

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **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 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. Pengertian Pompa *Plunger*

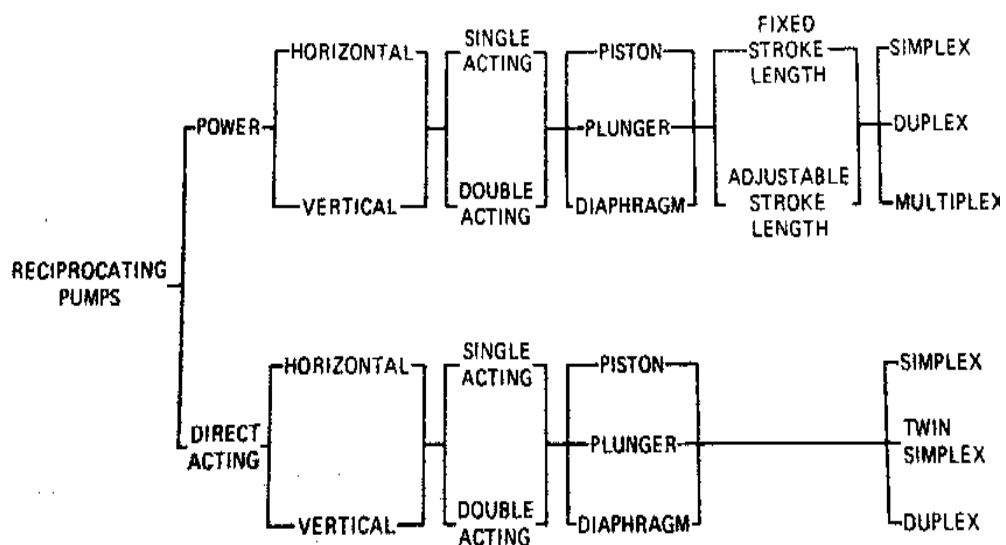
Pompa dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara yang berbeda misalnya berdasarkan kondisi kerjanya, cairan yang dipindahkan, bentuk elemen yang bergerak, jenis penggerakannya, serta berdasarkan cara menghantar *fluida* dari dari pipa hisap ke pipa tekan. Berdasarkan klasifikasi standar yang sering dipakai. Ada tiga kelas yang digunakan sekarang ini adalah pompa *centrifugal*, 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 *centrifugal* 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

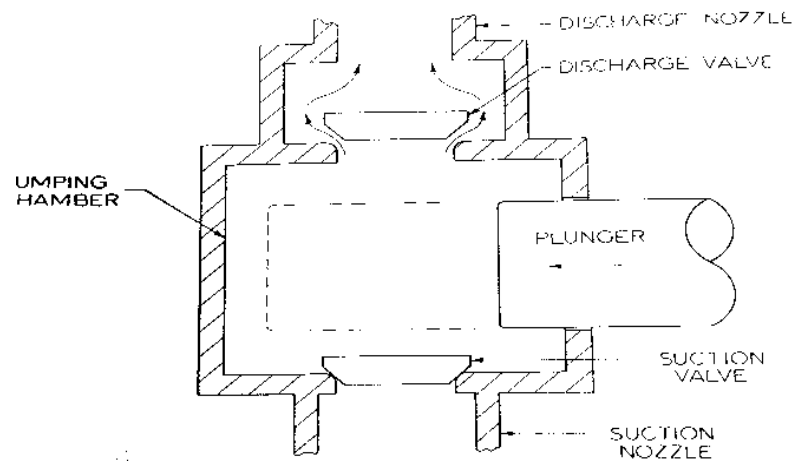
poros engkol yang digerakkan dari sumber penggerak luar umumnya motor listrik, sabuk mesin atau rantai. Roda-roda gigi sering dipakai antara penggerak dan poros engkol untuk mengurangi kecepatan keluaran penggerak. Pompa tenaga jenis *plunger* untuk tekanan tinggi dapat berupa jenis yang horizontal maupun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

### 3. Cara Kerja Pompa *Plunger*

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

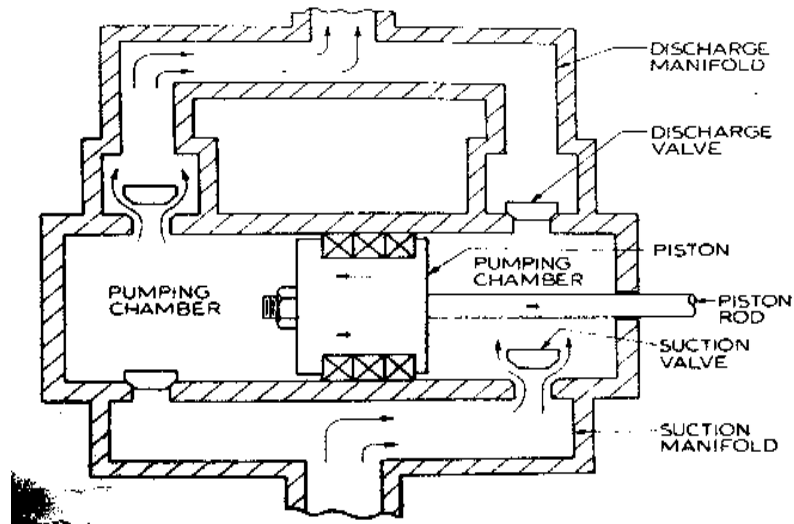
- Pompa aksi kerja tunggal ( *single acting* )



Gambar. 2.2 pompa single-acting

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 *double-acting*, 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*.

#### 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.

### 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 ditentukan dengan *fault tree analysis*. Sebuah *top event* yang merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem (*system failure*), harus ditentukan terlebih dahulu dalam mengkonstruksikan *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* 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*. Pada suatu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masing-masing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda 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-variasi nilai yang dihasilkan.

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

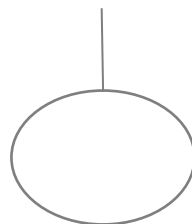
- 1) Kegagalan *system* atau kecelakaan.
- 2) *Fault Tree Analysis* terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan sistem atau kecelakaan.
- 3) Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika “*and*” atau “*or*” atau gerbang logika lainnya.
- 4) Kejadian di atas terdapat beberapa 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*.

a. 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*.

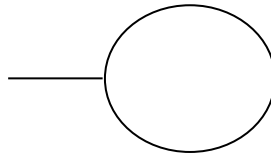
- 1) *Basic Even / Primery Event*



Gambar 2.4: *Basic Event*

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

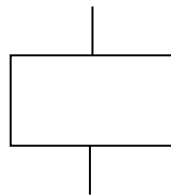
2) *Conditioning Event*



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*



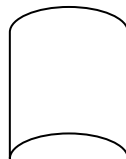
Gambar 2.6 : *Intermediate event*

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

**b. 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*

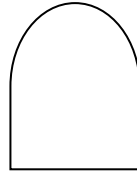


Gambar 2.7 : Gerbang *OR*

Gerbang *OR* dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan

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

## 2) Gerbang *AND*



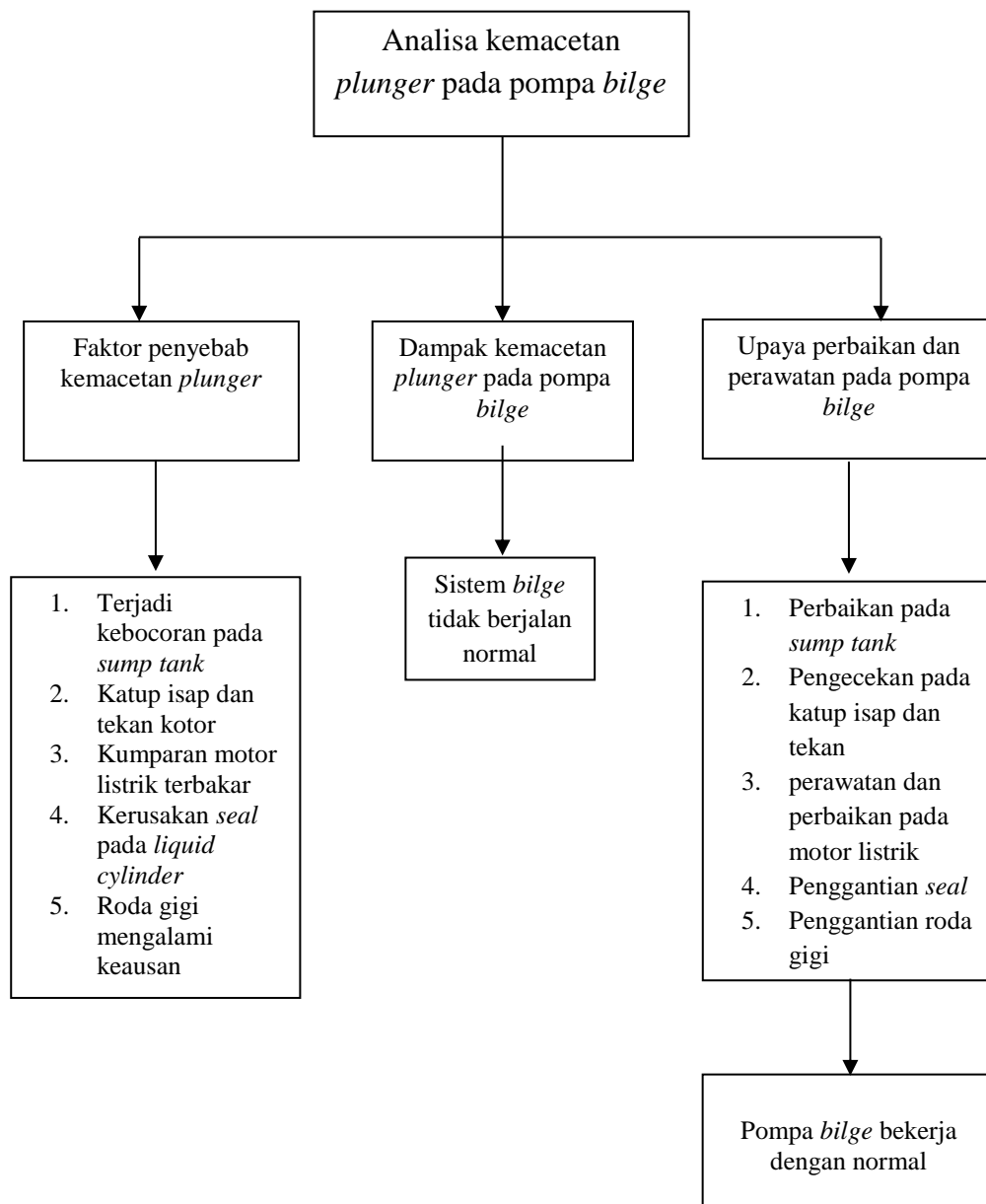
Gambar 2.8 : Gerbang *AND*

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

## B. Kerangka Pikir Penelitian

Pompa *bilge* adalah salah satu pompa yang sangat penting di kapal. Pompa *bilge* berfungsi untuk memindahkan cairan dari *bilge tank* menuju *oil water separator* yang kemudian dipisahkan kandungan minyak dari cairan tersebut. Untuk kegiatan tersebut pompa *bilge* menggunakan pompa jenis *reciprocating* (pompa *plunger*). Dalam pengoperasian pesawat bantu tidak semua berjalan normal, pasti ada *trouble* yang tidak dapat diprediksi seperti kemacetan *plunger* pada pompa *bilge* ketika dalam pengoperasiannya. Ada beberapa faktor penyebab terjadinya kemacetan *plunger* antara lain *sump tank* kekurangan minyak lubas, kerusakan *seal* pada *liquid cylinder*, katup isap dan tekan tertutup, roda gigi mengalami keausan dan kumparan motor listrik terbakar. Untuk mengatasi faktor penyebab tersebut maka perlu dilakukan pengecekan pada *sump tank* apakah terjadi kebocoran yang disebabkan kerusakan *gasket*, lubang *drain* yang aus, dan *oil seal* yang rusak, penggantian *seal*, penggantian rodi gigi yang aus serta memberikan pelumasan pada permukaan roda gigi, perbaikan katup isap dan tekan, serta perbaikan dan perawatan pada motor listrik, agar pompa *bilge* dapat bekerja secara normal.

Dalam kerangka pikir dibawah ini peneliti membuat suatu alur atau bagan penelitian yang mana bertujuan untuk memudahkan peneliti dalam melakukan pembahasan pada bab IV. Kerangka pikir ini adalah rangkaian alur pemikiran dari penulis dalam melakukan penelitian dan akan dibahas pada bab ke IV. 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 pompa *bilge* yaitu dengan membuat rumusan masalah faktor penyebab terjadinya kemacetan *plunger* dan upaya perawatan perbaikan terhadap kemacetan *plunger* pada pompa *bilge*. Dan diakhir penelitian diharapkan pompa *bilge* dapat bekerja dengan normal.

### C. Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan definisi praktis tentang variabel atau istilah lain yang dianggap penting dan sering di temukan dalam kehidupan sehari-hari dikapal dalam penelitian ini. Definisi operasional yang sering dijumpai pada pompa *plunger* saat penulis melakukan penelitian pada saat di kapal 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 y 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*.