

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Katup**

Katup (*valve*) adalah suatu alat yang menerima perintah dari luar untuk melepas, menghentikan atau mengarahkan fluida yang melalui katup tersebut.

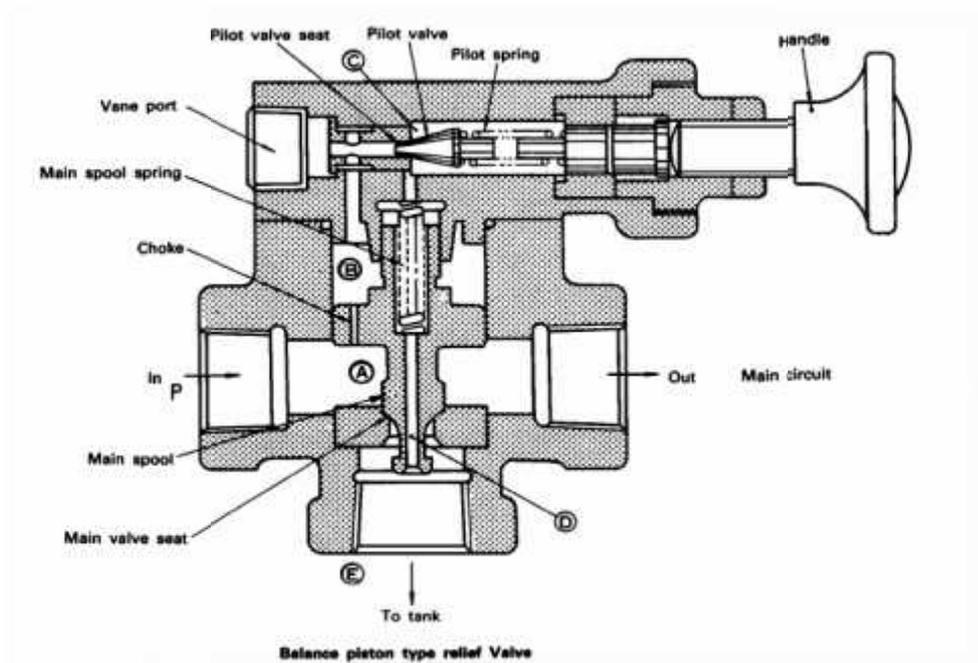
#### **2.2 Jenis – Jenis Katup**

Adapun Macam - Macam Katup yaitu sebagai berikut :

##### **2.2.1 Jenis – Jenis Katup Kontrol**

###### **1. Katup Relief**

Katup relief ( *relief valve* ) adalah katup yang membatasi tekanan rangkaian maksimum, mencegah bagian tekanan rangkaian menjadi tekanan dengan beban berlebihan, dan mengontrol torsi yang dibangkitkan oleh motor dan silinder hidrolis. Katup relief sederhana digunakan apabila perlindungan beban berlebihan diperlukan karena katup relief ini bereaksi untuk menambah tekanan dengan cepat. Namun demikian, katup relief memiliki tingkat *over ride* yang sangat tinggi (perbedaan antara tekanan retaknya dengan tekanan aliran penuh), oleh karena itu untuk mengontrol tekanan operasi rangkaian, maka gunakan katup yang kompleks bersama dengan penyimpanan kecil dari penggunaan normal seperti jenis katup relief piston yang seimbang beroperasi dengan penyimpanan yang sangat kecil.

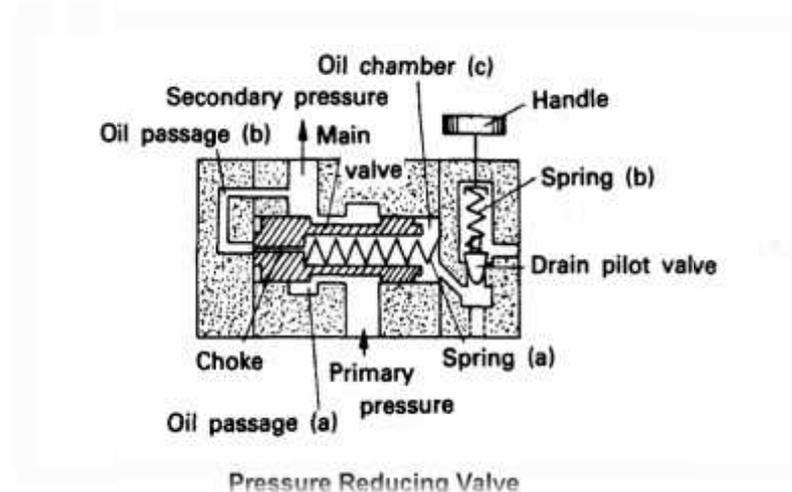


Gambar 2.1 Katup Relief ( *Relief Valve* )

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

## 2. Katup Pengurang Tekanan

Katup pengurang tekanan adalah katup yang digunakan untuk menurunkan tekanan dalam rangkaian yang lebih banyak dari rangkaian utama. Hal ini secara normal disebut katup terbuka.

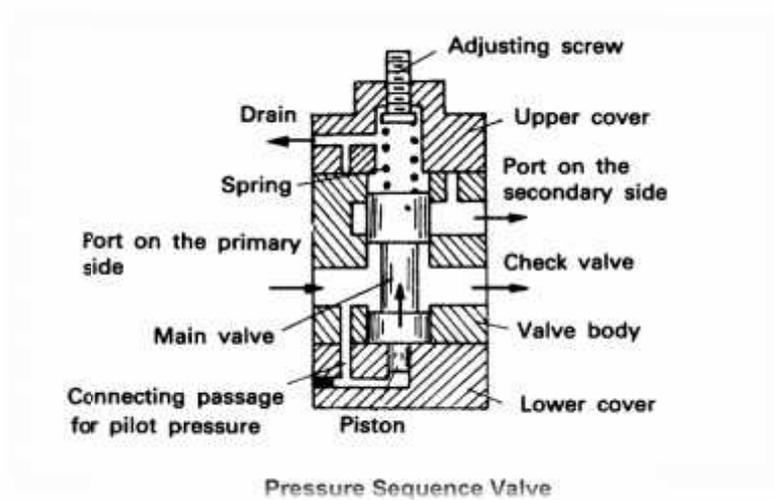


Gambar 2.2 Katup Pengurang Tekanan

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

### 3. Katup Rangkaian

Katup rangkaian adalah katup yang digunakan untuk mengontrol fungsi aktuator hidrolik yang serangkai dengan tekanan rangkaian. Katup ini dikonstruksi sama dengan katup relif tetapi memiliki ruang pegas yang dialirkan secara terpisah ke reservoir. Katup ini juga memiliki *check valve* aliran balik integral. Katup ini secara normal merupakan katup tertutup.

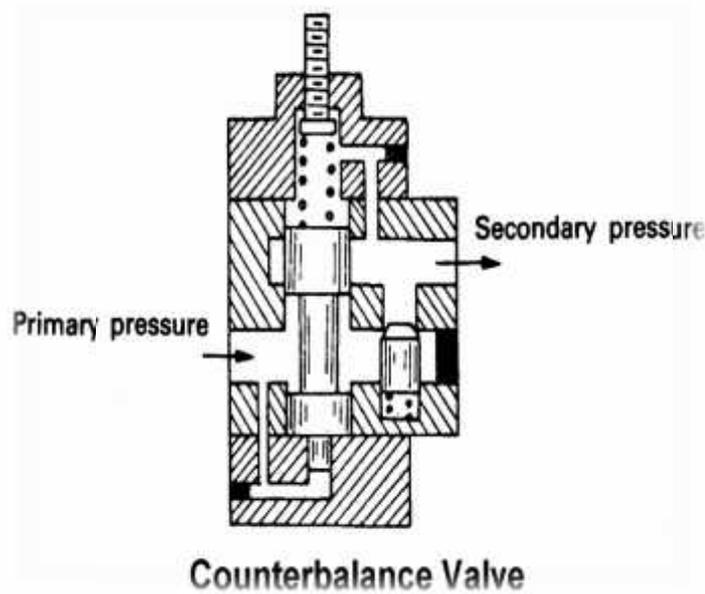


Gambar 2.3 Katup Rangkaian

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

### 4. Katup Penyeimbang ( *Counter Balance Valve* )

Katup penyeimbang ( *counter balance valve* ) adalah Katup yang mencegah jalannya aktuator jauh ke depan karena adanya beban kecepatan yang terkontrol dan terpelihara. Katup ini bekerja dengan cara memberikan resistansi untuk mengalir sampai tekanan preset tercapai. Katup penyeimbang memiliki *check valve* aliran pembalik integral.



Gambar 2.4 Katup penyeimbang ( *counter balance* )

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

## 5. Katup Kontrol Aliran ( kontrol kecepatan )

Katup kontrol aliran ( kontrol kecepatan ) adalah katup yang menghambat aliran pipa untuk mengontrol volume aliran oli supaya kecepatan motor hidrolis dan silinder dapat dikontrol tetapi pada pompa hidrolis displacement tetap digunakan.

Katup kontrol aliran ( control kecepatan ) dibagi menjadi 2 yaitu :

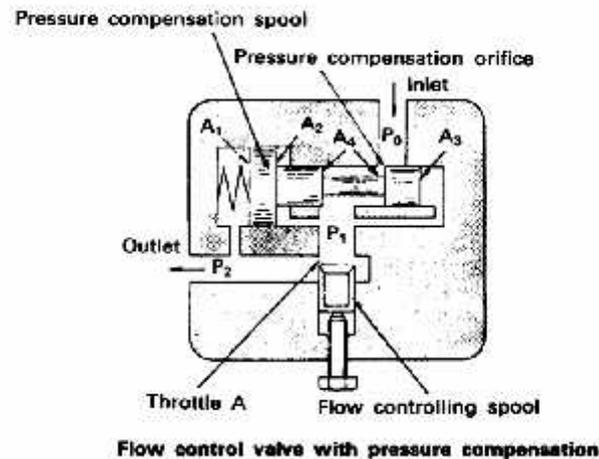
### 1) Katup penghambat

Katup penghambat adalah katup yang mengontrol jumlah aliran dengan cara menghambat resistansi dalam katup, tetapi berubah sesuai perubahan tekanan sebelum dan dibelakang katup. Katup ini bisa disetel secara sederhana (katup *niddle*) atau hambatan tetap pada aliran (*orifice*).

### 2) Katup kontrol aliran dengan kompensasi tekanan

Katup ini memiliki mekanisme kompensasi tekanan untuk menjaga perbedaan tekanan pre-desain sebelum dan di belakang katup penghambat. Dengan melakukan ini, volume aliran dapat dijaga agar tetap konstant tanpa memperhatikan fluktuasi tekanan sebelum dan di belakang katup. Desain *orifice* kompensasi tekanan secara normal akan memberikan perubahan ketebalan yang disebabkan karena temperatur. Beberapa design mungkin

memiliki pegas yang terbuat dari bi-metal yang akan mengkompensasi perubahan temperatur.



Gambar 2.5 Katup kontrol aliran dengan kompensasi tekanan

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

## 6. Katup Pembagi Aliran

Katup pembagi aliran adalah katup yang membagi oli yang mengalir masuk ke dua aliran hidrolik yang memiliki tekanan yang berbeda dari sumber tenaga tanpa memperhatikan tekanan alirannya. Jenis katup ini bisa digunakan untuk membagi aliran dari satu pompa hidrolik atau sumber ke dalam dua rangkain kemudi traktor crawler. Kedua rangkaian ini bisa beroperasi, bebas dari yang lainnya. Pada aplikasi di industri, apabila aliran harus dibagi dengan sangat akurat atau apabila aliran ini dibagi menjadi lebih dari dua aliran, maka harus ada beberapa alat pembagi aliran rotary yang dipasang dan dihubungkan dengan motor hidrolik.

## 7. Katup *Control Directional*

Katup *control directional* adalah katup yang mengalirkan aliran oli atau menghentikan aliran supaya aktuator dapat dioperasikan ke belakang dan kedepan atau menahannya di bagian tengah, dan dioperasikan dengan tenaga eksternal (tenaga manusia, solenoid atau tenaga mekanis). Katup *directional*

diproduksi dengan banyak konfigurasi tergantung jumlah pintunya dan posisi operasinya tetapi katup yang umum digunakan untuk rangkaian hidrolik akan menjadi katup jenis *spool* 2 posisi - 4 way (2/4) atau 3 posisi - 4 way (3/4). Pada mesin pemindah tanah, katup *directional*nya untuk *blade*, *dump body*, *buscket* bisa memiliki 4 posisi (4/4), posisi depan akan memberikan *float silinder* penuh.

Berdasarkan fungsinya katup control ( *control valve* ) diklasifikasikan, menjadi tiga kelompok, yaitu :

### 1. Pressure Control Valve ( Katup pengontrol tekanan )

*Pressure control valve* ( Katup pengontrol tekanan ) adalah katup yang mengatur tekanan dalam sirkuit dengan mengembalikan semua atau sebagian oli ke tangki apabila tekanan pada sirkuit mencapai setting *pressure*.

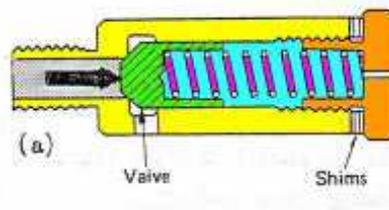
Konstruksi dari pressure control ada 3 jenis yaitu :

- Tipe popet
- Tipe piston
- Tipe pilot

Penjelasannya adalah sebagai berikut :

#### a. Tipe popet

Konstruksinya terdiri dari valve, spring dan adjusting screw beserta shim/nut.

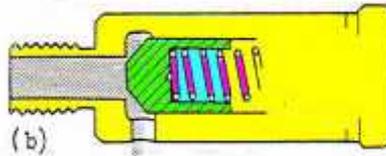


Gambar 2.6 Prinsip kerja tipe popet

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

Prinsip kerjanya :

Pada gambar 2.6 katup posisi tertutup pada saat tekanan rendah, karena tekanan tersebut tidak cukup untuk melawan gaya dari spring.

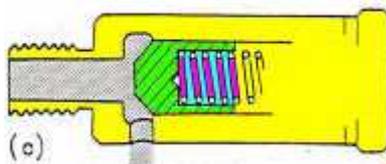


Gambar 2.7 Prinsip kerja tipe popet

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

Prinsip kerjanya :

Pada gambar 2.7 saat tekanan naik, akan mampu melawan gaya spring dan katup terbuka, sehingga oli didalam sirkuit dapat keluar.



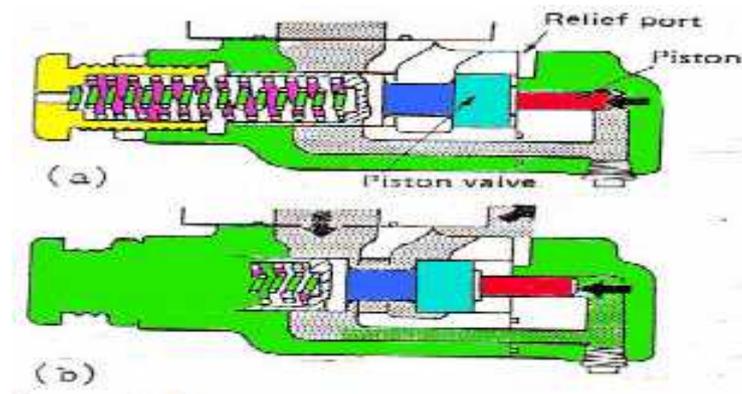
Gambar 2.8 Prinsip kerja tipe popet

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

Prinsip kerjanya :

Pada gambar 2.8 naiknya tekanan akan membuka katup

### b. Tipe piston



Gambar 2.9 Prinsip kerja tipe piston

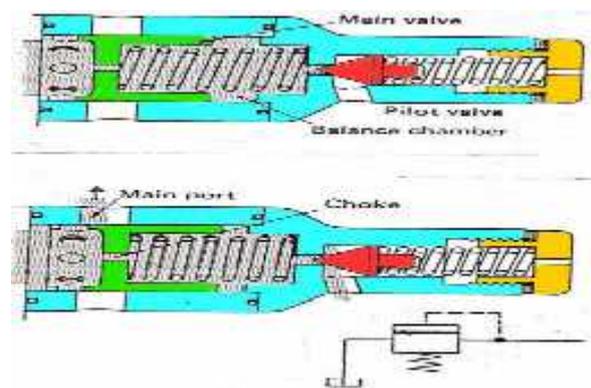
Sumber : [ lit.2, 2008 ]

Prinsip kerjanya :

Pada gambar (a) tekanan dalam sirkuit bekerja pada ujung piston dan mendorong katup piston. Apabila tekanan rendah, katup tidak terbuka karena tekanan tidak cukup melawan gaya spring.

Pada gambar (b), bila tekanan naik sehingga mampu melawan gaya spring piston akan mendorong katup piston yang selanjutnya akan membuka lubang dan membuang oli ke tangki sampai kenaikan tekanan berhenti.

### c. Tipe pilot



Gambar 2.10 Prinsip kerja tipe pilot

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

Prinsip kerjanya :

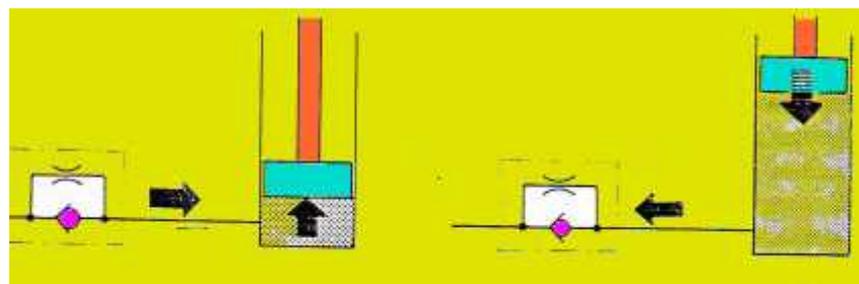
Tipe katup ini sama dengan tipe poppet dalam membebaskan tekanan oli tetapi berbeda saat akhir pembebasan olinya dan mudah dalam mengatur tekanan seperti mudahnya dalam mengatur tekanan seperti mudahnya saat pembebasan oli . Naiknya tekanan akan menyebabkan pilot *valve* terbuka sehingga tekanan pada balance chamber turun dan main valve bergerak ke kanan yang selanjutnya membuka saluran buang yang lebih besar. Ketiga tipe katup pengontrol tekanan diatas ( *pressure control valve* ) umumnya dipakai untuk *relief* dan *safety valve*.

## 2. *Flow control Valve* ( katup pengontrol aliran )

Katup pengontrol aliran adalah katup yang berfungsi mengatur jumlah aliran oli yang akan masuk ke actuator. Katup-katup yang dikategorikan kedalam katup pengontrol aliran antara lain :

### a. *Trottle Valve*

Konstruksi *trotte valve* terlihat pada gambar 2.11 Fungsi dari *trottle valve* adalah mengalirkan oli ke dua arah dimana arah aliran kembali dipersempit sehingga kapasitas oli yang mengalir menjadi kecil. *Trottet valve* ini banyak dipakai pada *fork lift cylinder*.



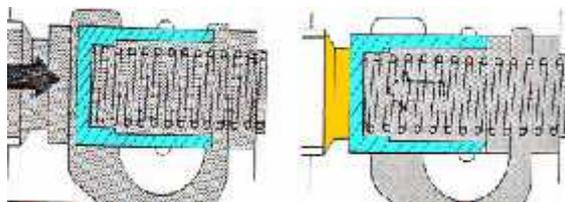
Gambar

2.11 Simbol kerja *trottet valve*

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

### b. *Make Up Valve*

Nama lain untuk make up valve adalah *suction valve*, *intake valve*, *suction return valve*, *vacuum* dan *antivoid valve*. Katup ini berfungsi untuk mencegah kevakuman dalam sirkuit hidrolis,. Biasanya terpasang antara *control valve* dan *actuator*. Kontruksi dari *make up valve* ini terlihat pada gambar 2.12.

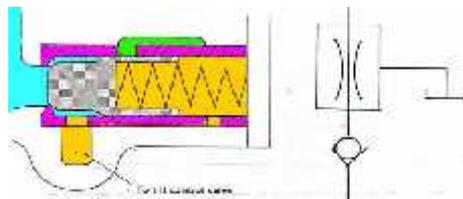


Gambar 2.12 Prinsip kerja *make up valve*

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

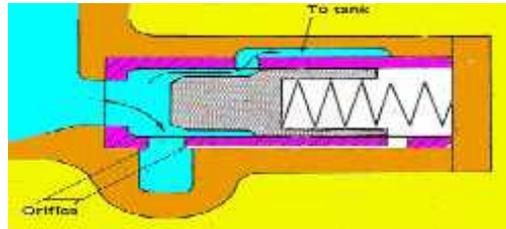
### c. *Flow Reducing Valve*

*Flow reduction valve* atau *flow check* berfungsi untuk mengurangi jumlah oli yang akan menuju actuator, agar gerakan actuator menjadi lambat, sesuai dengan load/bebannya Dengan lambatnya gerakan actuator tersebut maka operator akan mudah memposisikan *attachment* sesuai dengan yang dikehendaki. Contoh pemakaian *flow reducing valve* ialah pada tilit silinder pada bulldozer. Kontruksinya terlihat pada gambar 2.13 dan gambar 2.14.



Gambar 2.13 *Flow Reducing Valve* ( Sebelum Bekerja )

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

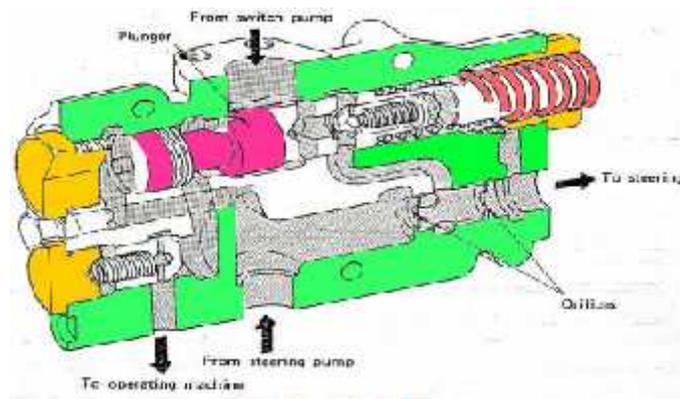


Gambar 2.14 *Flow reducing valve* ( sedang bekerja )

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

**d. Demand valve**

Fungsi *demand valve* ialah untuk menjaga agar oli yang menuju ke sistem stering selalu konstan. Contoh : pada wheel loader.

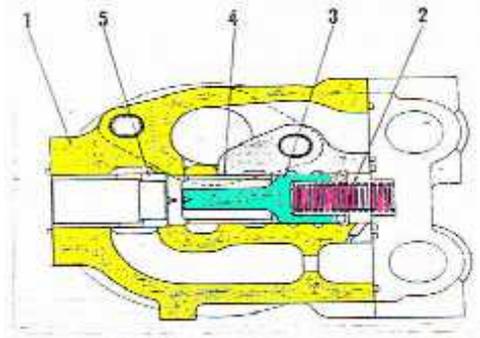


Gambar 2.15 Prinsip kerja *demand valve*

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

**e. Quick Drop Valve**

Fungsi *quick drop valve* untuk mempercepat penurunan blade sewaktu *control valve* posisi *lower drop* dimana oli dari gigi *cylinder head* disalurkan ke sisi *cylinder bottom*. Contoh pemakaian *quick drop valve* ini ialah pada *lift cylinder* (bulldozer). Kontruksi dari *quick drop valve* tersebut dapat dilihat pada gambar 2.16

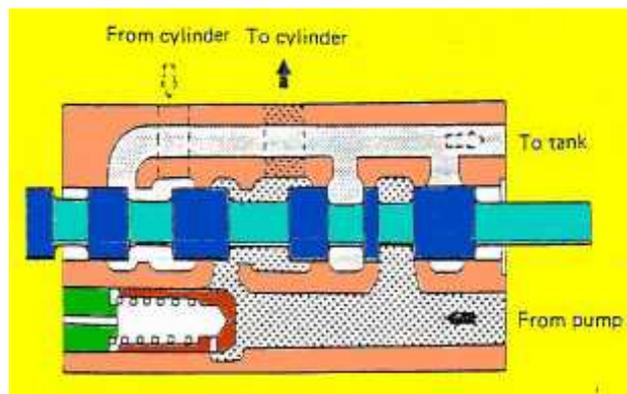


Gambar 2.16 *Quick drop valve*

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

### 3. *Directional Control Valve* ( katup pengontrol arah aliran )

Fungsi katup pengontrol arah aliran ialah untuk mengontrol arah dari gerakan silinder hidrolik atau motor hidrolik dengan merubah arah aliran oli atau memutuskan aliran oli. Contoh konstruksi dari katup pengontrol aliran (*directional control valve*) terlihat pada gambar 2.17 :



Gambar 2.17 *directional control valve* ( katup pengontrol arah aliran )

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

#### 2.2.2 Jenis Katup *Direct - Acting*

Dalam katup *direct – acting* ada 5 kategori actuator :

1. Aktuator manual mis. lever sederhana yang terhubung ke spool melalui berbagai macam sambungan.
2. Aktuator mekanis baik berupa roda ataupun torak pipa yang digerakkan oleh alat-alat mekanis mis. silinder atau cam.
3. Aktuator pneumatik yang menggunakan tekanan udara dan terpakai ke piston untuk merubah *spool* katup.
4. Aktuator hidrolik yang mana menggunakan aliran oli pilot untuk merubah *spool* katup. Aliran pilot yang mengontrol jenis katup

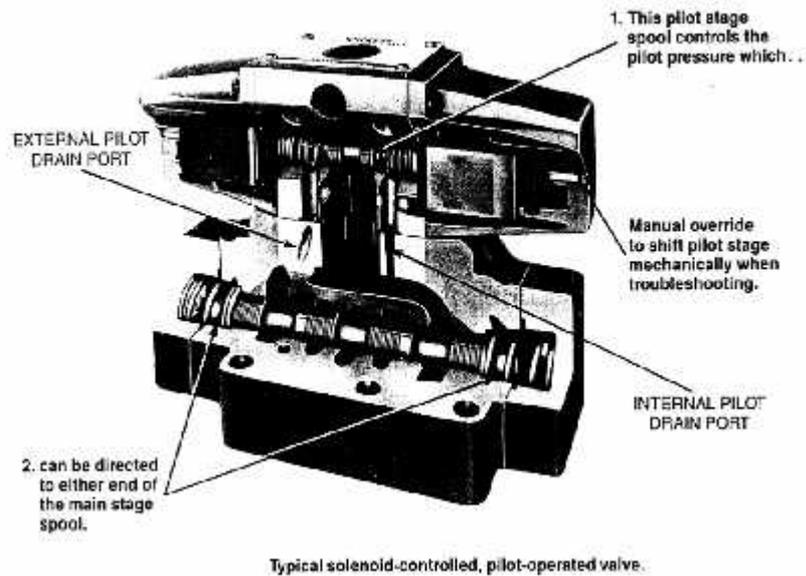
kontrol *directional* ini harus dikontrol oleh katup kontrol *directional*nya sendiri. Aliran bertekanan yang berasal dari katup pilot kecil diarahkan ke bagian *spool* besar pada saat perubahan diperlukan.

5. Aktuator listrik yang mana secara umum disebut dengan solenoid. Torak pipa solenoid yang ditarik ke dalam medan magnet, secara langsung menekan *spool* atau pin.

Adapun jenis – jenis katup *direct – acting* yaitu :

### **1. Katup dua tingkat**

Katup dua tingkat adalah katup yang menggunakan fleksibilitas dan tenaga hidrolik, katup dua tingkat dapat mengontrol volume cairan yang besar dengan tekanan tinggi. Untuk menggunakan katup solenoid *direct-acting* dengan aliran yang besar dan tekanan tinggi, maka diperlukan solenoid yang sangat besar dan jumlah arus listrik yang besar pula. Bahkan aktuator pneumatik harus besar jika dihubungkan dengan katup kontrol *directional*. Untuk mengoperasikan katup besar, maka katup yang dioperasikan dengan solenoid yang kecil bisa digunakan untuk mengontrol oli pilot untuk mengoperasikan *spool* utama. Jumlah tekanan yang diperlukan untuk merubah *spool* utama biasanya 75 sampai 100 psi, tetapi tekanan ini biasanya berubah-ubah tergantung konfigurasi *spool*nya. Tekanan pilot secara normal disuplai melalui aliran internal yang terhubung ke port tekanan utama di bagian dalam katup.



Gambar 2.18 Katup Dua Tingkat

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

## 2. Katup posisi dua katup dan tiga katup

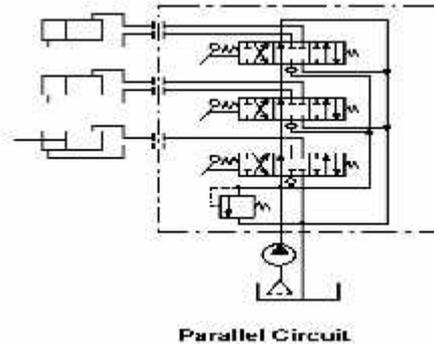
Posisi dua katup yang dioperasikan dengan aktuator tunggal dan dikembalikan melalui pegas disebut dengan *katup jenis offset pegas*. Posisi dua katup yang dioperasikan dengan dua aktuator dimana katup akan tetap pada posisi yang lain disebut dengan *katup bi-stable*. Posisi tiga katup akan memerlukan dua aktuator atau dua aktuator direction, contohnya adalah dua solenoid atau sebuah lever.

## 3. Katup kontrol multiple directional

Katup kontrol multiple directional diklasifikasikan ke dalam tiga jenis, yakni rangkaian parallel, seri dan tandem sesuai dengan model aktuator operasi.

- Rangkaian parallel

Rangkaian paralel adalah suatu rangkaian dimana port katup pengubah multiple tekanan dihubungkan secara paralel. Walaupun katup dapat dioperasikan secara simultan, namun aktuator tekanan beban yang lebih kecil yang akan pertama kali beroperasi karena oli mengalir ke dalam aktuator tekanan beban yang lebih kecil. Oleh karena itu, apabila terjadi fluktuasi beban, maka aktuator yang tidak diharapkan bisa beroperasi. Selanjutnya, dalam hal ini, tekanan oli yang dibangkitkan oleh beban berat dapat mengalir kembali dan mengoperasikan aktuator, dan perlu diberikan *check valve* beban untuk menghindari insiden ini.

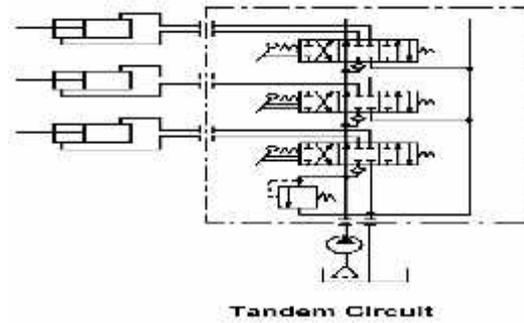


Gambar 2.19 Rangkaian Paralell

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

- Rangkaian Tandem

Rangkaian tandem tidak dapat mengoperasikan aktuator multiple secara simultan. Bahkan apabila aktuator multiple dioperasikan secara simultan, karena oli yang mengalir mengoperasikan aktuator pada pompa ke arah upstream dan kembali ke tangki, maka aktuator pada pompa ke arah downstream tidak dapat beroperasi. Apabila perlu mengoperasikan secara simultan dengan menggunakan semua alat, maka torak pipa yang ke arah upstream akan dirubah sedikit ke posisi netral dari posisi naik dan turun untuk mengalirkan oli ke torak pipa yang mengarah kebawah dan pada saat yang sama torak pipa ke hilir akan dipasang pada posisi naik dan turun. Sehingga kemungkinan dua silinder bisa beroperasi secara simultan.

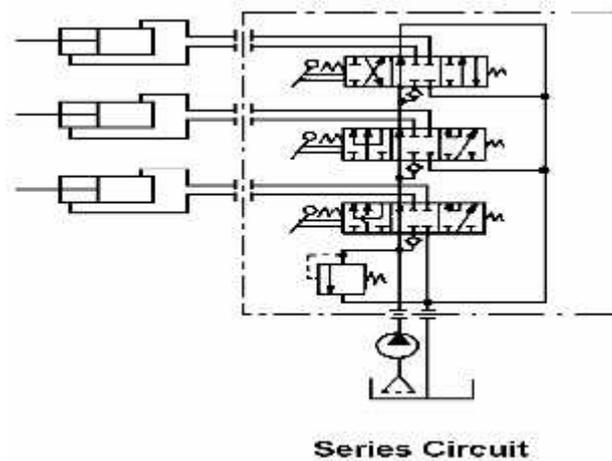


Gambar 2.20 Rangkaian Tandem

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

- Rangkaian seri

Rangkaian seri adalah suatu rangkaian dimana oli pembalik dari aktuator upstream mengalir ke dalam port aktuator *down stream* pompa dan terus mengoperasikan aktuator ini. Oleh karena itu, memungkinkan untuk mengoperasikan lebih dari dua aktuator yang terlepas dari beban yang terpakai. Namun demikian, rangkaian ini tidak beroperasi kecuali jika total tekanan operasi pada operasi simultan tidak berada dibawah tekanan katup dengan relif utama yang telah ditentukan.



Gambar 2.21 Rangkaian Seri

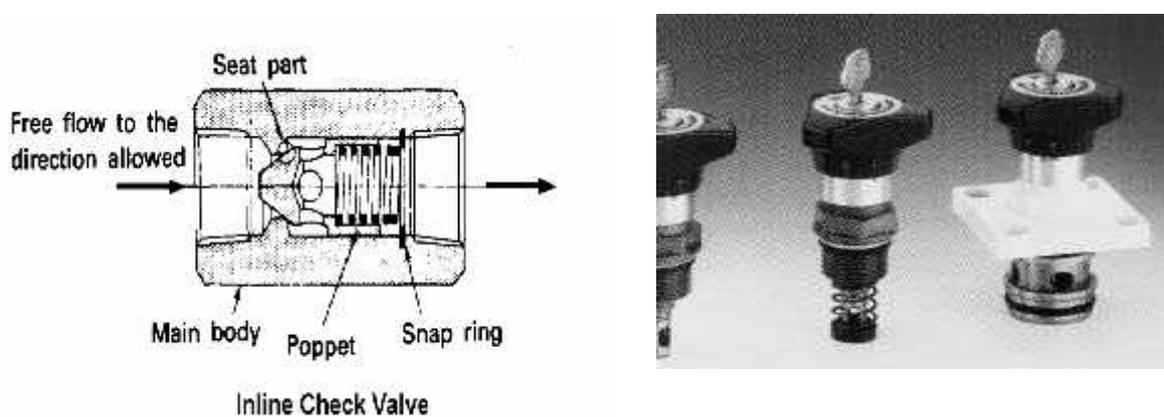
Sumber : [ lit.2, 2008 ]

### 2.2.3 Jenis – Jenis Katup pada Alat Berat

Pada pembahasan valve ini yang diutamakan adalah directional control valve, dimana jenis-jenis dari valve ini adalah :

#### 1. *Check valve*

Katup yang dipasang pada aliran pipa dan menghentikan aliran oli pada satu arah serta membiarkan oli tersebut mengalir ke arah yang lain. *Check valve* yang sederhana digunakan apabila aliran hanya dalam satu arah.

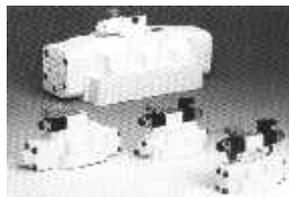


Gambar 2.22 *Check Valve* Satu Arah

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

#### 2. *Sliding Spool Valve*

*Sliding spool* adalah katup untuk mengontrol aliran fluida , dimana pada katup (*valve*) tersebut terdapat *spool* yang meluncurkan dalam lubang untuk mengatur besarnya aliran fluidanya.

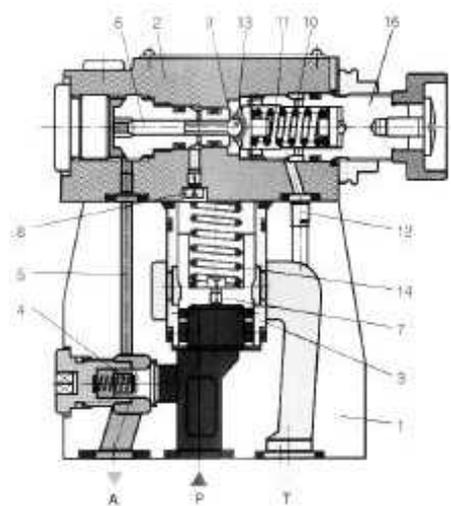


Gambar 2.23 *Sliding spool valve* dengan pengontrolan elektrik

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

### 3. *Shut-off valve*

*Shut off valve* adalah katup untuk mengontrol aliran fluida dimana arah aliran fluida akan diatur secara penuh, baik untuk membuka maupun menutupnya.

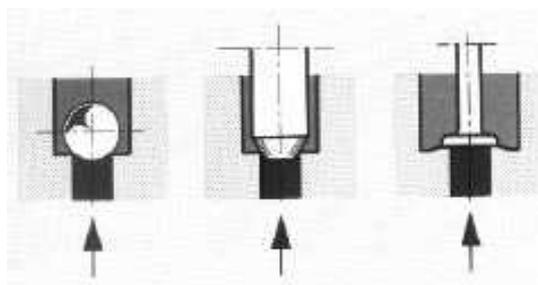


Gambar 2.24 Katup *shut-off* dengan pemandu tekanan

Sumber : [ lit.2, 2008 ]

### 4. *Poppet valve*

*Poppet valve* adalah *valve* untuk mengontrol aliran fluida, dimana didalamnya terdapat elemen dudukkan yang setiap saat dapat diatur untuk dapat memperoleh aliran bebas dalam satu arah, kemudian tertutup kembali (duduk kembali) ketika aliran fluidanya balik.



Gambar 2.25 Prinsip dudukkan bola, popet, dan plat

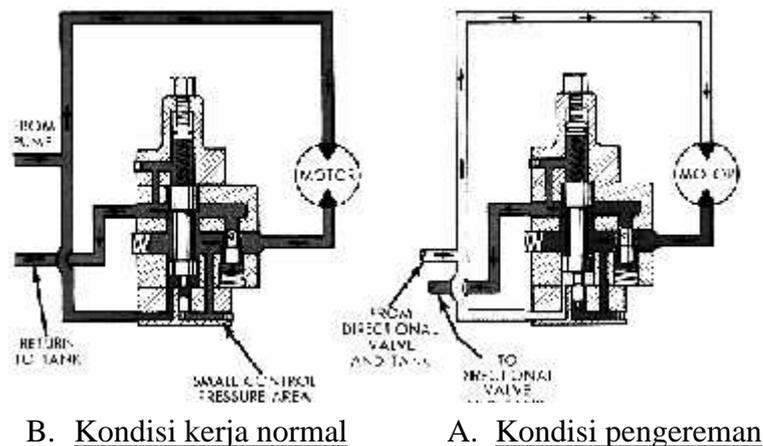
Sumber : [ lit.2, 2008 ]

### 5. Shuttle valve

*Shuttle valve* adalah *valve* kontrol aliran fluida dimana *valve* tersebut merupakan penghubung antar rangkaian atau digunakan untuk memilih satu atau lebih rangkaian yang disebabkan oleh perubahan aliran fluida.

### 6. Katup rem ( *brake valve* )

Katup rem (*brake valve*) adalah aplikasi yang mirip dengan penyeimbangan (*counterbalancing*). *Brake valve* digunakan pada sirkuit motor hidrolik untuk memberikan tekanan balik bagi kontrol selama operasi dan menghentikan motor ketika sirkuit dalam keadaan netral.



Sumber : [ lit.2, 2008 ]

Prinsip kerja katup rem ketika kondisi kerja normal ( gambar A ) menunjukkan bahwa beban sedang dipercepat dari sebuah titik pemberhentian. Selama percepatan, nilai torsi motor berada pada titik paling tinggi, jadi besar tekanan berada pada titik maksimum. Dengan adanya tekanan operasi di bawah *spool* besar, *valve* pengereman (*brake valve*) dipaksa terbuka lebar dan aliran *exhaust* (buangan) dari motor dapat keluar tanpa hambatan. Setelah motor bergerak pada suatu kecepatan, bukaan *valve* akan berubah untuk menimbulkan tekanan balik jika terjadi *over run* oleh motor terhadap tekanan (*delivery*) pompa. Setiap *over run* akan menyebabkan jatuhnya tekanan instan atau seketika pada bidang yang luas di bawah *spool*. Kemudian, tekanan di bawah saluran *exhaust*,

yang bekerja di bawah piston kecil, akan mengoperasikan *valve* seperti *valve* penyeimbang (*counter balance valve*) hingga tekanan pompa terimbangi.

Dan prinsip kerja katup rem ketika kondisi kerja normal ( gambar B ) menunjukkan operasi dalam netral. Pompa dikosongkan melalui *valve* arah dan motor sedang digerakkan oleh inersia bebannya. Tekanan balik yang ditimbulkan oleh pegas *valve* yang seimbang dengan tekanan di bawah piston kecil memperlambat motor. *Check valve* internal membiarkan aliran bebas balik untuk mengubah motor ke arah yang berlawanan.

## **2.3 Pompa hidrolik**

### **2.3.1 Definisi Pompa Hidrolik**

Pompa hidrolik merupakan suatu alat untuk menimbulkan atau membangkitkan aliran fluida (untuk memindahkan sejumlah volume fluida) dari satu titik ke titik yang lain

### **2.3.2 Klasifikasi Pompa Hidrolik**

Ada tiga faktor utama yang menentukan kelas pompa yaitu Tekanan operasi (kerja) maksimum (kPa atau bar), volume aliran (liter/menit) pada kecepatan putar poros pompa (rpm), dan pemindahan geometris per putaran poros pompa ( $m^3$ ) Kelas ini ditentukan oleh pabrik pembuat.

Apabila dalam penggunaan melebihi ketentuan-ketentuan di atas akan dapat menyebabkan berkurangnya umur pemakaian pompa, atau kerusakan fatal pada pompa dan sistem hidrolik. Sehingga kelas-kelas pompa diberikan untuk membedakan kondisi kerja, seperti:

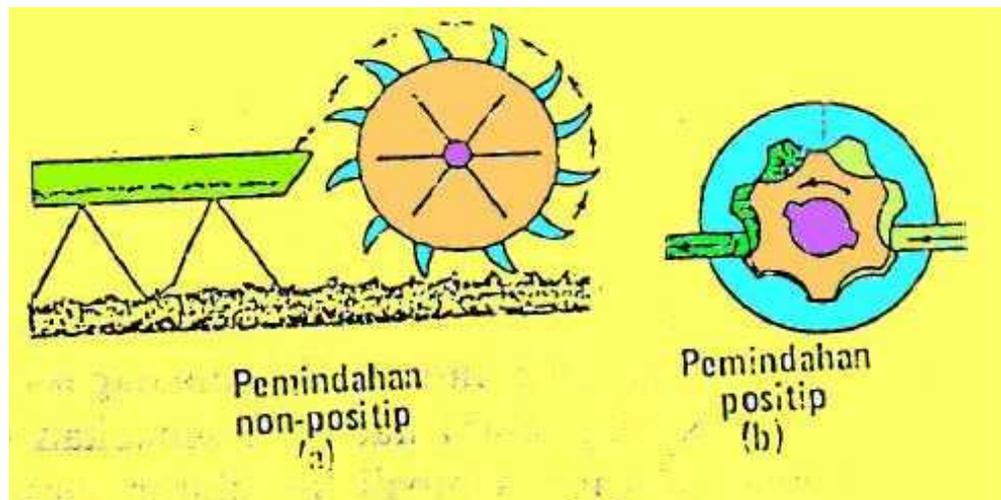
- tekanan pelepasan maksimum untuk operasi terus-menerus,
- tekanan maksimum untuk operasi sebentar (sementara),
- tekanan puncak maksimum, hanya untuk puncak-puncak pendek

Sehingga pompa hidrolis dapat diklasifikasikan dari beberapa faktor yaitu:

### 1. Berdasarkan sistem pemindahannya

Berdasarkan sistem pemindahan pompa dapat dibedakan menjadi dua macam cara yaitu :

- 1) Pemindahan non-positif
- 2) Pemindahan positif.



Gambar 2.26 Sistem pemindahan pompa

Sumber : [ lit.1, 2008 ]

Prinsip kerjanya yaitu :

- Pada gambar a sudu-sudu air menunjukkan aspek pemindahan non-positif. Sistem ini memperlihatkan bahwa fluida hanya sekedar terbawa bebas dan dipindahkannya. Sehingga volume dan tekanan hasil pemindahannya tidak dapat dipastikan. Dan biasanya sistem ini hanya dipakai pada alat-alat pertanian.
- Pada gambar b menunjukkan pompa dengan sistem pemindahan positif. Mengapa demikian? Pompa sistem ini adalah yang belakangan ini banyak digunakan dalam sistem hidrolis modern. Pompa hidrolis bukan hanya membangkitkan aliran, tetapi juga mendorong aliran tersebut. Sekat (seal) di sekeliling roda gigi menjerat sejumlah fluida dan menahannya kemudian bergerak. Karena fluida mengalir keluar menuju sisi gigi yang lain, fluida tertutup kemudian meluap.

## 2. Dilihat dari segi volume pemindahan yang dihasilkan

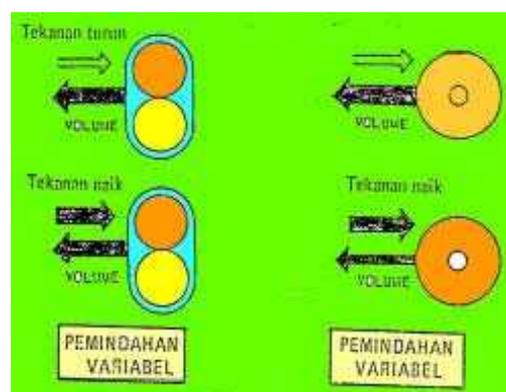
Pompa hidraulik dibedakan menjadi dua bagian pula, yaitu:

### 1. Pompa pemindahan tetap (*fixed*).

Pada pompa pemindahan tetap, pompa akan menggerakkan atau memindahkan sejumlah volume oli yang sama dalam setiap putaran (*cycle*). Volume ini hanya akan berubah apabila kecepatan putar pompa (rpm) juga diubah. Volume dapat dipengaruhi oleh tekanan dalam sistem, tetapi hal ini disebabkan oleh suatu penambahan kebocoran yang kembali ke saluran masuk pompa. Karena kebocoran ini maka pompa dengan pemindahan tetap biasa ditemukan dalam sistem tekanan lebih rendah atau sebagai pembantu pompa yang lain dalam suatu sistem tekanan yang lebih tinggi.

### 2. Pompa pemindahan berubah-ubah (*variable*).

Pada pompa dengan pemindahan tidak tetap (*variabel*) dapat memberikan volume pemindahan olinya bervariasi dalam setiap putaran, bahkan pada kecepatan putaran yang sama sekalipun. Pompa jenis ini mempunyai suatu mekanik di bagian dalam yang mengubah hasil pemompaan (*out-put*) oli, dan biasanya dipakai untuk menjaga tekanan konstan dalam suatu sistem. Seperti terlihat dalam Gambar 2.25 ketika tekanan sistem menurun, volume akan bertambah. Dan sewaktu tekanan bertambah, volume akan menurun.



Gambar 2.27 Perbandingan sistem pemindahan pompa

Sumber : [ lit.1, 2008 ]

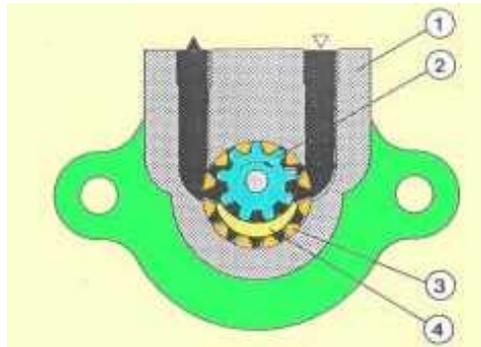
### 2.3.3 Jenis – Jenis Pompa Hidrolik

Berikut ini akan diuraikan jenis-jenis pompa beserta cara kerjanya.

#### a. Pompa roda gigi

Pompa dengan prinsip mekanik roda gigi sebagai pemicu aliran fluida, dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

- 1) Pompa roda gigi dalam

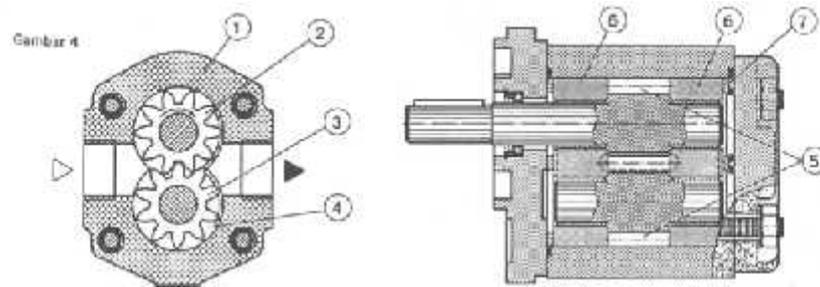


Gambar 2.28 Pompa roda gigi dalam

Sumber : [ lit.1, 2008 ]

Jenis pompa roda gigi dalam ini biasanya mempunyai dua roda gigi yang berpasangan. Profil gigi yang dipakai adalah profil gigi lurus, dan roda gigi kecil terletak di dalam roda gigi besar. Pasangan roda gigi harus berada pada satu sisi roda gigi yang lebih besar, dan pasangan kedua roda giginya terbagi pada sisi-sisi yang lain dengan pemisah berbentuk bulan sabit.

## 2) Pompa roda gigi luar.



Gambar 2.29 Pompa roda gigi luar

Sumber : [ lit.1, 2008 ]

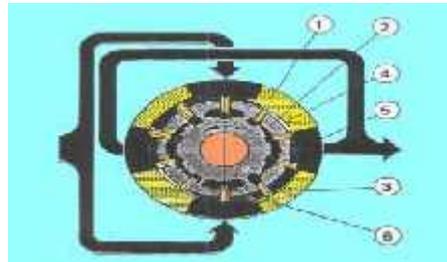
Sama halnya dengan pompa roda gigi dalam, pada jenis ini juga mempunyai dua gigi yang berpasangan dan keduanya terpasang dalam satu rumah. Poros pemutar menggerakkan salah satu roda gigi dan kemudian menggerakkan roda gigi pasangannya.

### b. Pompa sudu-sudu

Pompa sudu-sudu adalah pompa serba guna dan dapat direncanakan sebagai pompa tunggal, double, atau bahkan ganda tiga dalam satu unit pompa. Semua pompa sudu-sudu memindahkan fluida dengan menggunakan suatu alur memutar yang berfungsi sebagai rotor dengan sudu-sudu yang terpasang di dalamnya (di dalam alur).

Pompa, sudu-sudu jenis ini terdiri dari dua macam pompa yang banyak digunakan:

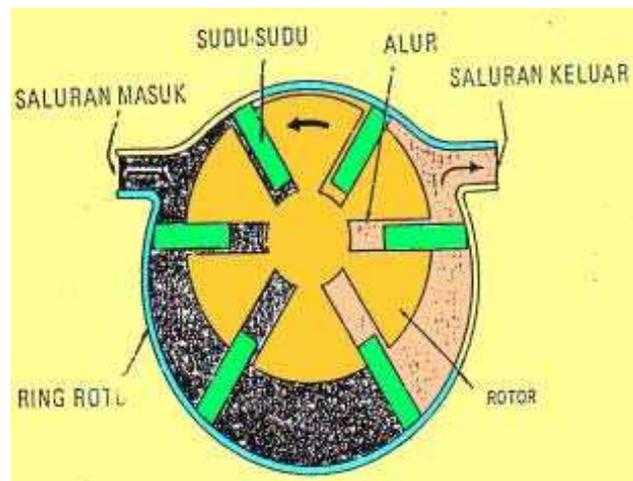
1) Pompa sudu-sudu seimbang (*balanced*)



Gambar 2.30 Pompa sudu-sudu seimbang (*balanced*)

Sumber : [ lit.1, 2008 ]

2) Pompa sudu-sudu tidak seimbang (*unbalanced*)



Gambar 2.31 Pompa sudu-sudu tidak seimbang (*unbalanced*)

Sumber : [ lit.1, 2008 ]

Jadi, dapat dibedakan antara pompa sudu – sudu seimbang dengan tidak seimbang yaitu :

Kalau pompa sudu – sudu seimbang dapat memecahkan satu masalah, tetapi hanya dapat digunakan pada pemindahan tetap dan pada posisi saluran ke luar tidak dapat diubah atau mungkin keseimbangan menjadi terganggu.

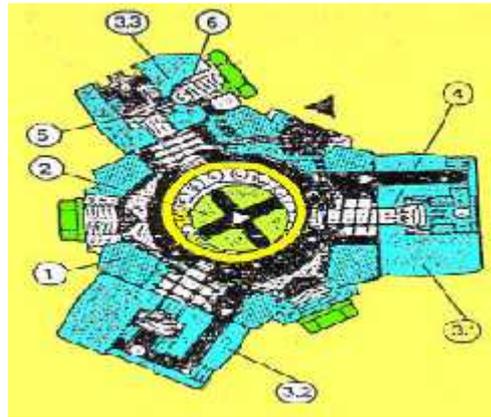
Sedangkan pompa sudu – sudu tidak seimbang cenderung untuk mempercepat rusaknya bantalan akibat beban yang tidak seimbang dan tidak merata. Penyebabnya diperlihatkan pada penekanan poros dan bantalan dari tekanan balik oli yang dibuang pada sisi saluran keluar pompa.

### c. Pompa Torak

Pompa torak dapat diklasifikasikan pompa torak mempunyai dua jenis :

#### 1. Pompa torak aksial

Pompa torak aksial berarti bahwa torak terpasang dalam garis paralel dengan sumbu poros pompanya. Jadi torak melakukan gerak sejajar dengan sumbu poros pompa.

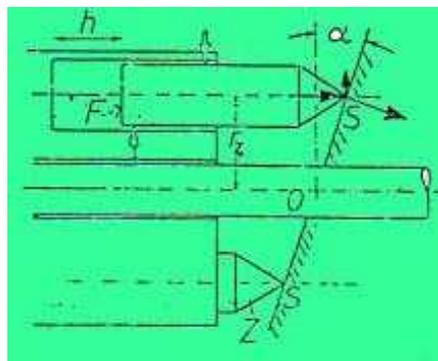


Gambar 2.32 Pompa torak radial

Sumber : [ lit.1, 2008 ]

#### 2. Pompa torak radial.

Pompa torak radial adalah pompa torak yang melakukan gerak radial atau tegak lurus terhadap sumbu pompa. Torak melakukan gerak maju dan mundur, menjauhi dan mendekati sumbu pompa.



Gambar 2.33 Pompa torak radial

Sumber : [ lit.1, 2008 ]

## 2.4 Fluida

### 2.4.1 Definisi Fluida

Fluida adalah zat yang dapat mengalir. Kata Fluida mencakup zat cair, air dan gas karena kedua zat ini dapat mengalir, sebaliknya batu dan benda-benda keras atau seluruh zat padat tidak digolongkan ke dalam fluida karena tidak bisa mengalir.

Susu, minyak pelumas, dan air merupakan contoh zat cair. dan Semua zat cair itu dapat dikelompokkan ke dalam fluida karena sifatnya yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain. Selain zat cair, zat gas juga termasuk fluida. Zat gas juga dapat mengalir dari satu tempat ke tempat lain. Hembusan angin merupakan contoh udara yang berpindah dari satu tempat ke tempat lain.

### 2.4.2 Jenis – Jenis Fluida

Sistem hidrolik dapat dioperasikan dengan menggunakan media oli. Jenis jenis fluida hidrolik yang digunakan adalah :

1. Oli yang berasal dari mineral (*mineral oil*)
2. Oli yang berasal dari tumbuhan (*vegetable oil*)
3. Oli yang berasal dari bahan Sintetis (*Full synthetic*)
4. Oli yang tahan terhadap panas (*Fire resistant*)
5. Air murni (*pure water*).

Pada umumnya fluida hidrolik menggunakan oli yang berasal dari mineral (*mineral oil*), hal ini disebabkan karena mineral oli mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya adalah :

- Tahan terhadap tekanan tinggi
- Kenaikan (perubahan) viskositasnya kecil, walaupun temperatur kerja dan tekanannya tinggi.
- penambahan bahan aditifnya kecil
- kandungan air (kelembabannya) rendah
- tahan terhadap korosi dan oksidasi.

Sampai saat ini oli mineral masih merupakan bahan dasar oli hidrolik yang terbaik. Karakteristik atau sifat oli mineral tergantung pada 3 faktor :

1. Jenis bahan mentah oli yang digunakan.
2. Derajat dan metode penyulingan
3. Bahan tambah yang digunakan.

### **2.4.3 Sifat-Sifat Oli Hidrolik dan Zat Aditif**

Untuk pengoperasian sistem hidrolik yang tepat dan terus menerus sangat diperlukan zat aditif khusus dan sejumlah aditif lainnya dicampurkan dalam oli murni. Dibawah ini akan dijelaskan tentang istilah-istilah yang paling umum dan zat aditif yang biasa dipakai pada fluida hidrolik.

#### **1. Kekentalan (Viskositas)**

Viskositas adalah ukuran kemampuan fluida hidrolik untuk mengalir. Pengujian viskositas dengan viscosimeter, kuantitas ukuran cairan yang akan diuji dipanaskan terlebih dahulu untuk menguji temperaturnya ( 40 C untuk cairan hidrolik) dan waktu yang dihabiskan cairan tersebut untuk mengalir melalui orifice yang telah diukur akan dicatat. Penghitungan besaran viskositas dalam Cst (centistokes) atau SUS (kadang-kadang ditulis SSU - Saybolt Universal Seconds). Satuan viskositas ini ditentukan oleh pabrik pembuat sesuai spesifikasi komponen hidrolik dan dengan berdasarkan pada kekentalannya, oli bisa diberi kadar oleh perusahaan oli itu sendiri dengan ISOVG atau dengan sistem penomoran SAE.

#### **2. Pelumasan**

Pelumasan adalah kemampuan suatu oli untuk mengurangi gesekan (friksi) diantara. Komponen yang bergerak diklasifikasi sebagai pelumasan. Zat aditif khusus ditambahkan ke oli untuk meningkatkan sifat-sifat ini.

#### **3. Anti-foam**

Oli mengandung kuantitas udara yang terserap pada saat oli digetarkan, maka oli tersebut akan memunculkan udara dalam gelembung-gelembung kecil. Udara dapat menyebabkan adanya masalah dalam pengoperasian sistem, sehingga zat aditif biasanya ditambahkan untuk mengurangi penyerapan volume udara yang ada dalam oli dan mempercepat pembuangan udara yang terperangkap selama masa digetarkan.

#### **4. Resistansi Oksidasi**

Oksigen dalam atmosfer bercampur dengan oli murni membentuk lumpur, asam dan minyak rengas. Peristiwa ini disebut dengan oksidasi dan pada saat oli dipanaskan dan digetarkan, proses oksidasi dipercepat. Zat kimia tambahan dalam oli yang disebut dengan *inhibitor oksidasi* membentuk suatu penghalang untuk mencegah atau paling tidak mengurangi terjadinya *breakdown*.

#### **5. Penghambat Korosi**

Zat kimia tambahan dimasukkan ke oli murni untuk memberikan perlindungan pada permukaan bagian dalam komponen permesinan. Zat aditif ini juga digunakan untuk meningkatkan pemisahan kelembaban dari oli (*demulsifier*) karena air adalah merupakan penyebab utama terjadinya korosi.

#### **6. Kompatibilitas**

Suatu cairan diukur kompatibilitasnya dengan seal, metal dan material lain yang digunakan dalam sistem hidrolis. Spesifikasi cairan akan menjelaskan material-material yang cocok dan yang tidak cocok.

#### **7. Pencegahan karat dan korosi**

Karat dan korosi keduanya adalah rentetan dari oksidasi, dan fluida hidrolis (yang kondisinya tetap bersih) dengan kualitas antioksidasi dimaksudkan untuk menahan karat dan korosi.

Kemudian, karat dan korosi itu sendiri dapat dihalangi dengan menggabungkan bahan tambah pada oli, dan semacam penempelan lembaran plat pada permukaan logamnya untuk mencegah kerusakan secara kimia. Tetapi cara yang paling baik untuk mencegah korosi (kontaminasi) adalah dengan menggunakan oli yang sesuai, penyimpanan yang baik, pengangkutan atau pengiriman dengan metode yang tepat, penyaringan baik, dan pembersihan secara periodik dengan baik pada seluruh sistem hidrolis.

#### **8. Ketahanan oli terhadap api**

Kelemahan utama oli mineral adalah dapat terbakar. Apabila sistem hidrolis itu berada di dekat bagian-bagian bersuhu tinggi, atau sumber - sumber

lain yang dapat memercikkan api pada oli hidrolik. Penggunaan oli hidrolik tahan terhadap api adalah suatu syarat yang tidak boleh tidak harus dipenuhi.

Ada tiga jenis dasar fluida tahan api, yakni :

- 1) *glycol-air*
- 2) campuran oli-air
- 3) oli sintetis.

## **2.5 Pipa Saluran**

### **2.5.1 Definisi Pipa**

Selang, pipa, dan tabung fluida adalah digunakan menghubungkan berbagai komponen hidrolik dan menghantarkan fluida ke seluruh sistem. Saluran konduktor (penghantar) harus mampu menahan bukan hanya tekanan sistem maksimum menurut perhitungan, tetapi juga kejutan-kejutan tekanan yang timbul dalam sistem.

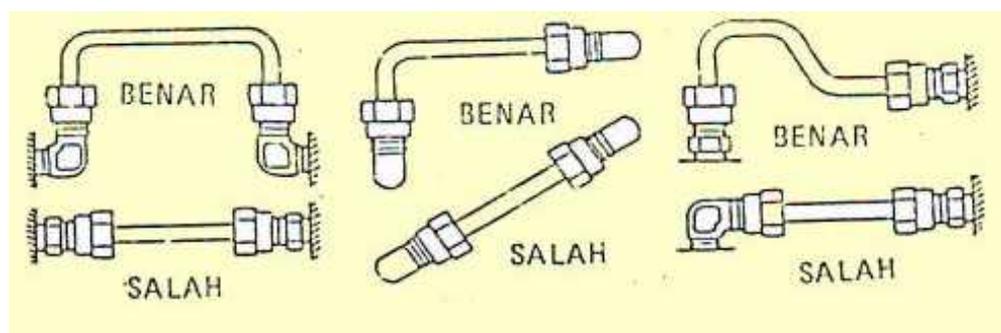
Pemilihan konduktor (tabung, pipa logam atau karet) dan elemen penyambung (fitting) tergantung pada faktor-faktor berikut :

- tekanan statis dan dinamis
- aliran rata-rata (debit)
- kesesuaian terhadap fluida
- pemeliharaan
- vibrasi
- kekuatan kebocoran
- kondisi lingkungan
- pemakaian
- harga.

### 2.5.2 Faktor – faktor yang Harus Diperhatikan pada Saat Pemasangan ( Instalasi ) Pipa.

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemasangan pipa antara lain :

- 1) Penggantian pipa dengan rancangan dan bahan yang serupa.
- 2) Apabila mungkin, menghindari sambungan pada pipa lurus, khususnya pada belokan yang tajam. Alasannya adalah bahwa belokan lurus tidak memberikan ekspansi dan kontraksi yang cukup selama tekanan dan panas berubah-ubah
- 3) Pada pemasangan pipa panjang, sebaiknya menggunakan siku-siku dan klem untuk mengurangi tegangan dan perubahan bentuk. Seluruh komponen harus disambung dengan sistem ulir untuk membatasi tekanan dan tegangan pada pipa.
- 4) Penggantian pipa harus bersih dan bebas dari karat dan terak. Untuk mendapatkan permukaan dalam pipa yang bersih dan mengkilap, dua metode yang digunakan oleh pabrik pembuat adalah pencelupan dan pembersihan dengan semprotan pasir (sand blasting).
- 5) Untuk memudahkannya dalam pemasangan pipa yang panjang menggunakan penyekat, apalagi kalau salurannya melewati dinding atau ruangan. Hal ini bukan hanya memberi kemudahan dalam pembongkaran tetapi juga sebagai penguat.



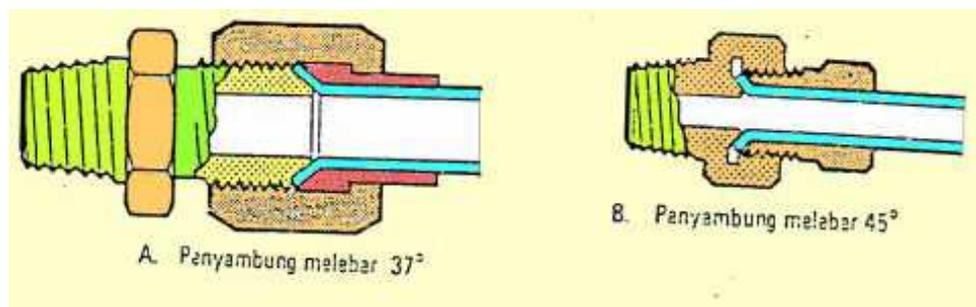
Gambar 2.34 Contoh pemasangan pipa hidrolik

Sumber : [ lit.3, 2008 ]

### 2.5.3 Penyambung Pipa

Penyambung pipa yang dikembangkan tersedia dalam beberapa jenis antara lain :

1. Penyambung pipa dengan tiga bibir yang dilebarkan mempunyai bagian-bagian badan, sarung, dan mur yang mengikat pipa.
2. Penyambung pipa dengan dua bibir dilebarkan tidak mempunyai sarung tetapi menggunakan mur tirus untuk menepatkan dan menyekat ujung pipa yang dilebarkan.
3. Penyambung pipa bagian melebar dibalikkan mempunyai sudut  $45^\circ$  pada bagian dalam badan penyambung.
4. Penyambung pipa melebar sendiri (otomatis) dirancang dengan sarung baji.



Gambar 2.35 Contoh Penyambung dengan cerawat  $37^\circ$  dan  $45^\circ$

Sumber : [ lit.3, 2008 ]

## 2.6 Rumus - Rumus Perhitungan Umum

### 2.6.1 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dalam dari satu tempat ke tempat lain.

Karena sifat fluida yang inkompresibel atau massa jenisnya tetap, maka persamaanya menjadi :

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

Menurut persamaan kontinuitas, perkalian antara luas penampang dan kecepatan fluida pada setiap titik sepanjang tabung aliran adalah konstan.

Persamaan di atas menunjukkan bahwa kecepatan fluida berkurang ketika melalui pipa lebar dan bertambah ketika melewati pipa sempit.

### 2.6.2 Persamaan Hukum Bernoulli

Metoda pengukuran aliran fluida pada suatu pipa ini dapat dilakukan berdasarkan “Hukum Bernoulli”, dimana Hukum Bernoulli menyatakan hubungan tekanan fluida yang mengalir pada suatu pipa adalah sebagai berikut :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2$$

Dimana :

- P = tekanan fluida
- $\rho$  = massa jenis fluida
- v = kecepatan fluida
- g = gravitasi bumi
- h = tinggi fluida (elevasi)

### 2.6.3 Persamaan Hidrostatik

Tekanan Hidrostatik adalah tekanan yang terjadi di bawah [air](#). Tekanan ini terjadi karena adanya berat air yang membuat cairan tersebut mengeluarkan tekanan. Tekanan sebuah cairan bergantung pada kedalaman cairan di dalam sebuah [ruang](#) dan [gravitasi](#) juga menentukan tekanan air tersebut.

Hubungan ini dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Dimana :

- P = Tekanan Hidrostatik dalam dyne/cm<sup>2</sup> ( N/m<sup>2</sup> )
- $\rho$  = massa jenis zat cair ( kg/m<sup>3</sup> )
- g = Percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup> )
- h = tinggi zat cair ( m )

### 2.6.4 Rumus Viskositas Fluida

Karena viskositas (  $\eta$  ) sebagai variabel yang dependen, maka viskositas merupakan fungsi dari besaran turunan kecepatan (V) dan tekanan (P) dan besaran pokok panjang berupa diameter (D) sebagai variabel independen-nya. Secara matematis hubungan itu di tulis sbb :

$$\eta = k.P.D / V$$

### 2.6.5 Rumus Hukum Pascal

Hukum pascal adalah dimana tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah

Dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$

Keterangan :

$F_1$ : Gaya tekan pada pengisap 1

$F_2$ : Gaya tekan pada pengisap 2

$A_1$ : Luas penampang pada pengisap 1

$A_2$ : Luas penampang pada pengisap 2

Jika yang diketahui adalah besar diameternya, maka:

$$F_2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \times F_1$$

### 2.5.6 Rumus Hukum Archimedes

Gaya apung ( hukum archimedes ) adalah selisih antara berat benda di udara dengan berat benda dalam zat cair

$$F_a = M_f \times g \quad F_a = \rho_f \times V_{bf} \times g$$

Keterangan:

$F_a$  = gaya apung

$M_f$  = massa zat cair yang dipindahkan oleh benda

$g$  = gravitasi bumi

$\rho_f$  = massa jenis zat cair

$V_{bf}$  = volume benda yang tercelup dalam zat cair