

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1. Alat gali (*excavator*)

Alat gali (*excavator*) mempunyai 4 tipe yaitu : *front Shovel*, *drag Line*, *clamshell* dan *backhoe*. Pengopesian *backhoe* umumnya untuk penggalian saluran, terowongan, atau *basement*.³ *Backhoe* terdiri dari alat penggerak yang dapat berupa *crawler* atau ban, *boom* , *stick*, dan *bucket*.⁴

Backhoe yang termasuk dalam alat penggali hidrolis memiliki *bucket* yang dipasangkan di depannya. Yang dimaksud dengan alat penggali hidrolis adalah alat yang bekerja karena adanya tekanan hidrolis pada mesin didalam pengoperasiannya. Alat penggeraknya adalah traktor dengan roda depan atau *crawler*. *Backhoe* bekerja dengan cara menggerakkan *bucket* kearah bawah dan kemudian menariknya menuju badan alat. Dengan demikian dapat dikatakan *backhoe* menggali material yang berada di bawah permukaan tempat alat itu berada. Sedangkan *front shovel* menggali material di permukaan tempat alat tersebut berada.⁵ *Dragline* merupakan alat gali yang dipakai untuk menggali material yang letaknya lebih tinggi dari permukaan tempat alat tersebut berada dengan jangkauan yang lebih jauh dari alat gali lainnya.⁶

³ Susy Fatena Rostiyanti, Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi (Jakarta : Rineka Cipta, 2002), h. 68.

⁴ *Ibid.*

⁵ *Ibid.*

⁶ Ahmad Kholil. *Op. Cit.*, h. 34.

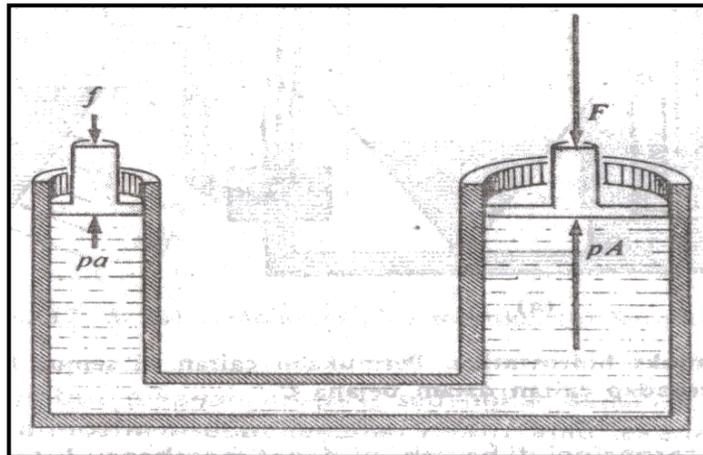
Clamshell digunakan untuk penggalian tanah lepas seperti pasir, kerikil, batuan pecah dan lain-lain. *Clamshell* mengangkat material secara vertikal.⁷ Salah satu bagian yang paling penting dari sebuah *excavator backhoe* adalah sistem hidrolik . Sistem hidrolik ini yang berfungsi pada saat *excavator backhoe* dioperasikan. Jika sistem hidrolik ini tidak berjalan dengan baik, maka *excavator backhoe* pun tidak akan bekerja dengan baik pula. Keberadaan sistem hidrolik yang baik akan dapat membuat *excavator* bekerja dengan baik pula.

2.2. Dasar Sistem Hidrolik

Prinsip dasar dari sistem hidrolik berasal dari hukum pascal. Hal ini dikemukakan oleh sarjana Perancis Blaise Pascal (1622 – 1623) pada tahun 1653 dan disebut “ hukum pascal “. Bunyinya “ Tekanan yang dikerjakan pada fluida dalam bejana tertutup diteruskan tanpa berkurang ke semua bagian fluida dan dinding bejana itu “. ⁸

⁷ *Ibid.*

⁸ Sears. Zemansky, Fisika Untuk Universitas 1 Mekanika Panas Bunyi (Edisi keempat, Bandung : Binacipta, 1982), h 297.



Gambar 2.1 Asas penekan hidrolik ⁹

Hukum pascal dapat diterangkan berdasarkan cara kerja penekan hidrolik, seperti pada gambar 2.1. Sebuah piston yang luas penampangnya kecil, a , digunakan untuk melakukan gaya kecil f langsung terhadap suatu zat cair, misalnya minyak. Tekanan $p = f/a$ diteruskan lewat sebuah pipa penghubung ke sebuah silinder yang lebih besar dan yang pistonnya juga lebih besar (berpenampang A). Karena tekanan di dalam kedua silinder sama, maka :

$$p = \frac{f}{a} = \frac{F}{A} \quad \text{dan} \quad F = \frac{A}{a} \times f \quad \dots\dots\dots(1) \supset 10$$

Oleh sebab itu penekan hidrolik adalah suatu alat untuk melipatgandakan gaya yang faktor perkaliannya sama dengan perbandingan antara luas kedua piston.

⁹ *Ibid.*, h 297.

¹⁰ *Ibid.*

2.3. Komponen sistem hidrolik

Untuk dapat mengalirkan fluida dalam sebuah sistem dan menerapkan tenaga fluida yang dihasilkan maka dibutuhkan komponen-komponen yang memiliki fungsi dan tugas masing-masing, dimana fungsi dan tugas ini haruslah dapat diintegrasikan sehingga akan terbentuk sistem yang menghasilkan kerja yang akan melayani beban tertentu. Komponen-komponen ini antara lain :

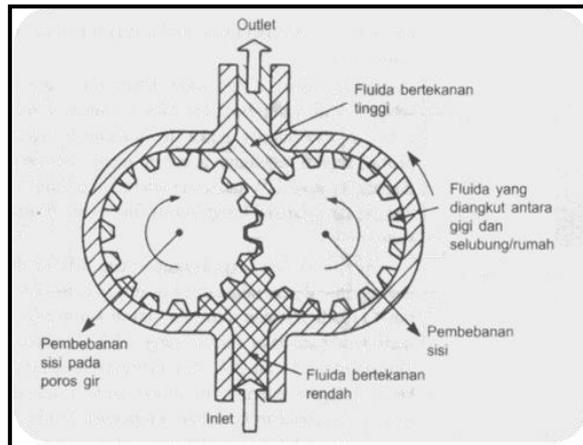
2.3.1. Pompa hidrolik

Pompa hidrolik digunakan untuk mengkonversi tenaga mesin, dipasok dari sumber eksternal untuk tenaga fluida. Sebagian besar pompa hidrolik adalah pompa jenis perpindahan, yang kemudian diklasifikasikan dalam jenis baling-baling, jenis roda gigi, dan jenis piston.¹¹

2.3.1.1. Pompa roda gigi luar

Pompa perpindahan positif yang sederhana dan paling kekar, yang hanya mempunyai dua bagian yang bergerak, adalah pompa gir. Pompa ini terdiri dari bagian-bagian yang tidak bergerak bolak balik, bergerak dengan kecepatan konstan. Konstruksi internalnya, yang ditunjukkan pada gambar 2.2, hanya terdiri dari dua roda gir yang berdekatan yang saling mengunci dan berputar seperti yang ditunjukkan dalam gambar.

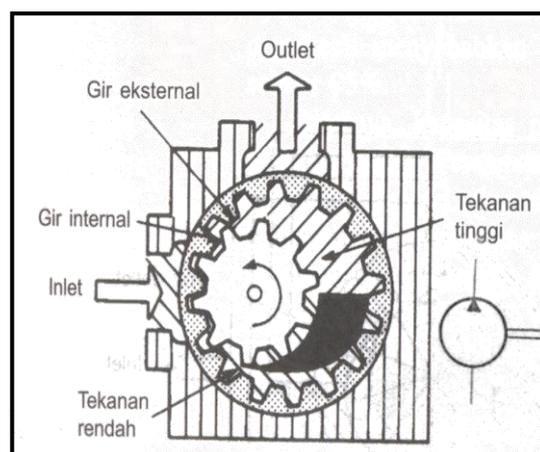
¹¹, Fluid Power Technical Manual, Oil-Hydraulics, (revised edition -1, Japan : The Hydro Pneumatic Technical Centre), h 6.



Gambar 2.2 Pompa roda gigi luar¹²

2.3.2.2. Pompa roda gigi dalam

Pompa roda gigi dalam termasuk dalam jenis pompa perpindahan, dimana sebuah roda gir yang digerakkan dari luar dihubungkan dengan gir internal yang lebih kecil, dengan pemisahan fluida ketika gir saling melepas kait, yang dilakukan oleh sebuah cetakan berbentuk bulan sabit.



Gambar 2.3 Pompa roda gigi dalam¹³

¹² Andrew Parr, Hidrolika Dan Pneumatika Pedoman Unruk Teknisi dan Insinyur, (Edisi kedua, Jakarta : Erlangga, 2003), h 40.

Perhitungan pompa hidrolik digunakan rumus :

$$Q_{th} = C \cdot n \dots\dots\dots (2)^{14}$$

$$Q_w = Q_{th} \cdot \eta_{vol} \dots\dots\dots (3)^{15}$$

Keterangan : Q_{th} = Debit teoritis pompa hidrolik (liter/menit)

C = Volume perpindahan (cc/rev)

n = Putaran pompa hidrolik (rpm)

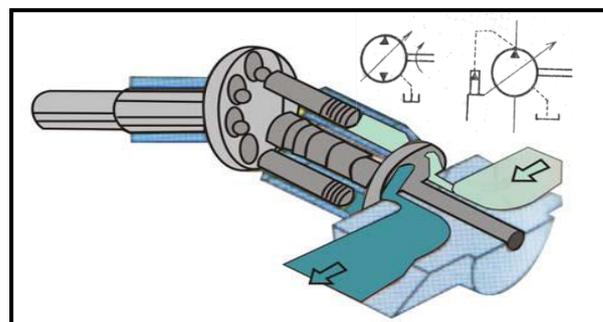
η = Efisiensi volume (0,75 – 0,95)

Q_w = Debit aktual pompa hidrolik (liter/menit)

2.3.2.3. Pompa Piston

(a) Tipe sumbu bengkok (*bent axis tipe*)

Dalam tipe ini piston dan silinder blok tidak sejajar dengan poros penggerak tapi dihubungkan dengan satu sudut, dengan mengubah sudut ini, keluaranya fluida bisa diatur. Bengkokan sumbu juga dapat dibuat menjadi berlawanan arahnya sehingga arah hisap dan keluar menjadi terbalik.



Gambar 2.4 Pompa piston tipe sumbu bengkok¹⁶

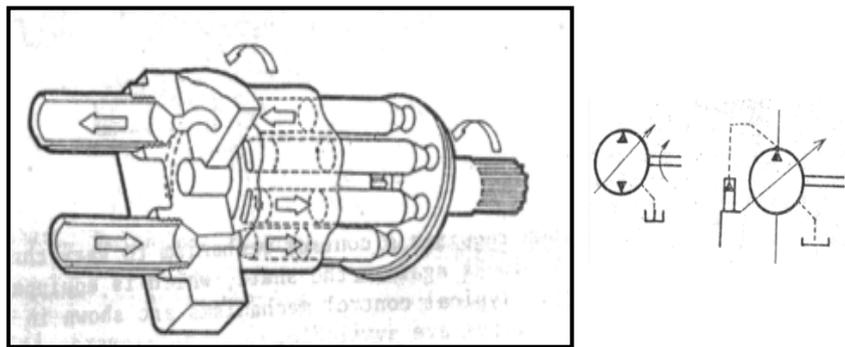
¹³ *Ibid.*, h 41.

¹⁴ Thomast Krist. *Op. Cit.*, h 110.

¹⁵ *Ibid.*, h 112.

(b) Tipe plat pengatur (*swish plate tipe*)

Dalam tipe ini letak piston dan silinder blok sejajar dengan poros, dan pelat pengatur yang bisa miring memegang leher piston untuk mengubah *stroke* atas dan bawah atau kanan dan kiri dalam rotasi silinder blok. Pengeluaran fluida dapat di stel dengan bebas, dengan mengubah sudut. Saluran hisap dan -eluar dapat dibalik dengan memiringkan plat pengatur kearah berlawanan.



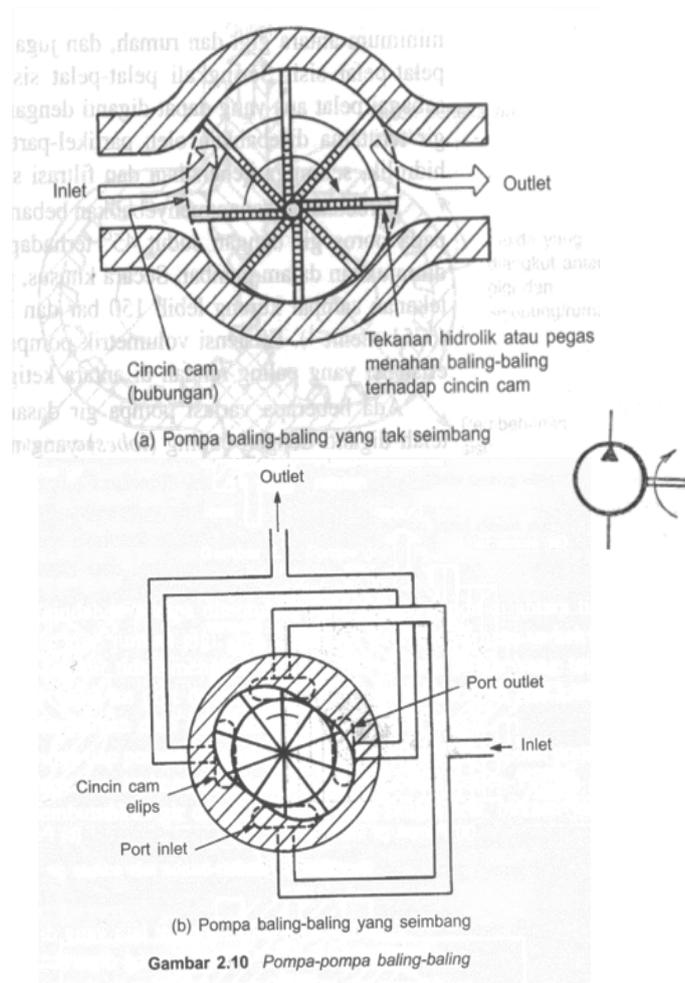
Gambar 2.5 Pompa piston tipe plat pengatur¹⁷

2.3.2.4. Pompa baling- baling

Sumber kebocoran utama dalam pompa gir muncul dari celah kecil diantara gigi-gigi, dan juga antara gigi-gigi dan rumah pompa. Pompa baling-baling mereduksi kebocoran ini dengan menggunakan baling-baling berbeban pegas (atau hidrolis) yang ditempatkan dalam rotor yang digerakkan, seperti yang diilustrasikan dalam kedua contoh gambar dibawah ini.

¹⁶ Fluid power technical manual. *Op. Cit.*, h 15.

¹⁷ *Ibid* h 15.



Gambar 2.6 Pompa baling baling ¹⁸

2.3.2. Katup

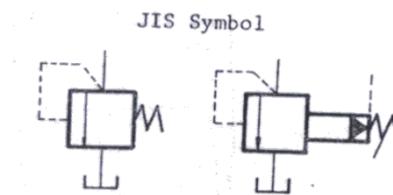
Katup adalah perlengkapan untuk mengontrol ataupun mengatur start, stop, dan arah, juga tekanan atau aliran dari suatu tekanan perantara dibawa oleh sebuah pompa hidro atau disimpan dalam suatu bejana.¹⁹ Menurut penggunaannya katup dibagi menjadi tiga macam :

¹⁸ Andrew Parr. *Op. Cit.*, h. 42.

¹⁹Sugihartono, Sistem Kontrol dan Pesawat Tenaga Hidrolik, (Edisi kedua, Bandung : Tarsito, 1996), h. 122.

2.3.2.1. Katup pengatur tekanan (*relief valve*)

Katup pengatur tekanan digunakan untuk melindungi pompa dan katup kontrol arah dari tekanan berlebihan dan untuk menjaga tekanan konstan dalam sirkuit oli hidrolik.²⁰



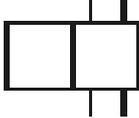
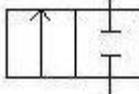
Gambar 2.7 Relief Valve

2.3.2.2. Katup pengatur arah aliran (*directional control valve*)

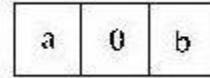
Katup pengarah adalah alat yang mempengaruhi atau mengatur jalan atau lintasan yang diambil oleh aliran fluida. Katup pengarah digunakan untuk menggambarkan katup dalam diagram rangkaian. Simbol-simbol katup ini hanya menentukan fungsi katup.²¹

²⁰ Fluid power technical manual. *Op. Cit.*, h 20.

²¹ Sugihartono . *Op. Cit.*, h. 123.

Penjelasan	Lambang
Posisi peralihan (penggeseran) katup digambarkan dengan segi empat	
Jumlah segi empat berdekatan menunjukkan berapa banyak posisi peralihan	
Garis menunjukkan jalan (lintasan), anak panah menunjukkan arah aliran	
Posisi menutup ditunjukkan didalam segi empat dengan garis siku-siku	
Sambungan (lubang-lubang saluran masuk dan saluran keluar) ditunjukan dengan garis yang digambarkan pada sisi luar segi empat yang menggambarkan posisi normal atau awal.	
Posisi lain diperoleh dengan menggeser segi empat sampai lubang-lubang alirannya bertemu dengan sambungan - sambungannya	

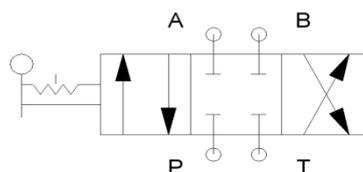
Katup dengan tiga posisi penggeseran
posisi tengah sama dengan posisi netral



Penulis menggunakan katup pengarah aliran 4/3 jenis *multiple*. Katup pengarah aliran 4/3 merupakan katup yang terdiri dari 4 *port* (lubang-lubang saluran masuk dan saluran keluar) dan tiga posisi peralihan dimana posisi pertama adalah posisi *raise* (naik), posisi kedua adalah netral, dan posisi ketiga adalah posisi *down* (turun). Adapun Katup pengarah aliran 4/3 jenis *multiple* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.8 *Multiple Unit Valves*



Gambar 2.9 Simbol katup pengarah aliran 4/3

2.3.2.3. Katup pengatur jumlah aliran (*flow control valve*)

Katup pengatur jumlah aliran adalah sebuah katup yang berfungsi untuk mengatur kapasitas aliran fluida dari pompa ke silinder juga untuk mengatur kecepatan aliran fluida dan kecepatan gerak piston dalam silinder. Dari fungsi ini dapat diambil kesimpulan, bahwa kecepatan gerak piston tergantung dari jumlah fluida yang masuk kedalam ruang silinder dibawah piston tiap satuan waktunya. Ini hanya mampu dilakukan dengan cara mengatur jumlah aliran fluidanya.



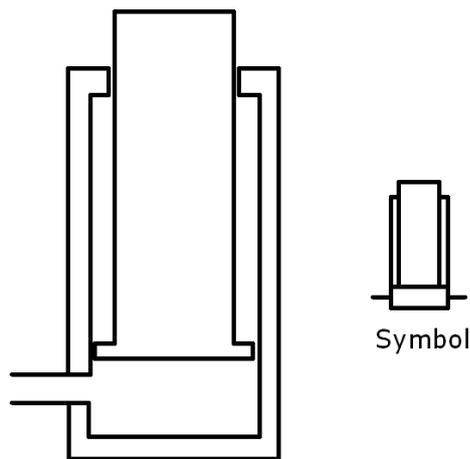
Gambar 2.10 *Flow Control Valve*

2.3.3. Silinder Hidrolik

Komponen kerja sistem hidrolik berfungsi untuk mengubah tekanan fluida menjadi kerja. Fluida bertekanan menimbulkan tenaga yang juga disebut dengan tenaga hidrolik. Tenaga hidrolik diubah menjadi gerakan garis lurus (*straight line reciprocating*) dan gerakan memutar (*rotary*) oleh silinder hidrolik. Besarnya tenaga yang dapat dihasilkan untuk menjadi sebuah gerakan tergantung dari besarnya

tekanan, luas penampang silinder, dan gesekan yang terjadi antara dinding dalam silinder dengan toraknya. Silinder hidrolis dibagi menjadi dua jenis berdasarkan atas kerjanya yaitu:

2.3.3.1. Silinder Kerja Tunggal (*Single Acting Cylinder*)



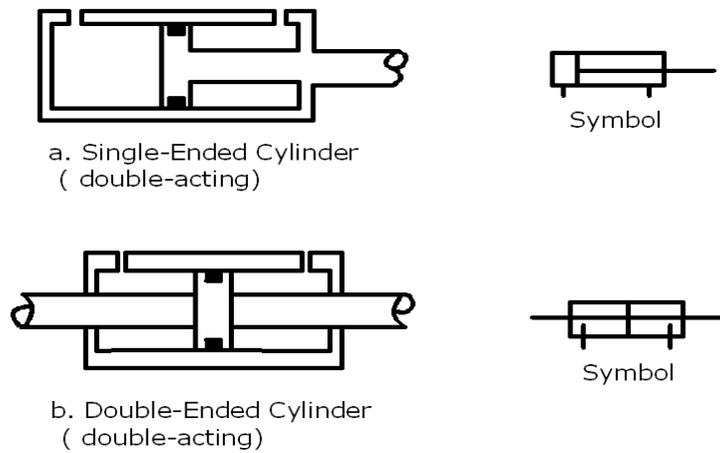
Gambar 2.11 Silinder Kerja Tunggal²²

Silinder kerja tunggal (*single acting cylinders*) hanya bisa diberikan gaya pada satu arah, dan hanya mempunyai satu saluran masuk.

2.3.3.2. Silinder Kerja Ganda (*Double Acting Cylinder*)

Silinder kerja ganda (*double acting cylinders*) digunakan untuk melakukan kerja dengan gerakan maju dan juga gerakan mundur. Silinder kerja ganda mempunyai dua saluran, setiap saluran berfungsi sebagai saluran masuk sekaligus sebagai saluran buang.

²² F. Don Norvelle, fluid power technology (Minneapolis : west publishing company, 1995), h 173.



Gambar 2.12 Silinder Kerja Ganda²³

2.3.4. Perhitungan Silinder Hidrolik

2.3.4.1. Gaya Silinder Hidrolik

Gaya piston yang dihasilkan oleh silinder tergantung pada tekanan fluida, diameter silinder, dan gaya gesek dari komponen perapat. Gaya piston secara teoritis dapat dihitung menurut rumus berikut :

$$F = p \cdot A_{piston} \dots \dots \dots (4)^{24}$$

$$A_{piston} = \frac{\pi D^2}{4} \dots \dots \dots (5)^{25}$$

Keterangan : F = Gaya piston teoritis (N)

A_{piston} = Luas piston (m²)

p = Tekanan fluida (N/m²)

²³ *Ibid.*

²⁴ *Ibid*, h 177.

²⁵ *Ibid.*

D = Diameter piston (m)

Pada silinder aksi ganda, gayanya dapat dihitung dengan rumus:

$$F_{ext} = p \cdot A_{piston} \dots \dots \dots (6)^{26}$$

$$F_{ret} = p \cdot (A_{piston} - A_{rod}) \dots \dots \dots (7)^{27}$$

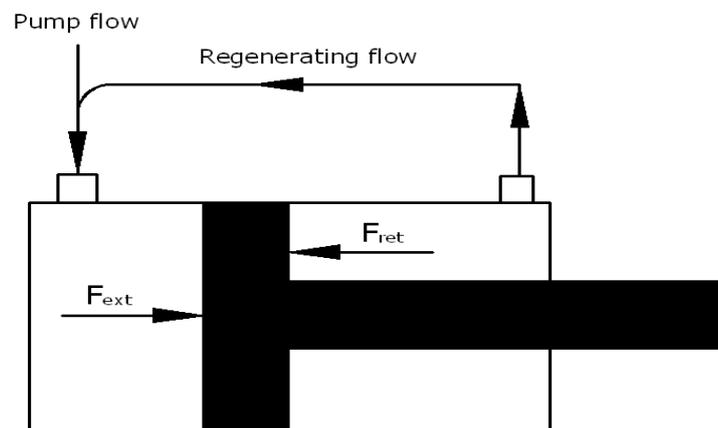
$$A_{rod} = \frac{\pi d^2}{4} \dots \dots \dots (8)^{28}$$

Keterangan : F_{ext} = Gaya piston + (N)

F_{ret} = Gaya piston - (N)

p = Tekanan fluida (N/m²)

d = Diameter batang piston (m)



Gambar 2.13 Gaya Piston Pada Silinder Aksi Ganda ²⁹

²⁶ *Ibid.*

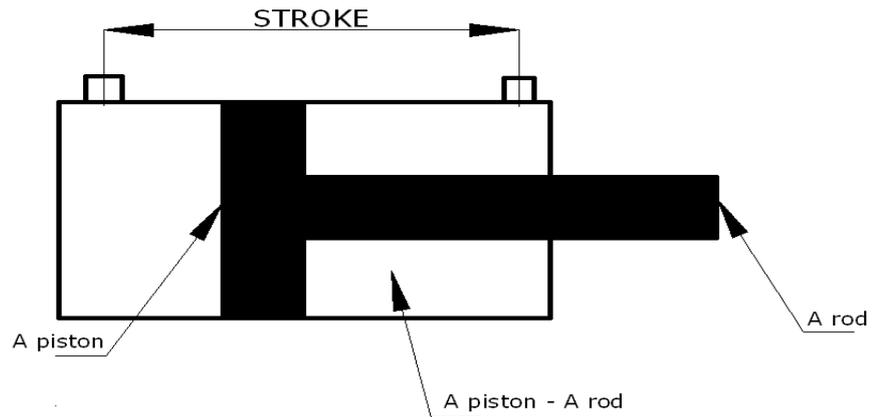
²⁷ *Ibid.*, h 118.

²⁸ *Ibid.*, h 179.

²⁹ *Ibid.*

2.3.4.2. Kecepatan Silinder Hidrolik

Kecepatan langkah piston tergantung dari beban, tekanan fluida, panjang saluran, dan juga jumlah aliran fluida. Kecepatan piston rata-rata 0,1-1,5 m/s.



Gambar 2.14 Luas Penampang Pada Silinder Hidrolik

Kecepatan langkah piston dapat dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(9)^{30}$$

$$V_{\text{ext}} = \frac{Q}{A_{\text{piston}}} \dots\dots\dots(10)^{31}$$

$$V_{\text{ret}} = \frac{Q}{A_{\text{piston}} - A_{\text{rod}}} \dots\dots\dots(11)^{32}$$

Keterangan : V = Kecepatan langkah piston (m/s)

Q = Debit pompa hidrolik (liter/menit)

³⁰ F. Don Norvelle., *Op. Cit.*, h 180.

³¹ *Ibid*, h 183.

³² *Ibid*.

A = Luas penampang silinder hidrolik (m^2)

V_{ext} = Kecepatan langkah piston pada saat naik (m/s)

V_{ret} = Kecepatan langkah piston pada saat turun (m/s)

A_{piston} = Luas penampang piston (m^2)

A_{rod} = Luas penampang batang piston (m^2)

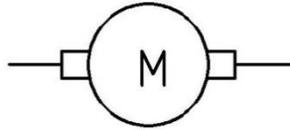
2.3.5. Motor Listrik

Motor listrik adalah suatu alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak/putar.³³ Menurut jenisnya motor listrik terbagi dua, yaitu motor listrik arus bolak-balik (AC) dan motor listrik arus searah (DC).

Motor arus bolak-balik (motor AC) ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus bolak-balik (listrik AC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik, dimana tenaga gerak itu berupa putaran dari pada rotor.³⁴ Simbol diagram rangkaian untuk motor listrik ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

³³ Joseph E. S, and Larry D. M, Perencanaan Teknik Mesin, terj. Ir. Gandhi Harahap M.Eng, (Jakarta : Erlangga, 1994), h 511.

³⁴ Sumanto, Motor Arus Bolak Balik (motor ac), (Yogyakarta: Andi, 1989), h 5.



Gambar 2.15 Simbol Motor Listrik.³⁵



Gambar 2.16 Motor listrik AC satu *phase*

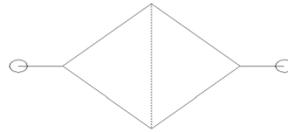
2.3.6. Filter

Filter berfungsi menyaring kotoran–kotoran dari minyak hidrolik. Filter ditempatkan dalam tangki pada saluran masuk pada pompa. Dengan adanya filter, diharapkan efisiensi peralatan hidrolik dapat ditinggikan dan umur pemakaian lebih lama.



Gambar 2.17 Filter

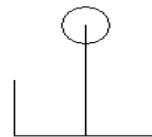
³⁵ Ignatius Hartono, Pengantar Ilmu Teknik Elektronika, (Jakarta : PT Gramedia, 1985), h 39.



Gambar 2.18 Simbol filter

2.3.7. Tangki Oli

Tangki oli adalah suatu komponen sistem hidrolis yang berfungsi sebagai tempat penampung oli, baik yang akan menuju suatu sistem hidrolis maupun yang akan meninggalkan sistem. Disamping itu juga tangki oli ini berfungsi sebagai suplai fluida untuk seluruh sistem.



Gambar 2.19 Tangki Oli