

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DEFINISI POMPA

Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang digerakan oleh suatu sumber tenaga yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat lain, dimana cairan tersebut hanya mengalir apabila terdapat perbedaan tekanan. Selain dapat memindahkan cairan, pompa juga berfungsi untuk meningkatkan kecepatan, tekanan, dan ketinggian cairan. Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media pipa (saluran) dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (suction) dan bagian tekan (discharge). Perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme misalkan putaran roda impeler yang membuat keadaan sisi hisap nyaris vakum. Perbedaan tekanan inilah yang mengisap cairan sehingga dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain.

Menurut B.Nekrasov (1969: 1) bahwa pompa adalah suatu mesin untuk memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain dengan jalan merubah kenaikan zat cair. Pompa tidak dapat bekerja sendiri, untuk memindahkan atau mengangkut zat cair itu. Melainkan harus ada pesawat tenaga atau pesawat pembangkit tenaga. Menurut L.W.P. Bianchi dan P. Bustraan (1983: 1) bahwa pompa adalah pesawat pengangkut zat-zat cair. Pengangkutan atau pemindah zat cair itu dilakukan dengan pekerjaan gaya tekan, yang gunanya mengatasi hambatan, yang dialami oleh zat cair itu di waktu pemindahan.

Menurut Ir. Sularso, MSME (2006:4), pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari bagian rendah ke bagian tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar dari pompa.

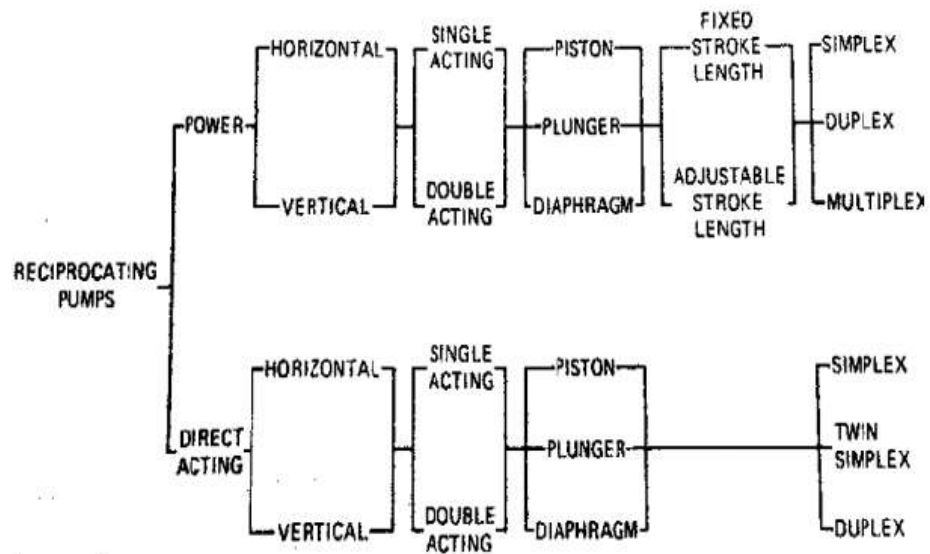
2.2 PENGERTIAN POMPA PLUNGER

Pompa dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara yang berbeda misalnya berdasarkan kondisi kerjanya, cairan yang dipindahkan, bentuk elemen yang bergerak, jenis penggerak, serta berdasarkan cara menghantar fluida dari pipa hisap ke pipa tekan. Berdasarkan klasifikasi standar yang sering dipakai. Ada tiga kelas yang digunakan sekarang ini adalah pompa sentrifugal, rotari, dan reciprocating. Karena yang akan penulis bahas bukan keseluruhan jenis pompa yang ada melainkan hanya terbatas pada pompa reciprocating.

Pompa reciprocating adalah pompa positive displacement. Pompa positive displacement bekerja dengan cara memberikan gaya tertentu berupa energi kinetik pada volume fluida yang tetap dari sisi inlet menuju titik outlet pompa. Dalam pompa reciprocating tindakan pemompaan ini dicapai oleh gerakan bolak-balik dari piston, plunger, atau diafragma. Pada pompa reciprocating yang menggerakkan elemen pompa dengan crankshaft atau camshaft, membutuhkan penggerak dengan poros berputar seperti motor, mesin, atau turbin.

Pompa reciprocating bukan mesin kinetik seperti pompa sentrifugal karena tidak memerlukan perputaran untuk mencapai tekanan. Tekanan yang

tinggi dapat dicapai pada kecepatan yang rendah dan salah satu keuntungan dari pompa reciprocating terutama untuk memompa lumpur abrasif dan cairan viskositas tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram klasifikasi pompa reciprocating dibawah ini:



Gambar 2.1 Diagram klasifikasi pompa *reciprocating*

Sumber : *Reciprocating pump book*

Pompa *plunger* adalah pompa dimana energi mekanik dari penggerak pompa diubah menjadi energi aliran dengan menggunakan elemen bolak-balik (*reciprocating*) yang ada di dalam silinder. Pompa *plunger* memiliki bagian yang berfungsi untuk *menghandle fluida* yang dinamakan *liquid end*, yang terdiri dari torak atau *plunger*, silinder, katup isap, katup buang, *seal* antara silinder dan *plunger*. Serta bagian penggerak (*power end*) yang terdiri dari poros engkol, batang engkol.

Menurut Hicks dan Edwards (1996:34) pompa plunger mempunyai poros engkol yang digerakkan dari sumber penggerak luar umumnya motor

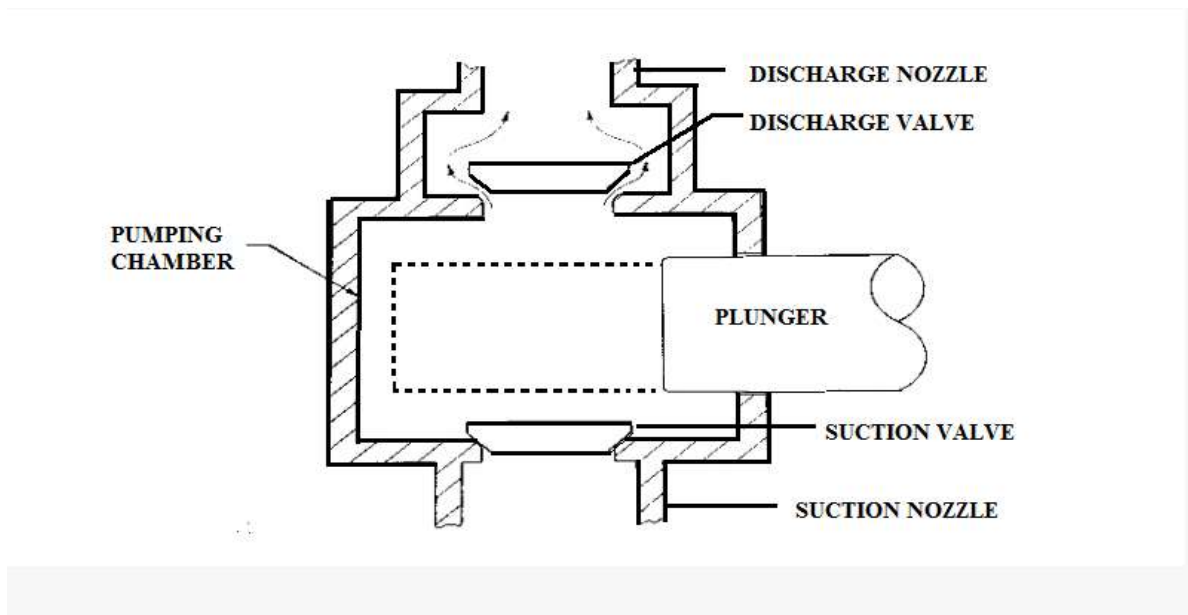
listrik, sabuk mesin atau rantai. Roda-roda gigi sering dipakai antara penggerak dan poros engkol untuk mengurangi kecepatan keluaran penggerak. Pompa tenaga jenis plunger untuk tekanan tinggi dapat berupa jenis yang horizontal maupun yang vertikal.

Bila digerakkan dalam kecepatan konstan pompa plunger mengalirkan kapasitas yang hampir konstan dan mempunyai efisiensi yang bagus. Pompa plunger baik dipakai khususnya untuk keperluan tekanan tinggi, pengisian air ketel, pemompaan jaringan pipa, pemrosesan petroleum dan penggunaan jenis serupa.

2.3 CARA KERJA POMPA PLUNGER

Berdasarkan jumlah aksi kerja maka pompa reciprocating dapat dibedakan atas dua macam yaitu :

- Pompa aksi kerja tunggal (*single acting*)

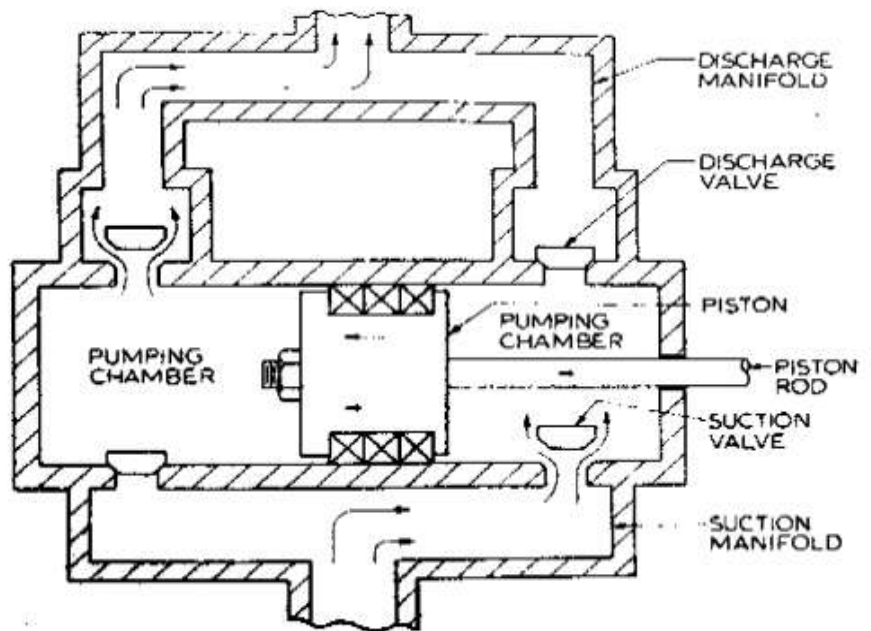


Gambar 2.2 pompa single-acting

Sumber : *Reciprocating pump book*

Ketika plunger bergerak ke kiri, cairan didorong keluar dari ruang pompa menuju katup pembuangan. Ketika plunger bergerak ke kanan, cairan mengalir melalui katup hisap dan masuk ke ruang pompa.

- Pompa aksi kerja ganda (*double acting*)



Gambar 2.3 Pompa *double acting*
Sumber :*Reciprocating pump book*

Ketika piston bergerak ke kiri, cairan didorong keluar dari ruang pompa kiri, menuju katup discharge sebelah kiri melewati pipa discharge dan sampai ke discharge line. Secara bersamaan cairan mengalir dari suction line melalui suction manifold, menuju katup hisap sebelah kanan dan masuk ke ruang pompa yang tepat. Ketika piston bergerak ke kanan, cairan didorong keluar dari ruang pompa dan secara bersamaan mengalir ke ruang pompa sebelah kiri. Meskipun

gambar diatas menunjukkan susunan jenis pompa plunger sebagai single-acting dan pompa piston sebagai doubleacting, hal tersebut tidak selalu terjadi.Pompa plunger terkadang double-acting dan piston pompa terkadang single-acting.Pompa plunger dapat menjadi double-acting dengan mengikat dua plunger coaxial bersama-sama dengan side-rods dan crossheads.

2.4 KOMPONEN UTAMA POMPA PLUNGER

a. *Liquid Cylinder* (tabung cairan)

Liquid Cylinder adalah komponen utama dari liquid end (sering tidak berbentuk silinder khususnya di power pump di mana ia cenderung lebih persegi panjang). Liquid cylinder adalah bagian penahan tekanan utama membentuk bagian utama dari ruang pompa dan biasanya mengandung atau mendukung semua komponen liquid end.

b. *Liquid-end Valve* (katup cairan akhir)

Katup ini dibuka oleh tekanan diferensial cair saja (bukan oleh perangkat mekanik).Sebagian besar katup ini pegas, hal ini diperlukan agar katup dapat kembali ke posisi semula dengan cepat.

c. *Valve Seats* (dudukan katup)

Dudukan katup terpasang langsung pada silinder cairan tetapi sebagian besar pompa industri berisi valve seats dapat diganti, seats ini dipasang pada silinder berfungsi untuk mengunci, menjepit atau menekan.

d. *Stuffing Box Assemblies* (kotak berisi susunan)

Stuffing box berisi paking yang menyegel sekitar batang torak atau plunger. Stuffing box menjadi bagian yang terpisah atau terpisahkan dengan silinder, stuffing box berisi gland (packing nut).

e. *Plunger-Type Liquid Ends* (jenis plunyer cairan akhir)

Plunger adalah batang halus yang memompa dengan cara menekan cairan di ruang pompa.

f. *Crankshaft* (poros engkol)

Crankshaft mendorong batang penghubung dan menyerap beban dari batang dan sistem penggerak (belt, roda gigi, atau rantai). Beberapa pompa menggunakan eksentrik dipasang pada poros lurus.

g. *Main Bearings* (bantalan utama)

Bantalan utama mendukung poros engkol dan menyerap semua beban yang dikenakan pada crankshaft .

h. *Connecting Rods* (batang engkol) dan *Bearings* (bantalan)

Connecting rods mengirimkan daya dari poros engkol ke crossheads. Poros engkol bergerak dalam gerakan berputar murni, crossheads dalam gerak reciprocating murni. Connecting rod adalah penghubung antara salah satu ujung gerakan berputar murni dan ujung gerakan reciprocating murni. Connecting rod biasanya dilengkapi dengan bantalan yang dapat diganti.

i. *Crossheads* (Kepala silang)

Crosshead menyerap gaya dari pin wrist dan mengirimkannya ke sambungan. Selain menyerap total gaya aksial yang dikirimkan dari connecting rod ke liquid end, crosshead juga harus menyerap beban

bagian dari connecting rod. Crosshead juga menyokong plunger lewat sambungan crosshead.

j. Roda Gigi

Bagian dari mesin yang berputar yang berguna untuk mentransmisikan daya. Roda gigi memiliki gigi-gigi yang bersinggungan dan berkerja bersama-sama.

k. Motor listrik

Motor listrik adalah tenaga penggerak pompa yang digerakkan oleh tenaga listrik.

2.5 FAULT TREE ANALYSIS

Fault Tree Analysis (FTA) adalah teknik yang banyak dipakai untuk studi yang berkaitan dengan resiko dan keandalan dari suatu sistem engineering. Event potensial yang menyebabkan kegagalan dari suatu sistem engineering dan probabilitas terjadinya event tersebut dapat di tentukan dengan fault tree analysis. Sebuah top even yang merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem (*system failure*), harus ditentukan terlebih dahulu dalam mengkontruksikan fault tree analysis. Sistem kemudian dianalisa untuk menemukan semua kemungkinan yang didenifisikan pada top event. *Fault Tree Analysis* adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat top down, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (top event) kemudian merinci sebab-sebab suatu top event sampai pada suatu kegagalan dasar (Root Cause).

Konstruksi dari fault tree analysis meliputi gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR. Setiap kegagalan yang terjadi dapat

digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan mentransfer atau memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (Logic Transfer Components) dan fault tree analysis. Ir. Dwi Priyanta, MSE. Keandalan dan Perawatan,(2000:23).

Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Kegagalan yang ada pada system bisa dikarenakan kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikannya atau disebut juga human error, dan kejadian-kejadian di luar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya undesired event. *Fault tree analysis* dibangun berdasarkan pada salah satu undesired event yang dapat terjadi pada sistem. Hanya bagian-bagian tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan - kegagalan yang ada, yang dipakai untuk membangun *fault tree analysis*. Pada suatu sistem bisa terdapat lebih dari satu undesired event dan masing-masing undesired event mempunyai representasi fault tree yang berbedabeda yang disebabkan faktor-faktor atau bagian-bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada fault tree, undesired event yang akan dianalisa disebut juga top event. Menurut Ir. Dwi Priyanta, MSE. 'Keandalan dan Perawatan', (2000: 24). *Fault Tree Analysis* mempunyai kelebihan dan kekurangan, yaitu:

a. Kelebihan

- 1) Dalam kasus sebuah sistem yang kompleks pohon kesalahan memberikan cara yang baik dan logis untuk mengintegrasikan berbagai penyebab. Konstruksi diagram pohon dapat menentukan probabilitas nilai-nilai dan membantu memberikan pemahaman yang lebih baik dari suatu sistem.
- 2) Pohon kesalahan dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas sehingga perbedaan dari berbagai penyebab dapat

dibandingkan, dampak terhadap keseluruhan sistem dengan menganalisa perubahan tersebut dengan kemungkinan nilai.

b. Kekurangan

- 1) Pengalaman dan pengetahuan yang banyak diperlukan untuk membuat bangunan pohon yang tepat. Kesalahan memasukkan sebuah masukan dapat menyebabkan memberikan hasil yang tidak benar.
- 2) Sulit untuk memilih gerbang logika yang paling tepat di saluran penghubung dan hal ini dapat menimbulkan secara luas variasi nilai yang dihasilkan.

Prinsip Kerja Metode Fault Tree Analysis (Dwi Priyanta, 2000: 18).

- 1) Kegagalan system atau kecelakaan.
- 2) Fault Tree Analysis terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan sistem atau kecelakaan.
- 3) Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika “and” atau “or” atau gerbang logika lainnya.
- 4) Kejadian di atas terdapat beberapa penyebab dan ditandakan dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan di persegi panjang.
- 5) Akhir dari peristiwa mengarah pada dimana tingkat kegagalan data yang memungkinkan ini adalah penyebab utama yang dilambangkan lingkaran dan merupakan keputusan untuk membatasi metode ini.

Simbol dan istilah yang digunakan dalam fault tree analysis adalah simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol transfer. Berikut adalah bentuk dan simbol yang digunakan pada metode fault tree analysis.

2.6 SIMBOL KEJADIAN

Simbol kejadian adalah simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem yang ada pada top event. Terdapat 5 simbol yaitu Basic Even atau Primery Event, Undeveloped Event, Conditioning Event, External Event, dan yang terakhir adalah Intermediate Event.

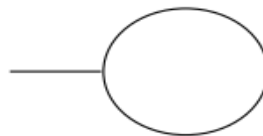
1) Basic Even / Primery Event



Gambar 2.4 Basic Event

Simbol lingkaran ini digunakan untuk menyatakan basic event atau primery event atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya. Artinya, simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

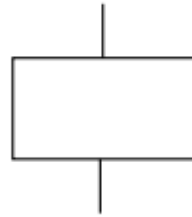
2) Conditioning Event



Gambar 2.5 Conditioning event

Simbol oval ini untuk menyatakan conditioning event, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang INHIBIT dan PRIORITY AND). Jadi kejadian output terjadi jika kejadian input terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu. Conditioning event adalah simbol ketiga dalam simbol kejadian.

3) Intermediate Event



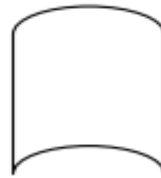
Gambar 2.6 Intermediate event

Simbol persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian input gagal yang masuk ke gerbang.

2.7 SIMBOL GERBANG

Simbol gerbang dipakai untuk menunjukkan hubungan antara kejadian input yang mengarah pada kejadian output dengan kata lain, kejadian output disebabkan oleh kejadian input yang berhubungan dengan cara tertentu.

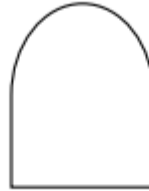
1) Gerbang OR



Gambar 2.7 Gerbang OR

muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan inputnya terjadi.

2) Gerbang AND



Gambar 2.8 Gerbang AND

Gerbang AND digunakan untuk menunjukkan kejadian output muncul hanya jika semua input terjadi.

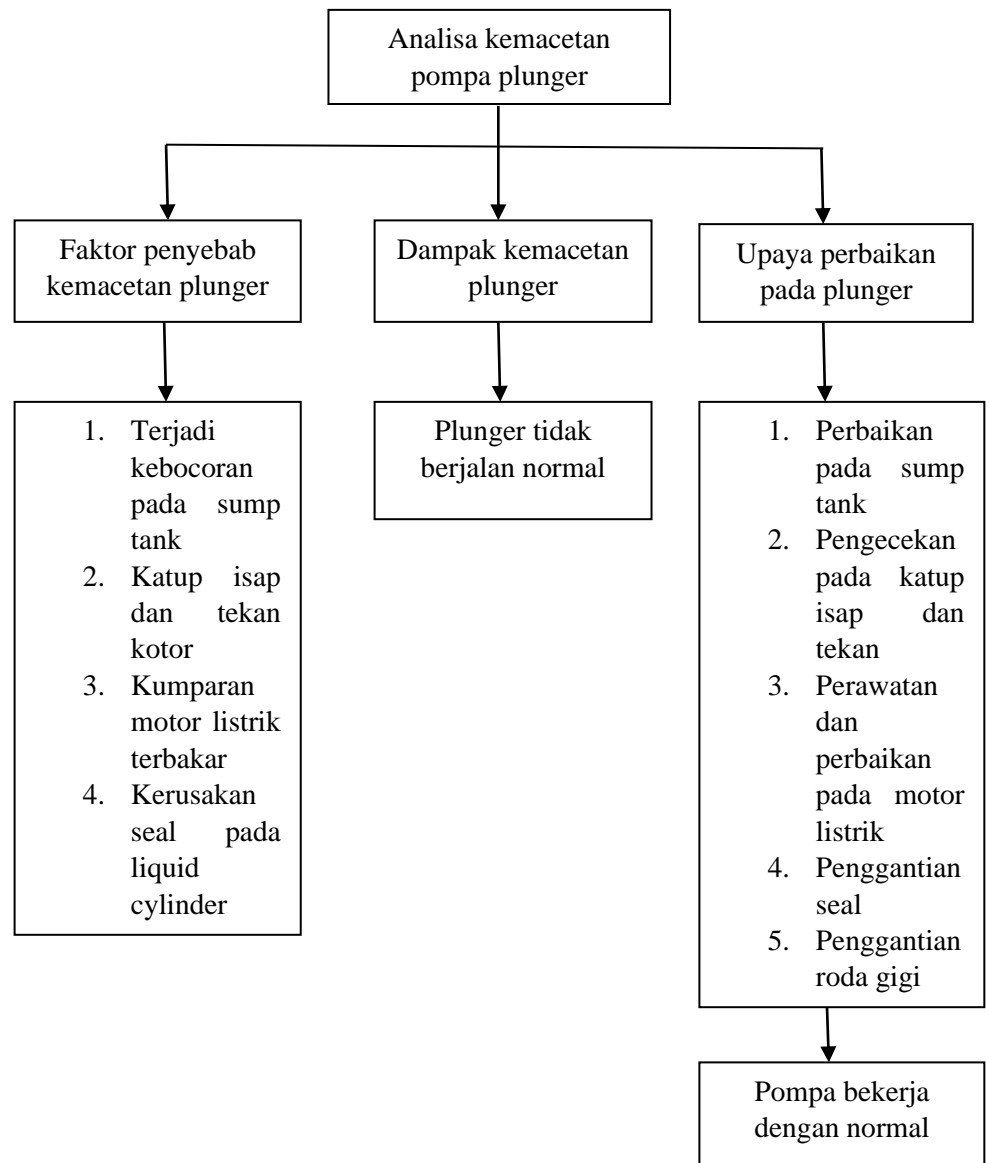
2.8 KERANGKA PIKIR PENELITIAN

Pompa plunger adalah pompa perpindahan positif reciprocating yang menggunakan plunger (pendorong) untuk memindahkan media melalui ruang silinder. Contohnya pompa tekanan tinggi, dan mampu menangani media yang mengandung kental dan padat.

Memiliki rongga yang meluas dan berkontraksi dalam gerakan reciprocating (maju dan mundur, naik dan turun) dari gerakan melingkar (rotary). Pompa plunger menggunakan mekanisme (biasanya rotasi) untuk membuat gerakan reciprocating sepanjang sumbu, yang kemudian membangun tekanan di dalam silinder atau laras kerja untuk memaksa cairan melalui pompa. Tekanan diruangan menggerakkan katup pada titik hisap dan discharge.

Adapun keuntungan dari pompa plunger adalah dapat mencapai tekanan tinggi, tidak mempengaruhi laju alir, tekanan dan perubahan laju alir memiliki pengaruh yang kecil terhadap kinerja, mampu menggerakkan cairan kental, slurry, dan abrasif dengan desain katup yang tepat. Serta kerugiannya adalah biaya operasi dan perawatan yang tinggi, biasanya berat dan besar, biasanya hanya menangani laju alir yang lebih rendah, aliran bergetar.

Dalam kerangka pikir dibawah ini peneliti membuat suatu alur atau bagan penelitian yang mana bertujuan untuk memudahkan peneliti dalam melakukan pembahasan pada bab 4. Kerangka pikir ini adalah rangkaian alur pemikiran dari penulis dalam melakukan penelitian dan akan dibahas pada bab ke 4. Di bawah ini adalah kerangka pikir dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 2.9 Kerangka pikir penelitian

Dengan kerangka pikir penelitian diatas peneliti melaksanakan penelitian terhadap kemacetan plunger pada air got yaitu dengan membuat rumusan masalah faktor penyebab terjadinya kemacetan plunger dan upaya perawatan perbaikan terhadap kemacetan plunger pada air got. Dan diakhir penelitian diharapkan pompa plunger dapat bekerja dengan normal.

2.9 DEFINISI OPERASIONAL

Definisi operasional merupakan definisi praktis tentang variabel atau istilah lain yang dianggap penting dan sering di temukan dalam kehidupan sehari-hari dikawal nantinya. Definisi operasional yang sering dijumpai pada pompa plunger antara lain :

1. Liquid Cylinder (tabung cairan)

Liquid Cylinder adalah bagian penahan tekanan utama, membentuk bagian utama dari ruang pompa.

2. Stuffing Box (kotak isian)

Stuffing box berisi paking yang menyegel sekitar batang torak atau plunger.

3. Plunger

Plunger adalah batang halus yang memompa dengan cara menekan cairan di ruang pompa.

4. Gland packing dan seal

Untuk mencegah bocornya cairan dari ruang pompa.

5. Katup

Katup adalah perangkat untuk mengendalikan aliran cairan melalui suatu bagian, seperti pipa atau melalui pembukaan dari satu ruang ke ruang yg lain.

6. Connecting rods (batang engkol)

Connecting rod adalah penghubung antara salah satu ujung di gerakan berputar murni dan gerak reciprocating murni.

7. Crankshaft (poros engkol)

Crankshaft mendorong batang penghubung dan menyerap beban dari batang dan sistem penggerak (belt, roda gigi, atau rantai).

8. Motor listrik

Berfungsi untuk mengubah tenaga elektrik (input) menjadi tenaga putar mekanik (output).

9. Crossheads (kepala silang)

Crosshead untuk menyokong plunger lewat sambungan crosshead.

10. Roda gigi

Bagian dari mesin yang berputar yang berguna untuk mentransmisikan daya, penghubung motor listrik dan crankshaft.

11. Main bearing (bantalan utama)

Bantalan utama mendukung poros engkol dan menyerap semua beban yang dikenakan pada crankshaft.