu arah (*non return valves*).

Katup ini berfungsi untuk mengatur arah aliran udara kempa hanya satu arah saja yaitu bila udara telah melewati katup tersebut maka udara tidak dapat berbalik arah. Sehingga katup ini juga digolongkan pada katup pengarah khusus. Macam-macam katup searah :

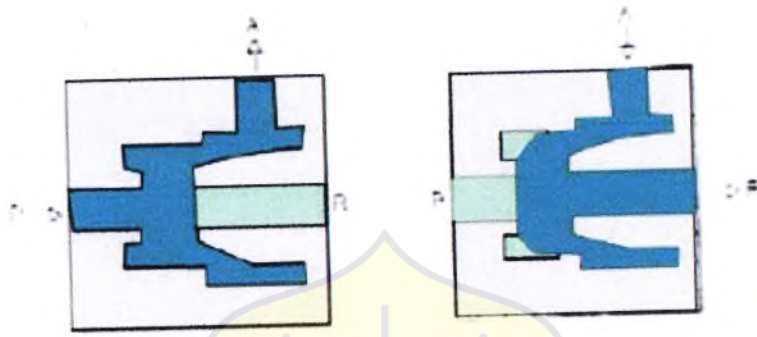
2.12.2.1. Katup satu arah pembalik pegas.

Katup satu arah hanya bisa mengalirkan udara hanya dari satu sisi saja. Udara dari arah kiri (lihat gambar 2.30) akan menekan pegas sehingga katup terbuka dan udara akan diteruskan ke kanan. Bila udara mengalir dari arah sebaliknya, maka katup akan menutup dan udara tidak bisa mengalir kearah kiri. Katup satu arah dalam sistem elektrik identitik dengan fungsi dioda yang hanya mengalirkan arus listrik dari satu arah saja.



Gambar 2.30. Katup Satu Arah dan Simbolnya.

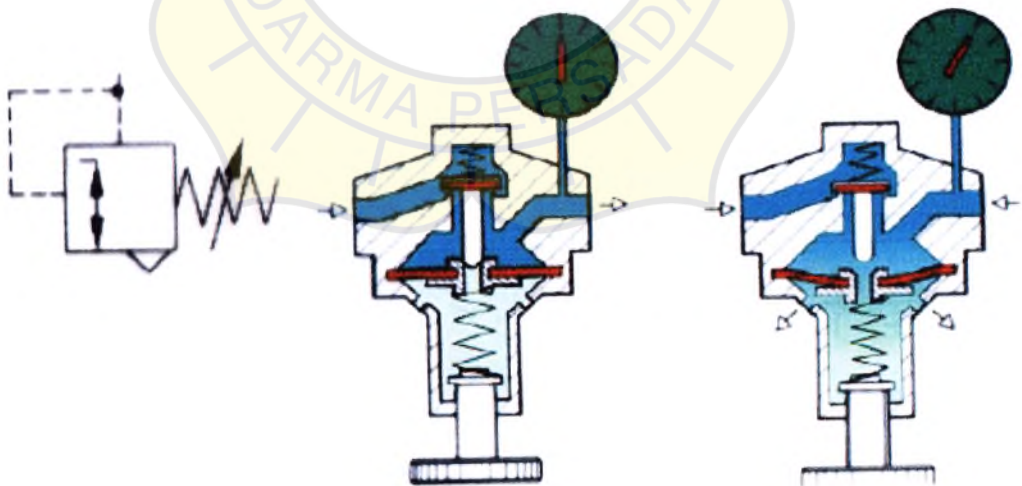
2.12.3. Katup buang cepat (*quick exhaust valve*).



Gambar 2.31. Katup Buang Cepat.

2.12.4. Katup pengatur tekanan.

Pressure regulation valve, katup ini berfungsi untuk mengatur besar-kecilnya tekanan udara kempa yang akan keluar dari *service unit* dan bekerja pada sistem pneumatik (tekanan kerja).



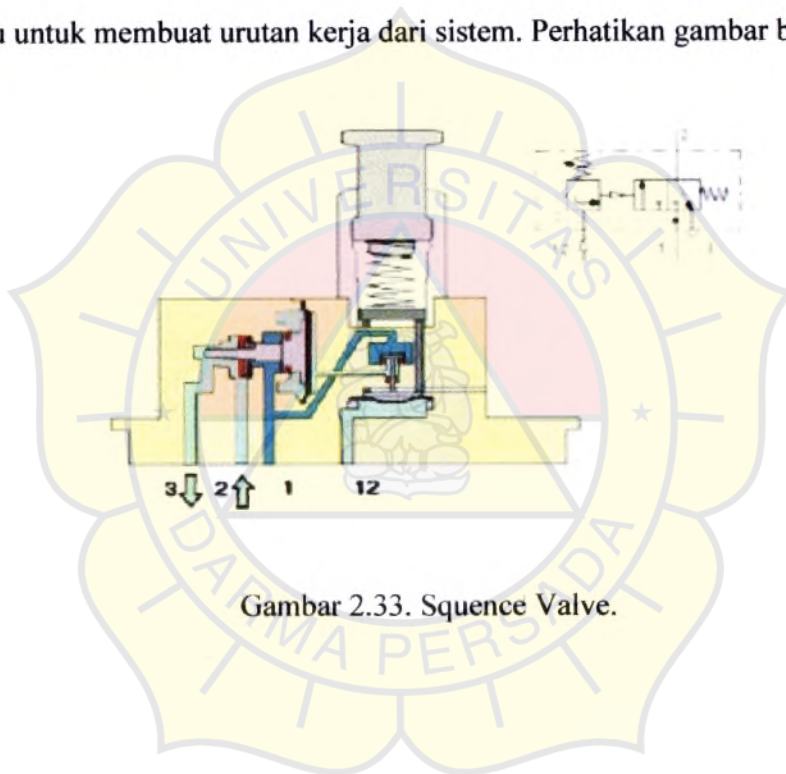
Gambar 2.32. Pressure Regulation Valve.

2.12.5. Katup pembatas atau pengaman tekanan (*pressure relief valve*).

Katup ini berfungsi untuk membatasi tekanan kerja maksimum pada sistem. Apabila terjadi tekanan lebih maka katup *out-let* akan terbuka dan tekanan lebih dibuang, jadi tekanan udara yang mengalir ke sistem tetap aman.

2.12.6. *Sequence valve*.

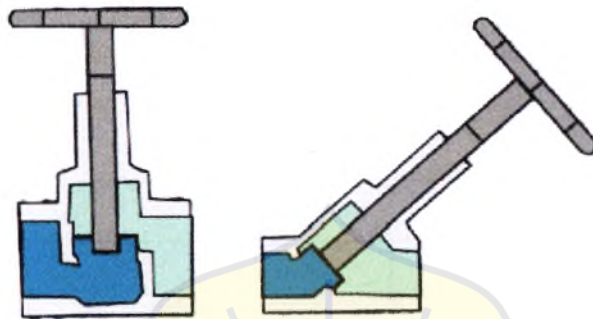
Prinsip kerja katup ini hampir sama dengan *relief valve*, hanya fungsinya berbeda yaitu untuk membuat urutan kerja dari sistem. Perhatikan gambar berikut :



Gambar 2.33. Squence Valve.

2.12.7. Shut of valve.

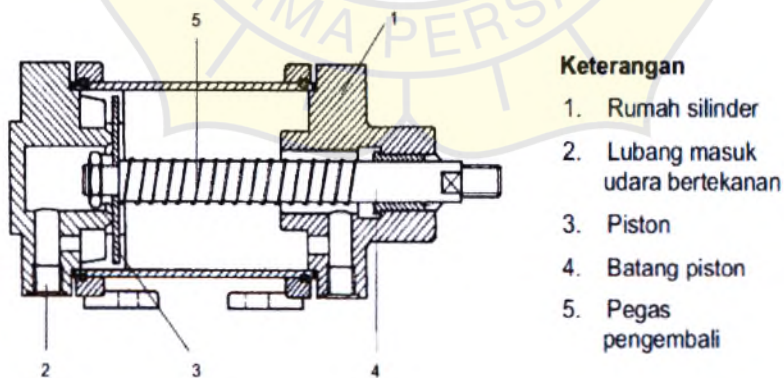
Katup ini berfungsi untuk membuka dan menutup aliran udara. Lihat gambar berikut :



Gambar 2.34. Shut of Valve.

2.12.8. Silinder kerja tunggal (*Single acting cylinder*).

Silinder ini mendapat suplai udara hanya dari satu sisi saja. Untuk mengembalikan ke posisi semula biasanya digunakan pegas. Silinder kerja tunggal hanya dapat memberikan tenaga pada satu sisi saja. Gambar berikut ini adalah gambar silinder kerja tunggal.



Gambar 2.35. Single Acting Cylinder.

2.12.9. Jenis penggerak katup.

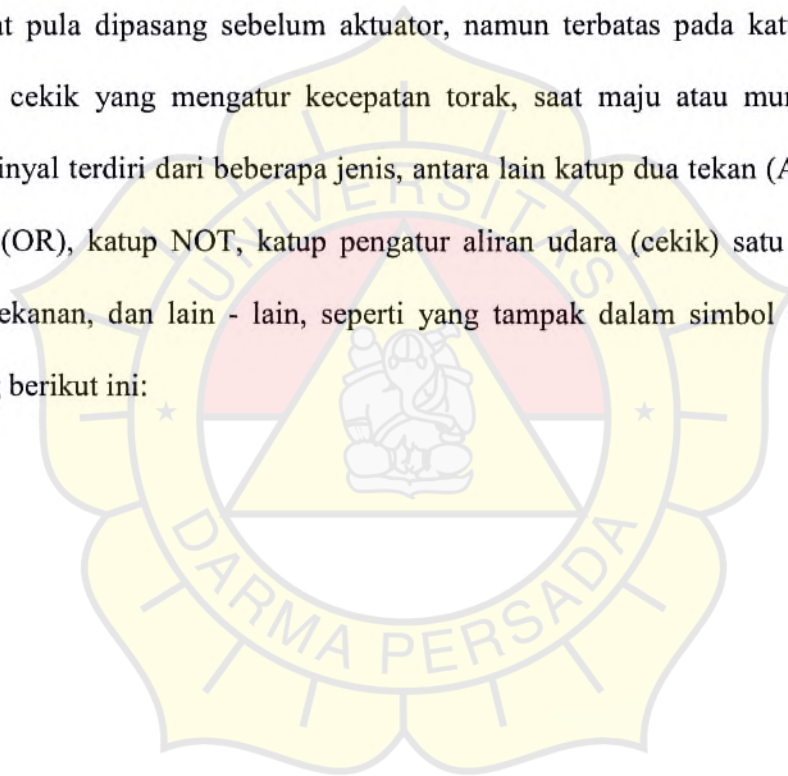
Simbol penekan katup sinyal memiliki beberapa jenis, antara lain penekan manual, roll, tuas, dan lain-lain. Sesuai dengan standar *Deutsch Institut fur Normung* (DIN) dan ISO 1219, terdapat beberapa jenis penggerak katup, antara lain:

Tabel 2.2. Jenis - jenis Penggerak Katup.

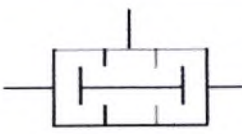
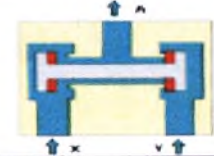
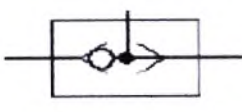
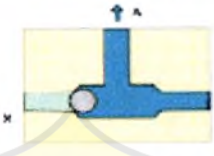
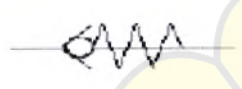






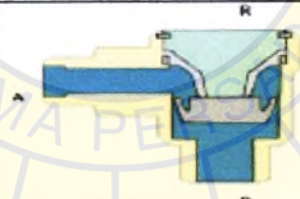

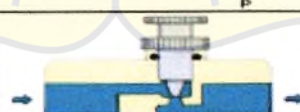
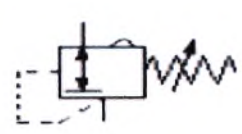
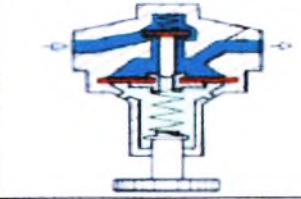
SIMBOL	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
	Penekan pada umumnya		Melalui sentuhan
	Penggerak katup oleh knop		Penggerak katup oleh pegas
	Penggerak katup oleh tuas		Penggerak katup oleh roll
	Penggerak katup oleh pedal kaki		Penggerak katup oleh roll tak langsung (berlengan)
	Penggerak katup oleh udara		Penggerak katup oleh magnet
	Penggerak katup magnet/ mekanik dua sisi		Penggerak katup oleh magnet dua sisi

2.12.10. Katup pemroses sinyal (*prossesor*).

Output yang dihasilkan oleh katup sinyal akan diproses melalui katup pemroses sinyal (*prossesor*). Sebagai pengolah input atau masukan dari katup sinyal, maka hasil pengolahan sinyal akan dikirim ke katup kendali yang akan diteruskan ke aktuator agar menghasilkan gerakan yang sesuai dengan harapan. Katup pemroses sinyal terletak antara katup sinyal dan katup pengendalian. Beberapa katup pemroses sinyal dapat pula dipasang sebelum aktuator, namun terbatas pada katup pengatur aliran atau cekik yang mengatur kecepatan torak, saat maju atau mundur. Katup pemroses sinyal terdiri dari beberapa jenis, antara lain katup dua tekan (AND), katup satu tekan (OR), katup NOT, katup pengatur aliran udara (cekik) satu arah, katup pembatas tekanan, dan lain - lain, seperti yang tampak dalam simbol dan gambar penampang berikut ini:

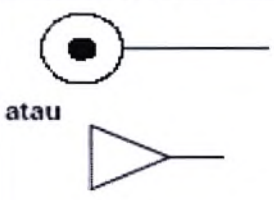
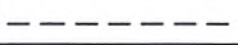












Tabel 2.3. Jenis dan Simbol Katup Pemroses Sinyal Pneumatik.

LAMBANG	PENAMPANG	NAMA
		Katup dua tekan (AND)
		Katup satu tekan (OR)
		Katup aliran satu arah dengan pembalik pegas
		Katup aliran satu arah tanpa pegas
		Katup pengatur aliran (Cekik) satu arah
		Katup OR dengan tekanan tertentu
		Cekik dua arah
		Katup Pengatur tekanan udara penyetel pegas

Tabel 2.4. Jenis dan Simbol Komponen Sistem Pneumatik Lainnya

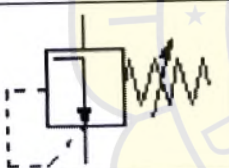
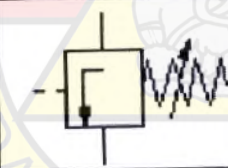

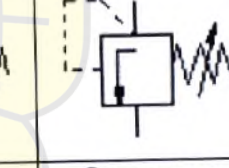
(Festo FluidSim).

Simbol	Nama	Keterangan
 <p>atau</p>	Sumber udara bertekanan	Sumber udara bertekanan berasal dari kompresor
	Saluran Kontrol	Saluran kontrol antar peralatan pneumatik
	Saluran tenaga/kerja	Saluran kerja dari kompresor
	Saluran berhubungan	Dua, tiga atau lebih saluran udara yang saling berhubungan
	Saluran bersilangan	Dua, tiga atau lebih saluran udara yang saling bersilangan
	Filter udara	Berfungsi sebagai peredam suara agar tidak bising
	Tangki penampung udara	Penampung udara bertekanan
	Filter udara	Dipasang sebelum masuk ke penampung
	Pemisah air	Berfungsi untuk memisahkan air dari udara
	Pemanas udara	Pengering udara sebelum masuk ke instalasi pneumatik
	Pelumasan	Pencampuran udara dengan pelumas agar mengurangi keausan pada peralatan pneumatik
	FR/L Unit	FR/L unit merupakan Unit pelayanan udara bertekanan yang terdiri dari <i>Filter</i> , <i>Regulator</i> dan <i>Lubrication</i>

2.12.11. Katup pengatur tekanan (*pressure control valve*).

Katup pengatur tekanan digunakan untuk mengatur tekanan udara yang akan masuk ke dalam sistem pneumatik. Katup pengatur tekanan udara akan bekerja pada batas - batas tekanan tertentu. Katup pengatur tekanan udara berfungsi mengatur tekanan agar penggerak pneumatik dapat bekerja sesuai dengan tekanan yang diharapkan. Bila telah melewati tekanan yang diperlukan maka katup ini akan membuka secara otomatis, udara akan dikeluarkan, hingga tekanan yang diperlukan tidak berlebihan. Untuk mendapatkan tekanan yang sesuai dengan keperluan dapat dilakukan dengan cara mengatur putaran pegas yang ada. Sesuai fungsinya katup pengatur tekanan dapat disimbolkan sebagai berikut :

Tabel 2.5. Jenis dan Simbol Katup Pengatur Tekanan.

			
<i>Pressure regulator</i>	<i>Pressure relief valve</i>	<i>Pressure regulator with self relieving</i>	<i>Sequence valve</i>

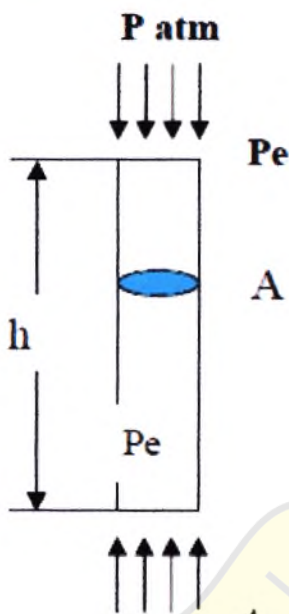
2.13. Dasar Perhitungan Pneumatik.

Dasar perhitungan pneumatik merupakan bagian yang akan membahas tentang perhitungan dasar dalam pneumatik. Bagian ini akan mendeskripsikan tentang perhitungan tekanan udara (P), perhitungan debit aliran udara (Q), kecepatan torak (V), Gaya Torak (F) dan dasar perhitungan daya motor. Sebelum melaksanakan perhitungan pneumatik terlebih dahulu harus mengetahui konversi - konversi satuan yang sering dipakai dalam perhitungan dasar pneumatik.

Adapun konversi satuan tersebut antara lain (lihat lamp.1):

- a.) Satuan panjang.
- b.) Satuan volume.
- c.) Satuan tekanan.
- d.) Satuan massa.
- e.) Satuan energi.
- f.) Satuan gaya.
- g.) Satuan temperatur.

2.13.1. Tekanan udara.



$$A \times P_e = A \times P_{atm} + W,$$

Dimana :

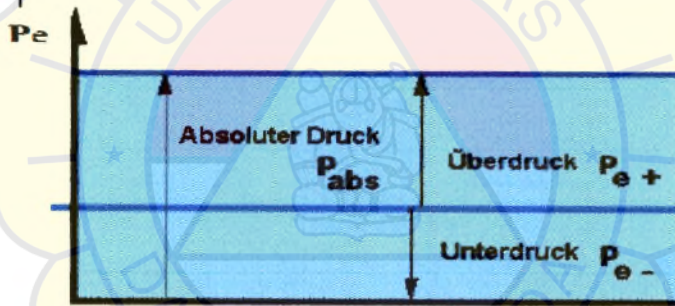
$$W = \text{berat benda} = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$$

A = luas penampang,

P_{atm} = tekanan atmosfer,

P_e = tekanan pengukuran,

Dengan mengeliminasi A ,



Gambar 2.36. Sistem Tekanan Dalam Pneumatik.

Udara yang mengalir ke saluran sistem pneumatik akan mengalami penurunan tekanan (*head losses*) akibat adanya gesekan sepanjang saluran dan belokan.

Penurunan tekanan tersebut menurut Majumdar: 2001, memiliki persamaan :

$$\Delta P = \frac{1.6 \times 10^3 \times Q^{1.85} \times L}{d^5 \times P_{abs}} \text{ Pa}$$

Dimana :

L = panjang saluran (m)

D = Diameter dalam saluran (m)

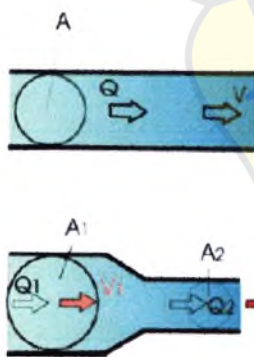
Q = Debit aliran udara (m³/s)

P_{abs} = Tekanan absolute dalam Pa (N/m²)

Catatan : 1 bar = 105 (N/m²) = 105 Pa (Pascal)

2.13.2. Analisa aliran udara (Q).

Udara yang melewati saluran dengan luas penampang A (m²) dengan kecepatan udara mengalir V (m/dtk), maka akan memiliki debit aliran Q (m³/dtk) sebesar A (m²) x V (m/dtk).



Debit Aliran Udara (Q) :

$$Q \text{ (m}^3/\text{dtk)} = A \text{ (m}^2) \times V \text{ (m/dtk)}$$

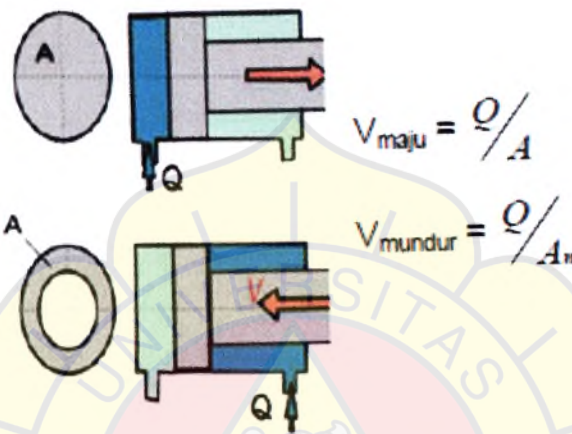
Bila melewati melalui saluran yang memiliki perbedaan luas penampang A, maka debit udara akan tetap, namun kecepatannya akan berubah, sebanding dengan perubahan luas penampangnya ;

Gambar 2.37. Analisa Aliran Udara.

$$Q_1 = Q_2, \text{ sehingga } \frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

2.13.3. Kecepatan torak (V).

Suatu silinder pneumatik memiliki torak dengan luas dan memiliki luas penampang stang torak, maka kecepatan torak saat maju akan lebih kecil dibandingkan dengan saat torak bergerak mundur.



Gambar 2.38. Analisis Kecepatan Torak.

Dimana :

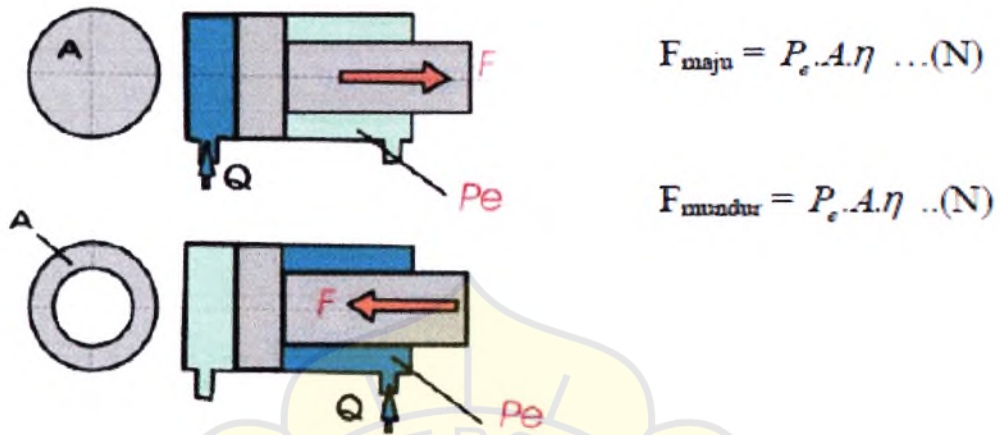
V = kecepatan torak (m/s)

Q = debit aliran udara (ltr/mnt)

A = luas Penampang Torak (m²)

A_n = A - A_k (m²)

2.13.4. Gaya torak (F).



Gambar 2.39. Analisis Gaya Torak.

Dimana :

F = Gaya torak (N)

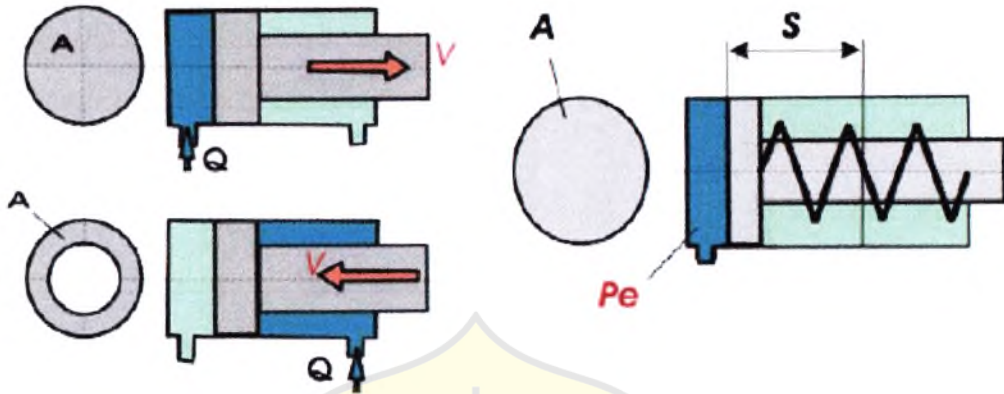
P_e = Tekanan kerja atau efektif (N/m^2)

A = Luas Penampang (m^2)

$A_n = A - A_k$ (m^2)

A_k = Luas batang torak (m^2)

2.13.5. Udara yang diperlukan (Q).



Gambar 2.40. Analisis Debit Udara.

$$Q_{\text{maju}} = A \cdot S \cdot n \cdot \frac{(P_e + P_{\text{atm}})}{P_{\text{atm}}} = \dots (\text{ltr/mn})$$

$$Q_{\text{mundur}} = A \cdot S \cdot n \cdot \frac{(P_e + P_{\text{atm}})}{P_{\text{atm}}} (\text{lt/mnt})$$

Dimana :

S = Langkah torak (m)

P_e = Tekanan (N/m^2)

A = Luas Penampang (m^2)

$A_n = A - A_k$ (m^2)

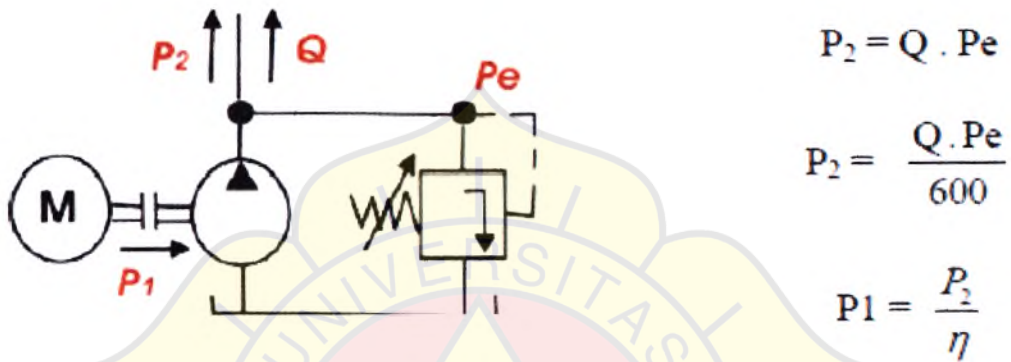
A_k = Luas batang torak (m^2)

n = Banyaknya langkah (put/menit)

Kebutuhan udara bertekanan yang diperlukan (Q) juga dapat dicari melalui rumus:

$$Q = 0.7854 \frac{D^2 \cdot S (P + 101.3 \times 10^3)}{t \cdot 101.3} \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{Majumdar, 2001})$$

erhitungan daya kompresor.



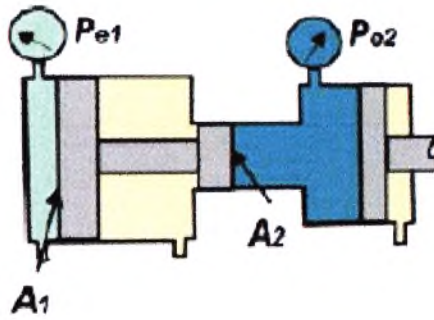
Gambar 2.41. Analisis Daya Pompa.

Dimana :

P_2 = Daya output pompa (kW)

P_1 = Daya Motor (kW)

2.13.6. Perubahan tekanan.



Gambar 2.42. Analisis Tekanan Pada Penampang Berbeda.

$$P_{e2} = P_{e1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \eta$$

Dimana :

P_{e1} = Tekanan awal (N/m^2)

P_{e2} = Tekanan akhir (N/m^2)

A_1 = Luas Penampang 1

A_2 = Luas Penampang 2