

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Analisis

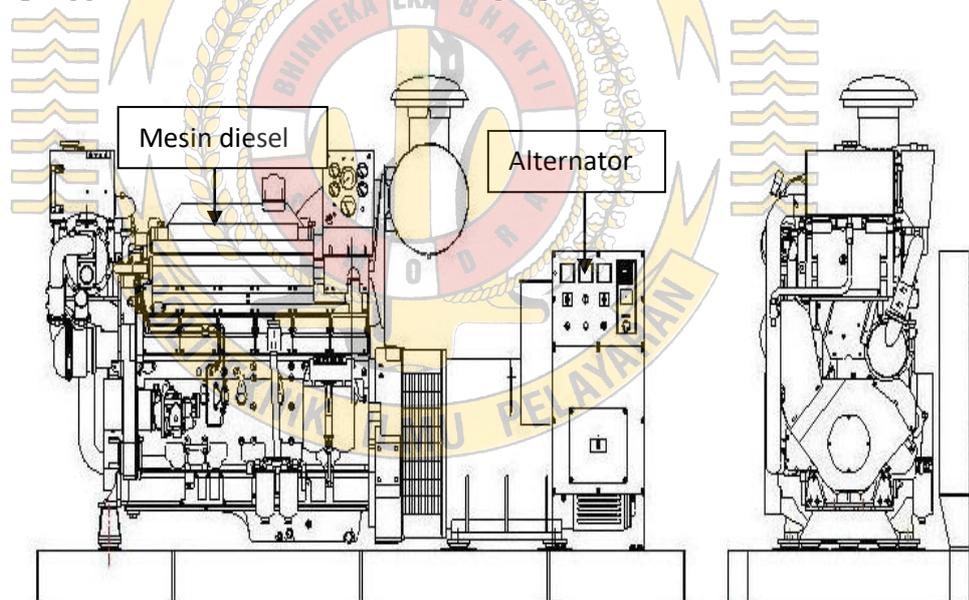
Menurut Wiradi (2004), analisis adalah aktivitas yang memuat kegiatan seperti mengurai, membedakan memilah sesuatu untuk digolongkan dan dikelompokkan kembali menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditafsirkan maknanya. Dalam pengertian yang lain, analisis adalah sikap atau perhatian terhadap sesuatu (benda, fakta, fenomena) sampai mampu menguraikan menjadi bagian-bagian serta mengenal kaitan antar bagian tersebut dalam keseluruhan. Analisis juga dapat diartikan sebagai kemampuan memecahkan atau menguraikan suatu materi atau informasi menjadi komponen-komponen yang lebih kecil sehingga lebih mudah dipahami. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya.

Berdasarkan definisi-definisi tersebut dapat disimpulkan analisis adalah kegiatan untuk memecahkan masalah dan melakukan sesuatu penyelidikan atas suatu peristiwa. Dalam penelitian ini kegiatan untuk menyelidiki penyebab, dampak dan cara mengatasi kerusakan *connecting rod* pada *engine diesel generator*.

2. *Diesel Engine Generator*

Diesel engine generator adalah sebuah bentuk pembangkit listrik dimana sebagai penggerak utamanya adalah mesin diesel dan

dihubungkan dengan generator listrik (*alternator*) dalam satu kedudukan (satu konstruksi) yang kokoh dan tersusun dengan baik sehingga dapat dioperasikan dengan baik pula. *Diesel engine generator* merupakan suatu unit pembangkit listrik yang berpenggerak mesin diesel yang mempunyai bagian-bagian dan sistem yang saling berkaitan erat sehingga dapat menghasilkan listrik yang digunakan untuk keperluan di kapal. Penggerak utama dari *diesel engine generator* pada MT. Sindang adalah mesin diesel 4 tak. Berikut adalah gambaran sketsa satu set *engine diesel generator* yang komponen utamanya terdiri dari mesin diesel sebagai penggerak utama dan alternator sebagai penghasil listrik.



Gambar 2.1. Sketsa *diesel engine generator*

a. Mesin diesel

Mesin diesel merupakan mesin penggerak yang mempunyai prinsip kerja Hukum Charles, yaitu hukum gas ideal pada tekanan tetap yang menyatakan bahwa pada tekanan tetap, volume gas ideal

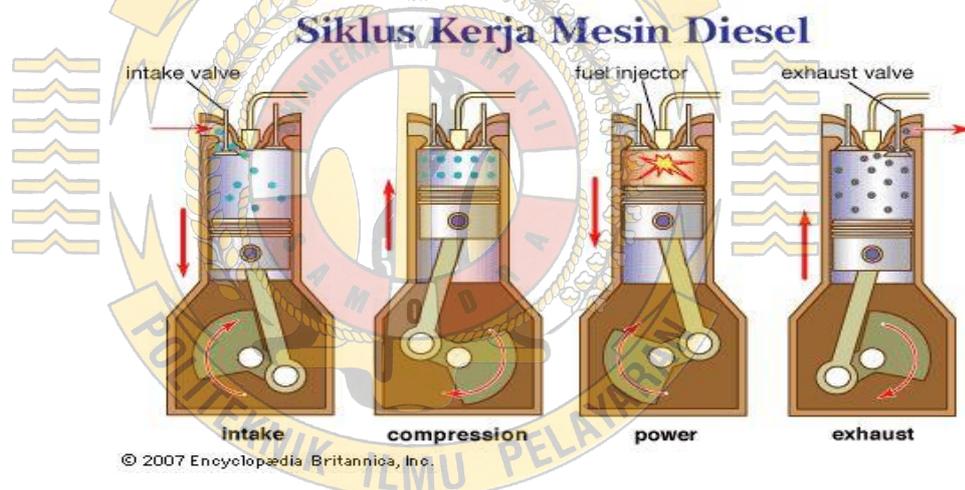
bermassa tertentu berbanding lurus terhadap temperaturnya (dalam Kelvin). Sehingga ketika udara dikompresi maka suhunya akan meningkat. Udara disedot ke dalam ruang bakar mesin diesel kemudian dikompresi oleh *piston* yang merapat sangat dekat dengan tekanan kompresi yang tinggi sehingga akan menghasilkan suatu tekanan sampai 40 bar. Untuk mesin diesel bensin hanya mencapai 8 atau 14 bar.

Cara kerja mesin diesel yaitu, untuk beberapa saat sebelum *piston* memasuki proses kompresi maka bahan bakar akan disuntikan ke dalam ruang bakar dalam keadaan tekanan yang sangat tinggi melalui *nozzle* dan *injector* supaya bercampur dengan udara panas yang bertekanan tinggi. Fungsi *injector* itu sendiri adalah untuk memastikan bahwa bahan bakar akan menjadi butiran-butiran kecil serta halus yang tersebar secara merata. Uap dari bahan bakar tersebut akan menyala akibat dari udara yang terkompresi tinggi di dalam ruang bakar.

Mesin diesel akan mengeluarkan suara detonasi pada saat uap mencapai suhu nyala yang tinggi sehingga menyebabkan naiknya tekanan di atas *piston* secara mendadak. Untuk penyemprotan bahan bakar mesin diesel ke ruang bakar ini dilakukan saat *piston* mendekati Titik Mati Atas (TMA) untuk menghindari detonasi pada mesin diesel. Pada mesin diesel ada istilah sistem injeksi langsung atau (*direct injection*), yaitu menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar dan injeksi tidak langsung pada mesin diesel (*indirect injection*), yaitu

penyemprotan bahan bakar ke dalam ruang khusus yang berhubungan langsung dengan ruang bakar utama dimana *piston* berada.

Berdasarkan jenis kerjanya, mesin diesel dibagi menjadi 2 tak dan 4 tak. Di kapal MT. Sindsang jenis mesin diesel yang digunakan sebagai penggerak utama *engine diesel generator* adalah jenis mesin diesel 4 tak. Mesin diesel 4 tak adalah sebuah mesin dimana untuk menghasilkan sebuah tenaga memerlukan empat proses langkah naik-turun *piston* dan 2 kali putaran poros engkol untuk menghasilkan 1 kali usaha seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2. Siklus kerja mesin 4 tak

1) Prinsip kerja mesin 4 tak

a) Langkah hisap (*Intake*)

Pada langkah ini campuran bahan bakar dan udara dihisap ke dalam silinder oleh *vacum* yang dihasilkan oleh gerakan *piston* dari TMA ke bawah menuju Titik Mati Bawah (TMB). Pada langkah ini pula katup masuk terbuka dan katub buang tertutup.

b) Langkah kompresi (*Compression*)

Pada langkah ini kedua katup tertutup dan *piston* bergerak dari TMB ke TMA sehingga campuran udara dan bahan bakar dimampatkan atau dikompresikan agar tekanan dan temperaturnya naik sehingga campuran udara dan bahan bakar siap untuk dibakar.

c) Langkah kerja (*Power*)

Pada akhir langkah kompresi (kurang lebih posisi poros engkol 5 derajat) sebelum TMA, injektor menyemprotkan bahan bakar sehingga campuran bahan bakar dan udara terkompresi dengan tekanan tinggi terbakar. Terjadi kenaikan temperatur dan tekanan secara besar dan tiba-tiba sehingga mampu mendorong *piston* dari TMA ke TMB. Langkah usaha ini juga sering disebut langkah ekspansi. Kedua katub masih tertutup.

d) Langkah buang (*Exhaust*)

Sisa gas pembakaran dibuang keluar silinder melalui katub buang yang terbuka dan juga oleh dorongan *piston* saat bergerak dari TMB menuju TMA. Siklus ini berulang terus selama mesin hidup. Satu siklus 4 langkah = 2 putaran poros engkol atau poros mesin.

b. Alternator

Alternator adalah mesin yang dapat mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik melalui proses induksi elektromagnetik.

Alternator ini memperoleh energi mekanis dari penggerak utama yaitu mesin diesel. Prinsip kerja dari alternator sesuai dengan hukum Lens, yaitu arus listrik yang diberikan pada *stator* akan menimbulkan momen elektromagnetik yang bersifat melawan putaran *rotor* sehingga menimbulkan *Electromotive Force* (EMF)/Gaya Gerak Listrik (GGL) pada kumparan *rotor*. Tegangan EMF ini akan menghasilkan suatu arus jangkar. Jadi mesin diesel sebagai penggerak utama akan memutar *rotor* alternator, kemudian *rotor* diberi eksitasi agar menimbulkan medan magnet yang berpotongan dengan konduktor pada *stator* dan menghasilkan tegangan pada *stator*. Karena terdapat dua kutub yang berbeda yaitu utara dan selatan, maka akan dihasilkan tegangan maksimum positif. Ini terjadi secara terus menerus/*continue*. Bentuk tegangan seperti ini lebih dikenal sebagai fungsi tegangan bolak-balik.

1) Bagian alternator

Alternator terdiri dari dua bagian yang paling utama, yaitu:

- a) Bagian yang diam (*stator*) terdiri dari beberapa bagian, yaitu:
 - i) Inti *stator*.

Bentuk dari inti *stator* ini berupa cincin laminasi-laminasi yang diikat serapat mungkin untuk menghindari rugi-rugi arus *eddy current losses* (*eddy*). Pada inti ini terdapat slot-slot untuk menempatkan konduktor untuk mengatur arah medan magnetnya.

ii) Belitan *stator*.

Merupakan bagian *stator* yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang terdapat di dalam slot-slot dan ujung-ujung kumparan. Masing-masing slot dihubungkan untuk mendapatkan tegangan induksi.

iii) Alur *stator*.

Merupakan bagian *stator* yang berperan sebagai tempat belitan *stator* ditempatkan.

iv) Rumah *stator*.

Merupakan bagian dari *stator* yang umumnya terbuat dari besi tuang yang berbentuk silinder. Bagian belakang dari rumah *stator* ini biasanya memiliki sirip-sirip sebagai alat bantu dalam proses pendinginan.

b) Bagian yang bergerak (*Rotor*)

Rotor adalah bagian generator yang bergerak atau berputar. Antara *rotor* dan *stator* dipisahkan oleh celah udara (*airgap*). *Rotor* terdiri dari dua bagian umum, yaitu:

i) Inti kutub

ii) Kumparan medan

Pada bagian inti kutub terdapat poros dan inti *rotor* yang memiliki fungsi sebagai jalan atau jalur fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan medan. Pada kumparan medan ini juga terdapat dua bagian, yaitu bagian penghantar sebagai jalur

untuk arus pemacuan dan bagian yang diisolasi. Isolasi pada bagian ini harus benar-benar baik dalam hal kekuatan mekanisnya, ketahanannya akan suhu yang tinggi dan ketahanannya terhadap gaya *centrifugal* yang besar. Konstruksi *rotor* untuk *alternator* yang memiliki nilai putaran relatif tinggi biasanya menggunakan konstruksi *rotor* dengan kutub silindris atau *cylindrica poles* dan jumlah kutubnya relatif sedikit (2, 4, 6). Konstruksi ini dirancang tahan terhadap gaya-gaya yang lebih besar akibat putaran yang tinggi.

3. *Connecting Rod*

Menurut Maanen (1983), *connecting rod* merupakan komponen pada motor diesel yang berfungsi menyalurkan tenaga ledakan pembakaran bahan bakar yang diterima oleh *piston* ke poros engkol untuk diubah menjadi gerak rotasi pada poros engkol. Dengan demikian *connecting rod* menerima beban panas, beban gesekan, dan beban tekan dari ledakan pembakaran bahan bakar di ruang bakar.

Beban pada panas yang diterima oleh *connecting rod* berasal dari rambatan panas yang dihantarkan oleh torak. Panas yang berlebihan akan menyebabkan pemuaiian *connecting rod*, terutama pada bagian yang paling dekat *piston*. Oleh karena itu perlu adanya pendinginan pada bagian tersebut. Beban gesekan pada *connecting rod* terjadi pada bagian

yang berhubungan dengan *pin* atau poros dan terjadi saat mesin bekerja, sedangkan beban tekanan berasal dari tenaga pembakaran yang selanjutnya akan diteruskan ke poros engkol.

a. Beban pada *connecting rod*.

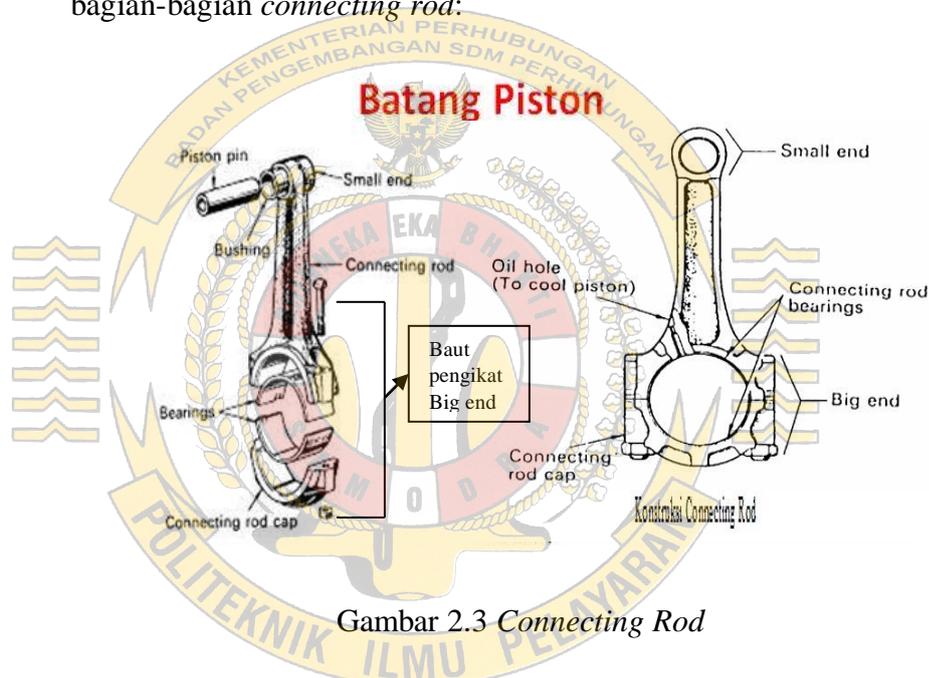
Beban pada *connecting rod* dibuat menggunakan proses *casting* atau *forging* dan menerima beban yang bervariasi, seperti:

- 1) Beban kompresi pada arah *longitudinal*. Kerusakan yang terjadi pada *connecting rod* disebabkan oleh *stress* yang dihasilkan dari beban kompresi yang besar dan terjadi pada saat pembakaran di ruang bakar.
- 2) Beban tarik yang lain, seperti perubahan kecepatan pada *piston*.
- 3) Beban banding pada lengan *connecting rod*, seperti pada saat pergerakan osilasi dari poros *pin small end* maupun *big end*.

Frekwensi dari peningkatan beban dengan cepat tergantung pada meningkatnya putaran dari mesin. Dalam banyak kasus, kegagalan dari mesin dikarenakan oleh rusaknya *connecting rod* dan kadang-kadang kerusakan terjadi pada lengan dari *connecting rod* maupun pada *small end* dan *big end*. Oleh karena itu, *connecting rod* harus dibuat seringan mungkin agar masa kelembapannya kecil dan tahan terhadap tekukan, tekanan maupun puntiran. Biasanya konstruksi *connecting rod* dibuat dengan profik "I", karena bentuk ini mempunyai kekuatan yang tinggi dan stabil serta bobotnya relatif kecil.

b. Bagian-bagian *connecting rod*

Connecting rod secara *eksplisit* memiliki bagian-bagian yang keseluruhannya memiliki fungsi yang saling berkaitan dan saling mendukung. Bagian-bagian dari *connecting rod* diantaranya adalah *rod small end*, *big end*, *connecting rod bearing*, *oil hole*, *rod nut*, *rod bearing insert*, *rod bushing*, *rod cap*, *rod bolt*. Berikut adalah gambar bagian-bagian *connecting rod*:



Gambar 2.3 *Connecting Rod*

1) *Small end*

Small end adalah bagian dari stang torak yang berupa ujung lingkaran yang berhubungan dengan torak. Antara torak dan *small end* dikaitkan dengan sebuah *pin* yang disebut *piston pin* atau pen torak. Pin torak dalam dudukannya dengan *small end* ditopang oleh *bushing* dan untuk mengunci pen torak supaya tidak bergeser sewaktu mesin bergerak, maka dipasanglah *snap ring* pada sisi samping dari rumah pen torak.

2) *Big end*

Menurut Maanen (1983), *Big end* merupakan bagian dari *connecting rod* bagian bawah atau bagian yang berhubungan dengan *crank pin*. Dalam konstruksinya, *big end* terbelah menjadi dua dan kedua belahan ini disatukan menggunakan baut pengikat.

3) *Connecting rod bearing*

Connecting rod bearing atau yang lebih sering disebut dengan sebutan *crankpin bearing* atau metal jalan merupakan dua buah lempengan *bearing* yang memiliki permukaan yang sangat halus dan terdiri dari beberapa lapis logam yang memiliki kekerasan yang berbeda. *Crankpin* atau metal jalan merupakan bagian yang sangat vital yang mendukung kinerja dari *connecting rod* karena bagian ini bersinggungan langsung dengan permukaan *crank pin*. Oleh karena itu, celah antara *bearing* ini dan *crank pin* selalu diperiksa secara berkala.

4) *Oil hole*

Oil hole berfungsi untuk menyalurkan minyak pelumas yang dipompakan oleh pompa oli motor diesel dari lubang oli pada *crank pin* masuk melalui *connecting rod* hingga ke *piston pin*. Fungsi aliran minyak pelumas ini adalah untuk mengurangi gesekan dan juga untuk menyerap panas yang merambat dari torak ke *connecting rod*.

5) *Rod nut*

Rod nut merupakan mur pengikat belahan *big end*. Baik mur maupun baut pengikat belahan *big end* mempunyai konstruksi yang kuat namun tetap memiliki elastisitas guna mempertahankan kekuatan apabila terjadi keausan yang berlebih sehingga dapat menimbulkan getaran pada *connecting rod*.

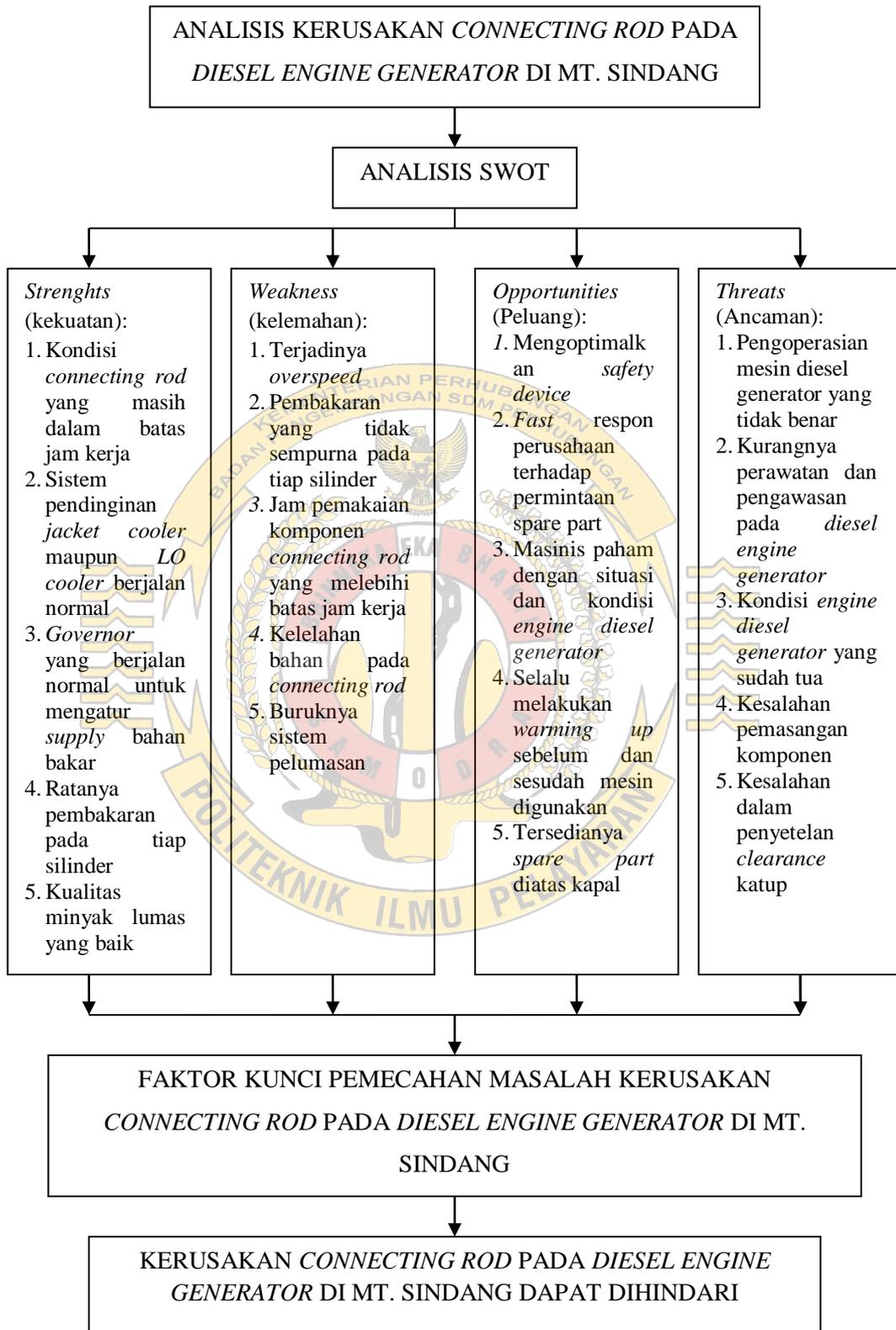
6) *Rod bearing insert*

Rod bearing insert merupakan bagian dari *connecting rod* yang berfungsi sebagai rumah bagi *conrod bearing* atau metal jalan. *Rod bearing insert* terletak pada *big end*.

7) *Rod bushing*

Rod bushing terletak di *small end* dan berupa selongsong logam paduan kuningan yang berfungsi sebagai *bearing* untuk menopang *piston pin*.

B. Kerangka Pikir



Gambar 2.4. Kerangka pikir

Kerangka pikir di atas menerangkan bahwa dalam suatu karya ilmiah harus dilengkapi dengan kerangka pikir yang menggambarkan faktor yang menjadikan sebab kenapa sering terjadi kerusakan dan faktor yang menunjang performa *connecting rod* pada *engine diesel generator* di MT. Sindang. Kerangka pikir menerangkan proses berfikir penulis untuk mencari cara menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini dan hasil yang didapat diharapkan dapat meningkatkan kerja *engine diesel generator* dikapal MT. Sindang.

C. DEFINISI OPERASIONAL

1. Radius : Jari-jari sebuah lingkaran yang menghubungkan titik pusat lingkaran dengan titik pada lingkaran tersebut.
2. *Overheating* : Suhu kerja mesin yang mencapai panas berlebih.
3. *Viskositas oil* : Nilai yang diukur dari daya hambatan aliran yang dialami suatu fluida pada suatu tekanan tertentu, biasanya sering disebut kekentalan..
4. *LO cooler* : Sistem pendingin yang digunakan untuk mendinginkan oli menggunakan media air laut sebagai pendingin.
5. *Jacket cooler* : Sistem untuk mendinginkan *silinder jacket* menggunakan media air tawar sebagai pendingin.
6. *Governor* : Alat pengontrol suplai bahan bakar agar putaran mesin selalu pada putaran yang diinginkan.
7. *Over speed* : Keadaan dimana putaran mesin mengalami peningkatan lebih dari batas normal.
8. *Running hours* : Waktu/jam kerja sebuah mesin.

9. RPM : Singkatan dari *Revolutions Per Minute* yaitu banyaknya putaran yang dilakukan dalam satu menit sebagai satuan ukur banyaknya putaran mesin dalam satu menit.
10. *Warming up* : Pemanasan yang merupakan tahap awal sebelum mesin dioperasikan.
11. *Clearance* katup: Penyetelan celah katup *intake* dan *exhaust* pada mesin.
12. *Manual book*. : Dokumen komunikasi teknis yang bertujuan memberikan bantuan untuk penggunaan suatu mesin yang berisi spesifikasi dan data mesin.
13. *Overhaul* : Suatu kegiatan pembongkaran mesin pada kendaraan, dan kemudian komponen mesin tersebut diperiksa dengan sangat teliti supaya didapat data-data yang sah, sehingga langkah perbaikan selanjutnya dapat tepat, serta masalah pada mesin tersebut teratasi.
14. *Logbook* : Sebuah data yang berisi catatan kegiatan dan mesin dikamar mesin.
15. Frekuensi : Karakteristik dari tegangan yg dihasilkan oleh generator
16. *Blackout* : Keadaan dimana hilangnya seluruh sumber tenaga pada suatu sistem tenaga listrik.
17. *Defleksi* : Pengukuran terhadap pipi engkol pada *crankshaft*.
18. Kalibrasi : Proses pengecekan dan pengaturan akurasi dengan membandingkan alat ukur dengan standar/tolak ukur.
19. *Safety device* : Sistem keamanan mesin yang digunakan untuk menjaga kondisi mesintetap aman dalam beroperasi.