

# **POMPA HIDROLIK**

**TUGAS AKHIR**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Dalam Program Studi Teknik Mesin**

Oleh :

**DEMSON MANIK**

**01.813.0009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
M E D A N  
2006**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

## ABSTRACT

In this modern life, hydraulic system has a widely usage. Hydraulic system use some pumps and all instruction of hydraulic pump directed to transmission application of hydraulic power that more bigger in the future.

Hydraulic came from Greek language, it's mean water, so, hydraulic is a scientific to review and learn fluid flowing, however the water often used for others, such as "HYDRAULIC CONTROL FEAR", that usually used for fluid oil.

Beginner of controlling and rule of suppressing development such as hydraulic pump or oil pump generally used. Hydraulic pump has the important advantages of all elements which small size relatively and practice of all used pump (positively transferring based on static hydraulic principally). In a constant power, fluid debt that resulted of all pumps is suppressed comparable. However, the small amount of hydraulic may suppress in small size of spare parts that used high relative suppressed. Principally this pump creates the flow.

Operational principally called as "Displacement" where this fluid or fluid transferred to the other place. Generally the pump changes the mechanical to be hydraulic fluid. Such as the aimed with displacement is a fluid volume that transferred in each cycles of pumps.

## ABSTRAK

Dalam kehidupan modern sekarang ini, sistem hidrolik mempunyai penggunaan yang sangat luas. System hidrolik menggunakan bermacam – macam pompa dan semua petunjuk untuk pompa hidrolik ini mengarah pada aplikasi transmisi daya hidrolik yang lebih besar dimasa yang akan datang.

Hidrolik berasal dari bahasa Greak / Yunani yang berarti air, jadi hidrolik adalah ilmu yang mempelajari / menyelidiki tentang pengaliran zat cair, tetapi sering dipakai untuk jenis lain, missal “HIDROLIK CONTROL GEAR” yang biasa dipakai adalah oli sebagai cairan.

Permulaan dari pengendalian dan pengaturan atas semua unsure pembangkit tekanan yaitu pompa hidrolik atau pompa minyak yang ada pada umumnya dipakai. Pompa hidrolik mempunyai keuntungan yang paling penting berupa kemampuan besar dari suatu komponen – komponen yang berukuran relatif kecil dan praktis yang semua itu digunakan oleh pompa – pompa pendesak (perpindahan positif yang berkerja berdasarkan prinsip hidrolik static). Pada suatu daya yang konstan, debit cair yang dihasilkan oleh pompa adalah berbanding terbalik dengan tekanan. Oleh karena itu agar jumlah yang kecil dari zat hidrolik dapat mempertahankan ukuran – ukuran kecil dari suku cadang yang membutuhkan tekanan relatif tinggi. Pada prinsipnya pompa menimbulkan aliran.

Prinsip operasinya disebut “Dispalacement” dimana cat cir atau fluida diambil dan dipindahkan ketempat lain. Secara umum pompa mengubah tenaga mechanical menjadi tenaga fluida hidrolik. Sedangkan yang dimaksud dengan displacement adalah volume zat cair yang dipindahkan tiap putaran dari pompa.

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	ii
BAB I PENDAHULUAN.....	I
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Pembatasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.4. Metode Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Pompa Hidrolik .....	4
2.2. Pompa Roda Gigi .....	4
2.3. Karakteristik Roda Gigi Luar.....	9
2.4. Kebocoran Fluida Dalam Rumah Pompa Roda Gigi Luar.....	11
2.5. Analisa Daya yang mendorong Gigi Pompa.....	12
2.6. Dasar Perhitungan Pompa Roda Gigi .....	13
2.7. Silinder Langkah Hidrolik .....	16
2.8. Silinder Putar Hidrolik.....	18
2.9. Dasar Perhitungan Silinder Hidrolik .....	19
2.10. Gaya Dorong dan Tekanan Kecepatan Aliran .....	20
2.11. Hidrolik Motor.....	22
2.12. Hidrolik Valve .....	28

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN .....	36
3.1.	Pengambilan Judul Tugas Akhir .....	36
3.2.	Referensi .....	36
3.3.	Survei Lapangan .....	36
3.4.	Pengajuan Proposal .....	36
3.5.	Seminar .....	36
3.6.	Pengumpulan Data .....	36
3.7.	Analisa Perhitungan .....	36
BAB IV	ANALISA PERHITUNGAN .....	39
4.1.	Perhitungan Pompa Roda Gigi .....	39
4.2.	Perhitungan Silinder Roda Gigi .....	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	46
5.1.	Kesimpulan .....	46
5.2.	Saran-Saran .....	47
LAMPIRAN-LAMPIRAN		

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN .....	36
3.1.	Pengambilan Judul Tugas Akhir .....	36
3.2.	Referensi .....	36
3.3.	Survei Lapangan .....	36
3.4.	Pengajuan Proposal .....	36
3.5.	Seminar .....	36
3.6.	Pengumpulan Data .....	36
3.7.	Analisa Perhitungan .....	36
BAB IV	ANALISA PERHITUNGAN .....	39
4.1.	Perhitungan Pompa Roda Gigi .....	39
4.2.	Perhitungan Silinder Roda Gigi .....	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	46
5.1.	Kesimpulan .....	46
5.2.	Saran-Saran .....	47
LAMPIRAN-LAMPIRAN		

## BAB I

### PENDAHULUAN



#### 1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan modern sekarang ini, sistem hidrolik mempunyai penggunaan yang sangat luas. Perhatikan pada sistem hidrolik yang sering dipakai dewasa ini yang sebagian besar aplikasinya digunakan pada peralatan berat seperti :

1. EXAVATOR
2. TRUCK
3. ELEVATOR
4. DLL

Sistem hidrolik menggunakan bermacam-macam pompa dan semua petunjuk untuk pompa hidrolik ini mengarah pada aplikasi transmisi daya hidrolik yang lebih besar dimasa yang akan datang. Hidrolik dan mekanika fluida adalah bagian dari pada mekanika terpakai yang mempelajari statika dan dinamika dari cairan gas.

Hidrolik berasal dari bahasa Greak / Yunani yang berarti air, jadi Hidrolik adalah ilmu yang mempelajari / menyelidiki tentang pengaliran zat cair, tetapi sering dipakai untuk jenis cairan lain, misal "HIDROLIK CONTROL GEAR" yang biasa dipakai adalah oli sebagai cairan.

Seperti yang dipakai pada alat berat untuk Pengujian tarik dan Pengujian tekan yang pengoperasiannya membutuhkan cairan untuk mengangkat sebuah benda. Dalam hal ini proses pengaliran fluidanya dilakukan oleh pompa hidrolik di kawasan Laboratorium Teknik Jurusan Mesin UMA.

## 1.2. Pembatasan Masalah

Salah satu persoalan dalam pengaliran fluida hidrolik adalah kurangnya daya kerja pompa untuk mengalirkan fluida kesilinder kerja, sehingga kebutuhan yang penting dalam persoalan pengangkatan peti kemas dilapangan menjadi terhambat dikarenakan pompa hidrolinya rusak. Kerusakan yang sering dialami oleh pompa hidrolik adalah berupa goresan -goresan pada sekitar dinding tekan dari pada pompa tersebut, sehingga terjadi kebocoran akibatnya pompa tidak mampu mengalirkan fluida dengan konstant kesilinder hidrolik. Dan disini kita tidak membahas perancangan tentang pompa hidrolik tetapi kita hanya mengamati prinsip kerja dari pompa dan analisa beban dari silinder hidrolik. Disini kita hanya menerangkan bahwa perhitungan yang hanya sebatas perhitungan kapasitas pompa hidrolik, perhitunga daya pompa perhitungan kapasitas beban daripada pompa dan kami hanya menganalisa daya dorong yang terjadi pada gigi pompa. Oleh karena itulah kami tertarik mempelajari dan ingin tahu apa sebenarnya yang membuat pompa roda gigi luar sering rusak dengan mengetahui prinsip kerja daripada pompa roda gigi dan silinder kerja dengan mensurvey langsung ke lapangan.

## 1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Penulis dapat mengaplikasi ilmu yang diperoleh ecara teoritis maupun dalam praktis lapangan.
2. Agar Penulis dapat berpartisipasi dalam mengembangkan teknologi pemakaian pompa melalui perancangan, pengukuran, analisa maupun aplikasi.

3. Agar Penulis dapat menerapkan ilmu yang diperolehnya kepada masyarakat luas demi meningkatkan sumber daya manusia.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Agar penulis dapat mengetahui prinsip kerja dari pada pompa hidrolik dan silinder kerja pompa hidrolik yang semua itu membutuhkan aliran fluida yang konstan
2. Agar penulis dapat menambah wawasan tentang penggunaan pompa hidrolik dan silinder kerja hidrolik khususnya tentang teknologi pemakaian pompa hidrolik.
3. Dan skripsi ini juga diharapkan dapat membantu para Mahasiswa yang akan belajar tentang sistem hidrolik khususnya pompa roda gigi.

#### 1.5. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Penelitian terhadap fluida hidrolik yang dipakai
2. Penelitian terhadap rumah pompa dan gigi pompa yang bersinggungan serta terhadap silinder hidrolik
3. Penelitian secara langsung dilapangan mengenai penggunaan alat dilapangan
4. Penelitian terhadap daya pompa, kapasitas aliran, dan kecepatan aliran fluida.
5. Penelitian terhadap gaya-gaya daripada pompa.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pompa Hidrolik

Permulaan dari pengendalian dan pengaturan atas suatu unsur pembangkit tekanan yaitu pompa hidrolik atau pompa minyak yang pada umumnya dipakai. Pompa hidrolik mempunyai keuntungan yang paling penting berupa kemampuan besar dari suatu komponen-komponen yang berukuran relatif kecil dan praktis yang semua itu di gunakan oleh pompa-pompa pendesak ( perpindahan positif yang bekerja berdasarkan prinsip hidrolik static ). Pada suatu daya konstan (  $W$  ), debit zat cair (  $Q$  ) yang dihasilkan oleh pompa adalah berbanding terbalik dengan tekanan (  $P$  ). Oleh karena itu agar jumlah zat cair hidrolik dapat mempertahankan ukuran-ukuran kecil dari suku cadang yang membutuhkan tekanan relatif tinggi. Pada prinsipnya pompa menimbulkan aliran ( Flow ). Prinsip operasinya disebut " Displacement " dimana zat cair atau fluida diambil dan dipindahkan ketempat lain. Secara umum pompa mengubah tenaga mechanical menjadi tenaga fluida hidrolik. Sedangkan yang dimaksud dengan displacement adalah volume zat cair yang dipindahkan tiap putaran dari pompa.

#### 2.2. Pompa Roda Gigi

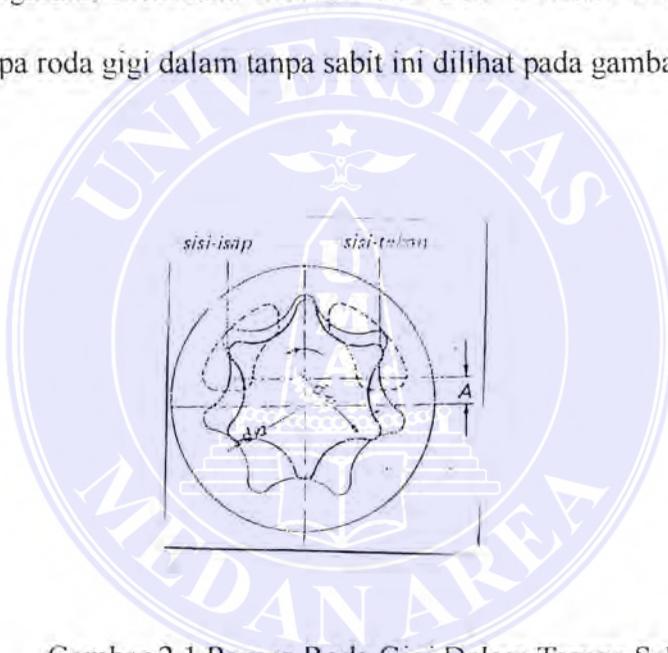
Pompa roda gigi banyak sekali digunakan pada alat berat yang menggunakan sistem hidrolik karena pompa ini sangat sederhana dan ekonomis. Pompa roda gigi ini digolongkan pada pompa fixed displacement. Pada umumnya pompa roda gigi ini ada dua jenis yaitu :

## 1. Pompa Roda Gigi Dalam

Pompa roda gigi dalam tekanannya dibangkitkan secara bertahap dan pompa roda gigi dalam ada dua tipe yaitu :

### a. Pompa roda gigi dalam tanpa sabit

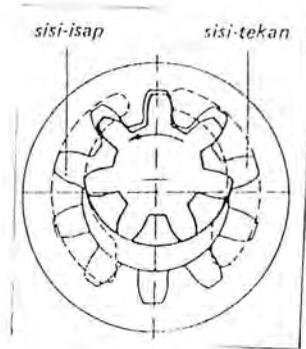
Roda dalam dengan gigi-gigi luar dijalankan dan mengikut sertakan berbentuk celah minyak diisap kedalam rongga-rongga gigi yang setelah dicengkram, membuka kembali dan dibawa kesisi tekan konstruksi dari pompa roda gigi dalam tanpa sabit ini dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pompa Roda Gigi Dalam Tanpa Sabit

### b. Pompa roda gigi dalam dengan bentuk sabit

Dalam hal ini minyak yang tersedot dikirim lewat sisi pengantar yang berbentuk sabit (biasanya dipasang dengan sejumlah pasak pada ruma pompa kesisi tekan). Adapun viscositas minyak yang dianjurkan sedapat mungkin harus berada antara 0,14 dan 0,16 cm/s. Konstruksi pompa seperti ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pompa Roda Gigi Dalam Dengan Menggunakan Sabit

## 2. Pompa Roda Gigi Luar

Pompa roda gigi luar disebut juga pompa dengan pendesak berputar paling umum digunakan. Untuk menghasilkan energi hidrolik pompa roda gigi luar masih tetap merupakan alat yang paling banyak digunakan. Adapun alasannya adalah :

- a. Kontruksinya sederhana dan kokoh.
- b. Juga dengan kecermatan yang tinggi yang pembuatannya cukup menguntungkan apabila ditinjau dari segi harga.
- c. Kemantapan kerja yang tinggi, juga pada pembebanan yang berat.
- d. Tidak tergantung dari pada letak pemasangan.
- e. Sifat pengisapan yang baik ( pada putaran yang konstan ).
- f. Relatif tidak peka terhadap kotoran.
- g. Pada penggunaan minyak hidrolik yang normal, jangkauan viskositasnya cukup besar.
- h. Jangkauan putarannya cukup besar ( biasanya  $n = 1400 \dots 2800$  rpm )

- i. Dapat digunakan untuk berbagai daerah tekanan ( mulai dari tekanan-tekanan rendah hingga 40bar, lewat tekanan 160bar pada pekerjaan terus-menerus ).
- j. Efisiensi yang memadai ( 85% hingga 90% ).

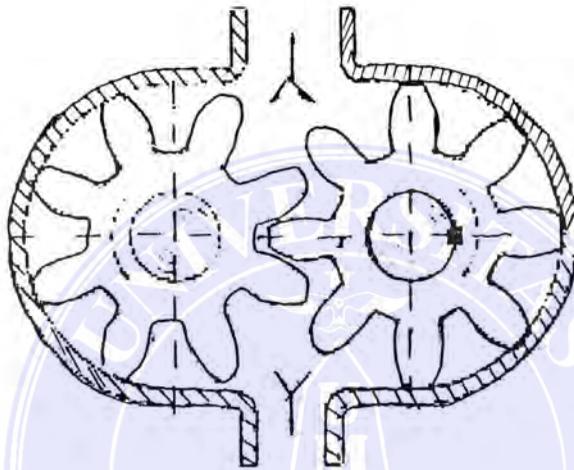
Yang pasti debit pada sebuah pompa roda gigi luar tidak dapat disetel ( kecuali dengan mengubah putaran ) dan tekanan yang dicapai tidak setinggi pada pompa-pompa. Dengan demikian tipe pompa ini hanya kita gunakan bila diminta suatu debit yang konstan dan jarang digunakan sebagai motor roda gigi. Adapun prinsip kerja dari pompa roda gigi adalah sebagai berikut :

Sejumlah zat cair masuk dari sisi isap kedalam rongga-rongga gigi dan kemudian di pindahkan kesisi tekan. Disitu zat cair oleh cengkaman gigi-gigi didesak keluar dari rongga-rongga gigi. Oleh sebab itu rongga-rongga gigi disebut juga sebagai ruang-ruang pendesak. Perapatan antara sisi isap dan sisi tekan yang disebut sebagai pendesak diperoleh dengan mempertahankan sekecil mungkin celah antara kepala-kepala gigi dan rumah pompa oleh sisi samping gigi yang saling bersinggungan/menggelincir sehingga terjadi kontak antara gigi sewaktu berlangsungnya pencengkaman, dengan mempertahankan sekecil mungkin celah antar sisi samping roda gigi dan rumah. Adapun banyaknya zat cair yang terpompa ( debit ) tergantung pada besarnya rongga-rongga gigi.

Karena desakan gigi-gigi yang memutar rongga-rongga gigi, minyak yang dipindahkan dapat melakukan tekanan dengan baik dalam proses pekerjaan. Tetapi apabila tekanan (  $p$  ) yang dilakukan naik maka debit

derajat pompa tersebut yang dihasilkan akan menurun. Namun sewaktu

effisiensi volumetricnya pada pompa jenis ini adalah 93% pada maximum rpm bahkan lebih besar dari 88% pada setengah maximum putaran dari pada pompa dengantekanan yang maximum pula. Konstruksi dari pada pompa roda gigi luar dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konstruksi Dari Pompa Roda Gigi Luar

### 2.3. Karakteristik Pompa Roda Gigi Luar

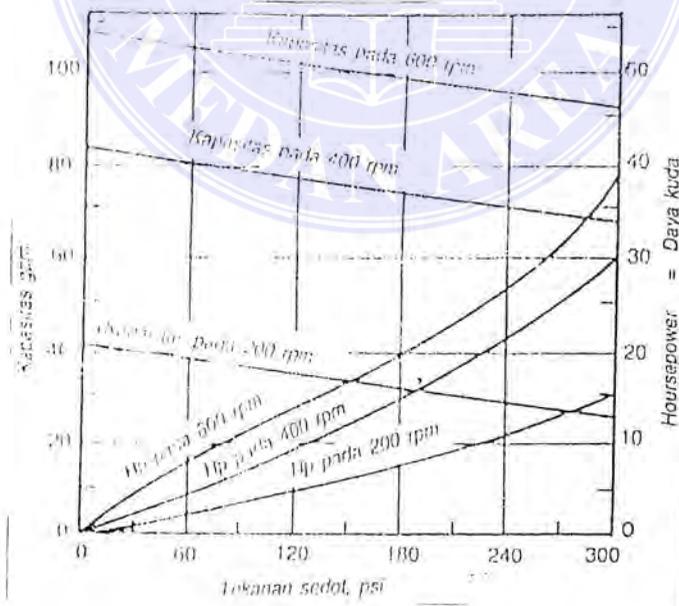
Dengan mengabaikan kebocoran pompa roda gigi memompakan kapasitas yang hampir konstan pada tekanan buang yang bervariasi. Jadi kurva HQ yang biasa hampir menggunakan garis yang mendatar seperti terlihat pada gambar 2.4 . Perpindahan (displacement) bervariasi langsung dengan kepesatannya, kecuali kapasitasnya dapat dipengaruhi oleh kekentalan fluida dan faktor-faktor lainnya.

Cairan yang kental dapat mengalir dengan cepat kedalam rumah pompa untuk mengisi ruangan sepenuhnya.

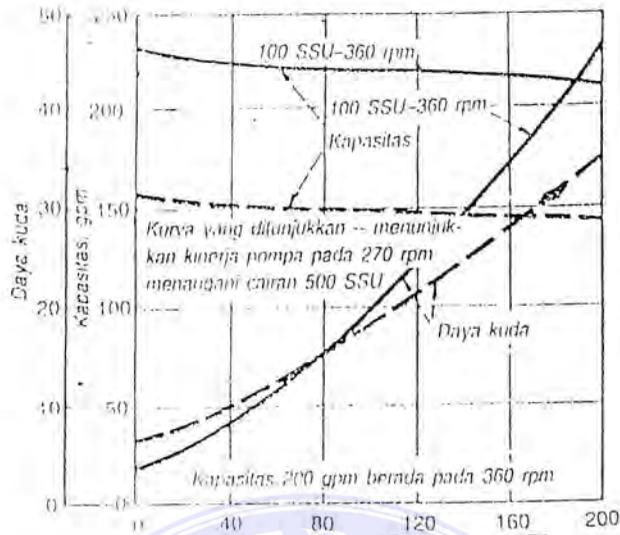
Slip atau kerugian kapasitas pemompaan melalui ruang benas antara rumah pompa dan elemen ( roda gigi ) yang berputar, dengan menganggap

kekentalan ( viskositas ) konstan dan akan bervariasi menurut tekanan buangnya, misalnya pada putaran 600 rpm dan tekanan buang yang terjadi adalah 0 psi, sedangkan kapasitasnya menjadi 108 gpm. Tetapi apabila tekanan-tekanan buangnya 300 psi dengan putaran yang sama yaitu 600 rpm maka kapasitasnya akan menjadi 92 gpm. Jadi perbedaan kapasitas yang terjadi adalah 16 gpm ini bisa disebut slip atau kerugian.

Apabila daya dari pompa roda gigi kita masukan maka kurva HQ, akan bertambah besar dengan bertambahnya kekentalan minyak cairan, effisiensinya akan menurun dengan besarnya kekentalan. Akan tetapi pompa roda gigi banyak dipakai untuk cairan yang kental, dan merupakan hal yang paling penting untuk mengidentifikasi karakteristik ini seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.4. Karakteristik Kapasitas dan Daya Kuda Pompa Roda Gigi Luar

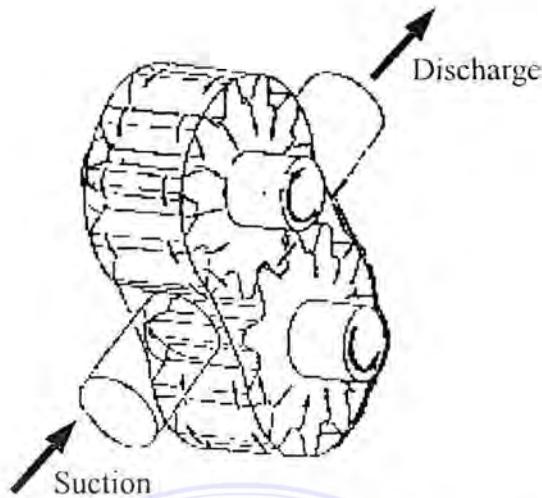


Gambar 2.5 Karakteristik dan Daya Pompa Roda Gigi Luar

#### 2.4. Kebocoran Fluida Dalam Rumah Pompa Roda Gigi

Kebocoran fluida dari tempat bertekanan tinggi ketempat yang lebih rendah dikarenakan oleh gap dan clearance. Pada pompa roda gigi luar selalu ada celah antara gigi dan rumah pompa, antara gigi dinding samping pompa yang memungkinkan fluida lewat keluar jendela dan juga sebagai pelumasan.

Gambar ini (anak panah) menunjukkan tempat-tempat yang dilalui oleh fluida sebagai kebocoran yang menyebabkan jumlah fluida yang didalam ruang pendesak jadi berkurang. Semakin tinggi tekanan keluar maka semakin banyak fluida yang bocor dan sebaliknya semakin rendah tekanan maka semakin berkurang kebocoran tadi sehingga cela antara ujung gigi dengan rumah pompa, adanya antar sisi gigi dengan plat ( dinding samping ) dan adanya juga antar gigi-gigi yang satu dengan yang lainnya.



Gambar 2.6 Arah Aliran Fluida Akibat Ada Celah

## 2.5. Analisa Gaya Yang Mendorong Gigi Pompa

Pada gambar dibawah ini ditunjukkan arah gaya-gaya yang mendorong gigi-gigi pompa. Dimana gaya yang terjadi adalah pada sisi discharge/ pada sisi keluar dan akan memaksa gigi bertahan pada sisi isap.

Agar pompa bisa bertahan lama maka gaya dorong disisi discharge tersebut perlu di imbangi dengan gaya dorong yang berlawanan. Untuk keperluan ini ada beberapa jalan ditempuh yaitu dengan menambahkan relief groove, banking line dan sebagainya. Hal ini dilakukan dengan menyalurkan tekanan kesisi discarge ke cover untuk mendorong bhusing atau side plate. Nama saluran ini adalah lubang saluran fluida tekana tinggi. Bagian yang perlu tekanan terbesar adalah sisi out put pada bhusing sedangkan pada sisi masuk kecil saja untuk menyalurkan keseimbangan tekanan.

Sewaktu gigi-gigi pompa bertemu ( mesh ) seperti terlihat pada gambar dibawah ini ada sebagian fluida yang terjebak disela-sela gigi pompa. Ketika ruangannya menyempit dan oli tidak dapat keluar dari tempatnya akan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

menyebabkan tekanan menjadi naik. Tekanan tinggi inilah yang akan mendorong gigi-gigi pompa dan merusak bagian-bagian pompa. Untuk melepaskan tekanan tinggi ini maka harus dibuat relief groove yang terdapat pada bhusing.



Gambar 2.7 Gaya Dorong Yang Terjadi Dalam Pompa Roda Gigi

## 2.6. Dasar Perhitungan Pompa Roda Gigi

Dasar bekerjanya suatu gaya dan tekanan pada pompa roda gigi adalah hidrostatis yaitu hukum pascal : Dimana zat cair dalam suatu bejana tertutup dan diam tidak mengalir mendapat tekanan, maka tekanan tersebut akan diteruskan kesegala arah dengan sama rata dan tegak lurus bidang permukaannya.

Rumus tekanan berdasarkan hukum pascal adalah :

$$F = P \times A$$

Dimana :  $F$  = gaya (kg)

$P$  = Tekanan pompa (kg/cm<sup>2</sup>)

$A$  = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

Pompa roda gigi digunakan untuk menimbulkan tekanan ( head ) pada fluida, dimana untuk mencapai hal ini digunakan pompa roda gigi. Untuk menggerakkan suatu sistem hidrolik di butuhkan suatu aliran fluida yang kontinu dengan tekanan yang relatif konstan. Adapun tenaga dari pompa tersebut diperoleh dari motor kendaraan itu sendiri. Pompa roda gigi inilah yang mensirkulasikan fluida kedalam hidrolik silinder sesuai dengan kebutuhan gerakan dari pada silinder hidrolik yang dikehendaki. Dalam hal ini perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas pompa roda gigi
2. Daya pompa roda gigi
3. Effisiensi dari pada pompa yang berputar
  - a. Menghitung kapasitas pompa

$$Q = V \cdot A$$

Dimana : Q = Kapasitas pompa (Liter/menit)

V = Kecepatan aliran fluida (0,5-10m/s)

A = Luas penampang (cm)

- b. Menghitung daya pompa

$$N_p = \frac{P \cdot Q}{450}$$

Dimana :  $N_p$  = Daya engine yang dipakai untuk menggerakkan pompa  
(Watt)

P = Tekanan dari pada pompa ( $\text{kg/cm}^2$ )

Q = Kapasitas pompa roda gigi (l/menit)

450 = Angka konversi untuk ( PS)

## c. Menghitung efisiensi pompa

$$\eta_{vp} = \frac{Q_{act}}{Q_{th}} \times 100\%$$

Dimana :  $\eta_{vp}$  = Efisiensi volumetric

$Q_{act}$  = Banyaknya discharger secara actual yang didapat dari hasil pengukuran pada flow meter (l/menit)

$Q_{th}$  = Banyaknya discharger secara teori (l/menit)

## d. Perhitungan kapasitas beban pada roda gigi pompa

Roda gigi pompa dapat mengalami berupa aus yang mengakibatkan, turunnya daya pencengkaman gigi yang dapat mempengaruhi tekanan kerja dari pompa. Biasanya kekuatan gigi terhadap lenturan dan tekanan permukaan pada roda gigi merupakan hal yang penting untuk diperhatikan. Kemudian sebagai tambahan akhir-akhir ini juga dianggap penting untuk perhitungan kekuatan terhadap goresan yaitu dimana luka-luka goresan pada permukaan gigi berbeban besar dan berputar tinggi karena penguapan selaput minyak. Dalam hal ini perhitungan yang dilakukan yaitu kekuatan terhadap lenturan dan tekanan terhadap permukaan gigi.

## a. Perhitungan daya rencana

$$P_d = F_c \cdot N_p$$

Dimana :  $P_d$  = Daya rencana

$F_c$  = Factor koreksi beban

$N_p$  = Daya yang ditransmisikan (Watt)

## b. Kecepatan keliling

$$v = \frac{\pi \cdot d_{bl} \cdot n_1}{60 \cdot 1000}$$

Dimana :  $V$  = Kecepatan keliling

$d_{bl}$  = Diameter jarak bagi (mm)

$n_1$  = Putaran dari pompa

Hubungan antar daya yang ditransmisikan  $N_p$  (kw), gaya tengensial  $F_t$  (kg) dan kecepatan keliling  $v$  (m/s).

$$N_p = \frac{F_t \cdot v}{102}$$

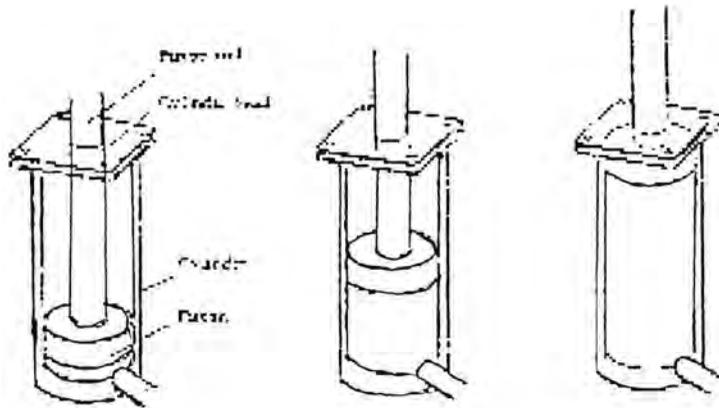
Dimana :  $N_p$  = Daya yang ditransmisikan

$F_t$  = gaya tengensial

## 2.7. Silinder Hidrolik

Silinder ini merupakan komponen yang bekerja menurut garis lurus, dimana gerak bolak-balik dapat diubah :

1. Langsung menjadi suatu gerakan lurus, misalnya sebuah geseran, gerak penjalan, gerak angkat, gerak kempa.
2. Tidak langsung menjadi suatu gerakan yang sebagian berputar atau membelok, misalnya dengan bantuan sebuah tuas, engkol, batang gigi dengan pinion, poros ulir serta mur dan lain sebagainya seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Silinder Hidrolik

Pada silinder hidrolik yang dipasang vertical ( torak-torak ) langkah torak keatas dapat dilakukan oleh zat cair yang mengalir kedalam dan langkah kebawah oleh bobot sendiri.

Kecepatan torak ( $v$ ) atau kecepatan silinder adalah tergantung dari :

1. Banyaknya zat cair yang akan dibawa pada setiap satuan waktu dalam silinder atau
2. Gaya balik yang ditimbulkan oleh zat cair yang harus ditekan keluar dari sisi lain torak.

Perubahan aliran pada zat cair (debit) didalam silinder dapat terjadi karena penyempitan minyak yang mengalir kedalam atau yang mengalir keluar. Oleh karena sangat meningkatnya kalor, metode ini hanya memadai untuk daya yang kecil dengan satu pekerjaan yang pendek atau tidak terputus, perubahan yang dihasilkan pompa dapat disetel dengan memakai pencekik yang dapat diatur sehingga dapat mempengaruhi suatu gerakan sesaat saja contohnya untuk menstart atau untuk memperlambat saja. Dengan demikian gerak bolak-balik dapat diatur pada waktu bersamaan juga kecepatan keping kendali dapat terpengaruh.

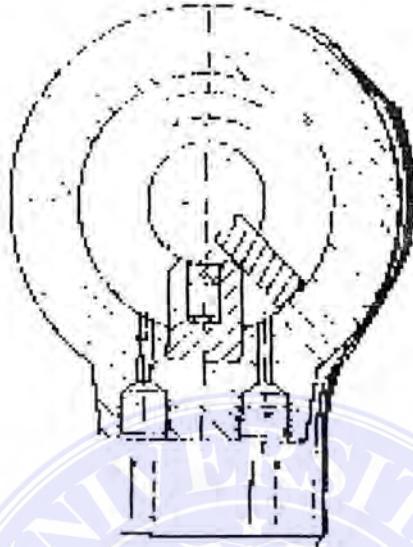
Pada umumnya pembuatan hidrolik dan torak disesuaikan dengan penggunaannya. Berdasarkan cara kerjanya dapat dibedakan jenis-jenis sebagai berikut :

1. Silinder hidrolik yang bekerja tunggal
2. Silinder hidrolik yang bekerja rangkap
3. Silinder hidrolik dengan langkah yang dipercepat

Pada umumnya hidrosilinder mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibanding hidromotor ( pada umumnya antara 0,8%-0,95%. Gaya gesek yang dihasilkan lebih kecil, hanya sedikit kehilangan karena gesekan kehilangan kalor dan kemungkinan perapatan lebih memadai hanya sedikit kebocoran dan kehilangan tekanan.

### 2.8. Silinder Putar Hidrolik

Silinder putar berguna untuk mengalihkan gaya linier (lurus) pada ukuran silinder yang sangat kecil secara hidrolik langsung menjadi suatu gerak putar sampai pada sudut belok tertentu. Seperti telah diketahui bahwa torak-torak dapat bekerja rangkap dan pada kedua arah melakukan sebuah kopel yang sama ( $P_1 = P_2 \text{ dan } Md^1 = Md^2$ ). Terutama sekali silinder-silinder putar merupakan silinder-silinder bertekanan tinggi yang tekanan kerjanya sampai dengan 150 bar, efisiensi volumetrisnya 0,9% sampai 0,92% dan efisiensi totalnya berkisar antara 0,94 sampai dengan 0,96 % seperti terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Silinder Putar

### 2.9. Dasar Perhitungan Silinder Hidrolik

Sebuah silinder hidrolik mempunyai tugas untuk menghasilkan gaya efektif  $F_c$  (gaya nominal) pada ujung batang torak yang bebas. Dalam hal ini diperlukan suatu kecepatan yang konstan terhadap batang torak yang dapat merupakan gaya tekan atau gaya tarik. Adapun perhitungan yang dilakukan disini adalah hanya berupa :

1. Tekanan pada silinder hidrolik
2. Tekanan secara otomatis
3. Volume zat cair didalam silinder hidrolik

a. Tekanan pada silinder hidrolik

$$P = \frac{F}{A}$$

Dimana : P = Tekanan fluida ( kg/ cm<sup>2</sup> )

F = Gaya luar (kg)

A = Luas bidang tekan ( cm<sup>2</sup> )

b. Tekanan secara teori.

$$P_{st} = P + \xi \cdot g \cdot h$$

Dimana : P<sub>st</sub> = Tekanan Statis

P = Tekanan fluida (kg/ cm<sup>2</sup> )

ξ = Massa jenis zat cair (kg/ cm<sup>2</sup> )

g = Gaya gravitasi (9,81 m/ cm<sup>2</sup> )

h = Tinggi zat cair yang dapat diangkat (10m)

c. Volume zat cair dalam silinder hidrolik

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot s$$

Dimana : V = Volume zat cair

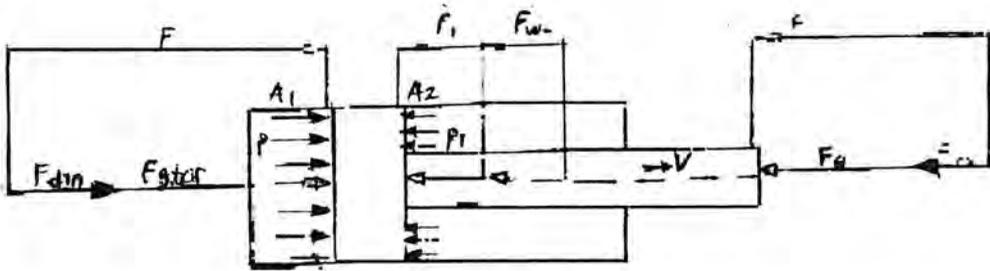
d<sup>2</sup> = Diameter torak (cm)

s = Langkah dari torak

## 2.10. Gaya Dorong Dan Tekanan Kecepatan Aliran

Antara gaya dorong dan kecepatan piston pada silinder hidrolik terdapat hubungan, dimana kecepatan piston dipengaruhi oleh besarnya gaya dorong terhadap piston dalam silinder hidrolik.

Pada gambar dibawah ini, diameter batang torak adalah ( D ) cm, luas



Gambar 2.11. Gaya Dorong Dari Pada Silinder Hidrolik

Bila sebelah kiri piston dimasukkan aliran fluida, akan mengakibatkan tekanan yaitu  $P_1$ . Tekanan tersebut akan mengakibatkan gaya dorong ( $F_1$ ) yang arahnya kekanan dan besarnya  $F_1 = P_1 \times A_1$  (kg). Sedangkan tekanan fluida yang tinggal disebelah kanan piston juga akan menghasilkan gaya dorong ( $F_2$ ) yang besarnya adalah  $F_2 = P_2 \times A_2$  (kg). Sedangkan arahnya adalah kekiri. Dengan demikian yang menggerakkan piston kekanan. Sesungguhnya adalah selisih antara ( $F_1$ ) dan ( $F_2$ ) dan karena ( $F_1$ ) lebih besar maka :

$$F = F_1 - F_2 = (P_1 \times A_1) - (P_2 \times A_2)$$

Jadi besar kecilnya gaya dorong ( $F$ ) bergantung pada tinggi rendahnya tekanan ( $P$ ) atau besar kecilnya luasan piston ( $A$ ). Dengan demikian kecepatan gerakan piston dapat ditentukan dengan rumus :

$$v = \frac{Q}{A}$$

Dimana :  $v$  = Kecepatan piston (cm/menit)

$Q$  = Kapasitas aliran fluida ( $\text{cm}^3$ )

$A$  = Luas dari pada piston ( $\text{cm}^2$ )

Jadi besarnya gaya torak sewaktu berlangsungnya sorongan keluar adalah :

$$F_1 = (P_1 \times A_1)$$

Pada sorongan kedalam :

$$F_2 = (P_2 \times A_2)$$

## 2.11. Hidrolik Motor

Hidrolik motor adalah bentuk lain dari silinder hidrolik, kalau silinder hidrolik menghasilkan gerakan bolak-balik, maka kalau hidrolik motor menghasilkan putaran (rpm) dan bekerjanya hidrolik motor adalah berlawanan dengan pompa hidrolik. Kalau pompa menghisap zat cair dan mendorongnya keluar dan merubah tenaga mekanis (putaran) menjadi tenaga hidrolis sedangkan hidrolik motor adalah memasukin zat cair yang bertanya dan keluar pada sisi outlet, lalu merubah tenaga hidrolis menjadi tenaga mekanis (putaran).

Pompa dapat juga digunakan sebagai motor, tetapi tidak boleh digunakan tanpa ada perubahan semua faktor yang berhubungan dengan motor. Kalau hal ini dilakukan akan terjadi kehausan yang parah pada shaft dan bearing. Besarnya kecepatan dan torque output shaft pada motor tergantung pada displacement motor, yaitu outputnya semakin besar pula seperti halnya pompa dan motor hidrolik ini dirancang dalam dua tipe displacement (sebagai pemindah oli) yaitu :

### 1. Fixed displacement.

Yaitu motor yang dalam pemindahan olinya konstan, sedangkan kecepatannya dapat dirubah-rubah dengan variasikan aliran masuknya (input flow), jadi motor hidrolik ini dipakai terutama menghasilkan putaran.

### 2. Variabel displacement.

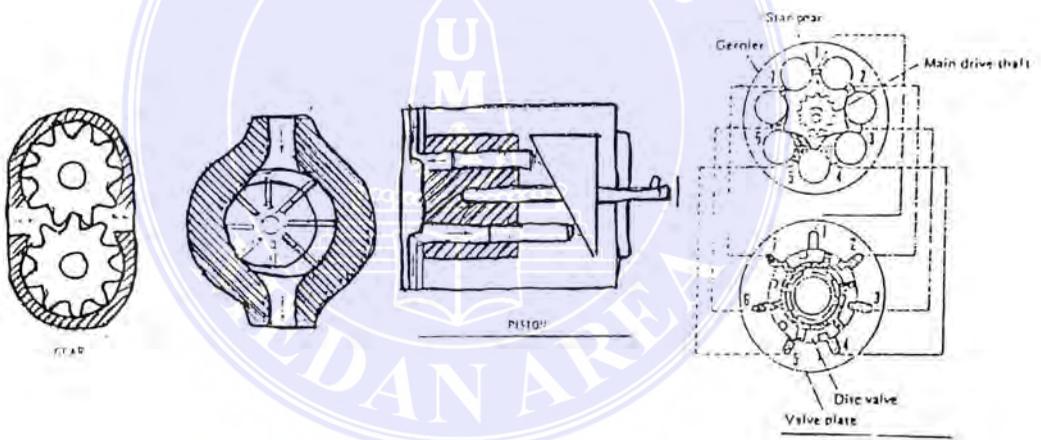
Motor hodrolik seperti ini baik putaran maupun torquencya dapat dirubah-rubah (bervariasasi). Aliran input (flow input) dan tekanannya konstan saja,

sedangkan kecepatan dan toequency dapat dirubah-rubah dengan menggerakkan mekanisme yang akan merubah displacement motornya.

Berdasarkan structurnya hidrolik dapat dibedakan dalam empat jenis yaitu :

- A. Gear motor ( menggunakan roda gigi )
- B. Vane motor ( menggunakan sirip-sirip )
- C. Piston motor ( menggunakan piston )
- D. Orbit motor ( circle rasion motor )

Seperti terlihat gambar 2.12



Gambar 2.12 Beberapa Tipe Motor Listrik

#### A. Gear Motor

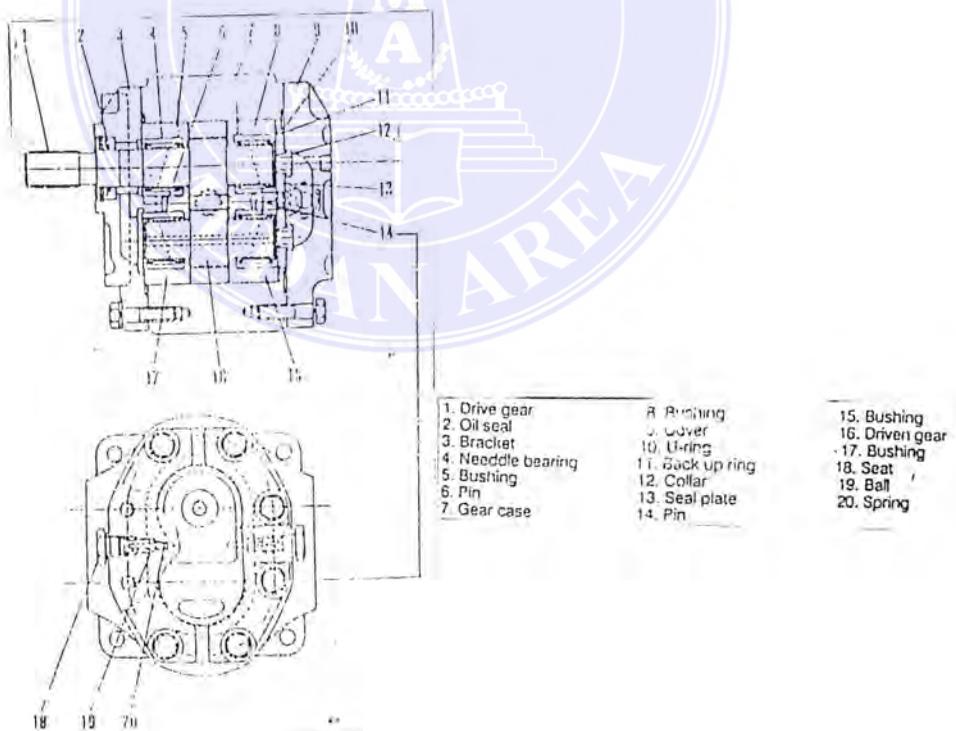
Secara umum gear motor dibagi menjadi dua :

1. External gear motor
2. Internal gear motor

### 1. External Gear Motor (pinggiran luar motor)

Motor jenis ini dipakai pada unit Jhon Deere dan motor greder misalnya untuk memutar roda depan roda kiri dan kanan pada unit Jhon Deere (front Wheel drive motors) dan pada motor greder namanya (circle revers motor).

Konstruksinya terdiri dari dua buah roda gigi yang selalu berhubungan (mesh) dalam rumahnya. Bila ada tekanan pada sisi masuknya, akan mendorong gigi-giginya dan menyebabkan Shaft motor berputar untuk digunakan memutar beban (load) dan konstruksinya dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini.



Gambar 2.13 Motor Hidrolik Tipe Roda Gigi

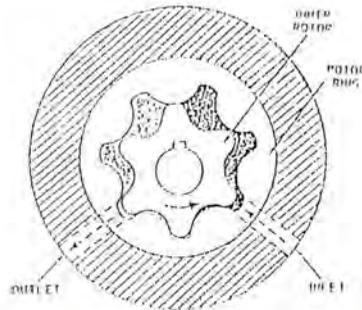
Untuk memperpanjang hearing kemudian dibuat lubang pada hausing untuk menyakurkan tekanan tinggi dengan arah gaya dorong yang berlawanan dengan yang terjadi pada sisi inlet. Jenis ini dinamakan tipe "Balanced" sebagaimana motor-motor yang lain, kita diperlukan untuk membalik putaran shaft output, maka kontrol valve digerakkan menukar jalanya oli antara inlet dan outlet ( seperti terlihat pada gambar 2.14 ).



Gambar 2.14 Gear Motor Tipe balanced

## 2. Internal Gear Motor(penggigian motor)

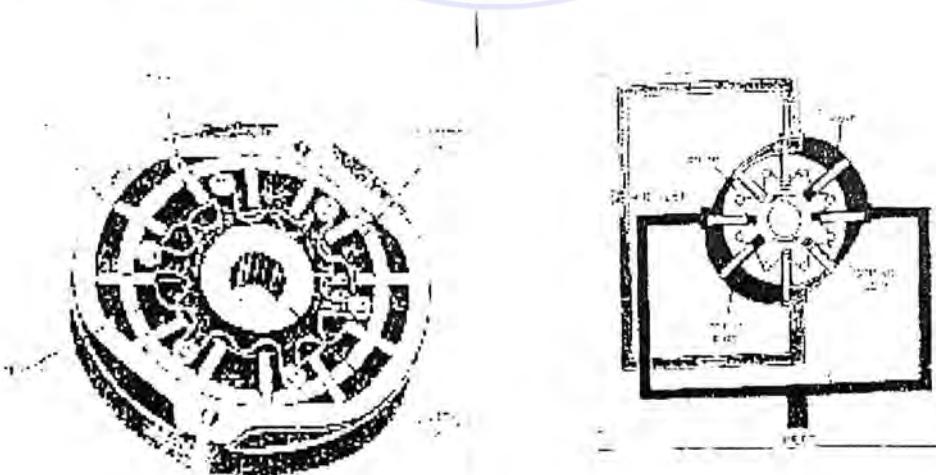
Komponen dari Internal gear motor adalah terdiri dari Hausing (rumah), rotor ring yang berputar dalam rumah (hausing) dan inner motor yang gigi berhubungan (mesh) rotor ring, sedangkan shaftnya inner motor bertumpuh pada motor (hausing). Cara kerja dari motor seperti ini adalah : bila ada tekanan diisi masuk akan mendorong gigi-gigi inner rotor dan rotor ring sehingga motor berputar. Sewaktu gigi inner rotor bagian atas bertemu dengan rotor ring akan terjadi penyekatan. Bagian motor berputar akan bocor lagi, sehingga terbentuk penyekatan dan seterusnya seperti terlihat pada



Gambar 2.15 Motor Dengan Penggigian Dalam

### B. Vane Motor

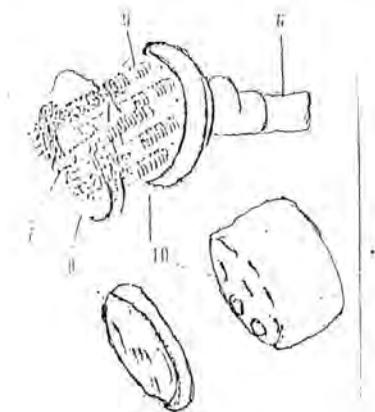
Vane motor hanya dibuat untuk fixed displacement dan keuntungan dari vane motor adalah usia pakai yang cukup lama (keausan pada hearing kecil) dan lebih murah dibandingkan dengan gear motor. Untuk membalikkan arah masuknya oli adapun fungsi dari spring clip untuk menahan agar sudu-sudu (vanes) tetap merapat pada auter ring untuk memperkecil kebocoran seperti terlihat pada gambar 2.16



Gambar 2.16 Vane Motor

### C. Motor hidrolik tipe piston.

Adapun prinsip kerja dari motor seperti ini adalah sebuah disc yang ditumpuh oleh bearing mendapat tekanan fluida maka disc tersebut akan berputar. Putaran disc tersebut tergantung dari arah mana fluida tersebut diberikan ke disc. Apabila tekanan pada disc berkedudukan di F maka disc akan berputar ke arah kanan (arah belakang). Sebaliknya bila tekanan tersebut berkedudukan seperti F maka disc akan berputar ke kiri. Agar disc mendapat torqui yang besar, maka pada disc dipasang piston dan piston tersebut masuk kedalam silinder blok. Kemudian oli masuk kedalam cilinder blok melalui valve plate inner port tergantung ke arah manan putaran yang di inginkan dan selanjutnya menekan piston. Akibat dari gaya pada piston tersebut maka disc akan berputar untuk selanjutnya diteruskan ke output shaft yang berhubungan dengan load (beban). Pada keadaan disc berputar maka piston ikut berputar membawa silinder blok, sedangkan valve plate tidak ikut berputar (duduk pada housing). Untuk mendapatkan antara valve dengan silinder blok maka pada ceter shaft dipasang center spring. Sedangkan fungsi dari center shaft sendiri adalah untuk menjaga kelurusan silinder blok seperti terlihat pada gambar 2.17.

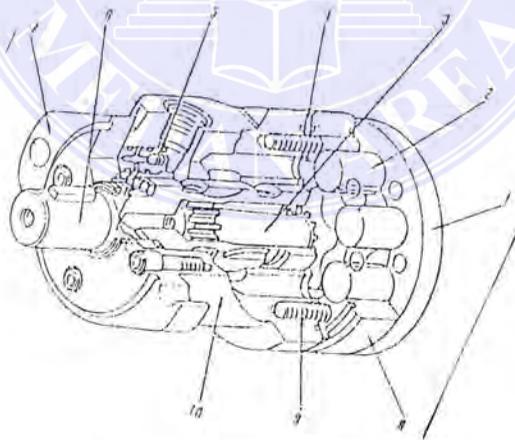


UNIVERSITAS MEDAN AREA Gambar 2.17 Motor Hidrolik Tipe Piston

#### D. Motor tipe orbit

Prinsip kerja dari motor hidrolik dari tipe orbit adalah pola output shaft terdapat alur-alur yang berfungsi sebagai disc valve untuk mengarahkan jalannya oli menuju sisi yang perlu tekanan (pressure) bekerja sama dengan valve plate. Bila star gear berputar karena tekanan maka akan memutar output shaft sehingga berputar. Dengan demikian akan merubah kedudukan disc valve terhadap valve plate sehingga lubang yang bertekanan akan bergeser pula kelubang demi lubang.

Adapun konstruksi dari tipe orbit adalah sebagai terdri atas geroleyang terikat dalam geroler ring dan geroler ring sendiri di ikat pada hausingnya, sehingga bila ada tekanan yang masuk akan memaksa star gear dihubungkan ke output shaft dengan perantara drive shaft seperti terlihat pada gambar 2.18



Gambar 2.18 tipe orbit motor.

### 2.12. Hidrolik Valve (Katup Hidrolik)

Pompa hidrolik mengisap oli dari tangki kemudian mensuplay kesistem.

Aliran yang dihasilkan oleh positif displacement pump tersebut dinaikkan tekanannya, diatur jumlah alirannya dan diatur arah aliran untuk mengoperasikan

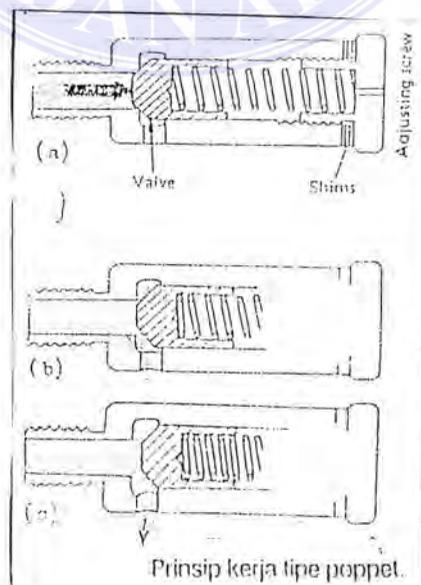
perlengkapan kerja pada sistem hidroik. Pengaturan ini semua yang melakukan/melaksanakan adalah control valve. Berdasarkan fungsinya control valve klasifikasikan menjadi tiga kelompok :

### 1. Pressure Control Valve (Katup Pengontrol Tekanan)

Pressure control valve katup yang mengatur tekanan dalam srkuit dengan mengembalikan semua atau sebagian oli ketangki apabila tekanan pada sirkuit mencapai setting pressure. Kontruksi dari pressure control valve ada tiga jenis yaitu :

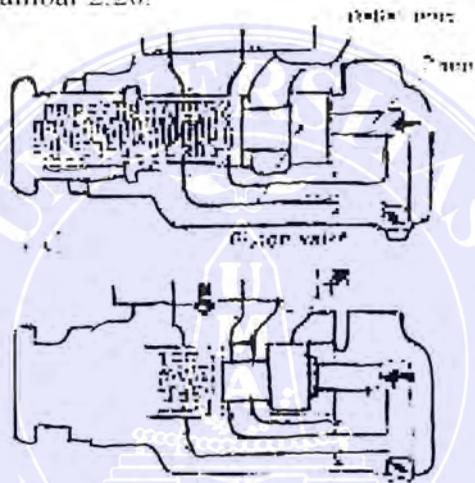
#### A. Tipe Popet

Pressure kerja dari tipe ini adalah pada saat tekanan rendah, karena tekanan tersebut tidak cukup untuk melawan gaya dari spiring, lalu pada saat tekanan naik, akan mampu melawan gaya dari pada spiring dan katub terbuka, sehingga oli dalam sirkuit dapat keluar, dan ketika tekanan dari npada valve naik katup terbuka sedemikian rupa sehingga oli dapat keluar lebih banyak sampai kenaikan tekanan berhenti seperti terlihat pada gambar 2.19



## B. Tipe Piston

Adapun cara kerja dari tipe yang seperti ini adalah tekanan dalam sirkuit bekerja pada ujung piston dan mendorong katup piston. Apabila tekanan rendah, katup tidak terbuka karena tekanan tidak cukup melawan gaya pada piringan. Apabila tekanan naik sehingga mampu melawan gaya piringan piston akan mendorong oli ketangkis sampai kenaikan tekanan berhenti seperti terlihat pada gambar 2.20.

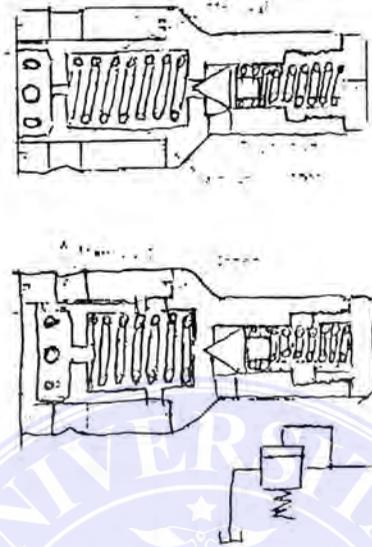


PRINSI KERJA TIPE PISTON

Gambar 2.20 Tipe Piston

## C. Tipe Pilot

Tipe valve seperti ini sama dengan tipe poppet dalam membebaskan tekanan oli tetapi berbeda saat akhir pembebasan olinya dan mudah dalam mengatur tekanan seperti mudahnya saat membebaskan oli. Pada saat naiknya tekanan pilot valve akan terbuka sehingga tekanan pada balance chamber turun dan main valve bergerak kekanan yang selanjutnya membuka saluran buang yang lebih besar seperti terlihat pada gambar 2.21.



SIMBOL DARI PRINSIP KERJA TIPE PILOT

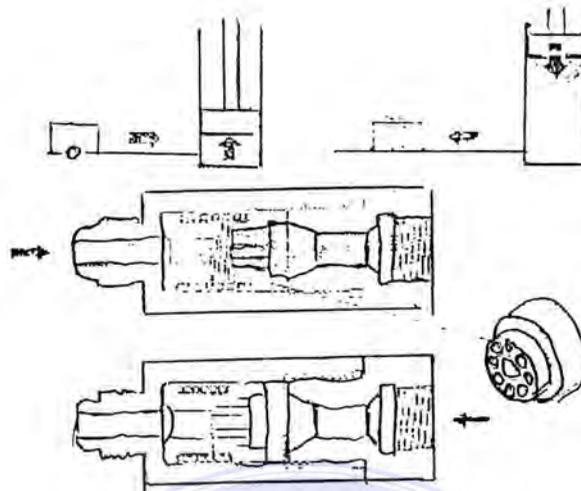
Gambar 2.21 Tipe Pilot

## 2. Flow Control Valve (Katup Pengontrol Aliran)

Katup pengontrol aliran adalah katup yang berfungsi mengatur jumlah aliran oli yang akan masuk kesilinder kerja. Katup-katup pengontrol aliran dapat dikategorikan dalam beberapa tipe yaitu :

### A. Throttle Valve(katup gas)

Fungsi dari throttle valve ialah mengalirkan oli kedua arah dimana arah aliran kembali dipersempit sehingga kapasitas oli yang mengalir menjadi kecil dan valve seperti ini sering kali dipakai pada fork lift pada silinder kerja terlihat pada gambar 2.22

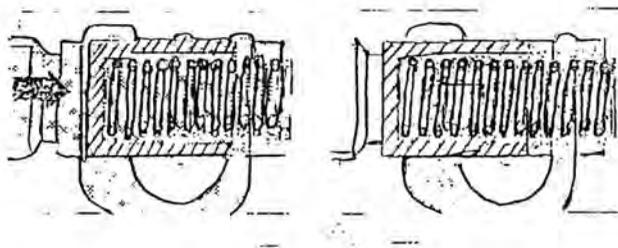


SIMBOL DARI PRINSIP KERJA THOTLE VALVE

Gambar 2.22 Throttle Valve

### B. Make Up Valve(katup pengontrol)

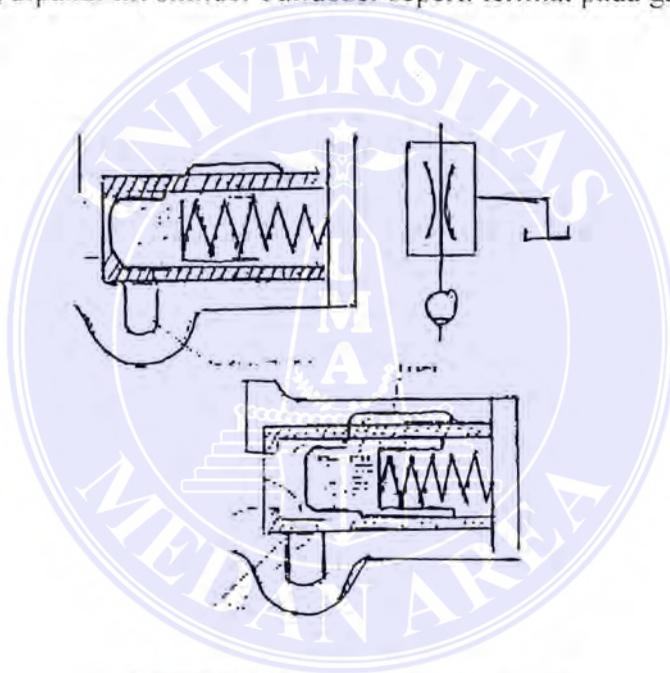
Nama lain dari katup ini adalah suction valve, intake valve, suction return valve, vacuum dan anti void valve. Katup ini berfungsi untuk mencegah kevacuman dalam sirkuit hidrolik biasanya terpasang pada control valve dan silinder hidrolik seperti terlihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23. Make Up Valve

### C. Flow Reducing Valve(arus keran reduksi)

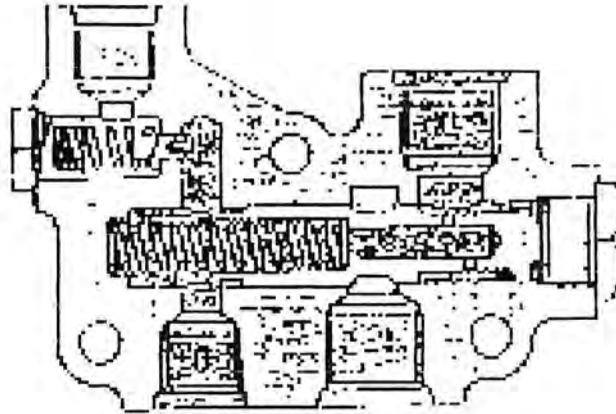
Flow reducing valve atau check valve berfungsi untuk mengurangi jumlah oli yang akan menuju silinder kerja, agar gerakan silinder kerja menjadi lambat sesuai dengan load/ beban yang diberikannya. Dengan lambatnya gerak daripada silinder kerja tersebut maka seorang operator akan mudah memposisikan perlengkapan kerjanya sesuai yang dukehendaki dan ini sering dipakai tilt silinder bulldozer seperti terlihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 Flow Reducing Valve

### D. Flow divider(saluran pembagi)

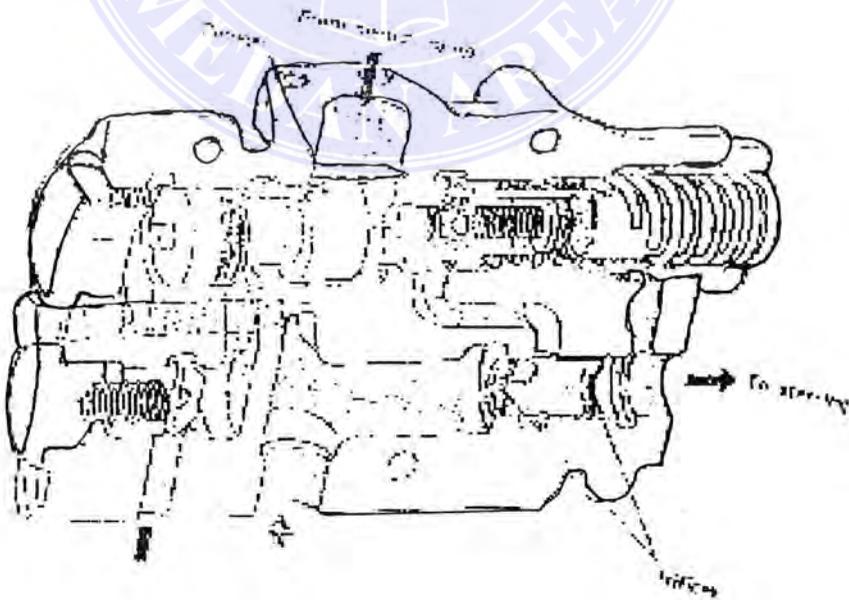
Flow divider berfungsi untuk membagi aliran dari satu pompa menjadi dua aliran dimana salah satu alirannya konstan. Valve seperti ini sering dipakai pada motor grader seperti terlihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25 Flow Divider

### E. Demand Valve(katup penyalur)

Adapun fungsi dari pada demand valve adalah untuk menjaga agar aliran oli yang menuju kesistem steering selalu konstan. Valve seperti ini sering dipakai pada loader dan dapat dilihat pada gambar 2.26.



Gambar 2.26 Demand Valve

### F. Quick Drop Valve(Katup Pipa Cepat)

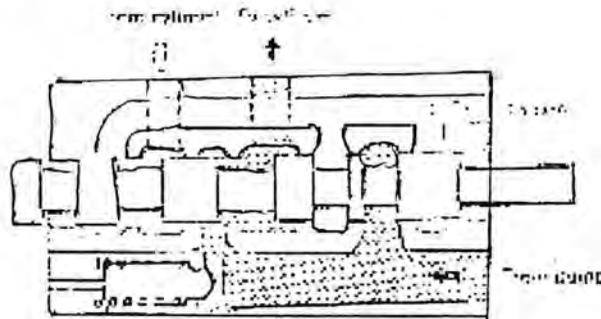
Fungsi dari quick drop valve adalah untuk mempercepat penurunan alat kerja system hidrolik sewaktu control valve posisi lower drop dimana oli dari sisi silinder head disalurkan kesisi silinder kerja seperti pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 Quick Drop Valve

### 3. Katup Pengontrol Arah Aliran (directional control valve).

Katup pengontrol arah aliran berfungsi sebagai pengontrol arah aliran dari gerakan silinder hidrolik atau motor hidrolik dengan mengubah arah aliran oli atau memutuskan arah aliran oli. Katup pengontrol arah aliran dapat dilihat pada gambar 2.28



Gambar 2.28 Katup Pengontrol Arah Aliran

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Pengambilan Judul Tugas Akhir**

Pengajuan judul dilakukan untuk mengetahui judul apa yang akan dibawa pada saat seminar nanti sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik jurusan Mesin Universitas Medan Area.

#### **3.2. Refrensi**

Setelah pengajuan berkass untuk tugas akhir baru mencari tempat sebagai acuan dan aplikasinya di masyarakat yaitu dengan dilaksanakannya riset tugas akhir.

#### **3.3. Survey Lapangan**

Survey lapangan dilakukan untuk mencocokkan hasil yang didapat dari dosen apakah temuan yang dilakukan di lapangna sama atau tidak.

#### **3.4. Pengajuan Proposal**

Dalam hal ini pengajuan proposal dilakukan untuk memenuhi syarat-syarat tugas akhir.

#### **3.5. Seminar**

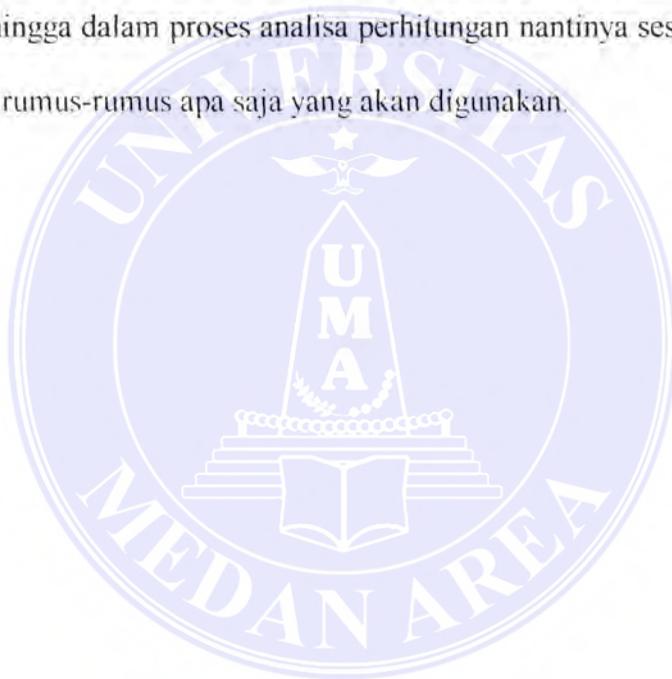
Setelah pengajuan proposal dilakukan, baru pengajuan seminar tugas akhir tentang judul yang dibawa.

### 3.6. Pengumpulan Data

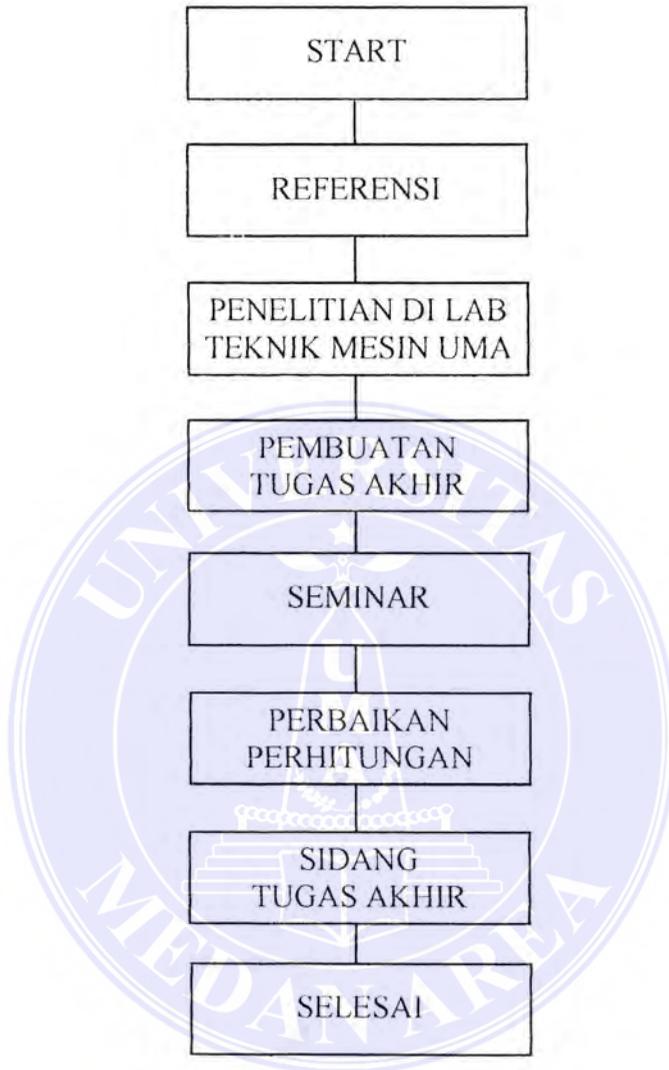
Pengumpulan data dilakukan setelah proses seminar selesai untuk melengkapi data-data yang ada sehingga penyusuna tugas akhir ini nanti tidak ada keragu-raguan.

### 3.7. Analisa Perhitungan

Analisa perhitungan dilakukan setelah proses pengambilan data selesai dilakukan sehingga dalam proses analisa perhitungan nantinya sesuai dengan data yang ada dan rumus-rumus apa saja yang akan digunakan.



### METODOLOGI PENELITIAN



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari teori dan perhitungan diatas bahwa dalam melaksanakan suatu pekerjaan tidaklah boleh melebihi waktu kerja yang sudah ditentukan oleh perusahaan pembuat pompa. Karena waktu kerja dari pada pompa atau elemen-elemen kerja yang lainnya sudah punya umur dan target yang ditentukan yaitu tidak boleh lebih dari lima belas jam (15 jam) setiap harinya. Sebab waktu kerja yang berlebihan membuat kerja dari pada pompa hidrolik akan mendapat beban yang berat sehingga efektifitas dari pada pompa tidak bisa digunakan dengan baik, sehingga menghambat kerja dilapangan akibatnya pelayanan tidak dapat dilayani dengan baik. Kemudian dari itu juga akibat dari pada beban yang mau diangkat terlampau berat juga akan mempengaruhi kerja dari pada pompa roda gigi dan silinder hidrolik yang sehari-harinya mendapat tugas memompakan fluida hidrolik kesilinder hidrolik untuk mengangkat beban. Akibat dari viskositas dari pada minyak hidrolik yang dipakai tidak cocok untuk iklim Indonesia yaitu iklim tropis. Akibatnya umur dari pada pompa akan berkurang. Jadi waktu kerja dari suatu peralatan yang bekerja haruslah diatur sesefisien mungkin sehingga peralatan-peralatan kerja dapat bekerja sesuai dengan rencana kerja yang ditentukan dan tidak cukup dengan itu saja yang menjadi patokan, sumber daya manusianya juga perlu dipertimbangkan untuk dapat mengoperasikan alat dengan baik dan benar.

## 5.2. Saran-Saran

Saran-saran disini hanya berupa himbauan agar penggunaan alat-alat pompa hidrolik haruslah sesuai dengan rencana kerja yang ada, sehingga alat-alat kerja pompa hidrolik dapat bertahan lama sesuai dengan waktu atau umur daripada alat-alat kerja tersebut.



## LITERATUR

1. Teknologi Pemakaian Pompa(Tyler G Hiks P.E/ TW. Edwards P.E) Penerbit Erlangga 1996
2. Hidraulika (Dr.Ing.Thomas Krist / Ir.Dines Ginting) Penerbit Erlangga 1989.Jakarta
3. Sistem Hidraulika dan Perlengkapan Kerja Penerbit (United Tractor)
4. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin (Ir.Sularso MSME / Kiyikatsu Suga). Penerbit Paradnya Paramita 1991
5. Pesawat-pesawat Angkat (Ir.Syamsir Muin) Penerbit Rajawali Pers 1990
6. Hydraulic Mechines Tex Book (R.S. KhurmiNew Delhi)
7. Hydraulic Mechines / Fluid Power Engineering Tex Bok (T.R. Bangan and S.C. Sharma)