

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat sekarang ini mengingat kebutuhan pesawat angkat yang praktis, efisien dan ekonomis sesuai dengan kemajuan teknologi dalam bidang pembangunan dan industry yang semakin berkembang pesat menuntun manusia berfikir untuk menganalisa system hidraulik pada excavator sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat memperoleh hasil yang optimal. Untuk itu kita ketahui dalam era globalisasi dan industrilisasi seperti sekarang ini dan masa-masa yang akan datang kebutuhan akan pesawat pengangkat sudah semakin mendesak sebagai sarana pendukung pekerjaan yang membutuhkan gerak langkah yang praktis khususnya sistem hidraulik.

Oleh Karena itu excavator sering digunakan untuk mengambil alih peran alat-alat tertentu dengan fungsi khusus, seperti crane yang lazim dipakai untuk mengangkat peralatan dan material. Ada banyak alat dan/atau material yang perlu dipindahkan di lokasi kerja, seperti kotak-kotak parit, pipa-pipa panjang, peralatan kecil, atau sejumlah material lain yang harus dipindahkan dari titik A ke titik B. Kalau tidak ada crane di lokasi untuk membantu mengangkat barang-barang tersebut, mereka dapat dipindahkan dengan menggunakan sebuah peralatan lain yang tidak kalah bagusnya, yaitu excavator.

Tetapi perlu diketahui bahwa mengangkat beban bukanlah pekerjaan utama excavator, Mesin dan komponen-komponen pada excavator dirancang untuk membawa beban berat yang sesuai dengan kapasitas dan ukuran bucket-nya

sehingga apabila excavator digunakan untuk menngangkat beban yang terlalu berat mengakibatkan kerusakan pada komponen-kompenan seperti pompa hidrolik, Kapasitas pompa hidrolik pada excavator CAT 313 D2 untuk putran mesin (rpm) lownya adalah 1100 rpm, sedangkan highnya adalah 2000 rpm. Jika putaran mesin lebih dari kapasitas, maka pompa hidrolik megalami putaran yang tidak normal, dengan waktu yang singkat bagian-bagian pompa akan hancur. Lalu pompa tidak dapat bekerja, dan suara pompa akan kasar.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pompa hidrolik pada Excavator Cat 313 D2. Pengambilan data ini diambil pada Dinas PUTR Kabanjahe dan hand book PT. Trakindo Caterpillar 313D2 (2012). Dari data yang diperoleh kemudian akan diolah sehingga dapat mengetahui gaya, tekanan dan aliran debit fluida pada pompa hidrolik yang di alirkan ke silinder stick pada arm Excavator Cat 313 D2. Dari hasil yang diperoleh nantinya digunakan dalam menganalisa gaya, tekanan dan aliran debit fluida pompa hidrolik yang dialirkan ke silinder stick pada saat menggerakkan arm tanpa beban, menggali dan mengangkat beban seberat 3 ton. Dalam penelitian ini akan memperlihatkan kerusakan pada komponen pompa hidrolik bila diberikan beban yang melebihi kapapasitas bucketnya.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang sering terjadi pada pompa hidrolik yaitu kebocoran-kebocoran yang ada pada bagian pompa, seperti kebocoran seal, oring, selang, dll yang diakibatkan oleh pemakaian pompa hidraulik yang melebihi aliran fluida maksimum dan tekanan maksimum.

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya masalah yang akan di analisa, maka penulis akan membatasi masalah yang berkaitan dengan penganalisaan, antara lain:

1. Penelitian dilakukan di DINAS PUTR KABANJAHE yang beralamat di Jalan Jamin Ginting No.72 Kabanjahe Kab.Karo
2. Objek penelitian adalah Excavator CAT 313D2
3. Pompa hidrolik yang jenisnya pompa torak (piston)
4. Mengukur tekanan yang dikeluarkan oleh pompa hidrolik dengan menggunakan alat ukur pressure gauge.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisa tekanan dan gaya pada pompa hidrolik
2. Menganalisa aliran debit fluida pompa hidrolik
3. Menganalisa kerusakan pada pompa hidrolik

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat bermanfaat untuk penulis selanjutnya sebagai bahan referensi untuk Analisa Excavator
2. Mengetahui berapa kapasitas tekanan pressure pada pompa hidrolik dengan beban angkat melebihi beban kapasitas bucket-nya

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Excavator

2.1.1. Sejarah Excavator

Excavator adalah alat berat yang terdiri dari batang, tongkat, keranjang, dan rumah-rumah dalam sebuah wahana putar dan digunakan untuk penggalian. Rumah-rumah diletakkan di atas kereta bawah yang dilengkapi roda rantai atau roda. Excavator pertama kali diciptakan pada tahun 1835 oleh William Smith Otis, seseorang yang ahli mekanik asal Amerika Serikat. Pada awalnya Excavator dijalankan dengan menggunakan mesin uap dan digunakan sebagai alat penggalian untuk membangun rel kereta api. Pada tahun 1839 William Smith Otis menerima patent atas karya Excavator temuannya dan kemudian meninggal dunia pada tahun yang sama (1839). Pada tahun 1840 tercatat tujuh buah Excavator dan merupakan Excavator pertama di dunia yang diciptakan oleh William Smith Otis. Excavator ini menggunakan winch dan tali besi untuk bergerak. Excavator adalah perkembangan alami dari pengeruk uap dan sering juga disebut Power Shovel.

Excavator adalah alat berat yang terdiri dari lengan (arm), boom (bahu) serta bucket (alat keruk) dan digerakkan oleh tenaga hidrolik yang dimotori dengan mesin diesel dan berada di atas roda rantai (trackshoe). Excavator merupakan alat berat paling serbaguna karena bisa menangani berbagai macam pekerjaan alat berat lain, sesuai dengan namanya (excavation), alat berat ini memiliki fungsi utama untuk pekerjaan penggalian. Namun tidak terbatas itu saja, excavator juga bisa melakukan pekerjaan konstruksi seperti membuat kemiringan (sloping), memuat

material (loading), pemecah batu (breaker), mengangkat beban (lifting), mengebor (drilling) dan lain sebagainya, Karena perannya yang multifungsi, maka excavator selalu ditampilkan dalam segala jenis pekerjaan berat baik di darat maupun di atas air.

Penggunaan ekskavator ini dinilai lebih efektif dan efisien untuk melakukan sejumlah pekerjaan terutama di bidang penggalian dibandingkan saat menggunakan tenaga manusia secara manual. Selain itu, dengan desain ekskavator yang memang dirancang untuk berbagai pekerjaan di segala medan pastinya memudahkan dalam melakukan sejumlah pekerjaan. Saat ini, ukuran excavator yang tersedia lebih beragam karena kebutuhan yang juga bervariasi.



Gambar 2. 1 Excavator

2.1.2. Definisi Excavator

Excavator merupakan salah satu alat berat yang digunakan untuk memindahkan material. Tujuannya adalah untuk membantu dalam melakukan

pekerjaan yang sulit agar menjadi lebih ringan dan dapat mempercepat waktu pengerjaan sehingga dapat menghemat waktu.

Excavator adalah alat yang bekerjanya berputar bagian atasnya pada sumbu vertikal di antara sistem roda-rodanya, sehingga *excavator* yang beroda ban (*truck mounted*), pada kedudukan arah kerja *attachment* tidak searah dengan sumbu memanjang sistem roda-roda, sering terjadi proyeksi pusat beratalat yang dimuati berada di luar pusat berat dari sistem kendaraan, sehingga dapat menyebabkan alat berat terguling. Untuk mengurangi kemungkinan terguling ini diberikan alat yang disebut out-triggers.

2.1.3. Kegunaan Excavator

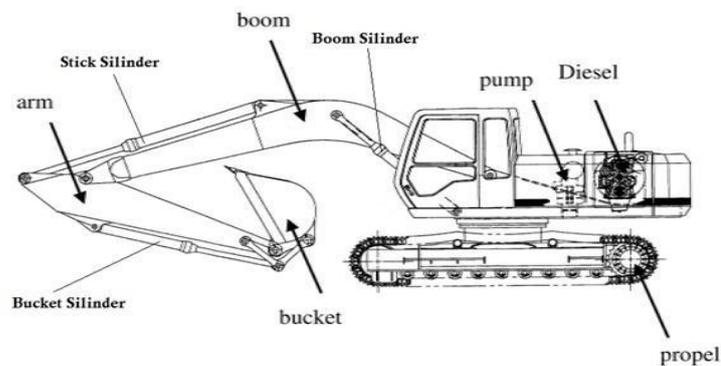
Excavator banyak digunakan untuk :

1. Menggali parit, mengeruk sungai, membuat lubang dan pondasi bangunan
2. Penghancuran gedung yang rusak
3. Meratakan permukaan tanah
4. Membuka lahan baru untuk pertanian dan lading
5. Mengangkat dan memindahkan material
6. Untuk alat bantu pertambangan
7. Beberapa bidang industri yang menggunakan antara lain konstruksi, pertambangan dan infrastruktur

2.1.4. Bagian-Bagian Excavator

Alat – alat yang menggali sering disebut sebagai *excavator*, yang mempunyai bagian – bagian antara lain :

1. Bagian atas yang dapat berputar (*revolving unit*)
2. Bagian bawah yang berpindah tempat (*travelling unit*)
3. Bagian – bagian tambahan (*attachment*) yang dapat diganti sesuai pekerjaanyang akan dilaksanakan.



Gambar 2. 2 Bagian Excavator

Bagaian bawah excavator ini ada yang digunakan roda rantai (*track/crawler*) dan ada yang dipasang di atas truck (*truck mounted*). Umumnya excavator mempunyai tiga pasang mesin penggerak pokok yaitu :

1. Penggerak untuk mengendalikan *attachment*, misalnya untuk gerakan menggali dan mengangkat dan sebagainya.
2. Penggerak untuk memutar *revolving unit* berikut *attachment* yang dipasang.
3. Penggerak untuk menjalankan excavator pindah dan satu tempat ke tempat lain

2.1.5. Silinder Stick Dan Silinder Bucket

Pada Gambar 2.1 dapat kita lihat, ada dua silinder yaitu silinder stick dan silinder bucket. Silinder stick yang terletak pada atas boom/lengan boom. Silinder stick adalah aktuator hidrolis berbentuk tabung yang berfungsi untuk menggerakkan arm agar dapat mengayun, sehingga arm dapat membuat gerakan pada bagian arm nya saja.

Silinder bucket yang terletak pada atas arm/lengan arm. Silinder bucket ini fungsinya hampir sama dengan silinder stick, yang membedakan hanya letak silindernya. Silinder bucket ini hanya menggerakkan bucket/keranjang excavator



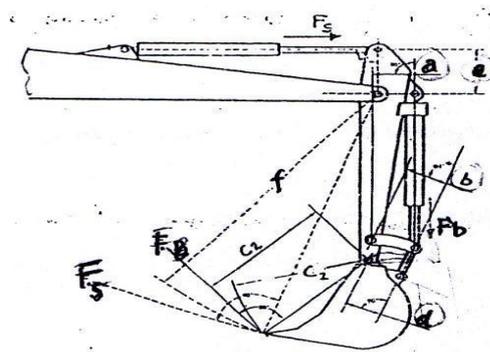
Gambar 2. 3 Silinder Stick Dan Silinder Bucket

Silinder stick yang terletak pada atas boom/lengan boom. Silinder stick adalah aktuator hidrolis berbentuk tabung yang berfungsi untuk menggerakkan arm agar dapat mengayun, sehingga arm dapat membuat gerakan pada bagian arm nya saja. Silinder bucket yang terletak pada atas arm/lengan arm. Silinder bucket ini fungsinya hampir sama dengan silinder stick, yang membedakan hanya letak silindernya dan Silinder bucket ini hanya menggerakkan bucket/keranjang excavator.

Pada excavator Cat 313D2 sesuai dengan manual book dari PT. Trakindo Utama dealer resmi produk caterpillar menggunakan silinder stick jenis R2.5 HD (8,2") ukuran diameter 120 mm dan panjang langkah 1197 mm sedangkan untuk

silinder bucket menggunakan jenis GD 0,65 m³ (0,84 yd³) ukuran diameter 100 mm dan panjang langkah 939 mm.

Gaya pada excavator adalah merupakan gaya yang arahnya berlawanan dengan gaya gravitasi. gaya ini juga mempengaruhi semua benda yang tenggelam dalam suatu fluida (bisa gas maupun zat cair). gaya angkat ke atas ini konon ditemukan oleh Archimedes saat melakukan suatu percobaan sederhana. jika suatu benda diletakan dalam suatu zat cair, maka massa benda tersebut akan menekan fluida (bisa zat cair atau gas), sedangkan gaya angkat ke atas akan menekan benda tersebut yang melawan gravitasi.



Gambar 2. 4 Gaya Pada Silinder Stick Dan Silinder Bucket

Keterangan:

FS = gaya stick

FB = gaya bucket

F_s = gaya silinder stick

F_b = gaya silinder bucket

Pada Gambar 2. 4 terlihat gaya pada ujung teeth terjadi karena adanya gerakan memanjang keluar dari extention batang piston silinder stick dan silinder

bucket. Dalam hal ini gaya stick FS (digging force stick) dan gaya bucket FB (digging force bucket).

Adanya gerakan silinder stick yang melakukan gerakan keluar disebabkan karena adanya tekanan yang diperoleh dari control valve. Untuk mengetahui gaya silinder stick dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$FS \cdot (c_2 + b_2) = F_s \cdot (e) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Sehingga,

$$F_s = FS \cdot \frac{(C_2 + b_2)}{e} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan

f = panjang equivalen bucket ditambah panjang stick (mm)

e = jarak pin ujung silinder batang stick dengan pin ujung boom (mm)

b₂ = panjang stick (mm)

$$ds = \frac{Fs \cdot 10000}{1/4 \cdot \pi \cdot P \cdot 2^2 \cdot 4} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Silinder bucket juga melakukan gerakan memanjang keluar kaena adanya tekanan yang diperoleh dari control valve. Untuk mengetahui gaya silinder bucket dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$ds = \frac{FB \cdot C_2}{b_2 + e} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk menghitung diameter silinder stik dan silinder bucket dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$db = \frac{Fs \cdot 10000}{1/4 \cdot \pi \cdot P \cdot 2^2} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

d = jarak pin bucket dengan pin panggung bucket (mm)

p = tekanan maksimum fluida pada silinder sesuai Manual Book = 30.500 N/m^2

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Dalam proses gerakan Excavator, biasanya sudah menggunakan prinsip Hidrolik Kombinasi antara silinder satu dengan silinder yang lain, berikut adalah gerakan pada excavator

a. Proses Menggali

Gerakan-gerakan yang dilakukan adalah bucket close (silinder bucket bergerak open), stick out (silinder stick bergerak close) dan boom lower (silinder boom bergerak close).



Gambar 2. 5 Gerakan Proses Menggali

b. Proses Mengangkat

Gerakan-gerakan yang dilakukan adalah bucket close (silinder bucket bergerak open), stick in (silinder stick bergerak open) dan boom raise (silinder boom bergerak open).



Gambar 2. 6 Proses Mengangkat

c. Proses Membuang

Gerakan-gerakan yang dilakukan adalah bucket open (silinder bucket bergerak close), stick out (silinder stick bergerak close) dan boom raise (silinder boom bergerak open).



Gambar 2. 7 Proses Membuang

d. Proses Berputar

Gerakan-gerakan yang dilakukan adalah bucket close (silinder bucket bergerak open), stick out (silinder stick bergerak close), boom raise (silinder boom bergerak open) dan motor swing berputar ke kiri atau kanan.



Gambar 2. 8 Proses Berputar

2.2. Sistem Yang Mendukung Pada Excavator Cat 313D2

Dalam melakukan pekerjaan yang banyak dibidang pembangunan yang tentunya alat berat ini harus didukung oleh sistem dan komponen – komponen yang baik dan kokoh untuk menunjang pekerjaan tersebut. Pada alat berat *excavator* Cat 313D2 ini didukung oleh sistem dan komponen – komponen utama yang membentuk menjadi satu kesatuan yang menjadikan alat berat ini dapat diandalkan. Seperti yang dijelaskan terdahulu bahwa sistem yang mendukung alat berat ini adalah :

2.2.1. Sistem Undercarriage

Undercarriage adalah konstruksi bagian bawah pada alat berat yang mempunyai track drive kanan dan track kiri. Fungsi kedua track tersebut adalah untuk menahan dan mendukung berat kendaraan yang ada dan bergerak maju mundur dan bergerak menyamping sesuai dengan sasaran yang kita inginkan. Dari control valve dapat dikendalikan gerakan yang memakai tenaga sistem hidrolik yang diperoleh.

2.2.2. Sistem Engine

Engine merupakan sumber tenaga dari semua sistem pada alat berat ini yang terdiri dari beberapa komponen seperti pompa injeksi bahan bakar, sistem pendingin engine dan sistem lainnya. Model engine yang digunakan pada *excavator* Cat 313D2 ini adalah model engine C4.4 dari Caterpillar yang berkekuatan 100 HP/74.5 kW pada putaran 2000 rpm sesuai dengan manual book CAT. Keunggulan dari mesin *excavator* ini adalah :

1. Sistem bahan bakar tekanan rendah dengan pengatur mekanis yang dikendalikan secara elektrik memungkinkan engine menjadi lebih tahan terhadap bahan bakar berkualitas rendah.
2. Pompa hidraulik yang sangat efisien menghasilkan daya yang luar biasa untuk kinerja terbaik di kelasnya
3. Model ECO menawarkan konsumsi bahan bakar hingga 15% lebih rendah tanpa menurunkan gaya pengangkatan dan penggalian
4. Jarak bebas ke tanah dan tekanan ke tanah yang rendah dan terbaik di kelasnya.

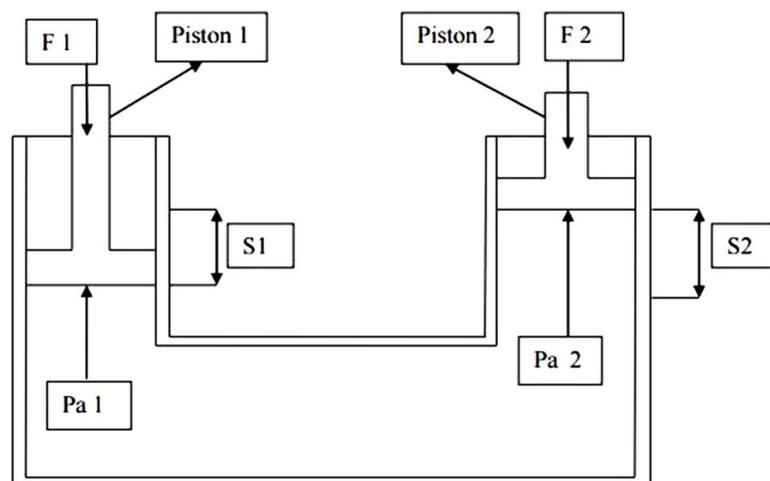
2.2.3. Sistem Hidrolik

Sistem Hidrolik adalah suatu sistem/ peralatan yang bekerja berdasarkan sifat dan potensi / kemampuan yang ada pada zat cair (liquid). Berdasarkan kata Hidrolik berasal dari bahasa Yunani yakni “hydro” = air, dan “aulos” = pipa. Jadi hidrolik dapat diartikan suatu alat yang bekerjanya berdasarkan air dalam pipa. Namun, pada masa sekarang ini sistem hidrolik kebanyakan menggunakan air atau campuran oli dan air (water emulsian) atau oli saja. Sistem Hidrolik adalah

teknologi yang memanfaatkan zat cair, biasanya oli, untuk melakukan suatu gerakan segaris atau putaran.

Prinsip kerja hidrolik dalam berbagai hal hampir sama dan mendekati prinsip kerja sistem pneumatik. Komponen-komponen yang dipakai juga sama. Bedanya sistem pneumatik menggunakan fluida compressible dan setelah dipakai fluida compressible tersebut langsung dibuang ke udara secara otomatis. Sedangkan sistem hidrolik menggunakan fluida incompressible. Fluida setelah selesai digunakan disirkulasikan lagi ketangi penampung (reservoir). Jenis fluida yang paling banyak dipakai pada sistem hidrolik adalah fluida oli. Sedangkan pada sistem pneumatik fluida yang dipakai adalah udara luar dari tekanan kompressor. Sistem Hidrolik adalah teknologi yang memanfaatkan zat cair, biasanya oli, untuk melakukan suatu gerakan segaris atau putaran. Sistem ini bekerja berdasarkan Hukum Pascal.

Hukum pascal dapat diterangkan berdasarkan cara kerja penekanan hidrolik, seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 9 Tekanan Pada Sistem Hidrolik

Keterangan :

F1 = Gaya pada piston 1

F2 = Gaya pada piston 2

S1 = Jarak pindahan piston 1

S2 = Jarak pindahan piston 2

A1 = Luas penampang piston 1

A2 = Luas penampang piston 2

P = Tekanan

Apabila piston 1 diberi gaya kecil F1 maka menurut hukum pascal diperoleh persamaan keseimbangan sebagai berikut : Tekanan pada silinder 1 :

$$P1 = F1/A1 \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Tekanan pada silinder 2:

$$P2 = F2/A2 \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Berdasarkan penerapan hukum pascal yang diatas kita ketahui ternyata tekanan yang diteruskan pada suatu fluida cair akan sama besar dan merata pada suatu tempat dimana fluida itu saat bekerja. Maka persamaan hukum pascal ini (1) dan (2) dapat ditulis menjadi :

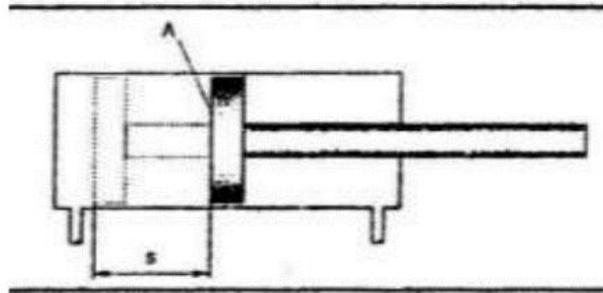
$$P1 = P2$$
$$F1/A1 = F2/A2 \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Karena luas penampang A2 lebih besar dari A1 maka dapat ditulis :

$$A2 = A1 \cdot V2/V1 \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Diketahui bahwa gaya F2 yang terjadi berkali-kali akan lebih besar dari gaya F1 , maka dapat ditulis : $F2 > F1$

Laju aliran silinder



Gambar 2. 10 Laju Aliran Silinder

Keterangan :

A = Luas Penampang Silinder

S = Panjang Langkah Silinder

Debit adalah volume V yang mengalir dalam pipa terhadap satuan waktu t.

Bila volume V adalah luasan A dikalikan panjang langkah S dibagi waktu t adalah

kecepatan v, maka persamaan :

$$V = A.S \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

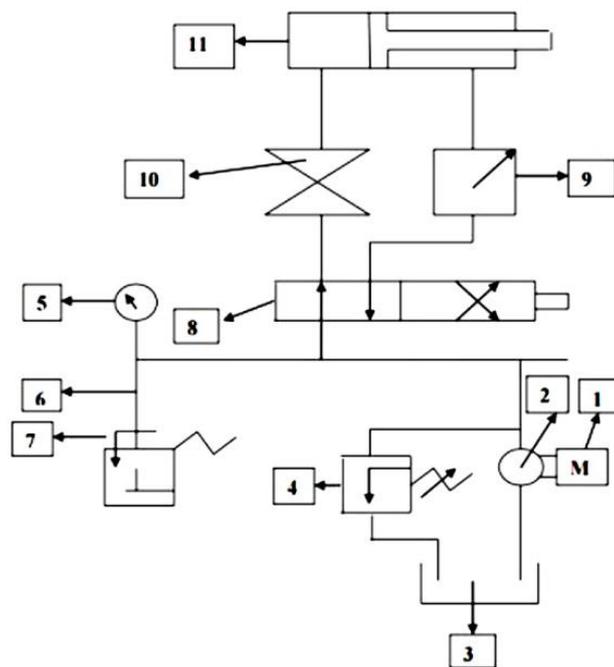
$$Q = V/t \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

2.2.4. Mekanisme Kerja Sistem Hidrolik Pada Excavator

Sistem hidrolik ini memegang peranan penting karena merupakan urat nadi pada sistem hidrolik excvator yang menggerakkan *track drive*, gerakan *boom* gerakan berputar serta gerakan *implement* lainnya yang diperoleh dari dua pompa hidrolik utama dan pompa pilot system. Pompa hidrolik dipasang langsung pada engine sehingga menghasilkan pemindah tenaga yang efisien dan lembut, Pompa hidrolik utama menggunakan jenis *variabel flow* sedang pompa pilot system adalah jenis *gear pump*, Secara umum, tenaga penggerak utama excavator hidrolik adalah

mesin diesel yang akan mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik melalui tekanan pompa, kemudian didistribusikan ke silinder hidrolik untuk menghasilkan gerakan, Adapun motor listrik berfungsi menghidupkan mesin dan menyuplai energi ke komponen-komponen elektrik seperti dinamo, lampu, alat-alat ukur operator, dan sebagainya.

Dibawah ini adalah diagram alir sistem hidrolik excavator beserta penjelasan cara kerjanya.



Gambar 2. 11 Rangkaian Dasar Sistem Hidrolik

Keterangan :

1. Motor hidrolik,
2. Pompa hidrolik,
3. Tangki (reservoir)
4. Katup pengaman

5. Filter
6. Pipa penghubung
7. Katup pengarah aliran
8. Katup control
9. Katup pengatur tekanan
10. Katup penghambat tekanan balik
11. Silinder hidrolik

Berikut ini penjelasan mekanisme kerja sistem hidrolik pada excavator :

1. Mesin diesel memutar pompa, kemudian mengalirkan fluida dari tangki ke dalam sistem dan kembali lagi ke tangki
2. Pompa hidrolik akan mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dalam bentuk aliran dan tekanan
3. Control valve akan mengalihkan energi hidrolik dengan cara mengendalikan aliran fluida dan arahnya
4. Fluida (cairan hidrolik) ini mengalir di dalam pipa / selang untuk meneruskan tenaga / daya ke masing-masing komponen
5. Di sini berlaku Hukum Pascal: “Dalam sebuah ruangan tertutup, tekanan yang bekerja pada fluida akan merambat ke semua arah secara merata (sama besar)”.
Besarnya tekanan dalam fluida adalah gaya (F) dibagi luas bidang tekanan (A)
6. Komponen-komponen yang mendapat distribusi fluida dan pompa adalah bucket cylinder, arm cylinder, boom cylinder, swing motor, dan travel motor

7. Begitu mendapat fluida, bagian-bagian yang termasuk actuator ini mengubah energi hidrolik menjadi energi mekanis dalam bentuk gerakan linear dan putaran, untuk melakukan fungsi masing-masing

2.3. Pompa Hidrolik

Pompa hydraulic atau hidrolik merupakan salah satu komponen yang dianggap vital bagi perangkat sistem hidrolik. Fungsi pompa hydraulic sebagai pengubah fluida untuk diubah menjadi energi untuk menggerakkan aktuaktor.

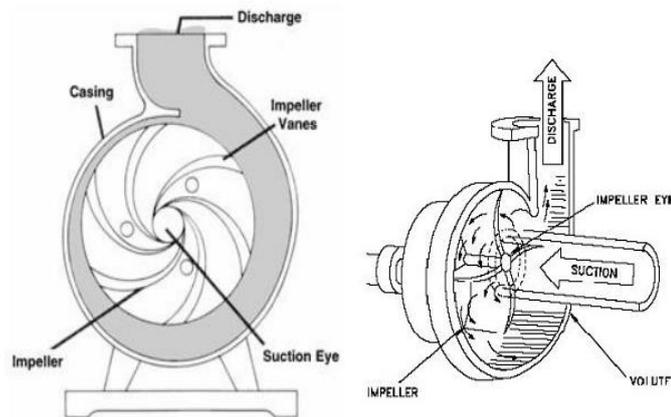
Mekanisme dari pompa hidrolik ini yakni merubah energi listrik (motor listrik) atau panas (motor bakar), menjadi energi mekanik yang kemudian digunakan untuk menghisap cairan hidrolik. Cairan inilah yang disebut dengan fluida. Selanjutnya, fluida disalurkan menuju sistem hidrolik dan digunakan sebagai energi penggerak komponen hidrolik yang lainnya.

2.3.1. Klasifikasi Pompa Hidrolik

Secara garis besar terdapat dua jenis pompa yang diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerjanya yaitu pompa perpindahan positif dan pompa bukan perpindahan positif (pompa dinamis). Secara umum kedua jenis pompa tersebut memiliki fungsi yang serupa yaitu untuk menyalurkan fluida, namun terdapat karakteristik dan prinsip kerja yang berbeda menyesuaikan dengan fungsi dan kebutuhan pompa tersebut. Nama lain untuk kedua jenis pompa ini adalah hidrostatik untuk perpindahan positif dan pompa hidrodinamik untuk perpindahan non-positif. Pada pompa Hidrostatik mengubah energi mekanik menjadi energi

hidraulik dengan jumlah dan kecepatan cairan yang relatif kecil. Pada pompa hidrodinamik, kecepatan dan gerakan cairan tinggi selain itu tekanan keluaran sebenarnya tergantung pada kecepatan putaran impeller atau sudu.

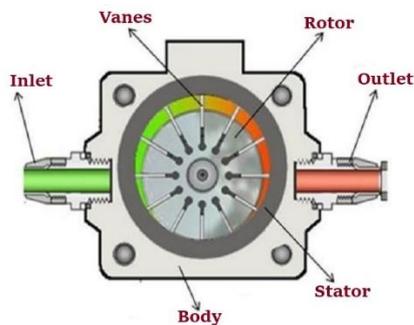
1. Pompa Perpindahan non Positif (Non Positive Displacement Pump)



Gambar 2. 12 Pompa Perpindahan Non Positif

Pompa perpindahan non positif adalah pompa yang menghasilkan aliran kontinu di mana energi kinetik ditambahkan ke fluida dengan meningkatkan kecepatan aliran. Peningkatan energi ini dikonversi menjadi penguatan energi potensial (tekanan) ketika kecepatan berkurang sebelum atau ketika aliran keluar pompa, Pompa perpindahan positif seringkali dikenal dengan pompa dinamik, hidrodinamik atau rotodinamik. Pompa sentrifugal dan pompa propeller adalah contoh pompa perpindahan non positif (non positive displacement pump), Pada pompa jenis ini jika saluran keluar pompa ditutup maka tekanan akan meningkat dan output pompa akan turun ke nol. Pada kondisi tersebut komponen di dalam pompa akan terus bergerak namun aliran akan berhenti disertai dengan peningkatan tekanan fluida yang signifikan.

2. Pompa Perpindahan Positif (Positive Displacement Pump)



Gambar 2. 13 Pompa Perpindahan Positif

Pompa perpindahan positif adalah pompa yang memindahkan jumlah fluida yang sama untuk setiap siklus putaran elemen pompa. Pemindahan fluida yang konstan selama siklus dimungkinkan karena fluida yang bergerak terjebak dengan jumlah fluida yang konstan kemudian disalurkan menuju saluran keluar pompa (discharge). Artinya, Output dari pompa pemindahan positif tetap konstan selama setiap siklus pemompaan dan pada kecepatan pompa tertentu, namun semakin cepat pompa digerakan maka semakin banyak volume cairan yang dihasilkan. Selain itu output dari pompa perpindahan positif dapat diubah dengan mengubah geometri ruang perpindahan.

Pada pompa perpindahan positif tidak terjadi slip fluida di dalam pompa, sehingga ketika saluran keluar pompa dihubungkan dengan suatu sistem maka tekanan pompa akan meningkat. Jika beban yang bekerja pada pompa lebih tinggi daripada kapasitas pompa maka akan terjadi peningkatan tekanan yang ekstrim sehingga mungkin dapat menyebabkan kerusakan fatal pada pompa atau penggerak utama pompa akan berhenti karena beban yang bekerja tidak dapat ditangani.

Pompa perpindahan positif dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu pompa reciprocating dan pompa rotary. Dari kedua jenis pompa tersebut terdapat beberapa jenis pompa perpindahan positif diantaranya yaitu Pompa Torak (Piston Pump), pompa roda gigi (gear pump) dan pompa kipas (vane pump)

2.3.2. Jenis Pompa Pada Excavator Cat 313D2

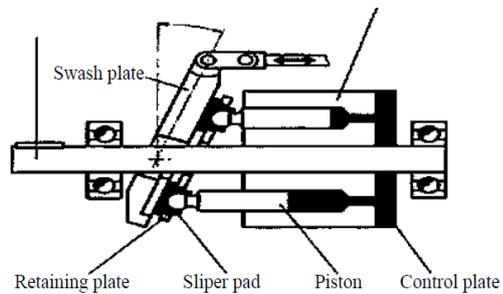
Pada Excavator Cat 313D2 Menggunakan 2 Jenis Pompa dengan tipe pompa torak axial (axial piston pump) sebagai pompa utama (main pump) untuk menggerakkan arm, berputar dan berjalan, sedangkan pompa roda gigi (gear pump) untuk tuas-tuas pengendali di sistem pilot, Sesuai data pada manual book untuk pompa utama (main pump) memiliki tekanan maksimal 27,5 Mpa atau 4000 Psi dan aliran maksimum 254 liter/menit sedangkan pompa roda gigi (gear pump) untuk sistem pilot memiliki tekanan maksimal 13 Mpa atau 2000 Psi .

1. Pompa Torak Axial (Axial Piston Pump)

Pada umumnya pompa torak mempunyai kemampuan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis pompa yang lain. Pemakaiannya pun sangat luas seperti di industri-industri berat maupun pada automobil/ automotif. Pompa torak mampu memproduksi tekanan minyak sampai 65 MPa, sedangkan pompa roda gigi hanya mampu mencapai tekanan 15 - 20 MPa. Pompa torak pada umumnya tidak cocok untuk tekanan rendah, dan pompa torak rancangan terbaru mempunyai efisiensi yang sangat tinggi yaitu 95% atau bahkan lebih dari itu.

Pompa torak ini sangat cocok sekali untuk sistem hidrolik tekanan tinggi yang menggunakan kecepatan tinggi pula. Oleh karena itu pompa torak lebih

kompleks dan lebih mahal jika dibandingkan pompa roda gigi. Pompa torak dapat dirancang baik pemindahan tetap maupun berubah-ubah (variabel).



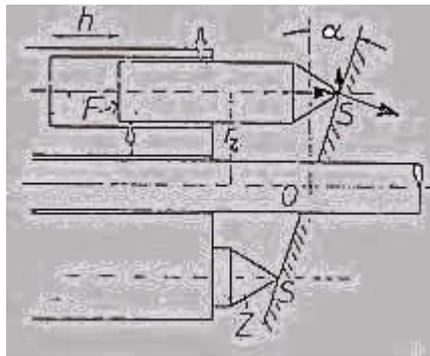
Gambar 2. 14 Pompa Torak Axial (Axial Piston Pump)

Dalam versi ini, silinder barel digerakkan atau diputar yang mengakibatkan piston yang terpasang pada barrel ikut berputar, gerakan axial piston diatur oleh swash plate yang dipasang pada rumah pompa, swash plate dapat digerakkan vertical. Volume yang dipindahkan oleh pompa dihitung dengan sudut swash plate dengan vertical.

Prinsip ini memungkinkan pompa dapat dibalik. Dalam hal ini pompa mempunyai kapasitas yang konstan karena sudut swash plate tidak berubah, Jenis pompa torak aksial (axial piston units) adalah perubah energi, dimana torak dirancang secara aksial terhadap silindernya. Suatu rancangan berbeda dibuat antara gandar (swash plate) dan rancangan sumbu tidak sejajar (bent axis).

Diagram berikut menunjukkan dengan jelas perbedaan antara dua model untuk pemecahan gaya-gaya torak pada perubahan titik dan pertimbangan torsi sebenarnya. Untuk menunjukkan dengan lebih jelas, permukaan singgung antara torak dan bubungan ditunjukkan dengan titiktitik. Pada titik singgung S gaya hidrolis (tekanan x luas penampang torak) diubah ke dalam "gaya mekanik".

Resultan seluruh luasan cincin bertekanan bekerja tegak lurus terhadap sumbu torak dan menggerakkan torak ke posisi miring sehingga menimbulkan torsi pada drum silinder, yang dimasukkan ke poros penggerak dari drum.



Gambar 2. 15 Gaya Pompa Torak Axial

Pada titik singgung S gaya hidrolis (tekanan x luas penampang torak) diubah ke dalam "gaya mekanik". Resultan seluruh luasan cincin bertekanan bekerja tegak lurus terhadap sumbu torak dan menggerakkan torak ke posisi miring sehingga menimbulkan torsi pada drum silinder, yang dimasukkan ke poros penggerak dari drum.

Pada pompa torak gandar (swash plate) pemindahan tetap atau variabel terdiri dari rumah pompa, gandar pada suatu sudut kemiringan tetap atau berubahubah, poros penggerak, satu kelompok pemompaan rotasi, penyekat poros dan pelat pengontrol dengan lubang saluran masuk dan keluar. Pada kelompok pompa rotasi poros penggerak terdiri dari blok silinder dengan torak. Karena blok silinder berputar, sepatu torak (slippers) mengikuti gandar (tidak bergerak), yang menyebabkan torak untuk bergerak. Gerak kembali (mundur) torak melewati saluran masuk mengisap fluida ke dalam ruangan pemompaan yang mengembang.

Karena blok silinder berputar, torak terdorong kembali ke dalam blok silinder dan sambil melewati saluran ke luar akan mendorong fluida ke dalam sistem.

Prinsip Dasar Sistem Hidrolik

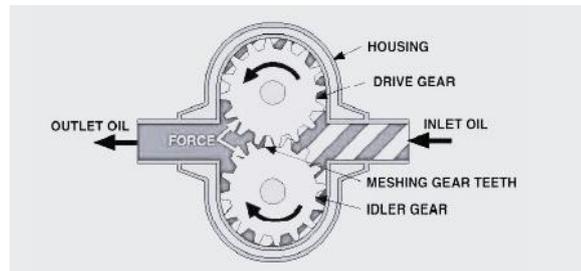
- a. Hukum yang menjadi dasar prinsip sistem hidrolik adalah hukum pascal.
Dalam sebuah ruangan tertutup, tekanan yang bekerja pada fluida akan merambat merata kesemua arah.
- b. Besarnya tekanan dalam fluida adalah gaya (F) dibagi dengan luas bidang tekannya (A).
- c. Tekanan pada suatu titik akan bekerja ke segala arah dan sama besar.

2. Pompa Roda Gigi

Penggunaan pompa roda gigi sangat luas, dan belakangan ini banyak sekali dipakai oleh kalangan industri baik menengah maupun berat. Banyak orang mengatakan bahwa pompa roda gigi adalah "bungkusan tenaga kuda" dari sistem hidrolik, karena memang pompa jenis ini terkenal dengan bentuknya yang sederhana dan hemat digunakan. Apalagi bila memerlukan tempat yang sedikit tetapi harus mampu memproduksi tekanan yang tinggi maka pompa roda gigilah yang tepat dipakai. Karena pada prinsipnya pompa jenis rotasi akan lebih sedikit makan tempat jika dibandingkan dengan pompa langkah (pompa torak). Pompa jenis roda gigi tidak bisa untuk memenuhi kebutuhan yang memerlukan pemindahan berubah-ubah. Pompa ini dapat memproduksi volume pemindahan yang diperlukan oleh hampir setiap sistem yang menggunakan pemindahan tetap. Seringkali pompa ini digunakan sebagai pompa-pompa pengisi untuk sistem pompa

yang lebih besar dari jenis-jenis yang lain. Pompa dengan prinsip mekanik roda gigi sebagai pencatu aliran fluida.

Pada Pompa Roda Gigi mempunyai dua gigi yang berpasangan dan keduanya terpasang dalam satu rumah. Poros pemutar menggerakkan salah satu roda gigi dan kemudian menggerakkan roda gigi pasangannya.



Gambar 2. 16 Pompa Roda Gigi

Kedua roda gigi terpasang dalam satu rumah yang mempunyai saluran masuk dan saluran ke luar. Titik pusat atau sumbu roda gigi tidaklah sama (tidak seporos). Kelonggaran yang terjadi pada kedua roda gigi terhadap rumahnya akan sangat mempengaruhi terhadap kebocoran maupun efisiensi. Sewaktu gigi penggerak berputar searah anak panah maka gigi pasangannya akan berputar berlawanan. Dengan demikian sejumlah oli yang berada pada sela-sela pasangan kedua gigi pada saluran masuk akan terlempar masuk dan terbawa oleh gigi-gigi itu menuju saluran ke luar. Roda gigi terus berputar dan akhirnya fluida itu akan tertampung pada saluran keluar sehingga terdorong dan mengalir keluar.

Faktor yang sangat mempengaruhi volume fluida yang dapat dipompa adalah ukuran dari profil gigi, diameter nominal roda gigi, beserta kebocoran-kebocoran. Untuk itu dalam pompa roda gigi luar penyekat (seal) memegang peranan dalam mengatasi kebocoran-kebocoran. Beberapa pompa roda gigi

menggunakan rumah pompa yang dipadukan, untuk menaikkan angka efisiensi. Paduan rumah pompa di sini dimaksudkan untuk memudahkan dalam pemasangan roda-roda giginya, demikian pula penyekat yang berfungsi sebagai penahan atas kebocoran. Karena demikian sudah jelas bahwa efisiensi akan bertambah. Jarak antara diameter kepala gigi terhadap rumahnya juga akan mempengaruhi kebocoran. Sehingga besar ruang antara ini mempunyai harga-harga toleransi tertentu. Dan biasanya tergantung pada negara pembuat dan untuk apa pompa itu digunakan. Apabila toleransi ayunan terlalu besar maka akan mengakibatkan kebocoran yang tinggi dan gesekan rendah. Tetapi sebaliknya apabila toleransi telah kecil maka akan menimbulkan gesekan yang tinggi, dan kebocoran yang sangat rendah. Kebanyakan ditemui dan direncanakan toleransi ayunan (arah aksial maupun radial roda gigi) dalam kondisi jarak antara (space) yang membentuk ruangan kecil dan terpasang tetap. Sehingga kebocoran akan meningkat paralel dengan penambahan ausnya.

2.3.3. Oli Hidrolik Pada Excavator Cat 313D2

Fluida yang berwujud minyak ini merupakan bagian yang sangat penting pada suatu sistem hidrolik, untuk itu oli yang merupakan fluida cair sangat cocok digunakan pada sistem hidrolik. Pada oli hidrolik mempunyai kekentalan dan klasifikasi sebagaimana oli mesin hanya tidak dinyatakan dalam angka SAE atau kode API, Pada Excavator Cat 313D2 Menggunakan Oli hidrolik Buatan Caterpillar dengan Jenis TO-4, TO-4M dan Allisson C-4 dengan SAE : 10W untuk jenis Excavator Cat 313D2 memiliki kapasitas tangki hidrolik sebesar 86 Liter dan

jumlah oli hidrolik yang di butuhkan untuk sistem hidrolik Pada Excavator Cat 313D2 sebesar 146 Liter termasuk tangki hidrolik.



Gambar 2. 17 Oli Hidrolik

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

1. Tahan terhadap tekanan tinggi
2. Kenaikan (perubahan) viskositasnya kecil, walaupun temperatur kerja dan tekanannya tinggi
3. Penambahan zat aditif kecil
4. Kandungan air (kelmbabannya) rendah
5. Kandungan air (kelmbabannya) rendah

Pada umumnya oli mineral mempunyai daya lumas yang sangat baik. Oli mineral mempunyai sifat anti keausan dan pelumasan yang lebih baik. Dan sifat ini sangat tergantung pada pembuatannya, beberapa oli mineral dapat memberikan daya campur terhadap bahan lain lebih tinggi, lebih tahan oksidasi pada suhu lebih

tinggi atau indeks viskositasnya lebih tinggi jika dibandingkan dengan lainnya. Secara alami oli melindungi terhadap karat, menyekat baik, menyerap panas dengan mudah, dan mudah untuk menjaga tetap bersih dengan penyaringan atau pemisahan terhadap kontaminasi (pencemaran). Sifat-sifat yang sangat diinginkan suatu fluida hidrolis, jika tidak terdapat bahan oli mentah yang dicampurkan melalui penyulingan atau penambahan. Suatu prinsip kelemahan oli mineral adalah mudah terbakar. Apalagi pemakaian dalam lingkungan-lingkungan yang berbahaya seperti dalam perlakuan panas baja, pengelasan hidroelektrik, penuangan, dan penempaan. Untuk tujuan-tujuan ini terdapat oli khusus tahan terhadap kebakaran atau justru oli yang tidak bisa terbakar sama sekali.

Adapun Fungsi Dari Oli Hidrolik adalah :

1. Meneruskan Tenaga

Karena oli hidrolis tidak dapat dikompres, sekali hidrolis sistem ter-isi dengan fluida, seketika itu juga meneruskan tenaga dari satu area ke area yang lain. Akan tetapi bukan berarti semua fluida mempunyai efisiensi yang sama dalam meneruskan tenaga, sebab masing-masing fluida mempunyai sifat khusus sendiri-sendiri. Pemilihan hydraulic fluid yang benar tergantung dari pemakaian dan kondisi pengoperasian.

2. Sebagai Pelumas

Sebagian besar pada komponen hidrolis, pelumasan bagian dalam disediakan oleh fluida cair. Elemen pompa dan komponen-komponen lain yang bergesekan saling meluncur satu dengan dengan lainnya, sehingga antara dua bidang yang melakukan gesekan itu perlu diberi lapisan minyak,

untuk menjaga agar dua bidang itu tidak terjadi kontak langsung atau bergesekan langsung. Untuk menjamin umur pemakaian komponen hidrolik lebih lama, kandungan oli harus terdiri dari bahan-bahan tambah utama yang diinginkan untuk menjamin karakteristik anti keausan yang tinggi Jenis minyak oli hidrolik semacam ini memberikan perlindungan yang baik terhadap pemakaian pompa dan motor, dan yang menguntungkan lagi adalah umur pelayanan pemakaiannya panjang. Disamping oli memberikan campuran yang sangat bagus juga sifat perlindungan terhadap proses koorosi sangat baik pula.

3. Sealing (Menutupi)

Banyak komponen-komponen hidrolik didesain dengan menggunakan hydraulic oil dari pada mekanikal seal dalam komponen. Viskositas (kekentalan) dari oil akan membantu menentukan kemampuannya untuk melapisi.

4. Cooling (Pendingin)

Hidrolik sistem menghasilkan panas bila sedang mengubah mekanikal energi ke hidrolik energi atau sebaliknya, Pada saat oil bergerak melalui sistem, panas akan merambat dari komponen-komponen yang lebih hangat ke cooler. Oil akan memberikan panas tersebut ke reservoir atau cooler yang telah di-design untuk menjaga oil temperature tidak melebihi batas.

5. Cleaning (Pembersih)

Fungsi lain dari oil adalah membersihkan. Meskipun pada hidrolik tank sudah ada filer screen, bukan tidak mungkin kotoran debu akan masuk ke

dalam sistem. Kotoran-kotoran ini akan dibawa oleh oil menuju ke tangki yang kemudian akan ditangkap oleh filter yang ada di dalam tangki.

5.1. Penyebab Kerusakan Pompa Hidrolik

Pompa hidrolik merupakan salah satu alat vital pada sistem hidrolik, tanpa adanya Pompa hidrolik maka aliran oli hidrolik yang merupakan sumber tenaga tidak akan dapat mengalir, penyebab kerusakan pompa hidrolik dapat disebabkan oleh beberapa factor yaitu sebagai berikut :

1. Oli Berkurang

Hal ini bisa disebabkan oleh terjadinya kebocoran yang tidak terkontrol, sehingga tanpa kita sadari ternyata oli yang terdapat pada tangki sudah mengalami penyusutan. Lakukanlah pengecekan secara berkala untuk menghindari hal ini terjadi. Apabila sering terdapat penyusutan oli, lakukan pengecekan pada pipa pipa atau bagian bagian yang memungkinkan terjadi kebocoran

2. Oli Kotor

Oli yang kotor dapat menyumbat piston pompa, sehingga kinerja pompa hidrolik menjadi tidak maksimal. Hal ini bisa disebabkan oleh terbuka nya tutup oli pada tangki. Tidak melakukan pergantian oli secara berkala juga dapat menyebabkan oli menjadi kotor sehingga bisa menimbulkan penyumbatan pada piston pompa.

3. Terdapat Beram dari silinder yang rusak

Silinder yang sudah rusak akan menghasilkan beram, dan gram ini akan masuk dalam saluran hidrolik sehingga akhirnya akan tersumbat pada pompa hidrolik.

4. Setting Pressure

Kesalahan akibat setting pressure yang melebihi batas sering kali terjadi, dan ini bisa menyebabkan kinerja pompa hidrolik menjadi tidak maksimal.

5. Putaran Mesin

Putaran motor yang tidak stabil akan berpengaruh pada kinerja pompa hidrolik, sehingga lambat laun akan membuat terjadi kerusakan pada pompa hidrolik.

6. Masa Pakai Seal

Seal terbuat dari bahan dasar karet, seperti kita ketahui bahwa bahan dasar karet mempunyai keterbatasan masa pakai. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu oli dan bahan dari seal itu sendiri.

7. Putaran motor yang salah

Sistem hidrolik selain menggunakan engine untuk menggerakkan pompa, ada juga yang menggunakan motor listrik. Perputaran motor listrik yang salah inilah yang bisa menyebabkan terjadinya kerusakan pada pompa hidrolik.