

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. LANDASAN TEORI

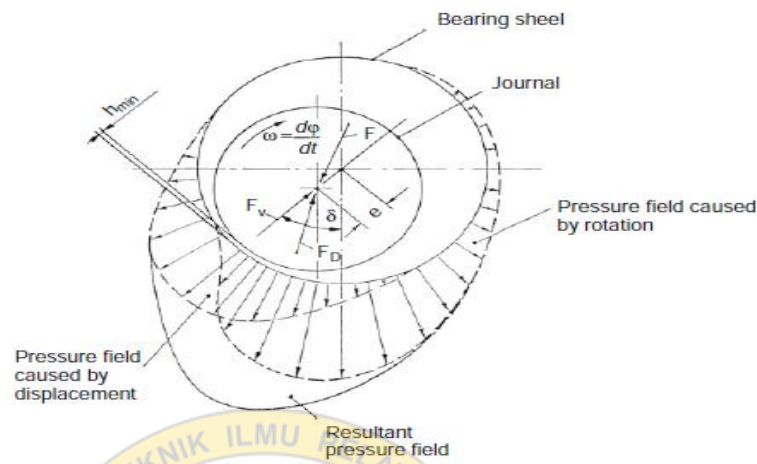
1. Tinjauan Teori

a. Pengertian Crankshaft

Teori-teori atau tinjauan pustaka ini sebagai sumber teori yang dijadikan dasar dari pada penelitian. Sumber tersebut memberikan kerangka atau dasar untuk mengetahui latar belakang dari timbulnya permasalahan secara sistematis. Landasan teori juga penting untuk mengkaji dari penelitian penelitian yang sudah ada mengenai pentingnya perawatan *crankshaft* Motor Induk dan teori yang menerangkan *crankshaft* Motor Induk sebagai salah satu komponen utama dari Motor Induk yang menunjang kerja dan performa Motor Induk tersebut. Oleh karena itu penulis akan menjelaskan tentang pengertian *crankshaft* Motor Induk.

Tenaga yang di hasilkan dari proses pembakaran pada combustion chambers menghasilkan tenaga mekanik, tenaga ini di hubungan dengan crankshaft oleh connecting rod yang kemudian di konferkan dari proses perpindahan bentuk tenaga dari tenaga mekanik yang bergerak secara vertikal menjadi tenaga putar oleh crankshaft, peristiwa ini bisa terjadi karena konstruksi dari crankshaft mesin induk dengan tingkat kemiringan poros dari crankshaft sehingga dari gerakan naik turun (*Vertical action*) menjadi gerakan putar. Yan Zong

lie (2014), dalam peristiwa ini penulis menyajikan ilustrasi dengan gambar dari konstruksi crankshaft



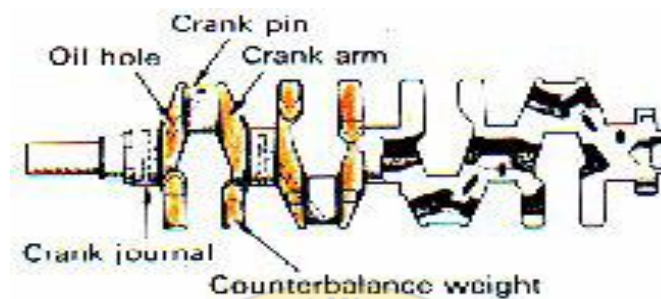
Gambar 2.1 *crankshaft construction*

1) Konstruksi

Menurut Parjo (2015), fungsi dan bagian-bagian dari poros engkol. untuk memperjelas silahkan perhatikan gambar di bawah ini :

- a) Crank pin (pena engkol) : bagian poros engkol yang akan dihubungkan dengan big end pada connecting rod, crank pin akan dipasang bantalan yang biasa disebut dengan metal jalan
- b) oil hole : merupakan lubang yang digunakan sebagai jalan oli untuk melumasi poros engkol.
- c) Crank journal dan main journal : bagian poros engkol yang dihubungkan dengan block silinder, main journal merupakan crank journal yang terletak di tengah. Crank journal terdapat bantalan yang disebut dengan bantal

- d) duduk (metal duduk), sementara pada main journal juga terdapat bantalan yang disebut dengan metal bulan.
- e) Crank journal ini ditopang oleh bantalan poros engkol (metal

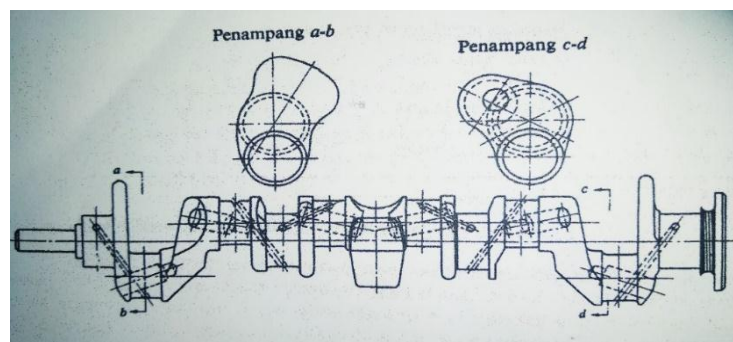


duduk) pada crankcase, dan poros engkol berputar pada jurnal

Gambar 2.1 Fungsi Crankshaft

Sumber: bisaotomotif.com

Menurut Wiranto Arismunandar (2002,115). Poros engkol di buat dari baja tempa ('dieforget steel'). Sungguh ideal jika bobot balans itu bagian integral dari poros engkol. namun, karena arah penampaanya adalah ortogonal terhadap sumbu poros engkol, maka pengerjaanya dalam pada arah tersebut boleh di katakan tidak mungkin. Misalnya, sulit untuk membuat bobots bals yang lebih lebar



dari pada konstruksi pada gambar dibawah

Gambar 2.2. Poros engkol dikerjakan dengan tempa

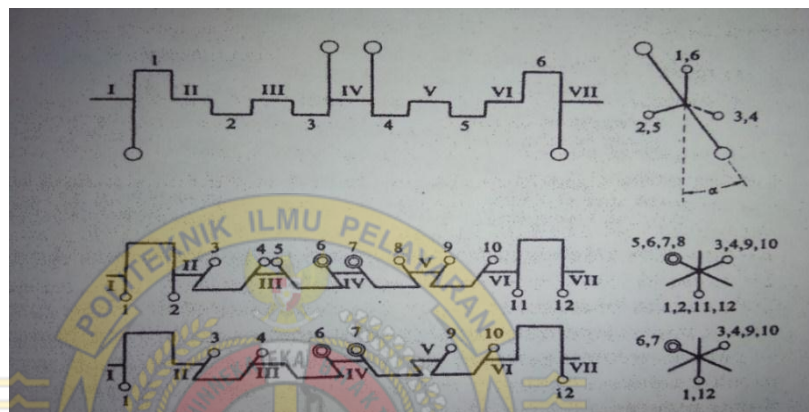
Poros engkol menerima beban yang besar dari batang torak dan berputar pada kecepatan yang tinggi. Oleh karena itu, harus dibuat dari bahan yang mampu menerima beban tersebut. Umumnya terbuat dari baja karbon tinggi. Beban yang bekerja pada poros engkol ialah beban puntir (*torsi*), beban lengkung (*bengkok*), beban *sentrifugal*

2) Keseimbangan poros engkol

Untuk motor satu silinder pada poros engkolnya (biasanya dihadapan pena engkol) ditempatkan bobot kontra sebagai penyeimbang putaran engkol sewaktu torak mendapat tekanan kerja. Tetapi motor yang bersilinder banyak, pena engkolnya dipasang saling mengimbangi.

Berat bobot kontra kira – kira sama dengan berat batang torak ditambah dengan berat engkol seluruhnya. Dengan demikian poros engkol itu dapat diseimbangkan ,sehingga dapat berputar lebih rata dan getaran – getaran engkol menjadi hilang. Dengan adanya bobot kontra ini menyebabkan tekanan pada bantalan menjadi berkurang dan merata (Wiranto Arismunandar, 2002: 114)

Skema poros engkol mesin empat langkah, bersilinder enam buah. Bantalan bantalan pangkal batang penggerak di pasang 1 sampai 6, sedangkan bantalan bantalan jurnal poros engkol di pasang I sampai VI (Wiranto Arismunandar, 2002: 114)



Gambar 2.3 Bobot balas untuk mengurangi beban bantalan.

(Wiranto Arismunandar, 2002: 114)

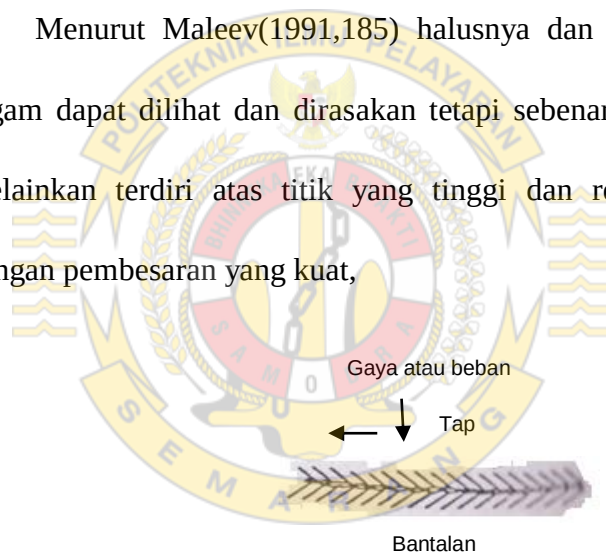
b. Pengertian Kualitas Minyak Lumas

Mesin dirancang dari segi efisiensi panas dan kekuatan, dan bagaimanapun baiknya pembuatan dari segi bahan dan pengerjaannya, kalau pelumasan dari semua bagian yang tidak bergerak dan diperhatikan dengan baik, maka mesin akan tidak berjalan dengan sama sekali atau menunjukkan keausan berat dan memiliki umur pendek (Maleev, 1991 : 207)

Sedangkan menurut Maleev (1991, 185). Pelumasan dapat dicapai satu atau lebih tujuan sebagai berikut, mengurangi keausan

permukaan bantalan dengan menurunkan gesekan diantaranya, membandingkan permukaan bantalan dengan membawa pergi panas yang dibangkitkan oleh gesekan, membersihkan permukaan dengan mencuci bersih butiran logam yang dihasilkan dari keausan, membentuk dalam menyekat ruangan yang berdampingan dengan permukaan bantalan misalnya dengan silinder mesih dengan toraknya atau ruang karter dengan poros engkol yang bergetar.

Menurut Maleev(1991,185) halusnya dan tepatnya permukaan logam dapat dilihat dan dirasakan tetapi sebenarnya tidak rata maka melainkan terdiri atas titik yang tinggi dan rendah; kalau dilihat dengan pembesaran yang kuat,

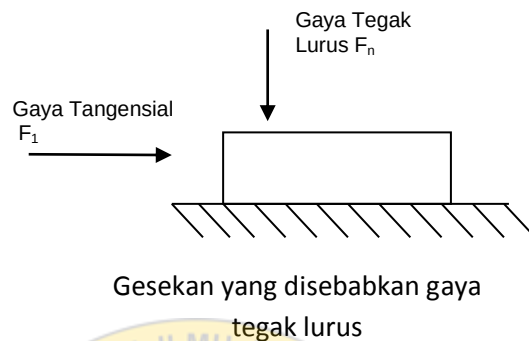


Permukaan yang bersinggungan

Gambar: 2.4 Permukaan yang bersinggungan (Maleev,1991:185)

Kalau satu permukaan meluncur di atas permukaan yang lain dan suatu gaya menekannya terhadap permukaan lain tersebut, maka yang tinggi pada kedua permukaan akan saling mengunci dan menghambat gerak relative. Maka permukaan yang keras akan melepaskan sebagian titik yang tinggi dari permukaan yang lunak tetapi pada saat yang sama dapat kehilangan dari sebagian titik tingginya sendiri. Hambatan untuk

meluncur ini disebut gesekan (*friction*); pelepas titik yang tinggi mengakibatkan aus (*wear*). Kalau sebuah beban atau gaya F_n (Gambar



2-4) yang tegak lurus pada arah gerakan menekan benda yang bergerak pada benda yang lain, maka suatu gaya F_t harus dikenakan dalam arah gerakan untuk mengatasi gesekan yang dihasilkan dari gaya F_n . Dengan angka, maka gesekan diukur dengan angka gesekan (*coefficient of friction*), yang disebut F dan dinyatakan sebagai pertandingan dari gaya tangensial F_t terhadap gaya tegak lurus F_n (Maleev,1995:185)

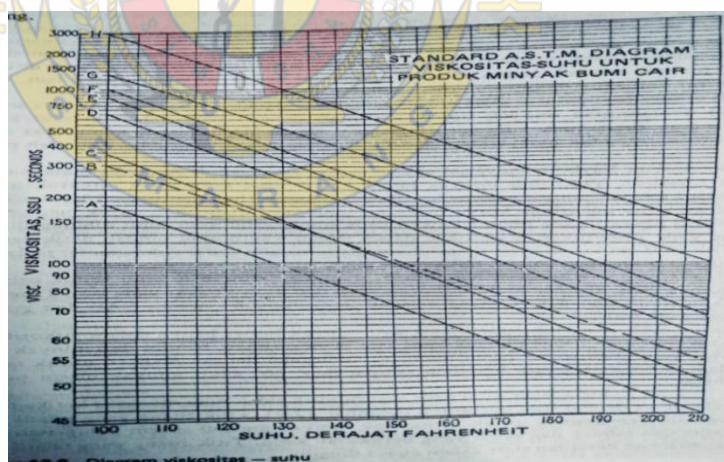
Gambar 2.5. Gesekan yang di sebabkan oleh tegak lurus

(Maleev,1995:185)

1) Sifat Kualiatas Minyak Lumas.

Menurut Maleev (1991,191) sifat minyak lumas, baik fisik maupun kimia , di tentukan dengan pengujian yang sama dengan yang di gunakan untuk menguji minyak bahan bakar .

pembahasannya akan di larutkan kira-kira menurut pentingnya *viscositas*. sifat yang paling penting ini ,kefluidaan relative dari minyak tertentu. Jadi merupakan merupakan ukuran dari gesekan fluida, atau tahanannya , yang akan di berikan oleh molekul atau partikel oleh minyak satu yang lain kalau badan utama dari minyak sedang bergerak.misalnya dalam system peredaran. Makin berat , atau makin malas gerakanya, berarti *viscositas* minyak lebih tinggi .kalau kefluidaan relative berkurang, maka normalnya gesekan antar molekul atau gesekan dalam juga akan berkurang,



Gambar 2.6. Diagram viskositas (Maleev,1991:191)

Menurut Maleev(1991:192).hubungan antara viskositas dan suhu untuk beberapa minyak lumas yang di gunakan dalam mesin diesel dan motor bakar yang lian , Pada table memberikan

tambahan data tentang delapan jenis minyak: nomor SAE dan gravitasi spesifikasi pada 15,5 °C

Table 2.1

Nama	Spesifikasi minyak	no. SAE	Grafitasi spesifikasi pada 60 F
1	Minyak mobil, ringan	10	0,8894
2	minyak mobil sepanjang tahun (all year)	20	0,9036
3	minyak mobil menengah	20	0,9254
4	minyak diesel menengah	30	0,9275
5	minyak mobil berat	40	0,9285
6	minyak pesawat terbang, 100	40	0,8927
7	minyak transmisi, stock jernih(bright) minyak silinder diesel	110	0,9328

karateristik minyak lumas

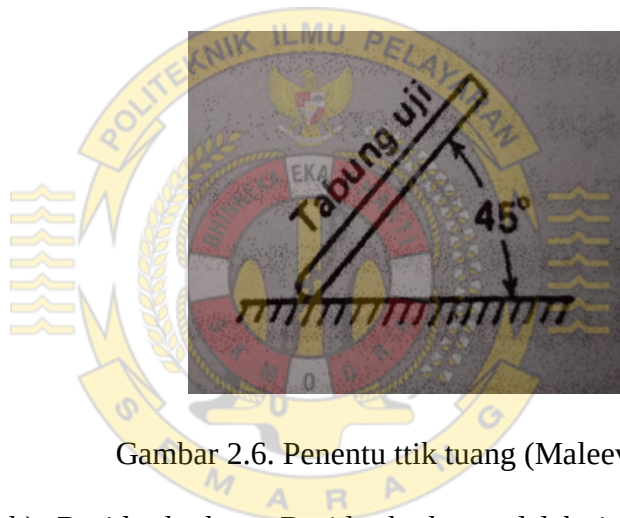
Menurut Maleev(1992:192) nomer SEA menyusun klasifikasi dari minyak lumas hanya dalam viscositasnya saja. Factor mutu atau sifat minyak yang lain tidak di tinjau. Nomer dari minyak lumas jenis karter

Yang di gunakan dalam mesin diesel di mulai dengan SAE 10 untuk minyak ringan dan meningkat secara bertahap sampai SAE 70, yaitu minyak pesawat terbang berat.

a) Titik tuang adalah suhu pada saat minyak tidak mau mengalir ketika tabung uji di letakkan 45 derajat dari horizontal

(Gambar 2.6). Titik tuang yang relatif tinggi mempengaruhi kemampuan memompa minyak melalui system pelumasan mesin dengan sejumlah tabung dan orifis yang berkurang kecil. Titik tuang yang relative tinggi juga menyebabkan kesulitan start dalam cuaca dingin (Maleev,1992:192).

Uji tuang dari minyak pelumas disel adalah penting bilamana mesin harus dioperasikan dingin dan berjalan secara berselang-seling (Maleev,1992:193).



Gambar 2.6. Penentu titik tuang (Maleev,1992:193)

- b) Residu karbon. Residu karbon adalah jumlah karbon yang tertinggal setelah zat yang menguap telah diuapkan dan terbakar dengan pemanasan minyak ini akan menunjukkan jumlah karbon yang dapat diendapkan dalam mesin yang akan mengganggu operasi (Maleev,1992:193).

Residu karbon yang terlalu banyak, yang ditentukan dengan mengunci suatu minyak, biasa akan menunjukkan kecenderungan untuk mendapatkan karbon disekeliling cincin, pada dudukan katub, atau kepala torak dan ruang bakar.

Pembentukan karbon dalam mesin disel, kompresor udara, atau setiap pelayanan suhu tinggi yang lain adalah hasil dari perubahan kimia. Rata-rata pelumas minyak bumi mengandung 83-87 persen berat karbon dari 11 – 15 % hidrogen dan sejumlah kecil elemen lain, misalnya belerang atau oksigen(Maleev,1991:193).

- c) Titik nyala adalah suhu pada saat uap minyak di atas minyak akan menyala saat dikenakan api kecil. Titik nyala dari minyak lumas ditentukan dengan yang dikenakan untuk kinyak bahan bakar. Titik nyala dari berbagai minyak lumas disel bervariasi dari 340 sampai 430 F (Maleev,1991:194).
- d) Air dan Endapan. Minyak diuji dengan pemusingan dan harus bebas dari air dan endapan. Tentu saja tidak boleh ada kotoran dalam penyediaan minyak (Maleev,1991:195).
- e) Lumas. Meskipun demikian, sebagian besar dari wadah minyak terbuka pada instalasi diesel yang ada, tetap dalam keadaan terbuka. Dalam kasus ini, kotoran akan terikat dan masuk ke dalam minyak kemudian tinggal di dalam saluran minyak, menghentikan aliran kepada bantalan yang penting; kotoran ini dapat juga bekerja sebagai amplas (Maleev,1991:195).
- f) Keasaman. Minyak lumas harus menunjukkan reaksi netral kalau diuji dengan kertas litmus. Minyak asam cenderung mengkorosi atau melubangi bagian mesin dan membentuk

emulsi dengan air serta membentuk lumpur dan karbon. Dalam penggunaan semuanya minyak cenderung menjadi asam melalui oksidasi (Maleev,1991:195).

g) Emulsi. Campuran minyak dengan air yang tidak terpisah menjadi komponen, yaitu minyak dan air disebut suatu emulsi. Minyak lumas tidak boleh membentuk emulsi dengan air. Kalau dikocok dengan air harus segera terpisah. Kemampuan untuk memisah ini terutama penting setelah minyak digunakan beberapa waktu. Kalau gas buang, yang selalu mengandung uap air masuk ke dalam karter karena kebocoran, maka uap air mengembun dan bercampur dengan minyak dalam karter(Maleev,1991:195).

h) Oksidasi. Minyak tidak boleh memiliki kecenderungan yang kuat untuk teroksidasi, karena oksidasi menyebabkan pembentukan lumpur. Oksidasi dan pembentukan lumpur dalam karter atau dimana saja dalam sistem pelumasan mesin disel tidak dikehendaki karena kemungkinannya untuk mengganggu aliran minyak dan melemahkan pelumasan dalam bagian yang ada penumpukan lumpur. Semua minyak bumi mempunyai kecenderungan tertentu untuk teroksidasi kalau ada oksigen, yang terdapat sebanyak 20 % dalam atmosfer (Maleev,1991:195).

- i) Abu (Ash). Abu dalam minyak adalah ukuran benda asing yang dapat menyebabkan pengikisan atau kemacetan dari bagian bergerak yang bersinggungan (Maleev,1991:196).
- j) Belerang. Belerang bebas atau campuran korosif dari belerang tidak diperbolehkan dalam minyak lumas, karena mereka mempunyai kecenderungan untuk membentuk asam dengan uap air(Maleev,1991:196).
- k) Warna. Warna minyak lumas tidak ada hubungan dengan mutu pelumasannya (Maleev,1991:197).
- l) Gravitasi. Meskipun pada umumnya minyak yang viskovitasnya tinggi, maka gravitasinya juga tinggi, tetapi tidak ada hubungan tertentu kedua karakteristik minyak ini, seperti dapat dilihat pada table 12-1. Gravitasi suatu minyak tidak ada hubungan dengan mutu pelumasannya (Maleev,1991:197).

2) Minyak Bahan Tambahan (Additive Oil)

Salah satu gangguan utama yang dihadapi dengan mesin keluaran tinggi adalah pelekatan dari cincin torak yang selanjutnya menyebabkan sejumlah gangguan yang lain, misalnya menurunnya daya, gas buang berasap, pencemaran minyak lumas, dalam mencoba mengatasi gangguan ini, kilang minyak menemukan bahwa zat kimia tertentu yang ditambahkan pada minyak, yang disebut bahan tambahan atau *Additive Oil* akan meningkatkan

tahanan oksidasi dan bahwa bahan tambahan yang lain sangat membantu dalam menjaga cincin torak agar tidak lengket, bertugas untuk membersihkan atau mencucinya. Sehubungan dengan itu, perlu dicatat bahwa minyak detergen tidak boleh digunakan dalam perminyakan hantaran tampak atau (*sight-feed oiler*) yang mempunyai campuran air gliserin untuk menghantarkan minyak. Campuran air gliserin bereaksi dengan beberapa detergen dan dapat mengabutkan kaca dan membentuk gumpalan karet dalam pemipaan *Dow Corning Fluid* 200 dianjurkan dalam kasus ini untuk menggantikan campuran air gliserin (Maleev,1991:197)

Gemuk lumas adalah emulsi atau campuran erat dari minyak lumas dengan sabun. Pada mesin disel maka gemuk biasanya hanya digunakan dalam dua tempat – untuk poros dari beberapa pompa air sentrifugal dan pada sebelah dalam dari beberapa roda gigi pembalik dalam mesin kapal. Gemuk pompa harus mengandung sabun yang tidak mau larut dalam air. Gemuk roda gigi pembalik harus tahan suhu tinggi yang ditimbulkan oleh gesekan dalam gigi. Gemuk ini dapat mengandung grafit, yang mempunyai kemampuan menurunkan koefisien gesekan (Maleev,1991:197)

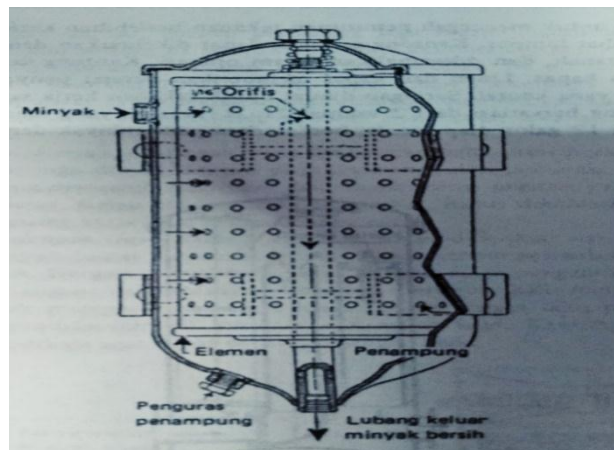
Dua keadaan yang paling penting untuk pelumasan yang baik dari mesin disel adalah pemberian minyak dalam jumlah yang cukup dan penggunaan minyak yang bersih. Karena minyak lumas

terus-menerus dicemari selama mesin berjalan, maka harus disediakan alat pembersih minyak untuk mencegahnya dari pencemaran sampai batas tertentu.

Aparat yang paling luas digunakan untuk pembersih disebut saringan dan tapisan. Secara umum tapisan dikenali sebagai pencegah agar minyak bebas dari benda seperti potongan kain dan mur serta untuk membebaskannya dari butiran kasar seperti karbon atau kerak. Tetapi, pada mesin disel terdapat beberapa tapisan yang digunakan dengan ayakan sangat halus atau celah yang menangkap partikel sekecil 0,005 sampai 0,006 in. Maka dalam praktik, beberapa tapisan sering disebut sebagai saringan. (Maleev,1991:198).

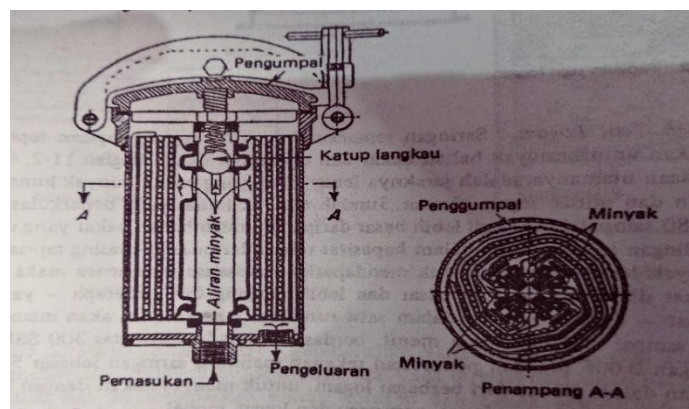
Saringan minyak. Terdapat sejumlah besar dari berbagai saringan minyak yang digunakan dan hanya sedikit yang akan dibahas secara singkat(Maleev,1991:198).

- 3) Saringan dengan Elemen. Sebuah saringan dengan elemen saringan mampu ganti (*replaceable*) adalah sama dengan saringan yang digunakan dalam mesin mobil. Minyak dimasukkan ke dalam cangkang saringan melalui dekat puncak , atau kadang-kadang lebih dekat ke alas dan memasuki elemen saringan melalui sejumlah besar lubang kecil pada permukaan silindernya.



Gambar 2.7. Saringan minyak lumas kecil (Maleev,1991)

- a) Saringan Tekanan (Pressure Filter) menunjukkan saringan tekanan yang menggunakan kain atau tenunan sebagai medium penyaring. Elemen penyaring terdiri atas empat kantong tenunan, dengan pemisah logam sambungan lentur di antaranya, dan seluruhnya digulung dan disisipkan ke dalam wadah silindris. Minyak dimasukkan ke tengah alas dengan tekanan pompa, mengalir sepanjang jalur yang ditunjukkan oleh panah, dan keluar lagi dari asalnya (Maleev,1991:198).



Gambar 2.8. Saringan jenis tenunan (Maleev,1991:198)

b) Saringan tepi kertas. Saringan yang didasarkan pada prinsip yang sama seperti saringan tepi logam juga dibuat dengan piringan kertas dan penjarak. Mereka dikenal dengan nama dagang penjernih (clarifier) dan memberikan prestasi yang baik. Tetapi ukurannya lebih besar. Kalau elemen telah tersumbat, harus dikelurkan diganti dengan tumpukan piring kertas dan penjarak yang baru (Maleev,1991:200).

c) Penyaring dengan Gaya Berat (Gravity). Kalau diberikan waktu cukup, maka kotoran dalam minyak lumas akan mengendap lepas, karena perbedaan dalam density kotoran dan minyak. Dengan memelihara panas minyak maka pengendapan akan dipercepat oleh pengurangan viskositasnya. Biasanya pertama kali minyak dilewatkan kantong kain untuk melepaskan partikel kasar. Dalam disain lain, pengendapan didahulukan dan kemudian minyak dilewatkan kantong lain. Kantong lain ini harus dibersihkan secara berkala agar dapat (Maleev,1991:201).

c. Pengertian bearing

Bearing merupakan salah satu komponen mesin diesel yang terdiri dari satu lapisan padat material dengan komposisi ketebalan tertentu sebagai bantalan poros guna mempersempit gaya gesek yang diberikan pada dua lapisan material yang saling bersinggungan (*metal to metal contact*) (Mollenhauer,2010:206). dalam hal ini fungsi bearing di dukung dengan lapisan material yang memiliki tingkat ketebalan dan tingkat kepadatan tertentu, hal ini akan berdampak pada beban yang akan di berikan pada lapisan lapisan bearing tersebut.

Pada mesin diesel (Diesel engine) yang, pemasangan bearing memiliki peran yang sangat vital, *plain bearing* menjadi sebuah pilihan yang sangat mendukung terhadap kerja dari *crankshaft* pada Diesel engine, hal yang medasari yaitu:

- 1) Kemampuan dari *bearing* untuk menyerap guncangan beban (*shock loads*) yang disebabkan beban kerja yang di serap melalui lapisan minyak lumas yang terbentuk antara *bearing* dan bagian shaft yang merupakan beban tertinggi yang di terima oleh bearing dan dumping element
- 2) Menngurangi gesekan yang terjadi antara *crankshaft* dan *connecting rod*
- 3) Mempermudah gerak putar dari perubahan tenaga yang di salurkan secara vertikan dari *connecting rod* kepada *crankshaft*

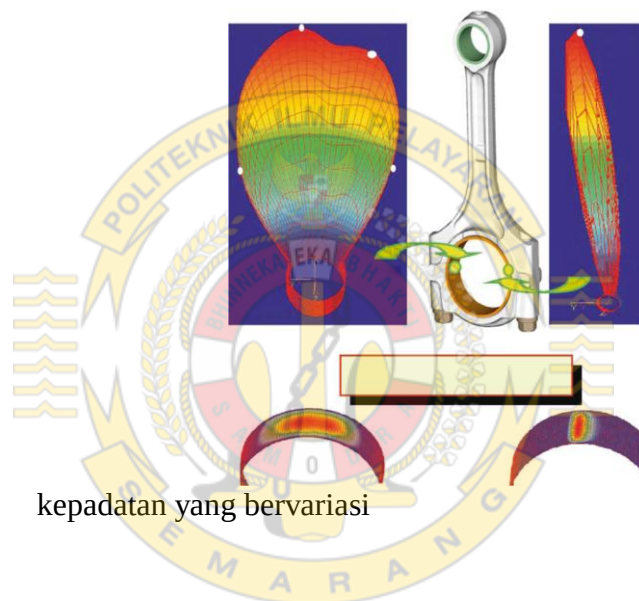
yang kemudian di rubah menjadi tenaga putar yang kemudian di salurkan untuk memutar shaft

- 4) Menghemat biaya operasional dari kemungkinan terjadinya aus pada *Crankshaft*
- 5) Menyalurkan beban secara merata pada setiap lapisan dan mencegah keretakan material shaft

Dalam aplikasi kerja pada mesin diesel di harapkan bearing dapat memberikan gaya luncur dengan percepatan semaksimal mungkin dalam usaha memperoleh gerak putar dengan gaya seminimal mungkin. . (Mollenhauer,2010:206). Proses ini juga harus didukung dengan pelumasan yang di berikan *bearing* pada saat bekerja, kualitas minyak lumas, suhu minyak lumas dan komponen komponen pendukung lain juga harus menjadi perhatian dalam upaya memaksimalkan kerja *bearing*, meskipun begitu, meningkatnya beban operasional dapat mempersingkat umur dari jam kerja (*working Hours*) dari bearing itu sendiri, hal lain yang harus di perhatikan yaitu Material penyusun *bearing* (Bearing Material), Penurunan lapisan *Bearing*, *Low deformation* dari *bearing*, Kualitas minyak lumas dan Teknologi penyaringan (*Filter Technology*), Sirkulasi dari minyak lumas dan, Tingkat ketepatan dan presisi pemasangan selama pemasangan.

- 4) konstruksi *Bearing*

Plain bearing untuk mesin diesel dewasa ini hampir keseluruhan terbuat dari *composite materials*, lapisan material metal penunjang dari *bearing* terdiri dari lapisan dengan konstruksi berlapis/bertingkat dengan tingkat kepadatan tertentu pada tiap-tiap lapisan yang berbeda dengan proses pembuatan yang berlanjut pada tiap tiap material pada dengan spesifikasi



Gambar 2,9 Structure lapisan penyusun bearing dengan ilustrasi warna

5) Persyaratan material penyusun bearing

Mengacu pada tingkat operasional dengan memperhatikan operational material dari gaya gesek yang timbul antara *bearing* dengan shaft dan *bearing* dengan *connecting rod* maka material penyusun dari bearing merupakan perangkat yang sangat penting dalam menentukan kualitas bearing, menurut ISO 4378/1 mendefinisikan bahwa kecocokan material dan faktor

pendukung lain di syaratkan untuk mendukung kinerja dari plain bearing yaitu:

- a) *Adaptability* (kemampuan adaptasi dari bearing dalam beradaptasi terhadap beban yang di berikan dan berhubungan dengan geometric yang tidak merata)
 - b) *Embeddability* (kemampuan untuk merekatkan/menamkan diri terhadap minyak lumas yang di gunakan pada material)
 - c) *Running ability* (kemampuan kerja dari material/reaksi yang di terima material selama beroperasi)
 - d) *Wear resistance* (tidak mudah terkikis)
 - e) *Emergency running ability* (perawatan diri dari material penyusun bearing ketika bekerja pada pelumasan yang kurang)
 - f) *Fatigue resistance* (kemampuan untuk mencegah dari kelelahan material)
- 6) Analisis kegagalan premature bearing.

Seperti yang di ketahui bahwa setiap bagian dari diesel engine memiliki daya kerja dan masa kerja sesuai dengan yang di cantumkan dalam manual book, hal ini meninjau pada jenis material yang di apaki dalam pembuatan crankshaft dan penyusunan crankshaft itu sendiri, tiap bagian dari di harapkan dapat bekerja sedengan penggambaran (*espectation*) yang di harapkan, namun dalam hal lain juga perlu di perhatikan seperti

persentasi kejadian yang menyebabkan kegagalan premature (*Premature Failure*) pada bearing, yaitu:

- a) Kotornya bearing, dengan *Premature Failure* pada bearing sebesar 45,4%
- b) Kesalahan pemasangan (*misassemble*), dengan *Premature Failure* pada bearing sebesar 12.8%
- c) Kesalahan susunan (*misalignment*), dengan *Premature Failure* pada bearing sebesar 12.6%
- d) Kurang maksimalnya pelumasan (*insufficient lubrication*) dengan *Premature Failure* pada bearing sebesar 11.4%
- e) *Overload* dengan *Premature Failure* pada bearing sebesar 8.1%
- f) *Corrosion*, dengan *Premature Failure* pada bearing sebesar 3,7% dan faktor lain dengan *Premature Failure* pada bearing sebesar 3.4%

2. Tinjauan Penelitian

a. Investigasi kegagalan *Crankshaft Diesel Engine*

Selama Mesin Induk beroperasi, pengamatan secara visual dilakukan pada bagian-bagian dari *crankshaft* Mesin Induk yang di indikasi mengalami kerusakan, dalam pengujian visual ditemukan bagian yang rusak yang ditunjukkan oleh *cratch mark* (tanda goresan yang dapat di lihat secara visual oleh mata) dan juga *fatigue marks*

(tanda bahan mengalami kelelahan) pada bagian *crankshaft* yang mengalami retakan. Selanjutnya hasil ini diperkuat dengan melakukan investigasi menggunakan alat yang disebut dengan *Scanning Electron Microscope* (alat yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan mikro pada bahan logam) dan diindikasikan bahwa di terdapat *micro-cracks* (retakan mikroskopik) di daerah yang telah dilakukan *scanning*.

Langkah pengamatan investigasi selanjutnya yaitu dengan mengidentifikasi keretakan yang terjadi pada daerah yang telah diketahui adanya keretakan dan di tandai, langkah ini dilakukan untuk mengetahui alasan dari timbulnya keretakan atau di kenal dengan *premature crankshaft damage* (kerusakan premature pada crankshaft), hasil dari investigasi juga menyebutkan bahwa beban yang diterima oleh *crankpin bearing* dengan *connecting rod* tidak merata dan terjadi kurang presisi pada keduanya component mesin induk ini, hal ini merupakan alasan kenapa terjadinya getaran yang timbul pada mesin induk, kebisingan yang terjadi dan temperature minyak lumas mesin induk yang naik dengan kenaikan yang signifikan. Berdasarkan pada temuan dari investigasi yang dilakukan, hal ini dapat menjadi alasan penyebab terjadinya konsumsi minyak lumas yang berlebih pada mesin induk, meningkatnya suhu minyak lumas pada mesin induk, dan getaran yang di timbulkan dari mesin induk ketika beroperasi (Zaleski,2017)

- b. Pengaruh lapisan minyak lumas (*oil film*) pada *crankshaft bearing* mesin induk.

Lebar dari deformasi *crankshaft* akan berdampak pada tingkat ketebalan lapisan minyak (*oil film*), gesekan yang terjadi antara *crankshaft bearing* dengan *crankshaft* terjadi secara berkelanjutan ketika mesin induk dalam keadaan beroperasi, ketebalan dari lapisan minyak lumas ini yang akan menentukan optimalnya pelumasan yang terjadi pada bidang yang bergesekan antara *crankshaft bearing* dengan *crankshaft*, selanjutnya juga akan berpengaruh terhadap keseimbangan putaran (*rotation balance*) pada *crankshaft bearing* dengan *crankshaft*. hasil dari penghitungan yang diberikan berdasarkan ketebalan dari lapisan minyak yang menempel pada permukaan *bearing* berdampak pula pada optimalnya putaran ketika bekerja pada kecepatan putaran yang bervariasi, temuan lain juga menunjukkan bahwa 80% dari lapisan minyak yang menempel pada *bearing* juga mengoptimalkann keseimbangan dinamis (*dynamic balance*) serta mengurangi transfer gaya pada *crankshaft* dan mengurangi gesekan pada *jurnal bearings* (Haifeng, 2014)

- c. Analisa kebisingan, getaran dan kekerasan mesin dengan perbedaan model antara cranksahaft dan bearings

Ketepatan atau tingkat presisi pada model mesin diesel sangat penting untuk memprediksikan kebisingan, getaran dan kekerasan (NVH) serta ketahanan pada pembakaran mesin induk, hubungan

antara *crankshaft* dan crankshaft bearing sangat sulit untuk di atur tingkat ketepatan di karenakan hubungan yang kompleks antara keduanya dan karakteristik dynamic dari keduanya. Pelumasan elastro- hydrodinamik model dengan teori cavitasi digunakan untuk mengaalisa tingkat kebisingan pada mesin induk yang di sebabkan oleh tingkat presisi yang tidak sempurna antara keduanya. Hasil dari teori ini menunjukan bahwa getaran, kebisingan, dan perkiraan terjadinya stress dapat di sebabkan oleh ketersediaan dari lapisan minyak lumas serta tingkat distribusi minyak lumas dalam melawati celah yang terbentuk antar keduanya, tingkat velocitas minyak lumas dan viscositas minyak lumas pada permukaan bidang keduanya, pembagian beban yang tidak merata dan terdapatnya clearance gap di antara keduanya. Optimaliasasi presisi yang tinggi dapat mengurangi dampak yang akan di timbulkan dari terjadinya NVH, struktur dari mesin induk, dan kemampuan desain mesin induk (Zhenpeng, 2015)

- d. Percobaan simulasi dan uji coba kelelahan untuk mengetahui jangka watu pemakaian *bearing*

Sambungan buatan berkembang pesat dan dapat beroperasi dengan baik, namun tetap memiliki jangka waktu pemakaian sambungan, dengan maksud untuk meningkatkan masa kerja yaitu

dengan meningkatkan pelumasan pada sambungan dengan menambah lapisan minyak lumas pada permukaan sambungan, selama percobaan di lakukan, penambahan lapisan minyak lumas berpengaruh terhadap masa kerja dan kemampuan sambungan menjadi lebih baik, uji gesekan juga di lakukan pada saat lapisan di beri beban, uji coba tekanan static bersamaan dengan uji coba gesekan menyebutkan bahwa radial clearance yang kecil sama halnya seperti dengan mencengkram antara lapisan kepala dan cover penutupnya, dari percobaan yang dilakukan, bearing pada ketebalan 2 mm bekerja lebih baik dari pada bearing dengan ketebalan 3mm, ini di karenakan tingkat kerapatan yang presisi antar keduanya, sehingga pembagian beban menjadi lebih merata, lapisan minyak di antara keduanya lebih efektif, dan memiliki tingkat kestabilan yang lebih baik, selain itu pemilihan material sangatlah penting dalam menentukan effectivitas kerja bearing (E Jones, 2008)

e. Model konstruksi sederhana crankshaft

Mengacu pada model konstruksi yang sederhana dari crankshaft sendiri juga tidak lepas dari peran pelumasan dan bantalan (*bearing*) pada pertemuan antara *connecting rod* dan

crankshaft. Bantalan (*Bearing*) berfungsi sebagai sisi bersinggungan (*sliding side*) dari pertemuan antara *connecting rod* dan *crankshaft* sehingga resiko terjadinya abrasi dari kedua sisi ini dapat di tanggulangi, dalam peristiwa ini gaya gesek antara keduanya dapat di perkecil sehingga daya luncuran dari kedua sisi yang bergesekan dapat bergerak dengan leluasa dengan energi penggerak seminimal mungkin. Hal ini merupakan langkah tepat dalam mengoptimalkan kinerja *crankshaft*. (Mollenhauer,2010:261) Mengacu pada tingkat operasional dengan memperhatikan operational material dari gaya gesek yang timbul antara *bearing* dengan shaft dan *bearing* dengan *connecting rod* maka material penyusun dari bearing agar dapat bekerja sesuai dengan espektasi oprasional yaitu; *Adaptability* ;*Embeddability* ;*Running ability* ;*Wear resistance* ;*Fatigue resitance*. (Mollenhauer,2010:261)

Berdasarkan pada sifat sifat bearing yang di harapkan, maka konstruksi dari bearing juga harus memperhatikan meterial penyusunannya juga, pemilihan bahan baku pembuatan yang memiliki sifat diatas perlu di perhatikan sifat-sifat bahan.penyusun. ini mendasari pada penentuan beban kerja yang nantinya akan di

berikan pada saat bearing beroperasi dan juga waktu kerja bearing (*Working Hours*) dan penentuan PMS (*Planning maintenance System*). Pada system kerjanya, crankshaft berjalan dengan satu dimensi element material terbatas pada metode element penyusunnya. Bearing teori pendek yang bekerja mendukung pada terbentuknya lapisan minyak di antara bagian yang bergesekan, sedangkan bagian dari bearing yang lain bekerja sebagai penahan bending moment dan beban kerja yang diberikan, *elastic bending moment* terbentuk pada crankshaft. Bearing mendapatkan beban kerja, seketika itu lapisan *elastic bending moment* yang terbentuk dari lapisan minyak mendapatkan tekanan, sehingga penyebaran (*distribution*) minyak lubas dapat merata dan percepatan gerak dari crankshaft berkurang sehingga gaya gesak di dapat menjadi sangat kecil. (Hatori and Kawashima, 1990)

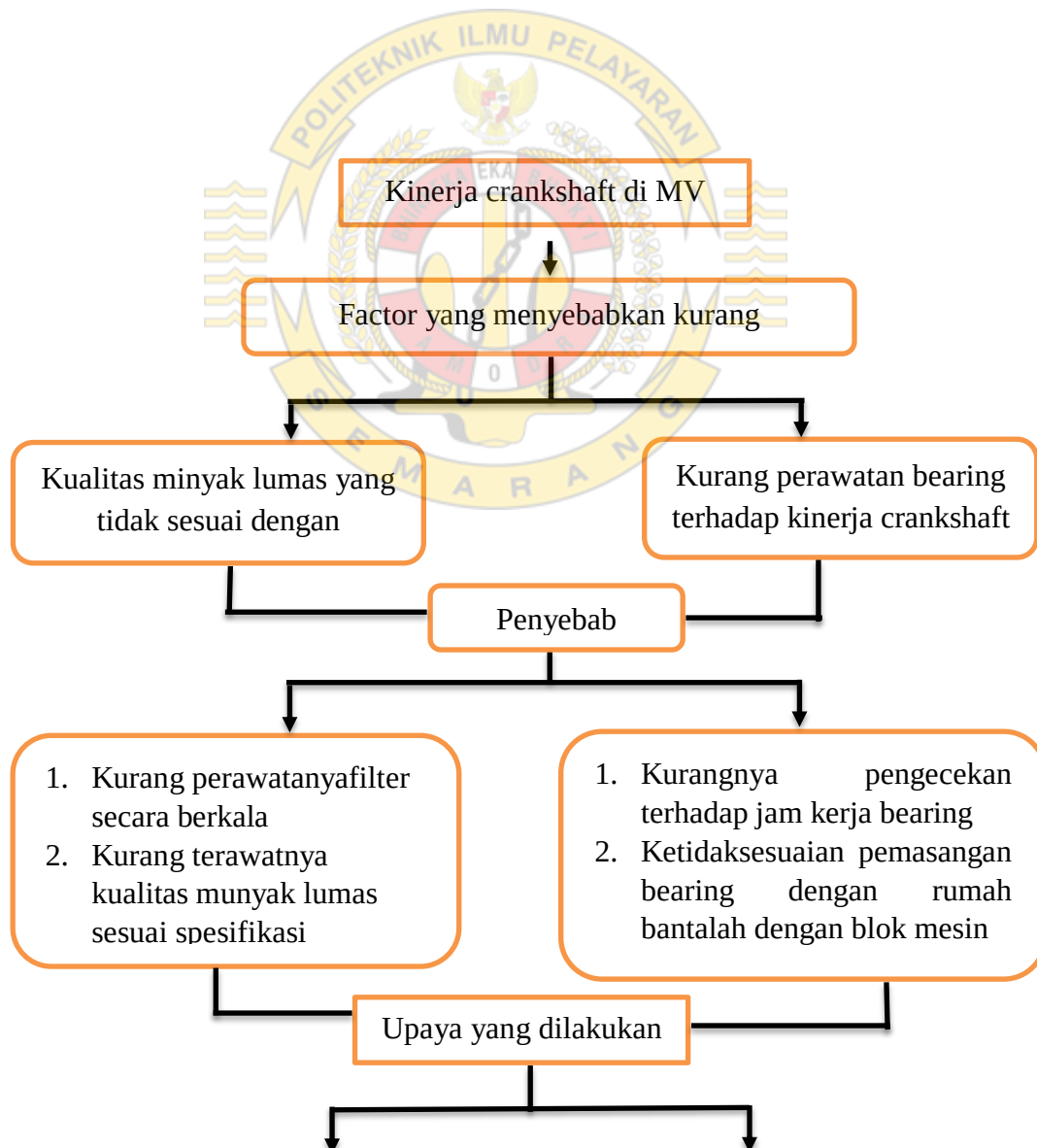
kerusakan bearing banyak di temukan bahwa hubungan dari kualitas minyak lubas berpengaruh masa kerja bearing dan kerusakan yang dialami oleh bearing tersebut, kerusakan yang dialami mayoritas yaitu abrasi dari bearing, ausnya bearing dan crack yang timbul dari bearing, study kasus menemukan bahwa abrasi

yang timbul berasal dari minyak lumas yang membawa partikel kotor, abrasive partikel seperti serpihan metal yang terkandung di dalam minyak lumas, kandungan partikel ini berdampak pada goresan (*scratch*) yang timbul pada lapisan bearing, *scracht* ini yang nantinya akan bersinggungan dengan junal bearing menyebabkan bertambahnya gaya gesek dari bering karena terdapat spot penghalang dari bearing untuk berputar, apabila pelumasan yang di berikan kurang sempurna, secara berkelanjutan maka bearing menjadi aus dan mengakibatkan besarnya *grinding force* (gaya yang bekerja pada lapisan yang kasar) menjadi besar, ini akan berpengaruh pada lapisan bearing terluar dan menyebabkan lapisan luar akan terkikis, putaran dari crankshaft dan bearing dan beban kerja yang di terima bearing akan mempercepat abrasi pada bearing. Dampak lain yaitu hilangnya lapisan luar bearing sehingga terjadi clearance gap dari lapisan terluar yang hilang dari bearing yang akan menyebabkan *unbalanced rotation* (ketidak seimbangan putaran) dari bearing. Premature failure ini akan terus berlanjut apabila tidak segera di tangani, bahkan kerusakan akan berdampak pula terhadap *crankshaft* pada mesin induk. (Clevite Manual Book, Engine Bearings Failure Analysis guide: 2002)

Pentingnya kondisi minyak lumas sangat berpengaruh pada performa dari crankshaft, seperti tinjauan kasus di atas merupakan bukti terhadap peran dari minyak lumas, pentingnya strategi perawatan minyak lumas merupakan salah satu langkah tepat dalam mempertahankan performa kerja crankshaft dan memperpanjang masa kerjanya. *Filtration* (penyaringan) dan *Separation* (pemisahan) dari minyak lumas haruslah mendapat perhatian khusus, pengaturan dari *Main Engin Lub. Oil separator* akan berdampak signifikan terhadap output minyak lumas yang nantinya akan digunakan pada mesin induk. Inspeksi dan pembersihan berkala dari filter minyak lumas, baik simplek dan duplek filter pada minyak lumas yang akan berpengaruh juga terhadap output minyak lumas itu sendiri. Dalam hal ini tekanan dari minyak lumas juga perlu di perhatikan dalam upaya distribusi minyak lumas secara merata, viskositas yang harus di perhatikan guna menjaga stabilitas distribusi minyak lumas dan juga terbentuknya lapisan minyak lumas. Clevite Manual Book, Engine Bearings Failure Analysis guide: 2002)

B. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir dalam bagian diatas menerangkan bahwa dalam suatu karya ilmiah harus dilengkapi dengan kerangka pikir yang menggambarkan masalah yang menjadikan sebab kenapa sering terjadi hal-hal tersebut di dalam kerangka pikir juga menerangkan proses berfikir penulis untuk mencari cara menyelesaikan dan hasil yang sudah didapat benar-bener dapat meningkatkan hasil dari kerja tersebut,dari kerangka berfikir diatas dapat dijabarkan sedikit gambaran sebagai berikut:



1. Diadakannya arahan oleh masinis I tentang perawatan minyak lumas
2. Perawatan rutin terhadap alat penyaringan minyak lumas

1. Pemasangan bearing dengan rumah bantalan dan blok mesin secara presisi
2. Di laksanakannya perawatan secara rutin terhadap kinerja bearing

Gambar 2.10. Perangkat Pikir Penelitian

C. Definisi Operasional

1. Poros Engkol / *Crankshaft* :

Poros engkol, adalah sebuah bagian pada mesin yang mengubah gerak vertikal/horizontal dari piston menjadi gerak rotasi (putaran). Untuk mengubahnya, sebuah poros engkol membutuhkan pena engkol (*crankpin*), sebuah bearing tambahan yang diletakkan di ujung batang penggerak pada setiap silndernya. Ruang engkol (*crankcase*) akan dihubungkan ke roda gila (*flywheel*).

2. *Crankpin Jurnal* :

Dalam mesin *reciprocating*, yang crankpins, juga dikenal sebagai jurnal engkol adalah jurnal bantalan ujung besar, di ujung batang yang menghubungkan berlawanan dengan piston. Jika mesin memiliki poros engkol, maka pin engkol adalah jurnal bantalan off-pusat crankshaft. Dalam mesin sinar, pin engkol tunggal dipasang pada roda gila

3. *Crankpin oil hole* :

Minyak dari galeri minyak utama mencapai masing-masing individu main-jurnal dan bantalan. Minyak akan melalui alur melingkar sentral dalam bantalan dan itu benar-benar mengelilingi wilayah tengah permukaan jurnal. lubang minyak diagonal disediakan di crankshaft yang melewati jaring antara utama dan besar-end jurnal untuk melumasi jurnal besar-end. Untuk pelumasan efektif besar-end, lubang minyak ini muncul dari crankpin di sekitar 30 derajat di sisi terkemuka posisi TDC engkol ini. bagian minyak dibor tidak harus dekat dengan dinding sisi jaring atau dekat persimpangan fillet antara jurnal dan jaring untuk menghindari konsentrasi tegangan tinggi, yang dapat menyebabkan kegagalan kelelahan. Juga lubang minyak pada permukaan jurnal harus chamfered untuk mengurangi konsentrasi tegangan, tetapi chamfering berlebihan dapat merusak film minyak.