

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Miniatur**

Miniatur adalah suatu tiruan sebuah objek seperti tempat, bangunan, makanan, dan objek lainnya yang dapat dilihat dari segala arah atau biasa disebut benda tiga dimensi (KBBI, 2016). Miniatur juga merupakan suatu model hasil penyerdehanaan suatu realitas tetapi tidak menunjukkan aktivitas atau tidak menunjukkan suatu proses. Miniatur ini mampu menjelaskan detail dari sebuah objek yang menjadi topik bahasan secara tiga dimensi.

#### **2.2 Sistem Hidraulik Pesawat Terbang**

Dalam menangani suatu sistem atau komponen, pemahaman yang cukup mengenai komponen atau sistem yang ditangani tersebut sangat dibutuhkan. Pemahaman yang cukup akan mempermudah dalam menangani suatu sistem ataupun komponen pada suatu kendaraan, khususnya pesawat udara. Untuk itu perlu dipelajari beberapa hal sebelum menangani sistem tersebut. Hal pertama yang harus dipahami yaitu, bagaimana cara sistem tersebut bekerja termasuk apa dan bagaimana komponen dalam sistem tersebut bekerja. Maka akan lebih mudah untuk mendiagnosa kerusakan dan menentukan tindakan lanjutan yang akan dilakukan.

Hidraulik Pesawat Terbang adalah suatu sarana pemancaran energi atau tenaga dari satu tempat ke tempat lain secara efisien. Ini adalah sistem di mana cairan di bawah tekanan digunakan untuk mengirimkan energi ini. Sistem hidraulik mengambil tenaga mesin dan mengubahnya menjadi tenaga hidraulik dengan menggunakan pompa hidrolis. Tenaga ini dapat didistribusikan ke beberapa bagian pesawat melalui pipa yang terdapat sepanjang pesawat terbang. Tenaga hidrolis dapat diubah menjadi tenaga mekanik dengan menggunakan silinder penggerak.

Kelebihan dari sistem hidraulik, yakni;

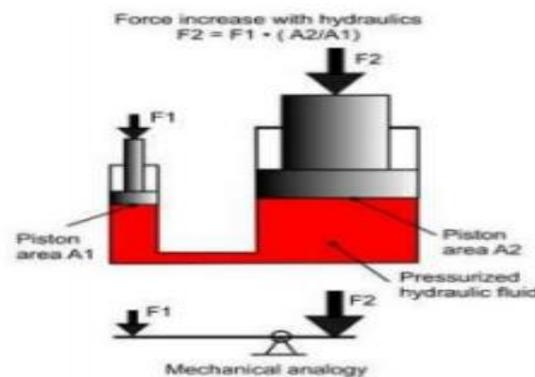
1. Dapat memindahkan tenaga yang besar, hanya dengan menggunakan komponen yang relatif kecil
2. Pergerakan yang relative halus atau *smooth*.
3. Tidak terkategori sebagai *shock hazard*.

4. Ia dapat mengembangkan gaya atau torsi yang praktis.

Beberapa perangkat yang dioperasikan oleh sistem hidraulik pada pesawat yakni, *primary controls*, *retraction and extension of landing gear*, membuka dan menutup pintu dan pintu *landing gear*, sistem peredam kejut dan pengangkat katup, mekanisme perubahan *pitch*.

### 2.3 Teori Operasi dari Sistem Hidraulik Pesawat Terbang

Fitur mendasar dari sistem hidraulik adalah kemampuan untuk menerapkan gaya atau torsi dengan cara yang mudah, terlepas dari jarak antara *input* dan *output*, tanpa memerlukan roda gigi atau tuas mekanis, baik dengan mengubah area efektif dalam dua silinder yang terhubung atau perpindahan efektif antara pompa dan motor.

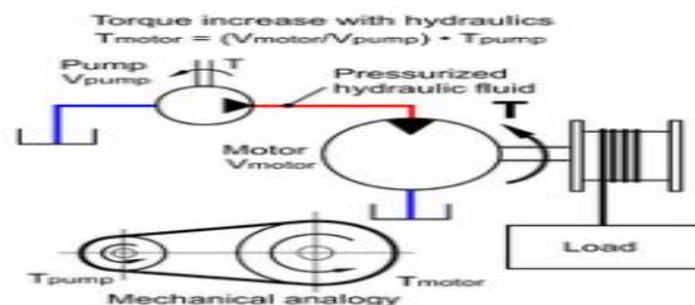


Gambar 2.1 Silinder Hidrolik yang saling berhubungan (*Module 10 Aircraft System*)

Contoh sederhana sistem hidraulik yakni silinder hidraulik yang saling berhubungan. Penampang silinder F1 adalah satu inci dalam radius, dan penampang silinder F2 adalah sepuluh inci dalam radius. Jika gaya yang diberikan pada F1 adalah 10 lbf, maka gaya yang diberikan oleh F2 adalah 1000 lbf karena penampang F2 sepuluh kali lebih luas dari penampang F1. Penggunaan yang paling umum untuk ini adalah dongkrak hidraulik klasik di mana silinder pompa dengan diameter kecil dihubungkan ke silinder pengangkat dengan diameter besar.

Adapun contoh sistem hidraulik yang menggunakan pompa dan motor yakni jika pompa putar hidraulik dengan kapasitas 10 cc / putaran dihubungkan ke motor

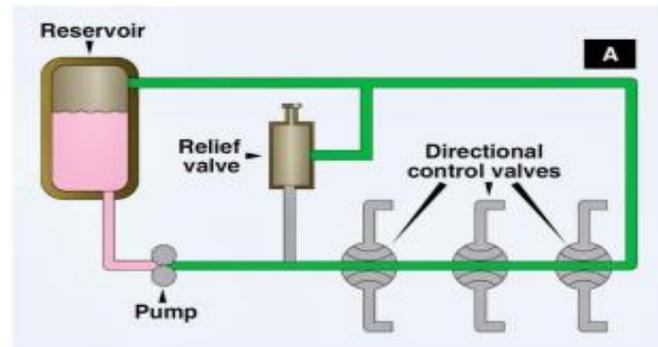
putar hidraulik dengan 100 cc / putaran, maka torsi poros yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa adalah 10 kali lebih kecil dari torsi yang tersedia pada poros motor, tetapi kecepatan poros (putaran / menit) untuk motor adalah 10 kali lebih kecil dari kecepatan poros pompa. Kombinasi ini sebenarnya adalah jenis perkalian gaya yang sama dengan contoh silinder F1 hanya itu gaya linier dalam hal ini adalah gaya putar, didefinisikan sebagai torsi. Kedua contoh ini biasanya disebut sebagai transmisi hidrolis atau transmisi hidrostatik yang melibatkan "rasio roda gigi" hidraulik tertentu.



Gambar 2.2 Pompa dan Motor (*Module 10 Aircraft System*)

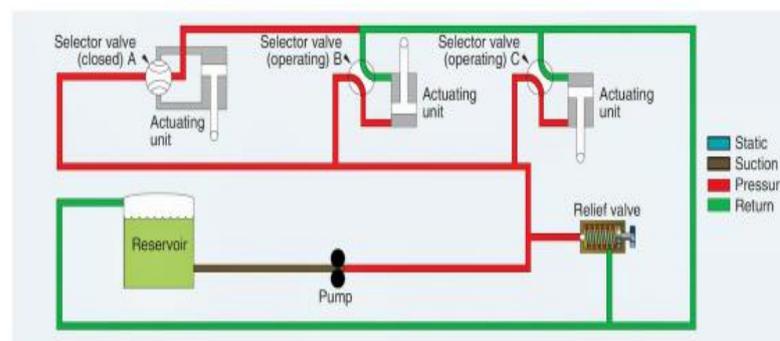
Agar fluida hidrolis dapat bekerja, ia harus mengalir ke aktuator, kemudian kembali ke reservoir. Cairan tersebut kemudian disaring dan dipompa kembali. Jalur yang ditempuh oleh fluida hidrolis disebut rangkaian hidrolis yang ada beberapa jenis. Rangkaian hidrolis ada dua yakni *open circuit* dan *closed circuit*.

*Open circuit* menggunakan pompa yang memasok aliran volume konstan. Aliran dikembalikan ke *reservoir* melalui *directional control valve*. Saat *directional control valve* diatur ke posisi tengah, ia menyediakan jalur balik ke *reservoir* dan fluida tidak dipompa hingga tekanan tinggi. Sebaliknya, jika *directional control* diubah posisinya maka mengarahkan fluida ke *actuator* dan dari *actuator* ke *reservoir*. Tekanan fluida akan naik jika menemui hambatan, karena pompa memiliki keluaran yang konstan. Jika tekanan naik terlalu tinggi, fluida kembali ke *reservoir* melalui *relief valve*, kadang-kadang dikenal sebagai *Automatic Cut Off Valve (ACOV)*. *Directional Control Valve* dapat ditumpuk secara seri.



Gambar 2.3 *Open Circuit (Module 10 Aircraft System)*

*Closed Circuit* memasok tekanan penuh ke *selector valve*, walaupun ada *selector valve* yang digerakkan atau tidak. Pompa memvariasikan laju alirannya, memompa sangat sedikit cairan hidrolik sampai operator menggerakkan katup. Oleh karena itu, *selector valve* tidak memerlukan jalur balik tengah terbuka ke *reservoir*. Beberapa *selector valve* dapat dihubungkan dalam pengaturan paralel dan tekanan sistem sama untuk semua *selector valve*. Dalam sistem lain, *variable volume pump* (Gambar 2.4) digunakan, pengiriman berkurang saat tekanan meningkat, sementara di beberapa sistem pesawat ringan sederhana, pengoperasian pompa yang digerakkan secara listrik dikendalikan oleh *switch* yang dioperasikan dengan tekanan.



Gambar 2.4 *Closed Circuit (Module 10 Aircraft System)*

## 2.4 Jenis-jenis Fluida Hidraulik

Hidrolik khusus sistem pesawat menggunakan minyak nabati, mineral dan berbahan dasar sintetis (dikenal sebagai cairan hidrolik) yang memiliki sifat-sifat berikut. Cairan tersebut memberikan pelumasan yang baik pada komponen,

viskositasnya cukup rendah untuk meminimalkan gesekan pada jaringan pipa dan memungkinkan pengoperasian motor dan pompa berkecepatan tinggi dan juga mencegah korosi internal dalam sistem. Cairan hidrolik memiliki rentang temperatur operasi yang luas. Cairan diwarnai untuk tujuan pengenalan, dan cairan dengan spesifikasi berbeda tidak boleh dicampur; cairan dengan spesifikasi yang sama, tetapi diproduksi oleh produsen berbeda, dapat dicampur jika diizinkan oleh manual perawatan yang sesuai. Penggunaan cairan yang tidak tepat untuk sistem tertentu dapat mengakibatkan kerusakan pada *seals*, *hoses* dan bagian non-logam lainnya, dan dapat menyebabkan sistem tersebut gagal atau *fail*.

Jenis-jenis cairan hidrolik, yakni sebagai berikut:

### **1. Cairan Berbasis Nabati**

Cairan nabati biasanya hampir tidak berwarna, dan harus digunakan dengan *pure rubber seals* dan *hoses*. Ini digunakan di beberapa sistem pengereman, namun tidak sering dijumpai pada sistem tenaga hidrolik.

### **2. Cairan Berbasis Mineral**

Cairan berbahan dasar mineral biasanya berwarna merah, dan harus digunakan dengan *synthetic rubber seals* dan *hoses*. Ini banyak digunakan di pesawat ringan sistem pengereman, sistem tenaga hidrolik, dan penyangga peredam kejut.

### **3. Cairan Berbasis Fosfat Ester**

Cairan berbasis ester fosfat banyak digunakan pada pesawat modern, terutama karena ketahanan api dan suhu operasi yang rentangnya luas. Ini mungkin berwarna hijau, ungu atau kuning, dan hanya boleh digunakan dengan *butyl rubber*, *ethylene propylene* atau *Teflon seals*, dan *hoses*. Cairan ini membutuhkan penanganan yang sangat hati-hati karena dapat mengiritasi kulit dan mata. *Barrier cream* harus dioleskan ke tangan dan lengan, dan sarung tangan tahan cairan harus dipakai, sebagai tambahan, setiap kali operasi servis pada sistem hidrolik dilakukan, kacamata harus dipakai setiap kali ada kemungkinan cairan memercik ke mata, seperti saat uji tekanan atau kebocoran komponen. Tumpahan cairan harus dihindari, tetapi, jika memang terjadi, area yang terkena harus segera diseka dengan kain lap kering, dan secara menyeluruh dicuci dengan sabun dan air panas.

#### 4.Skydrol

Skydrol adalah fluida hidrolik penerbangan terancang yang didukung oleh para ahli yang diakui dalam teknologi fluida fosfat-ester. Jenis-jenis Skydrol cairan hidrolik tahan api Skydrol 500B-4, Skydrol LD-4, dan tambahan terbaru, Skydrol 5. Skydrol 5 secara khusus diformulasikan untuk memenuhi kebutuhan desain pesawat modern saat ini dan yang muncul. Ini menawarkan stabilitas termal yang lebih tinggi, densitas rendah, ketahanan erosi, kompatibilitas cat yang lebih baik dan bahan dasar baru yang lebih ramah pekerja.

#### 2.5 Pompa Hidrolik

Sebagian besar pesawat modern dilengkapi dengan pompa volume tetap atau pompa volume variabel, pompa hidrolik tipe multi-piston, yang digerakkan dari mesin. Jenis pompa lain, yakni *gear* atau *vane positive displacement pump* dapat ditemukan di beberapa instalasi, tetapi ini umumnya digunakan untuk menyalakan sistem darurat. *Hand pump*, jika dipasang, sering kali berjenis kerja ganda atau *double acting*. Tujuan dari pompa hidrolik adalah untuk menyuplai aliran fluida ke sistem hidrolik. Pompa tidak menciptakan tekanan sistem, karena tekanan hanya dapat dibuat dengan resistansi terhadap aliran. Saat pompa memberikan aliran, ia mentransmisikan gaya ke fluida. Saat aliran fluida menemui hambatan, gaya ini diubah menjadi tekanan. Resistensi terhadap aliran merupakan hasil dari suatu hambatan atau halangan pada jalur aliran tersebut. Pembatasan ini biasanya merupakan kerja yang dilakukan oleh sistem hidraulik, tetapi juga dapat berupa pembatasan saluran, *fittings*, dan katup di dalam sistem. Jadi, tekanan dikontrol oleh beban yang dikenakan pada sistem atau aksi perangkat pengatur tekanan.

Pompa harus memiliki suplai cairan kontinyu yang tersedia ke *inlet port* untuk memasok cairan ke sistem. Saat pompa memaksa fluida melalui *outlet port*, vakum parsial atau area bertekanan rendah dibuat di *inlet port*. Ketika tekanan di *inlet port* pompa lebih rendah dari tekanan atmosfer lokal, tekanan atmosfer yang bekerja pada fluida di *reservoir* memaksa fluida masuk ke saluran masuk pompa. Jika pompa ditempatkan pada level yang lebih rendah dari *reservoir*, gaya gravitasi menambah tekanan atmosfer pada *reservoir*. Pesawat yang beroperasi di dataran

tinggi dilengkapi dengan *reservoir* hidrolis bertekanan untuk mengimbangi tekanan atmosfer rendah yang ditemui di dataran tinggi.

Pompa biasanya dinilai berdasarkan keluaran dan tekanan volumetriknya. Output volumetrik adalah jumlah fluida yang dapat dikirim oleh pompa ke *outlet port* dalam periode waktu tertentu dengan kecepatan tertentu. Output volumetrik biasanya dinyatakan dalam galon per menit (gpm). Karena perubahan kecepatan pompa mempengaruhi keluaran volumetrik, beberapa pompa dinilai berdasarkan *displacement*. *Pump displacement* adalah jumlah fluida yang dapat dialirkan pompa per siklus. Karena kebanyakan pompa menggunakan penggerak putar, perpindahan biasanya dinyatakan dalam inci kubik per revolusi.

Seperti yang dinyatakan sebelumnya, pompa tidak menghasilkan tekanan. Namun, tekanan yang dikembangkan oleh batasan/hambatan dalam sistem merupakan faktor yang mempengaruhi keluaran volumetrik pompa. Saat tekanan sistem meningkat, output volumetrik menurun. Penurunan output volumetrik ini disebabkan oleh peningkatan jumlah kebocoran internal dari sisi outlet ke sisi inlet pompa. Kebocoran ini disebut *pump slippage* atau selip pompa dan merupakan faktor yang harus diperhatikan di semua pompa. Ini menjelaskan mengapa sebagian besar pompa dinilai dalam hal keluaran volumetrik pada tekanan tertentu.

Banyak metode berbeda digunakan untuk mengklasifikasikan pompa. Istilah-istilah seperti *non-positive displacement*, *positive displacement*, *fixed displacement*, *variable displacement*, *fixed delivery*, *variable delivery*, *constant volume*, dan lain lain untuk mendeskripsikan pompa. Dua istilah pertama menjelaskan pembagian dasar pompa. Pada dasarnya, pompa yang mengeluarkan cairan dalam aliran kontinu disebut sebagai *non-positive displacement pump*. Pompa yang volume pelepasannya dipisahkan oleh periode disebut sebagai *positive displacement pump*.

Meskipun *non-positive displacement pump* biasanya menghasilkan aliran kontinu, pompa lebih sering terjadi selip, oleh karena itu, keluaran pompa bervariasi karena tekanan sistem bervariasi. Dengan kata lain, volume fluida yang dialirkan untuk setiap siklus bergantung pada hambatan aliran. Pompa jenis ini menghasilkan gaya pada fluida yang konstan untuk setiap kecepatan pompa. Resistensi pada saluran pembuangan menghasilkan gaya dengan arah berlawanan dengan arah gaya

yang dihasilkan oleh pompa. Jika gaya-gaya ini sama, fluida berada dalam keadaan setimbang dan tidak mengalir. Jika saluran keluar *non-positive displacement pump* tertutup, tekanan dalam pompa akan meningkat ke maksimum untuk pompa tersebut pada kecepatan tertentu sehingga menyebabkan *output* pompa tidak ada.



Gambar 2.5 *Jet Pump* atau *non-positive displacement pump*  
(JualElektronik.com)

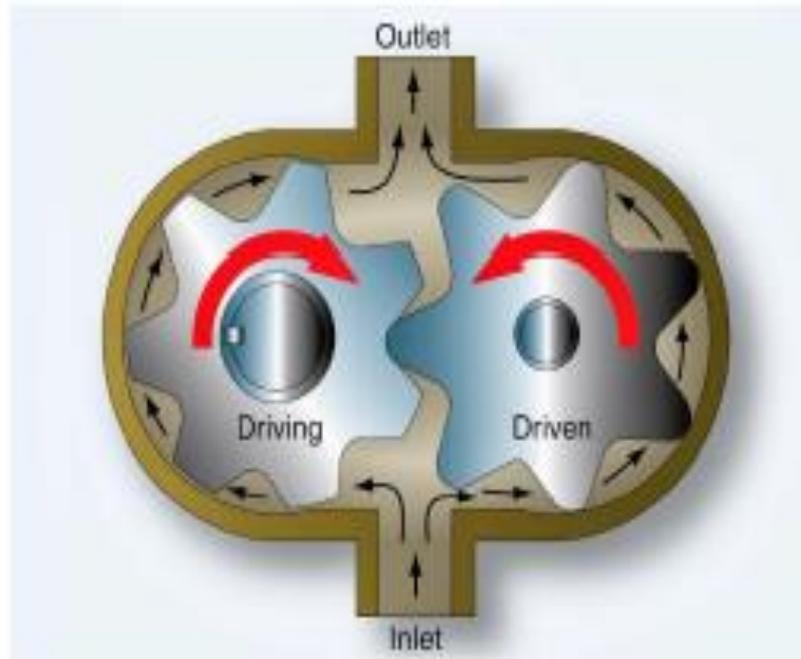
Berbeda dengan pompa perpindahan *non-positive displacement pump*, *positive displacement pump* jarang mengalami selip. Oleh karena itu, jenis pompa ini mengirimkan volume fluida yang pasti untuk setiap siklus operasi pompa, terlepas dari resistansi yang terjadi, asalkan kapasitas unit daya yang menggerakkan pompa tidak terlampaui. Jika saluran keluar dari *positive displacement pump* tertutup, tekanan akan segera meningkat ke titik di mana unit yang menggerakkan pompa akan berhenti atau sesuatu akan pecah.

*Positive displacement pump* selanjutnya diklasifikasikan lebih jauh sebagai *fixed displacement* atau *variable displacement*. *Fixed displacement pump* menghasilkan jumlah fluida yang sama pada setiap siklus. Volume keluaran hanya dapat diubah dengan mengubah kecepatan pompa. Ketika pompa jenis ini digunakan dalam sistem hidrolik, *pressure regulator (unloading valve, atau cut-out valve)* harus dimasukkan ke dalam sistem. *Pressure regulator* atau *unloading valve* digunakan dalam sistem hidrolik untuk mengontrol jumlah tekanan dalam sistem

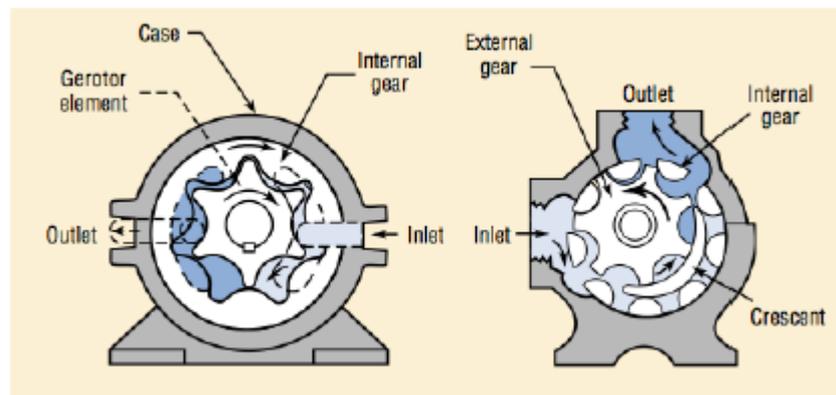
dan untuk menurunkan atau melepaskan pompa ketika tekanan yang diinginkan tercapai. Tindakan *pressure regulator* ini mencegah pompa bekerja melawan beban saat sistem hidrolik berada pada tekanan maksimum dan tidak berfungsi. Selama waktu ini, *pressure regulator* melewatkan atau *bypass* fluida dari pompa kembali ke reservoir. Pompa terus mengalirkan cairan dengan volume tetap selama setiap siklus. Istilah seperti *fixed displacement*, *constant delivery*, dan *constant volume* semuanya digunakan untuk mengidentifikasi *fixed-displacement pump*.

*Variable displacement pump* dirancang dapat melakukan perpindahan fluida per siklus dapat divariasikan. Perpindahan bervariasi melalui penggunaan perangkat pengontrol internal. Pompa juga dapat diklasifikasikan menurut desain khusus yang digunakan untuk menciptakan aliran fluida. Hampir semua pompa hidrolik termasuk dalam tiga klasifikasi desain yaitu *centrifugal*, *rotary*, dan *reciprocating*.

*Gear pump* diklasifikasikan sebagai *external gear pumps* atau *internal gear pumps*. Pada *external gear pump*, kedua roda gigi menonjol keluar dari pusatnya (gambar 2.6). *External gear pumps* dapat menggunakan *spur gear*, *herringbone gear*, atau *helical gear* untuk memindahkan cairan. Dalam *internal gear pump*, salah satu roda gigi menonjol keluar, tetapi roda gigi lainnya menonjol ke dalam menuju pusat pompa (gambar 2.7). Pompa roda gigi internal dapat terpusat atau tidak terpusat. Contoh dari *internal gear pump* yakni *gerotor pump*.



Gambar 2.6 *Spur Gear Pump/External gear pump (Module 10 Aircraft System)*

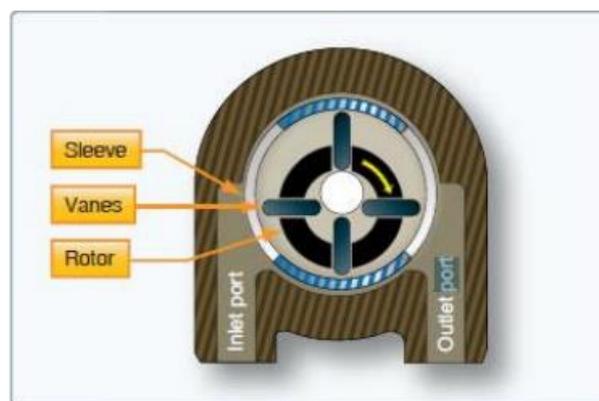


Gambar 2.7 *Gerotor Pump/Internal gear pump (Module 10 Aircraft System)*

*Vane pump* umumnya memiliki sudu pelat dengan ujung datar yang berbentuk melingkar atau elips. (Gambar 2.8 menilustrasikan *vane pump* dengan sudu melingkar). Sejumlah sudu pelat kecil atau baling-baling persegi diatur kedalam *slot* rotor. Saat rotor berputar, gaya sentrifugal menyebabkan tepi luar setiap baling-baling meluncur masuk dan keluar dari slot rotor.

Banyak rongga atau ruang celah, yang dibentuk oleh baling-baling, sudu pelat ujung, *housing* dan rotor. Sudu-sudu atau baling-baling tersebut membesar dan mengecil saat berputar dikarenakan perbedaan ukuran tiap-tiap sudu. Sebuah *port inlet* dipasang di *housing* sehingga cairan dapat mengalir ke dalam rongga atau celah pada saat sudu dengan rongga besar berputar mengarah *port inlet*. *Port outlet* disediakan untuk memungkinkan cairan mengalir keluar dari rongga atau celah saat baling-baling atau sudu menjadi kecil. Pompa yang ditunjukkan pada gambar 2.8 disebut sebagai *unbalanced pump* karena semua aksi pemompaan terjadi pada satu sisi rotor. Hal ini menyebabkan beban samping pada rotor.

Beberapa *vane pump* dibangun dengan *housing* berbentuk elips yang membentuk dua area pemompaan terpisah di sisi berlawanan dari pompa rotor. Ini mengurangi beban samping pompa tersebut dan disebut sebagai baling-baling atau sudu seimbang. Biasanya *vane pump* adalah *fixed displacement* dan pompa hanya dalam satu arah. Namun, ada beberapa desain *vane pump* yang menyediakan aliran variabel. *Vane pump* umumnya dibatasi untuk bekerja di mana tekanan tidak melebihi 2000 psi. Tingkat keausan, getaran, dan tingkat kebisingan meningkat dengan cepat pada *vane pump* jika tekanan melebihi 2000 psi.



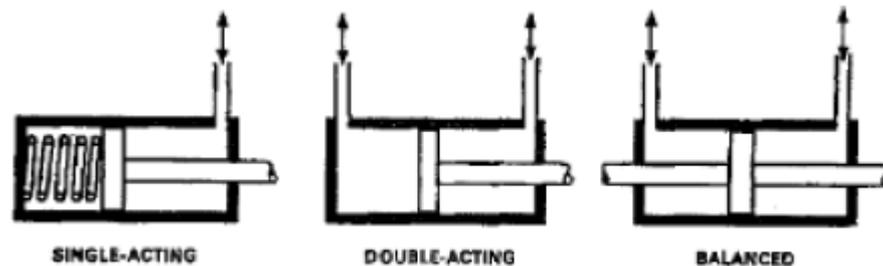
Gambar 2.8 *Vane Pump*

## 2.6 Aktuator Hidrolik Pesawat

Aktuator adalah untuk mengubah aliran fluida menjadi gerakan linier atau putar. Gambar 2.9 mengilustrasikan tiga jenis aktuator linier sederhana, yang

digunakan untuk tujuan berbeda dalam sistem hidrolis pesawat terbang. Banyak penyempurnaan pada aktuator sederhana akan ditemukan dalam penggunaan, dan ini dapat mencakup fitur-fitur seperti perangkat pengunci internal, *auxiliary pistons* dan *restrictors*, masing-masing dirancang untuk memenuhi persyaratan tertentu. Rincian aktuator tertentu harus diperoleh dari *Maintenance Manual* yang sesuai.

Aktuator kerja tunggal atau *single actuator* biasanya digunakan sebagai perangkat pengunci, kunci diaktifkan oleh tekanan pegas dan dilepaskan oleh tekanan hidrolis. Aplikasinya adalah *landing gear-up lock*. Aktuator kerja ganda atau *double acting actuator* digunakan di sebagian besar sistem pesawat terbang. Karena aktuator ini dapat memanfaatkan fluida untuk bergerak maju atau mundur. Lebih banyak gaya dapat diterapkan selama perpanjangan batang piston. Oleh karena itu, operasi yang menawarkan resistansi lebih besar dilakukan pada arah perpanjangan batang piston, misalnya dalam menaikkan *landing gear*. Aktuator yang seimbang, di mana gaya yang sama dapat diterapkan ke kedua sisi piston, sering digunakan dalam aplikasi seperti kemudi *nose wheel* dan *flying control boost system*. Salah satu atau kedua sisi batang piston dapat dihubungkan ke mekanisme.



Gambar 2.9 Tiga Actuator Linier Sederhana (*Module 10 Aircraft System*)

Motor hidrolis adalah bentuk *rotary actuator*, dan kadang-kadang dihubungkan melalui roda gigi untuk mengoperasikan *screw jack*, atau untuk menggerakkan generator atau pompa. Di beberapa pesawat mereka digunakan untuk menggerakkan unit pompa hidrolis, sehingga memungkinkan tenaga untuk ditransfer dari satu sistem hidrolis ke yang lain tanpa mentransfer cairan. *Starter valve* digunakan untuk memulai rotasi ke arah yang benar, dan *governor*, yang

digerakkan dari blok silinder, mengukur fluida ke piston kontrol, mengubah sudut *yoke* sesuai dengan beban yang ditempatkan pada motor.



Gambar 2.10 *Actuator Hidrolik (Module 10 Aircraft System)*

## 2.7 Reservoir Hidrolik

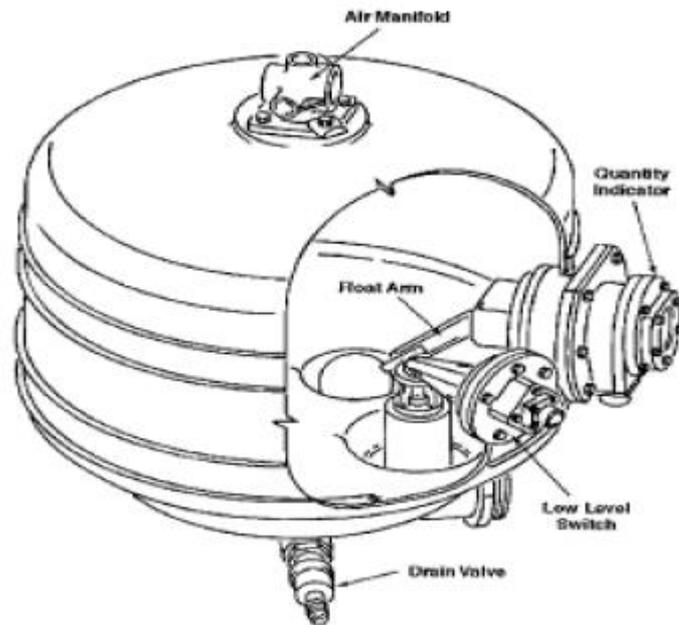
Reservoir fluida hidrolik menampung kelebihan cairan hidrolik untuk mengakomodasi perubahan volume dari ekstensi dan kontraksi silinder, ekspansi dan kontraksi yang didorong oleh suhu, dan kebocoran.

Reservoir juga dirancang untuk membantu pemisahan udara dari fluida dan juga berfungsi sebagai *accumulator* panas untuk menutupi kerugian dalam sistem saat daya maksimum digunakan. Reservoir juga dapat membantu memisahkan kotoran dan partikel lain dari oli, karena partikel umumnya akan mengendap di dasar tangki.

Fluida hidrolik di reservoir diberi tekanan untuk menyuplai pompa dengan fluida. Penekanan fluida hidrolik dapat dilakukan dengan dua cara, dengan tekanan udara atau dengan tekanan hidrolik. Kedua jenis reservoir tersebut memiliki *transmitter*, *sensor* dan *switch* untuk mensuplai *flight deck* dengan informasi tentang jumlah, tekanan dan temperatur fluida hidrolik di reservoir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.

Karena area ekspansi yang diperlukan untuk menyerap berbagai jumlah cairan hidrolik, level pengisian maksimum yang ditunjukkan tidak boleh terlampaui. Perbedaan jumlah terjadi karena aktuator dalam kontrol penerbangan dan sistem

roda pendaratan. Akumulator yang penuh atau kosong juga menyebabkan perbedaan level fluida.



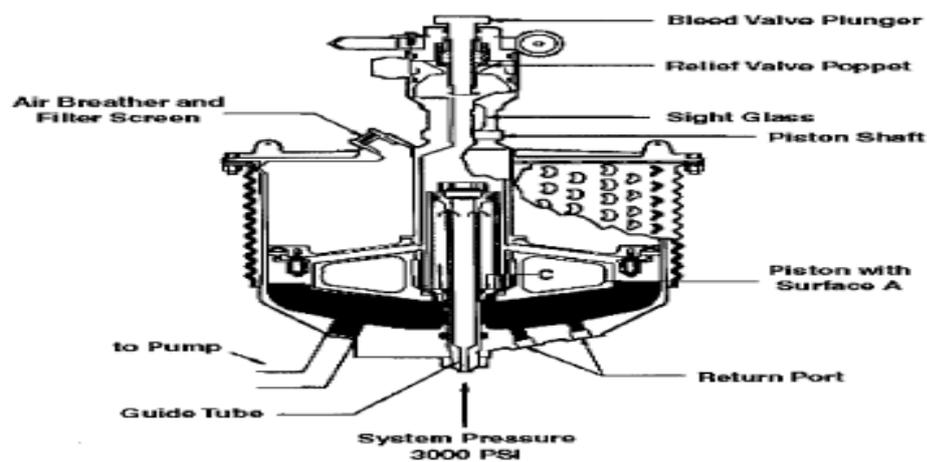
Gambar 2.11 Reservoir Fluida Hidrolik (*Module 10 Aircraft System*)

Reservoir hidrolik biasanya diberi tekanan dari *manifold* pneumatik untuk memastikan aliran fluida positif mencapai pompa. Tekanan reservoir juga dapat memperbaiki efek uap hidrolik di dek penerbangan yang disebabkan oleh kebocoran cairan hidrolik dari saluran bertekanan reservoir kembali ke *manifold* pneumatik yang menghasilkan asap hidrolik di *air-conditioning*. Tekanan reservoir juga dapat mengatasi pompa tekanan rendah selama penerbangan yang sangat lama dalam cuaca dingin. Hal ini disebabkan air yang terperangkap di dalam sistem bertekanan reservoir yang membeku menghalangi suplai udara buangan reservoir yang panas.

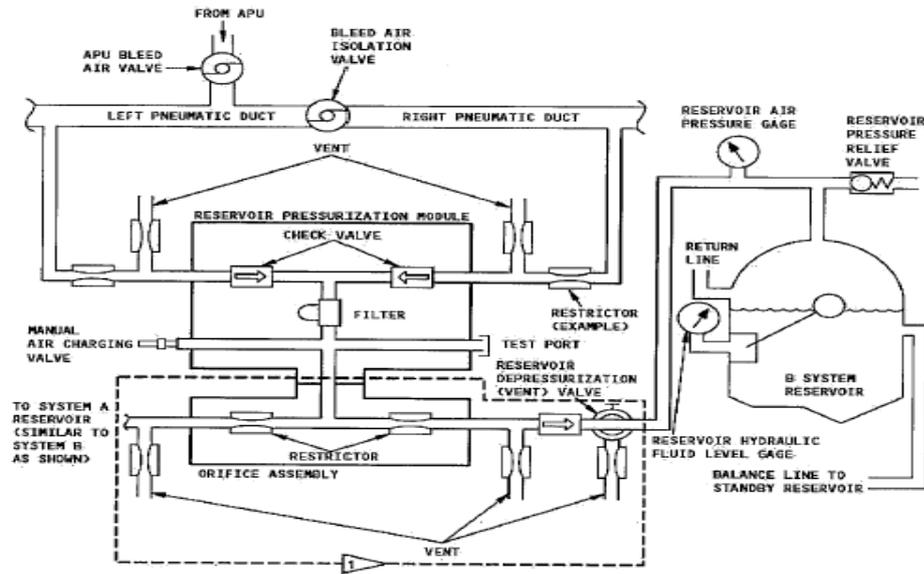
Udara disediakan dari sistem pneumatik (atau APU) pada tekanan kira-kira 45 psi. Tekanan memberikan aliran fluida positif dari reservoir ke pompa, dan mempertahankan tekanan balik normal dalam sistem hidrolik. Komponen-komponen untuk memberikan tekanan reservoir yaitu *check valve* atau *non-return valve*, filter, *orifice assembly*, *manual air charging valve*, dan *test port*. Adapun juga komponen umum untuk setiap sistem tekanan reservoir adalah ventilasi,

*restrictor*, *depressurization reservoir valve* (ventilasi), pengukur tekanan dan *pressure relief valve*.

*Check valves* mencegah kontaminasi sistem pneumatik dengan cairan hidrolis. *Test port* menyediakan pemasangan sumber tekanan untuk tujuan pemeliharaan atau untuk pemasangan pengukur untuk tujuan pengujian. *Manual air charging valve* memungkinkan depresurisasi sistem dan jalur ke *depressurization reservoir valve* (ventilasi). Dimungkinkan juga untuk memasang unit pengisian udara pada *fitting* katup pembuangan untuk pemeliharaan. Filter yang dapat dibersihkan mencegah kontaminasi sistem di bagian awal.



Gambar 2.12 Reservoir Fluida Hidrolis Bertekanan (*Module 10 Aircraft System*)



Gambar 2.13 Sistem Presurisasi Reservoir Fluida Hidrolik (*Module 10 Aircraft System*)

## 2.8 Rumus-rumus Perhitungan Umum

### 2.8.1 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dari satu tempat ke tempat lain. Karena sifat fluida inkompresibel atau massa jenisnya tetap, maka persamaannya menjadi :

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Dimana :

Q : Debit aliran fluida ( $m^3/s$ )

A : Luas penampang ( $m^2$ )

V : Kecepatan aliran fluida ( $m/s$ )

Menurut persamaan kontinuitas, perkalian antara luas penampang dan kecepatan aliran 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.

### 2.8.2 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 :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2 + H_L$$

Dimana :

- P : Tekanan fluida
- $\rho$  : Massa jenis fluida
- v : Kecepatan fluida
- g : Gravitasi bumi
- z : Tinggi fluida (elevasi)

### 2.8.3 Persamaan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang terjadi di bawah air atau fluida. Tekanan terjadi karena adanya berat air atau fluida yang membuat cairan tersebut mengeluarkan tekanan. Tekanan sebuah cairan bergantung pada kedalaman cairan di dalam sebuah ruang dan gravitasi juga menentukan tekanan air atau fluida 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 atau fluida ( kg/m<sup>3</sup> )
- g : Percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup> )
- h : Tinggi zat cair (m)

### 2.8.4 Rumus Viskositas Fluida

Karena viskositas sebagai variabel yang dependen, maka viskositas ( $\mu$ ) merupakan fungsi dari besaran turunan kecepatan (V) dan tekanan (P) dan besaran

pokok panjang berupa diameter (D) sebagai variabel independent. Secara matematis hubungan ini ditulis sebagai berikut :

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

### 2.8.5 Rumus Hukum Pascal

Hukum pascal adlaah dimana tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah. Dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

- F1 : Gaya tekan pada pengisap 1
- F2 : Gaya tekan pada pengisap 2
- A1 : Luas penampang pada pengisap 1
- A2 : Luas penampang pada pengisap 2

### 2.8.6 Persamaan Darcy-Weisbach

Persamaan Darcy-weisbach mengandung faktor gesekan tak berdimensi, yang dinamai faktor gesekan Darcy, faktor gesekan Darcy-Weisbach, atau faktor gesekan Moody. Faktor gesekan Darcy besarnya empat kali faktor gesekan Fanning, dan tidak boleh disamakan.

$$H_L = f \cdot L \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

- Dimana :  $f$  = Koefisien gesek
- $L$  = Panjang pipa (m)
- $d$  = Diameter pipa (m)
- $v$  = Kecepatan aliran (m/s)
- $g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

### 2.8.7 Rumus Gaya Dorong dan Tarik *Double-Acting* Actuator

Adapun rumus yang dapat digunakan untuk menghitung gaya dorong dan gaya tarik dari *double-acting actuator*, yakni sebagai berikut :

$$F_1 = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) P_1$$

Dimana :

$F_1$  = Gaya Tarik batang (N)

$d_1$  = Diameter batang (m)

$d_2$  = diameter piston (m)

$P_1$  = Tekanan dalam silinder (N/m<sup>2</sup>)

$$F_2 = \frac{\pi}{4} d_2^2 P_2$$

Dimana :

$F_2$  = Gaya dorong batang (N)

$d_2$  = diameter piston (m)

$P_2$  = Tekanan dalam silinder (N/m<sup>2</sup>)

### 2.8.8 *Minor Head Losses*

Secara umum *head losses minor* dinyatakan secara umum dengan rumus:

$$h = K \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

dengan:

$h$  = *head loss minor*

$K$  = koefisien resistansi *valve* atau *fitting* berdasarkan bentuk dan ukuran

$v$  = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Berikut tabel untuk menentukan harga K dalam menghitung *minor head loss* :

Tabel 2.1 Harga Nilai K (Hidrolika Teknik,1985)

Harga K dalam $h = K \frac{v^2}{2g}$	
1. Katup pintu	
- Terbuka penuh	0.19
- $\frac{3}{4}$ terbuka	1.15
- $\frac{1}{2}$ terbuka	5.6
- $\frac{1}{4}$ terbuka	24
2. Katup bola, terbuka	10
3. Katup sudut, terbuka	5
4. Bengkokan 90°,	
- Jari-jari pendek	0.9
- Jari-jari pertengahan	0.75
- Jari-jari panjang	0.6
5. Lengkungan pengembalian 180°	2.2
6. Bengkokan 45°	0.42
7. Bengkokan 22 $\frac{1}{2}$ ° (45cm)	0.13
8. Sambungan T	1.25
9. Sambungan pengecil (katup pada ujung yang kecil)	0.25
10. Sambungan pembesar	$0.25(v_1^2 - v_2^2)/2g$
11. Sambungan pengecil mulut lonceng	0.10
12. lubang terbuka	1.80

