

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Pada Tinjauan Pustaka ini Penulis memaparkan tentang teori dasar *Lube Oil Purifier*, diantaranya adalah prinsip dasar pemisahan minyak, peranan *interface* minyak dan air dalam proses pemisahan, pemilihan *gravity disc* yang berperan dalam persiapan pengoperasian, hal yang perlu diperhatikan selama pengoperasian, dan bagian *Lube Oil Purifier*.

1. Teori dasar *Lube Oil Purifier*

Purifier dipakai untuk mempersiapkan minyak *bunker*, atau minyak lumas (Vidak, 2016:16).

Pemisahan sempurna dalam jangka waktu yang layak hanya bisa didapatkan dengan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh mesin. Bahan bakar dari tanki endap dimasukkan pada sistem sentrifugal atau *Purifier* serta air dan kotoran dipisahkan dari bahan bakar (Vermeire 2012:14).

Dari buku NYK *Engine Cadet Course Hand-out*, *Lube Oil Purifier* adalah pesawat pemisah minyak lumas yang berfungsi untuk memisahkan bermacam kontaminasi pada minyak seperti kandungan zat Al+Si, lumpur, dan air.

Meningkatnya perbedaan masa jenis antara air dan bahan bakar dengan naiknya suhu adalah dasar dari pembersihan sentrifugal (purifikasi) (Vermeire 2012:14).

Berikut ini adalah pemahaman dasar yang terkait dengan sistem dan pengoperasian *Lube Oil Purifier*:

a. Prinsip dasar pemisahan minyak

Ada dua persyaratan dalam proses pemisahan minyak, yaitu untuk memisahkan partikel padat dari minyak dan untuk memisahkan

minyak dari cairan yang berbeda masa jenis, seperti kandungan air dari minyak lumas. Sedangkan dalam proses pemisahan minyak lumas itu sendiri terbagi dalam dua jenis proses yaitu:

1) Pemisahan di dalam tangki

Ketika minyak ditempatkan dalam tangki dan disimpan dalam periode tertentu, maka pemisahan oleh gravitasi akan berlangsung kecuali jika minyak tersebut sudah tercampur atau sudah terjadi proses emulsi.

Pada minyak lumas, endapan seperti lumpur, kotoran dan lainnya akan mengendap pada bagian dasar tangki, sedangkan kandungan air ada di tengah, dan minyak lumas paling atas.

Pemisahan jenis ini di kapal biasanya terjadi pada Tangki Endap minyak dan Tangki Servis. Karena perbedaan masa jenis minyak dan zat kontaminasinya sangatlah rendah, maka proses pemisahan ini akan membutuhkan waktu yang sangat lama dan tidak mampu memproduksi minyak dengan waktu yang memenuhi persyaratan untuk digunakan pada sistem permesinan.

2) Pemisahan dengan gaya sentrifugal

Pemisahan minyak dengan gaya sentrifugal terjadi pada *Purifier*. Gaya sentrifugal merupakan kebalikan gaya sentripetal yaitu gaya sentrifugal ini adalah gaya melempar keluar dari pusat putaran. Pada *Lube Oil Purifier* terdapat *bowl* yaitu wadah berbentuk mangkok tertutup yang pada wadah ini diisi dengan minyak lumas dan ditambahkan air sebagai pembentuk batas atau

interface yang berfungsi untuk memudahkan proses pemisahan dari zat yang memiliki masa jenis lebih besar dari minyak lumas. *Bowl* ini berputar dan menimbulkan gaya sentrifugal, gaya sentrifugal inilah yang berperan sebagai gaya pemisah yang melemparkan partikel dengan masa jenis lebih besar ke sisi terluar *bowl*, sedangkan zat yang masa jenisnya lebih kecil terkumpul pada sisi tengah *bowl*, yaitu minyak lumas.

Metode pemisahan dengan gaya sentrifugal sangat berguna ketika perbedaan masa jenis air dan minyak yang tercampur sangatlah kecil. Gaya pemisah atau *separation force* berbanding lurus dengan kecepatan putar *bowl*. Meskipun begitu, hanya partikel yang tidak larut dalam minyak saja yang dapat dipisahkan melalui gaya sentrifugal, minyak gas tidak dapat dipisahkan dengan gaya sentrifugal sebagaimana garam dipisahkan dari air laut dengan gaya sentrifugal. Air dapat dipisahkan dari minyak karena air dan minyak tidak membentuk larutan sempurna. Selanjutnya, harus ada perbedaan pada masa jenis dari benda sebelum dapat dipisahkan dengan gaya sentrifugal.

Pada *Lube Oil Purifier*, air dalam proses pemisahan dibuang melalui saluran keluar air atau *water outlet*, minyak bersih dikeluarkan melalui saluran keluar minyak bersih atau *clean oil outlet*, dan partikel padat atau kotoran tetap berada di dalam *bowl*. Proses pemisahan dengan gaya centrifugal sangat dipengaruhi oleh besarnya partikel atau zat, viskositas cairan, dan lamanya proses

sentrifugal yang terjadi dalam pemisahan. Pada umumnya, semakin besar perbedaan masa jenis antara zat yang akan dipisahkan dan semakin rendahnya viskositas, maka dalam kejadian pemisahan minyak lumpur akan lebih besar tingkat pemisahannya.

b. Pentingnya *interface* minyak dan air dalam proses pemisahan

Dalam *Purifier*, minyak bersih dan air yang dipisahkan dikeluarkan secara terus-menerus selama pengoperasian. *Interface* terbentuk di dalam *bowl* diantara air dan minyak (Vermeire, 2012:14).

Interface merupakan batas dari lapisan antara cairan yang dipisahkan, yaitu batas antara minyak dan air, dan sangatlah penting untuk menjaga kondisi *bowl* dari *Lube Oil Purifier* untuk mendapatkan hasil pemisahan yang efektif. Jika *Lube Oil Purifier* dioperasikan, maka sangatlah penting untuk menjaga jarak *interface* antara minyak dan air dalam batas yang ditentukan.

Posisi dari *interface* dipengaruhi oleh diameter sisi keluaran dari cairan bermassa jenis berat (air) yang bervariasi dan didapatkan dengan penggunaan *gravity disc* dengan diameter yang berbeda.

Menurut Vermeire (2012:14) faktor yang mempengaruhi posisi *interface* adalah besarnya diameter *gravity disc*, masa jenis minyak, viskositas minyak, suhu minyak, dan *feed rate*.

Untuk mendapatkan hasil pemisahan yang maksimal, air tidak boleh sampai memasuki tumpukan *disc*. Faktor yang dibutuhkan untuk menjaga posisi *interface* yaitu diameter *gravity disc* yang tepat, tumpukan *disc* harus selalu bersih, menjaga beberapa kondisi *feed oil* melalui masa jenis, viskositas minyak yang tidak berubah, *feed rate*, dan suhu tetap. Faktor tersebut di atas harus selalu dijaga jika dalam

pengoperasian hanya menggunakan satu jenis *gravity disc*, jika salah satu faktor berubah maka ada kemungkinan diperlukan penggantian *gravity disc*.

c. Pemilihan *gravity disc*

Guna mencapai hasil pemisahan optimal dengan *Purifier, interface* antara minyak dan air di dalam *bowl* harus di luar tumpukan *disc* tetapi masih di dalam dari tepi terluar dari *top disc* (*disc* paling atas). Posisi dari *interface* dipengaruhi oleh viskositas dari minyak dan diatur dengan penggunaan *gravity disc*. *Gravity disc* yang tepat didefinisikan sebagai *disc* terbesar yang mencegah tembusnya batas air (Vermeire, 2012:14).

Pemilihan *gravity disc* ditentukan oleh faktor berikut:

1) Masa jenis dari minyak

Ditentukan pada suhu 15 derajat Celcius atau suhu lainnya, biasanya masa jenis minyak diberikan oleh penyuplai dalam nota pembelian.

2) *Feed rate*

Yaitu besarnya pemakanan atau pemberian minyak untuk diproses oleh *Purifier* dalam satuan volume per waktu. Pengaturan dari *feed rate* biasanya ditentukan oleh besarnya konsumsi minyak per hari dan efektifitas dari proses pemisahan yang diinginkan.

Berikut contoh standar pengaturan *feed rate* menurut perusahaan NYK dari buku NYK *Engine Cadet Course Hand-out*:

- a). Untuk bahan bakar, disarankan *Purifier* dioperasikan sekitar 50-70% dari kapasitas maksimal.
- b). Untuk minyak lumas, *feed rate* yang disarankan adalah seminimal mungkin dari *feed rate* yang bisa digunakan. Hal ini akan membantu dalam pemisahan partikel kotoran yang lebih kecil.

3) Suhu minyak

Untuk memastikan bahwa *Purifier* beroperasi dengan efisien, maka minyak harus dipanaskan dengan suhu dengan aturan sebagai berikut:

Tabel 2.1. Tabel Suhu Minyak Berdasarkan Spesifikasi Minyak

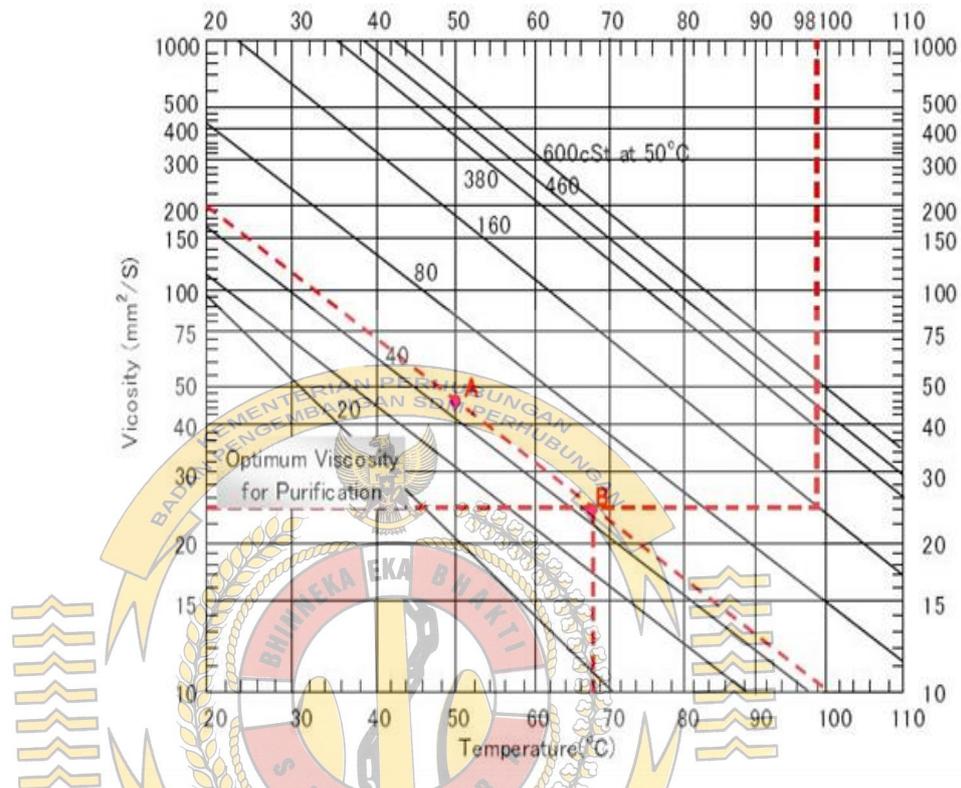
| JENIS MINYAK DAN VISKOSITAS | | SUHU (°C) |
|-----------------------------|--|-----------|
| <i>A heavy oil</i> | 14mm ² /detik pada 40°C | 40 |
| <i>C heavy oil</i> | 180~700 mm ² /detik pada 50°C | 98 |
| <i>Lubricating oil</i> | 100mm ² /detik pada 40°C | 74-90 |
| | 150 mm ² /detik pada 40°C | 83-95 |

(Sumber: NYK *Engine Cadet Course Hand-out*, 2009:62)

Minyak harus dipanaskan dengan panas yang sesuai untuk mengurangi viskositas dan masa jenis sebagaimana berpengaruh pada efektifitas proses pemisahan dari air dan kotoran lain. Meskipun begitu, suhu minyak harus dijaga tidak melebihi 100 derajat Celcius untuk menghindari penguapan dari *sealing water* dan kerusakan *o-rings*.

Sebagai contoh adalah saat mempurifikasi minyak bahan bakar dengan viskositas 45mm²/detik pada 50°C (*Heavy Fuel Oil*). Tarik garis putus-putus (Gambar 2.1) yang sejajar dengan garis 40mm²/detik pada 50°C dan melewati pertemuan (titik A) diantara garis horisontal 45mm²/detik dan garis vertikal 50°C. Dari pertemuan diantara garis ini dan garis horisontal 24mm²/detik

gambar garis tegak lurus pada sumbu horisontal, dan baca suhu yang tertera dibawah, yaitu 67°C.



Gambar 2.1. *Temperature vs. Viscosity Diagram*

(Sumber: NYK *Engine Cadet Course Hand-out*, 2009:63)

Jadi dapat diketahui untuk bahan bakar tersebut menggunakan suhu 67°C untuk proses purifikasi. Sedangkan untuk pemilihan *gravity disc* menggunakan *monogram*, tiap pabrikan menyediakan standar *gravity disc* untuk dipakai tiap model dan tipe dari *Purifier*.

Tidak diperkenankan mengganti dengan *gravity disc* yang tidak sesuai dengan yang disarankan pabrikan karena dapat menimbulkan masalah terhadap pengoperasian *Lube Oil Purifier* dalam proses purifikasi.

Tabel 2.2. Tabel Diameter *Gravity Disc* Pada Model Selfjector

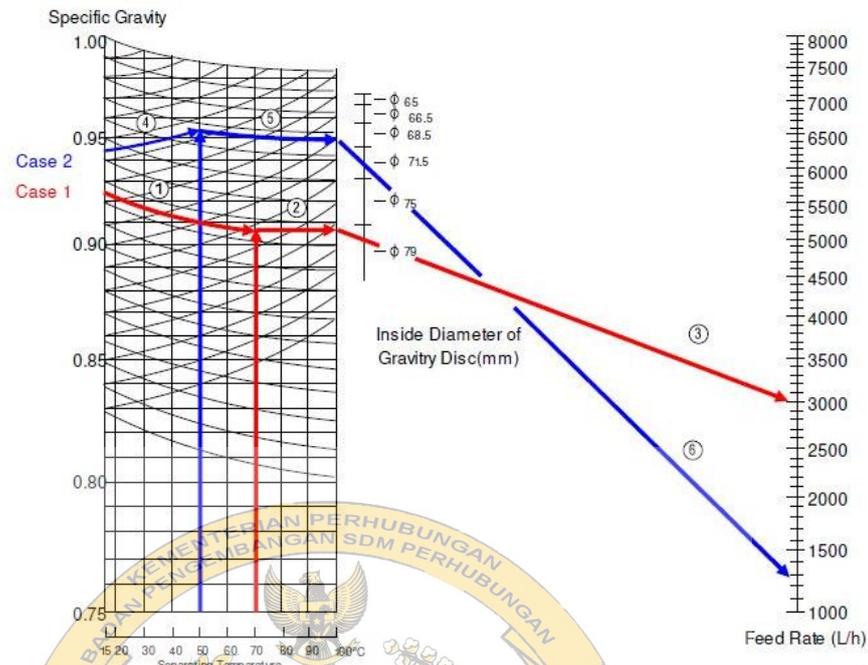
| Model | Diameter dalam <i>gravity disc</i> (mm) | | | | | | | | | | |
|-----------|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| | 64 | 65 | 66.5 | 68.5 | 71.5 | 74 | 78 | 79 | | | |
| SJ10G/GH | 64 | 65 | 66.5 | 68.5 | 71.5 | 74 | 78 | 79 | | | |
| SJ20G/GH | 64 | 65 | 66.5 | 68.5 | 71.5 | 75 | 77 | 78 | 82 | 83 | |
| SJ30G/GH | 65 | 66.5 | 68.5 | 71.5 | 75 | 79 | 82 | 86 | 90 | | |
| SJ50G/GH | 86.5 | 88.5 | 91 | 94 | 98 | 103 | 107.5 | 113 | 115 | | |
| SJ60G/GH | 86 | 88.5 | 91 | 94 | 98 | 103 | 106.5 | 110.5 | 115 | | |
| SJ70G/GH | 87.5 | 91 | 94 | 98 | 103 | 107.5 | 113 | 119 | 122 | | |
| SJ100G/GH | 113 | 116 | 120 | 124 | 129 | 136 | 140.5 | 142 | 150 | 153 | |
| SJ120G/GH | 113 | 116 | 120 | 124 | 129 | 136 | 140.5 | 142 | 146.5 | 150 | 153 |
| SJ150G/GH | 114 | 118 | 122 | 127 | 134 | 142 | 145.5 | 146.5 | 153 | 160 | |

(Sumber: NYK *Engine Cadet Course Hand-out*, 2009:63)

Contoh dari pemilihan *gravity disc* menggunakan diagram

nomogram:

- Kondisi minyak meliputi masa jenis dari minyak adalah 0,925 pada suhu 15°C, suhu minyak masuk/pengoperasian adalah 70°C, *feed rate* 3000 liter/jam.
- Dari pertemuan antara kurva menurun (garis 1) dari masa jenis 0,925 dan garis vertikal 70°C, gambar garis horisontal (garis 2) untuk menghubungkan dengan garis vertikal 100°C.
- Sambungkan antara akhir kanan dari garis 2 dan titik 3000 liter/jam yaitu *feed rate* menggunakan garis lurus (garis 3).
- Baca dimana garis 3 melintas dan membuat titik pertemuan pada pilihan diameter *gravity disc*.
- Dalam hal ini, pilihlah *gravity disc* dengan diameter dalam 79 mm.



Gambar 2.2 Nomogram

(Sumber: NYK *Engine Cadet Course Hand-out*, 2009:64)

d. Hal-hal yang perlu diperhatikan selama pengoperasian

1) Suara

Ketika suara *abnormal* terjadi, segera hentikan pengoperasian *Lube Oil Purifier* dan segera periksa penyebabnya.

2) Getaran

Getaran biasanya terjadi saat *start* awal dan bukan termasuk *abnormalitas*. Jika putaran *bowl* sudah stabil maka getaran akan berkurang, tapi jika terjadi getaran berlebih dalam jangka waktu yang melebihi batas wajar atau tidak biasa maka segera hentikan pengoperasian *Purifier*.

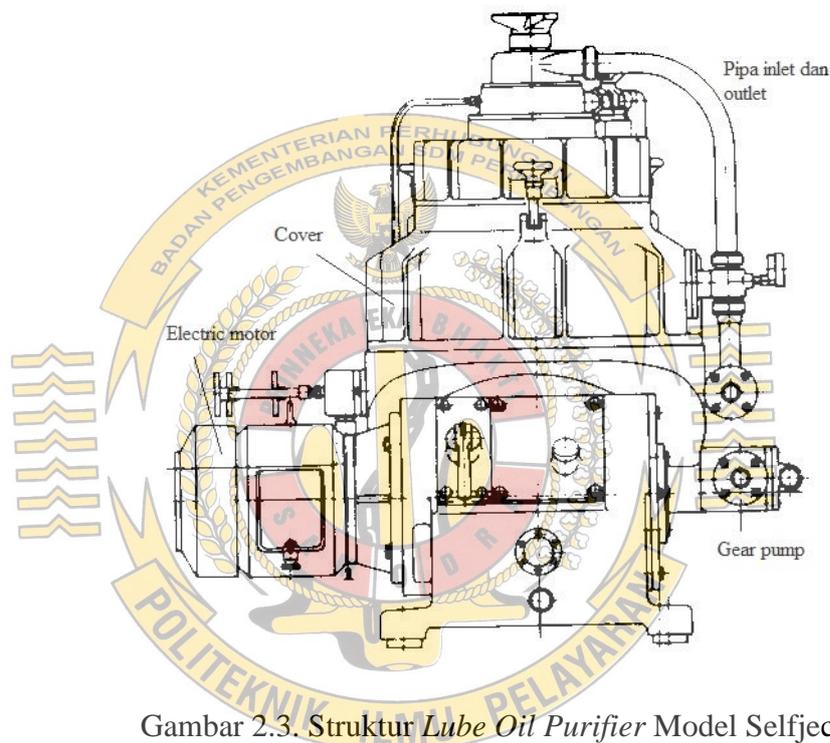
3) Waktu *start*

Purifier pada umumnya mencapai kecepatan putarnya (*rated speed*) atau putaran stabil kurang dari 5 sampai 10 menit dari *start*

awal. Jika *Purifier* gagal mencapai *rated speed* lebih dari 10 menit maka segera hentikan dan cek kondisi dari *friction clutch* atau kopling.

e. Bagian *Lube Oil Purifier*

1) Bagian Utama

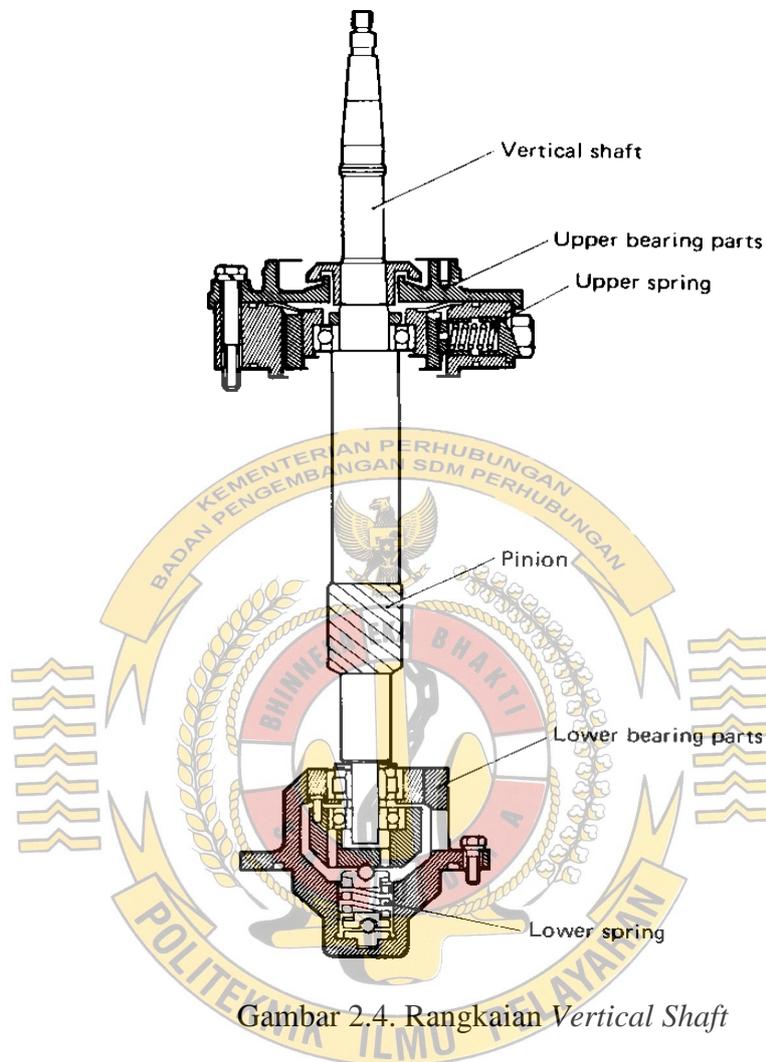


Gambar 2.3. Struktur *Lube Oil Purifier* Model Selfjector

(Sumber: *Instruction Manual For Purifier SJ20T~60T:2-3*)

Tenaga putar ditransmisikan dari motor melalui *friction clutch* menuju *horizontal shaft* dan selanjutnya putaran dipercepat dengan disambungkan pada *vertical shaft* melalui *spiral gear* yang dipasang pada *horizontal shaft* dan *pinion* pada *vertical shaft*. *Bowl* yang dipasang di atas *vertical shaft* berputar dengan putaran sama seperti *vertical shaft*. Untuk memasok minyak lumas pada *Purifier*, *gear pump* terhubung dengan *horizontal shaft* melalui *safety joint*.

2) Rangkaian *Vertical Shaft*

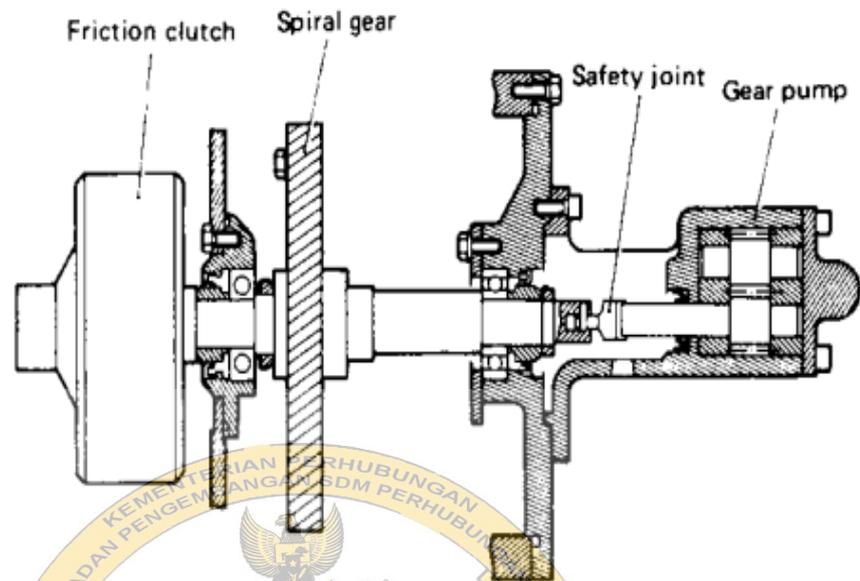


Gambar 2.4. Rangkaian *Vertical Shaft*

(Sumber: *Instruction Manual For Purifier SJ20T~60T:2-3*)

Berfungsi sebagai penerus gaya putar dari *horizontal shaft*, kecepatan putar dari *horizontal shaft* dipercepat oleh *pinion gear* dari *vertical shaft* yang selanjutnya memutar *bowl* yang ditempatkan di atas *vertical shaft*. *Bowl* dan *vertical shaft* ditahan oleh *upper spring* dan *flat spring* secara melingkar tergabung pada 6 titik pada bagian *bearing* atas dan *lower spring* pada bagian *bearing* bawah sehingga *vertical shaft* dapat berputar stabil.

3) Rangkaian *Horizontal Shaft*



Gambar 2.5. Rangkaian *Horizontal Shaft*

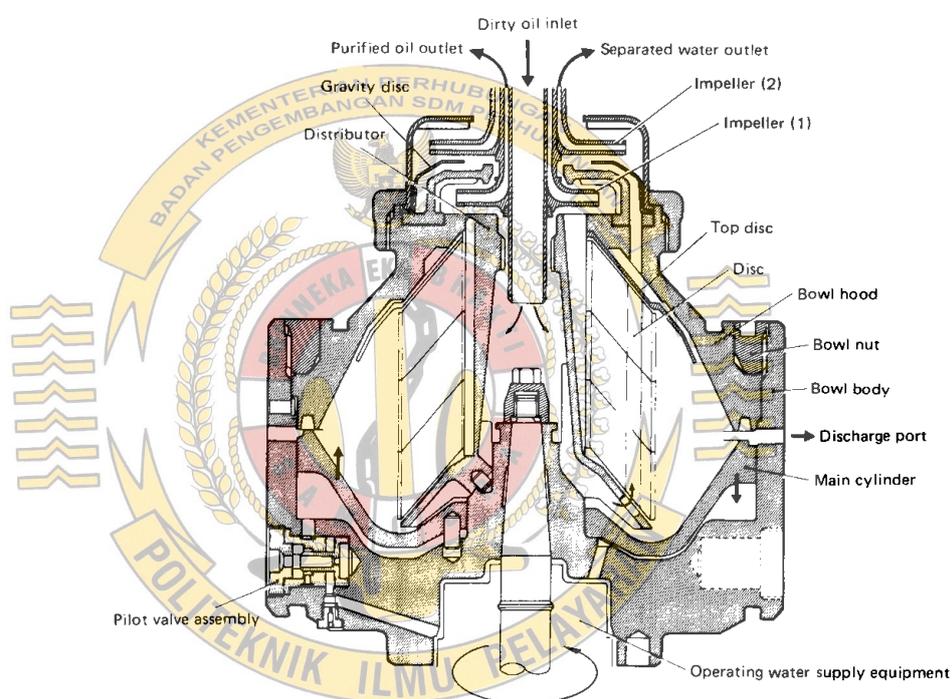
(Sumber: *Instruction Manual For Purifier SJ20T~60T:2-3*)

Diantara motor dan *horizontal shaft* terdapat *friction clutch* atau kopling gesek yang berguna untuk pengurangan beban motor pada awal *start*. *Horizontal shaft* ditahan oleh 2 *ball bearing* yang terdapat pada *bearing housing* atau rumah *bearing*. Diantara 2 *bearing housing* terdapat *spiral gear*. Pada *bearing housing* terpasang *oil seal* untuk menghindari kebocoran minyak lumas. *Horizontal shaft* terhubung langsung dengan *gear pump* oleh *safety joint*.

4) Rangkaian *Bowl*

Wadah dari *bowl* ini terdiri dari *body*, *hood*/penutup, dan mur. *Bowl* ini terdiri dari bilik pemisahan tersusun oleh *disc*/piringan dan *top disc* serta *distributor*/penyalur yang menyalurkan minyak dari saluran masuk *bowl* menuju bilik pemisahan.

Terdapat *main cylinder*/silinder utama dimana akan bergeser secara vertikal dengan tekanan air untuk membuang kotoran yang telah dipisahkan dan mengumpul pada sisi dalam dari *bowl* saat pengoperasian. Pada 2 titik pada sisi terluar *bowl* terdapat rangkaian *pilot valve* yang berfungsi untuk mengatur pergeseran *main cylinder*.



Gambar 2.6. Contoh Rangkaian *Bowl*

(Sumber: *Instruction Manual For Purifier SJ20T~60T:2-5*)

Ketika minyak dimasukkan melalui saluran masuk lewat *distributor* menuju bilik pemisahan maka minyak akan menembus di celah antara *disc*, kotoran dan air dipisahkan dan minyak bersih secara terus-menerus dikeluarkan oleh pompa sentripental yaitu disini adalah *light liquid impeller* yang berada di atas *bowl*, dan air dibuang keluar oleh *heavy liquid impeller*.

2. Metode FTA

Skripsi ini menggunakan Metode FTA, oleh karena itu Penulis akan menjelaskan tentang pengertian atau definisi yang terdapat pada metode FTA.

Mengidentifikasi permasalahan gangguan atau kerusakan yang terjadi dan yang dapat mengganggu sistem operasional pesawat bantu pembersih minyak lumas *Lube Oil Purifier*, dengan menggunakan metode deskriptif, metodologi kualitatif dengan pendekatan metode FTA agar dapat dimengerti faktor penyebab dan kejadian yang menjadi sebab kegagalan sistem.

Sebuah sistem adalah wujud dari proses yang terdiri dari kumpulan komponen berbeda yang bersangkutan (Haasl *et al*, 2012:I-4).

Analisa sistem merupakan proses yang ditujukan untuk mendapatkan target yang tersusun dan terjadwal serta investigasi dari informasi sistem tertentu yang berkaitan pada keputusan yang dibuat (Haasl *et al*, 2012:I-2).

Mungkin sebagian besar *Engineer* maupun calon *engineer* tidak asing dengan istilah *Fault Tree Analysis*. Apalagi bagi seseorang yang berpengalaman menyelesaikan kasus berupa *troubleshooting*. Metode ini cukup efektif untuk mengetahui akar permasalahan yang akan diselesaikan.

Secara teori, metode FTA dapat dijelaskan sebagai berikut.

FTA adalah metode sistematis untuk mendapatkan informasi mengenai sistem dan informasi yang didapat kemudian dapat digunakan untuk membuat keputusan (Haasl *et al*, 2012:I-1).

FTA merupakan analisa kegagalan deduktif yang fokus pada salah satu kejadian yang tidak diinginkan yang menyajikan metode untuk menentukan penyebab dari kejadian tersebut. Kejadian yang tidak diinginkan merupakan kejadian puncak pada diagram *fault tree* disusun untuk sistem, dan umumnya terdiri dari kegagalan total atau bencana seperti yang disebutkan di atas. Pemilihan kejadian puncak dengan cermat

penting untuk keberhasilan dari analisa. Jika tidak terperinci, analisa menjadi tidak dapat dikuasai; jika terlalu spesifik, analisa tidak menyediakan pandangan yang cukup untuk sistem. FTA bisa menjadi latihan yang memakan waktu dan mahal serta biayanya harus diukur terhadap biaya yang berkaitan dengan terjadinya kejadian tidak diinginkan yang berkaitan (Haasl *et al*, 2012:III-3).

FTA 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 *top event* sampai pada kegagalan dasar (*root cause*).

FTA merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. FTA mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi.

Sebuah pohon kegagalan adalah kesatuan yang dikenal sebagai "gerbang" yang berfungsi untuk memperkenankan atau menghalangi jalan dari logika kesalahan pada pohon. Gerbang menunjukkan hubungan dari kejadian yang dibutuhkan untuk peristiwa dari kejadian "yang lebih tinggi". Kejadian "yang lebih tinggi" adalah hasil dari gerbang; kejadian "yang lebih rendah" adalah masukan pada gerbang. Simbol gerbang menandakan jenis hubungan dari kejadian masukan yang dibutuhkan untuk kejadian hasil. Jadi, gerbang adalah semacam saklar pada rangkaian listrik atau dua katup pada rangkaian pipa (Haasl *et al*, 2012: IV-1).

Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam

kondisi. Kegagalan yang ada pada sistem bisa dikarenakan kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikannya atau disebut juga *human error*, dan 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 tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan yang ada, yang dipakai untuk membangun *fault tree*. Pada satu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masing-masing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda yang disebabkan faktor atau bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *fault tree*, *undesired event* yang akan dianalisa disebut juga *top event*.

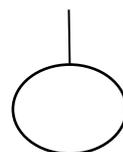
Simbol dan istilah yang digunakan dalam FTA adalah simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol transfer, berikut adalah bentuk simbol dan pengertian dari tiap-tiap simbol, baik simbol kejadian, simbol transfer dan simbol gerbang yang digunakan pada metode FTA.

a. Simbol Kejadian

Simbol kejadian adalah simbol-simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem yang ada pada proses terjadinya *top event*.

Menurut Haasl *et al*, (2012:IV-3) terdapat 5 simbol kejadian utama atau *primary event* yaitu:

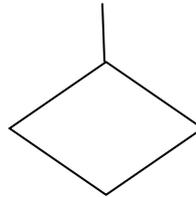
1) *Basic Event*



Gambar 2.7. *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 kejadian.

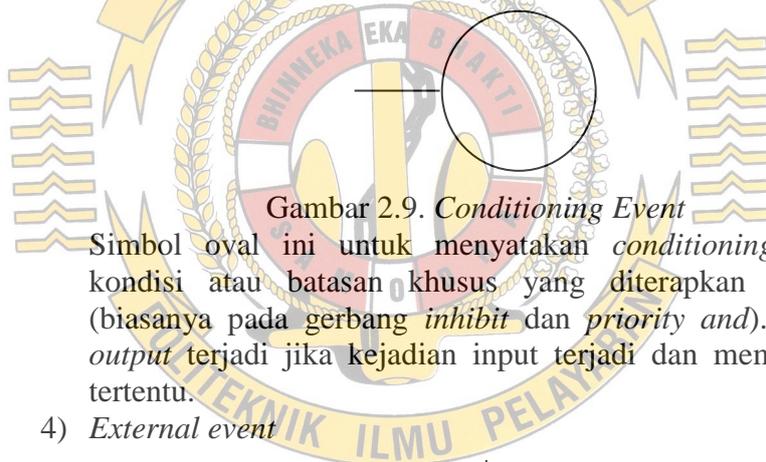
2) *Undeveloped event*



Gambar 2.8. *Undeveloped Event*

Simbol wajik atau *diamond* ini untuk menyatakan *undeveloped event* atau kejadian tidak berkembang, yaitu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya.

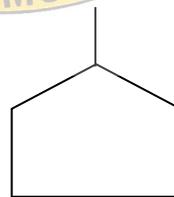
3) *Conditioning event*



Gambar 2.9. *Conditioning Event*

Simbol oval ini untuk menyatakan *conditioning event*, yaitu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada gerbang (biasanya pada gerbang *inhibit* dan *priority and*). Jadi kejadian *output* terjadi jika kejadian input terjadi dan memenuhi kondisi tertentu.

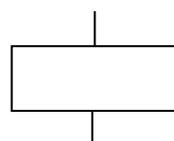
4) *External event*



Gambar 2.10. *External Event*

Simbol rumah digunakan untuk menyatakan *external event*, yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.

5) *Intermediate event*



Gambar 2.11. *Intermediate Event*

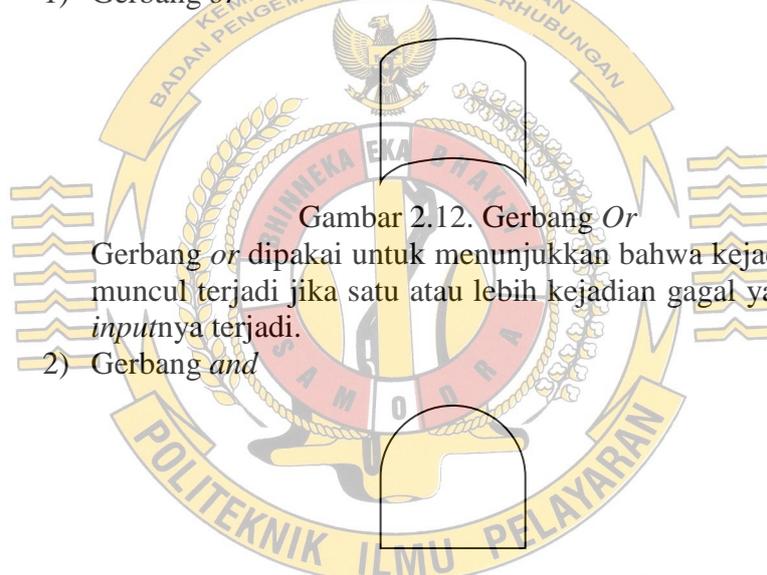
Simbol persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian *input* gagal yang masuk ke gerbang.

b. Simbol Gerbang

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

Menurut Haasl et al. (2012:IV-3) simbol gerbang yaitu:

1) Gerbang *or*



Gambar 2.12. Gerbang *Or*

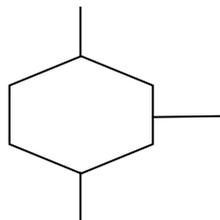
Gerbang *or* dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan *inputnya* terjadi.

2) Gerbang *and*

Gambar 2.13. Gerbang *And*

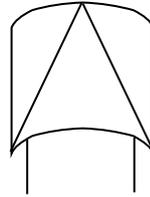
Gerbang *and* digunakan untuk menunjukkan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi.

3) Gerbang *inhibit*



Gambar 2.14. *Inhibit*

Gerbang *inhibit*, dilambangkan dengan segi enam, merupakan kasus khusus dari gerbang *and*. *Output* disebabkan oleh satu *input*, tetapi juga harus memenuhi kondisi tertentu sebelum *input* dapat menghasilkan *output*.

4) Gerbang *exclusive or*Gambar 2.15. *Exclusive Or*

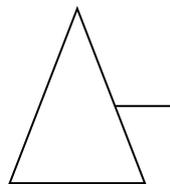
Gerbang *exclusive or* adalah gerbang *or* dengan kasus tertentu, yaitu kejadian *output* muncul jika tepat satu kejadian ikut muncul.

5) Gerbang *priority and*Gambar 2.16 *Priority And*

Gerbang *priority and* adalah gerbang *and* dengan syarat dimana kejadian *output* muncul hanya jika semua kejadian *input* muncul dengan urutan tertentu.

c. Menurut Haasl *et al.*, (2012:IV-3) simbol transfer adalah sebagai berikut:1) *Triangle-in*Gambar 2.17. *Triangle-In*

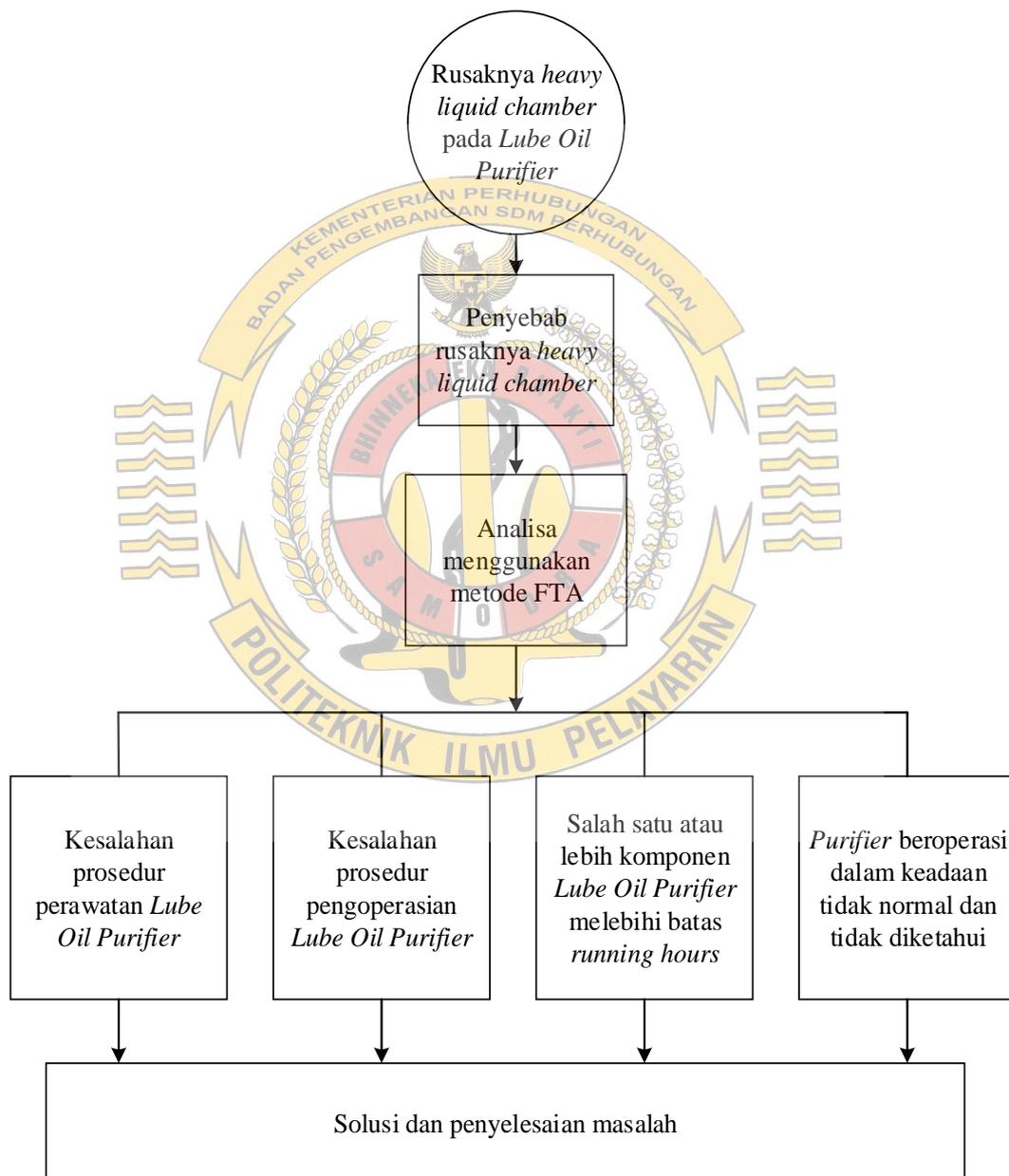
Triangle-in atau *transfers-in*, titik dimana *sub-fault tree* bisa dimulai sebagai kelanjutan pada *transfers out*.

2) *Triangle out*Gambar 2.18. *Triangle-out*

Triangle-out atau *transfers out*, titik dimana *fault tree* dipecah menjadi *sub-fault tree*.

B. Kerangka Pikir Penelitian

Dalam kerangka pikir ini menjelaskan dan memaparkan bagaimana mengidentifikasi kemungkinan permasalahan dan kejadian yang bisa menjadi kegagalan dalam sistem atau pengoperasian permesinan.



Gambar 2.19. Bagan Kerangka Pikir Penelitian

(Sumber: Dokumen Pribadi:2016)

Berdasarkan gambar kerangka pikir tersebut, Penulis menempatkan rusaknya *heavy liquid chamber* pada *Lube Oil Purifier* sebagai pokok permasalahan utama. Sedangkan untuk mengetahui penyebab rusaknya *heavy liquid chamber*, Penulis menggunakan metode FTA sebagai alat untuk menggali faktor yang menyebabkan terjadinya kerusakan seperti adanya kesalahan prosedur perawatan, kesalahan prosedur pengoperasian, komponen mesin yang sudah melewati batas *running hours*, dan adanya abnormalitas pada saat *Lube Oil Purifier* beroperasi yang tidak diketahui oleh manusia (operator). Setelah mendapatkan hasil dari analisa menggunakan metode FTA, maka hasil tersebut akan dijadikan sebagai sumber dan bahan untuk mengambil langkah penyelesaian masalah sekaligus solusi sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan ke depannya.

C. Definisi Operasional

Di pesawat *Lube Oil Purifier* terdapat beberapa pengertian/terminologi yang berhubungan dengan pesawat ini. antara lain:

1. *Interface* : Batas antara cairan berat dan cairan ringan dalam mangkuk
2. *Bowl* : Merupakan wadah penampungan kotoran dan lumpur yang berasal dari proses purifikasi minyak lumas.
3. *Overflow* : Melubernya minyak lumas ke sisi kotoran.
4. Purifikasi : Proses pemisahan atau penyaringan suatu campuran cairan.

5. Φ : Satuan diameter (mm).
6. cSt : Satuan viscositas minyak (0,01 mm²/detik).
7. *Feed rate* : Besarnya pemakanan atau pemberian minyak untuk diproses pada *purifier* (liter/jam).
8. *Bearing* : Bagian mesin yang berfungsi membatasi gerakan relatif hanya pada gerakan yang diinginkan, bearing juga berfungsi untuk mengurangi gesekan diantara bagian bergerak mesin.
9. *Orifice* : Plat berlubang yang ditempatkan pada pipa untuk memperkecil aliran cairan dan memperbesar tekanan aliran.
10. *Oil heater* : Pesawat pemanas atau *heat exchanger* yang dalam *Lube Oil purifier* berfungsi sebagai pemanas minyak lumas sebelum masuk ke *purifier*.
11. *Gravity disc* : Bagian *Lube Oil Purifier* berbentuk cincin logam yang ditempatkan di atas tumpukan *disc* teratas yang berfungsi sebagai pengatur posisi *interface* air dan minyak berdasarkan besarnya diameter lubang.
12. *Oil seal* : Komponen yang terdapat pada *shaft* yang berhubungan langsung dengan bagian luar yang berfungsi mencegah kebocoran minyak.
13. *Pilot valve* : Sejenis katup yang terdapat pada *bowl* yang berfungsi mendistribusikan *opening/closing water* dari *water supplying device* menuju bagian bawah *main cylinder*

untuk membuka dan menutup *bowl* sebagai proses *discharge*.

14. *Operating water*: Air yang berfungsi membentuk *interface* di dalam *bowl* sehingga minyak tidak akan ikut terbang pada saat proses pemisahaan.

15. *Opening water* : Air yang berfungsi membuka *main cylinder* untuk proses *discharge*.

16. *Discharge* : Proses pembuangan kotoran di dalam *bowl* pada saat purifikasi.

17. *Nomogram* : Diagram untuk menentukan diameter *gravity disc* berdasarkan masa jenis minyak, suhu, dan *feed rate*.

18. *Gear pump* : Salah satu jenis *positive displacement pump* yang terdapat pada *Lube Oil Purifier* sebagai pemasok minyak lumas ke dalam *bowl*.

19. *Friction Clutch* : Perangkat yang menghubungkan *shaft* motor dengan *horizontal shaft* yang berfungsi untuk mengurangi beban motor dikarenakan putaran motor tidak langsung memutar *shaft* namun harus mencapai putaran tinggi terlebih dahulu.