

BAB II

LANDASAN TEORI

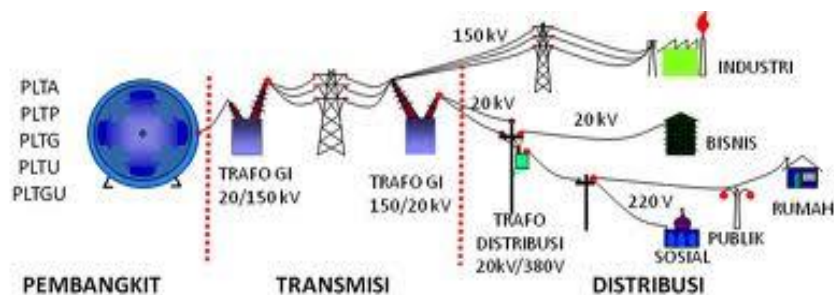
2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang terkait dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. (Prof. Ir. H. Abdul Kadir, 2005) dalam bukunya berjudul Pembangkit Tenaga Listrik. Membahas tentang jenis-jenis pembangkit tenaga listrik.
2. *Manual Book Operating Instructions Volume 1 Muara Karang Steam Power Plant Units 4 and 5*. Membahas tentang peranan sistem pendingin terhadap pengoperasian pembangkit
3. *Instruction Book for Auxiliary Pumps Muara Karang Steam Power Plant 400 MW (2 x 200 MW) Unit 4 & 5*. Membahas tentang pemeliharaan peralatan untuk sistem pendingin.
4. (Mochtar Wijaya, S.T.) dalam bukunya berjudul Dasar – Dasar Mesin Listrik. Membahas tentang mesin-mesin listrik.

2.2 Landasan Teori

Pembangkit Tenaga Listrik adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik, pada pembangkit tenaga listrik terdapat peralatan elektrik, mekanikal, dan bangunan kerja. Terdapat juga komponen-komponen utama pembangkitan yaitu generator, turbin yang berfungsi untuk mengkonversi energi (potensi) mekanik menjadi energi (potensi) listrik.



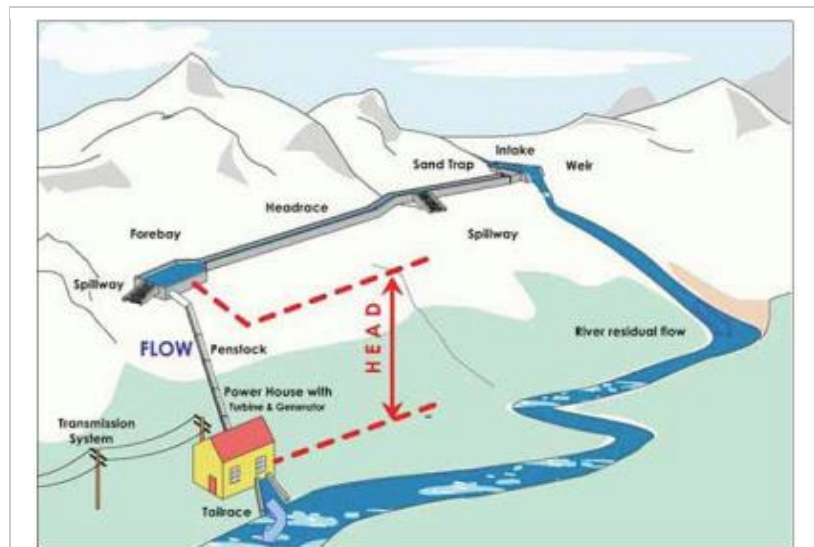
Gambar 2.1 Ilustrasi jaringan listrik

Pada gambar 2.1 diilustrasikan bahwa listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkitan yang menggunakan energi potensi mekanik (air, uap, panas bumi, nuklir, dll) untuk menggerakkan turbin yang porosnya dikopel/digandeng dengan generator. dari generator yang berputar menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan disalurkan ke gardu induk melalui jaringan transmisi, kemudian didistribusikan ke konsumen melalui jaringan distribusi.

2.2.1 Jenis-jenis Pembangkit Tenaga Listrik

1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

PLTMH ini adalah pembangkitan listrik yang memanfaatkan tenaga air, tetapi dalam skala kecil, umumnya PLTMH ini dibangun untuk daerah-daerah terpencil yang susah terjangkau oleh PLN.

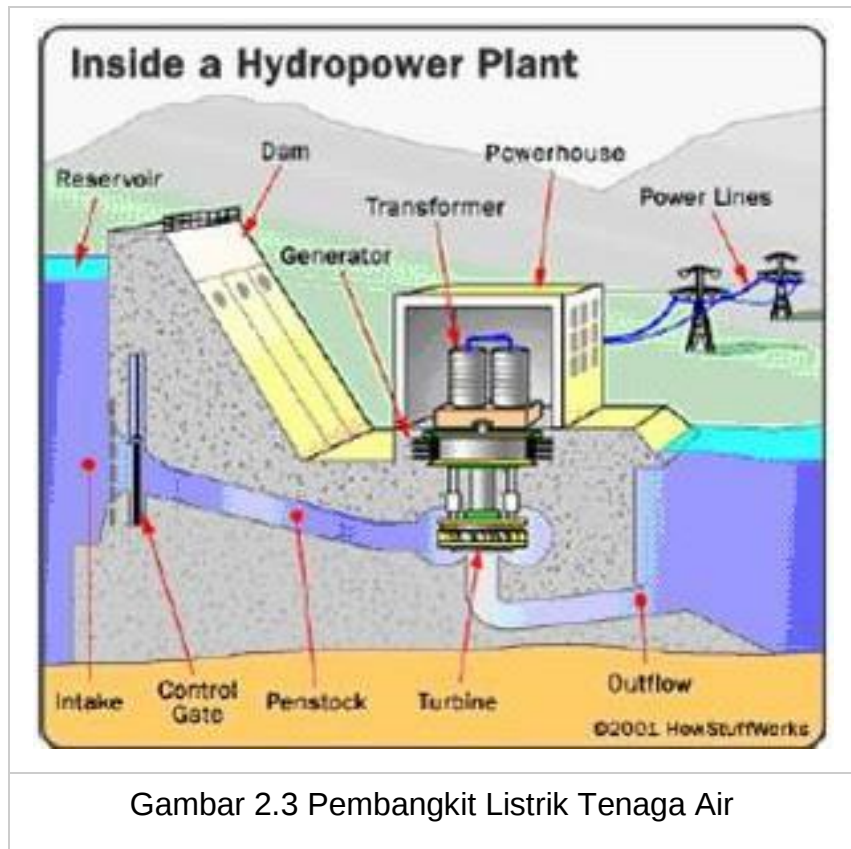


Gambar 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

2. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

PLTA merupakan pusat pembangkitan listrik yang menggunakan energi potensial yang dihasilkan oleh air, sehingga dapat memutarakan turbin air dan menggerakkan generator. Pola PLTA ini

dapat menggunakan sistem bendungan atau aliran sungai (*run of river*)



3. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

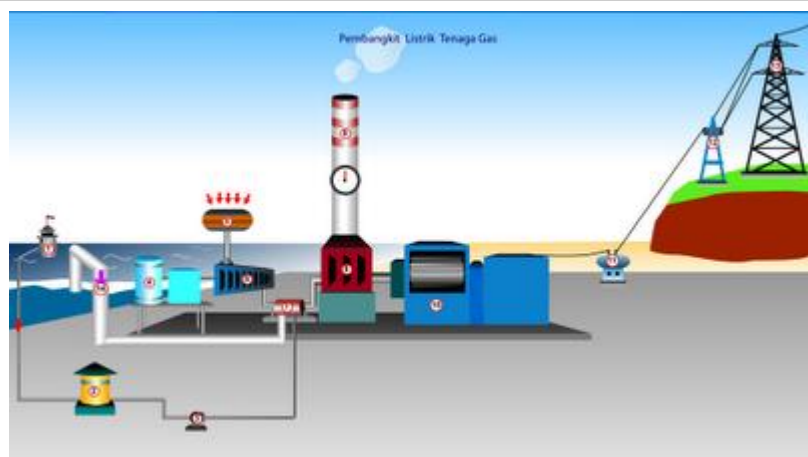
PLTU adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara dan minyak bakar serta MFO untuk start up awal.



Gambar 2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

4. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

PLTG adalah pembangkitan listrik yang mengkonversi energi kinetik dari gas untuk menghasilkan putaran pada turbin gas sehingga menggerakkan generator dan kemudian menghasilkan energi listrik.

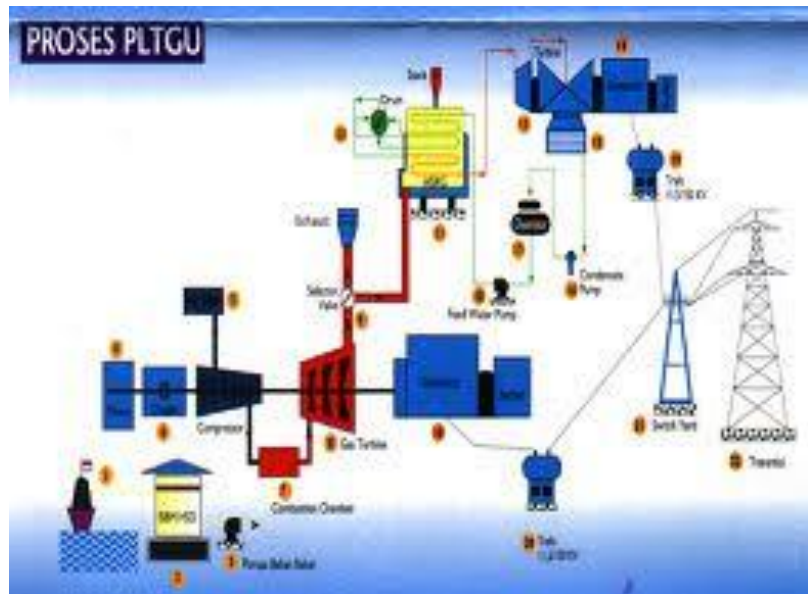


Gambar 2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Gas

5. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)

Pada dasarnya PLTGU adalah gabungan dari PLTG dan PLTU yang dikombinasikan, PLTGU sangat efektif dikarenakan pemanfaatan energi yang sangat efisien, dengan menggunakan

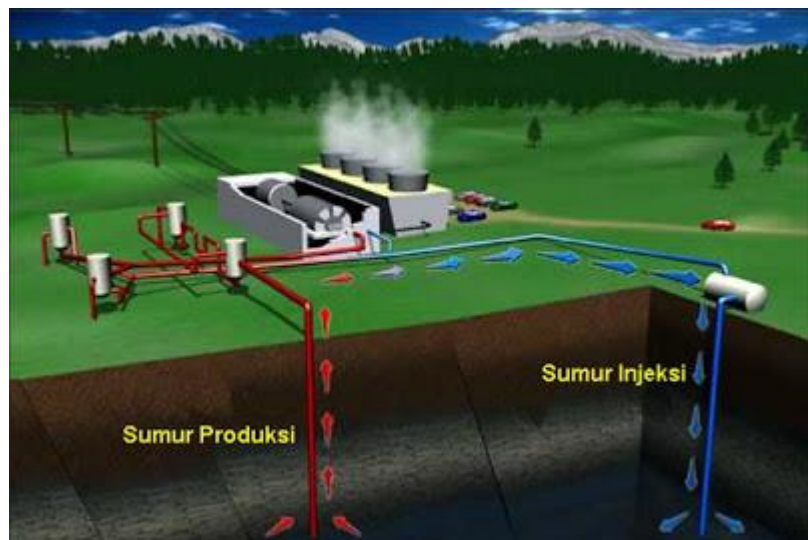
satu macam bahan bakar dapat menggerakkan dua turbin, yaitu turbin gas dan turbin uap.



Gambar 2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap

6. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

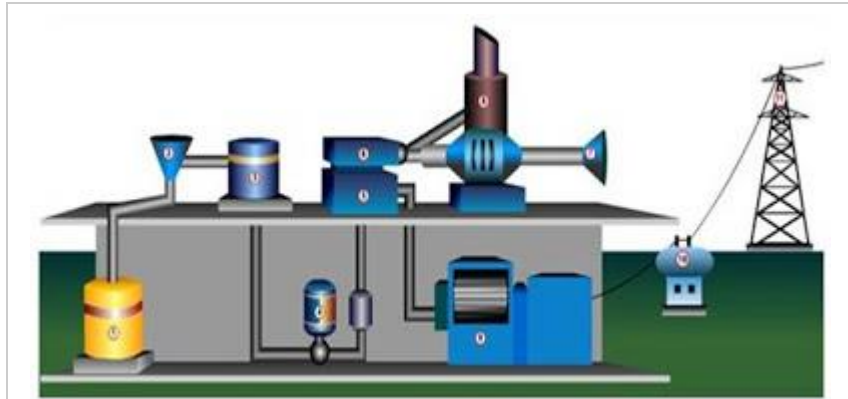
PLTP merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari panas bumi, sehingga dapat memanaskan ketel uap, dan uap yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin.



Gambar 2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

7. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

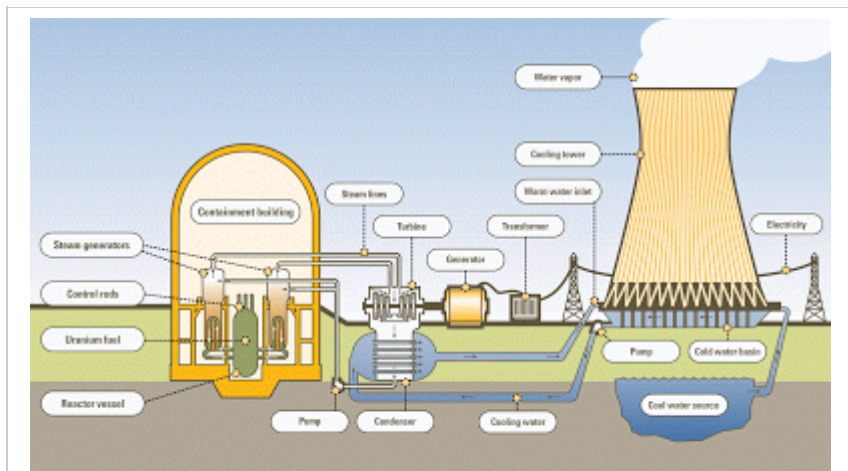
PLTD adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga mesin diesel sebagai penggerak untuk memutar turbin.



Gambar 2.8 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

8. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

PLTN adalah pembangkit listrik yang mengkonversi energi panas (termal) menjadi energi mekanik dimana panas yang dihasilkan diperoleh dari satu atau lebih reaktor nuklir pembangkit listrik.



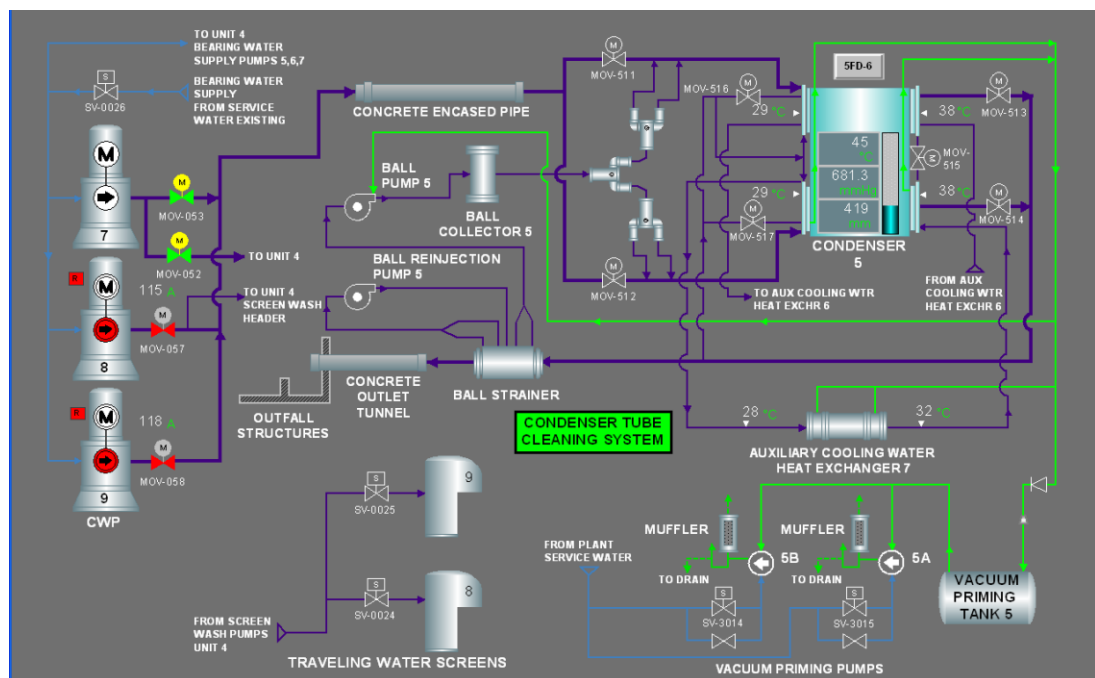
Gambar 2.9 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

2.2.2 Sistem Pendingin PLTU #45 UP Muara Karang

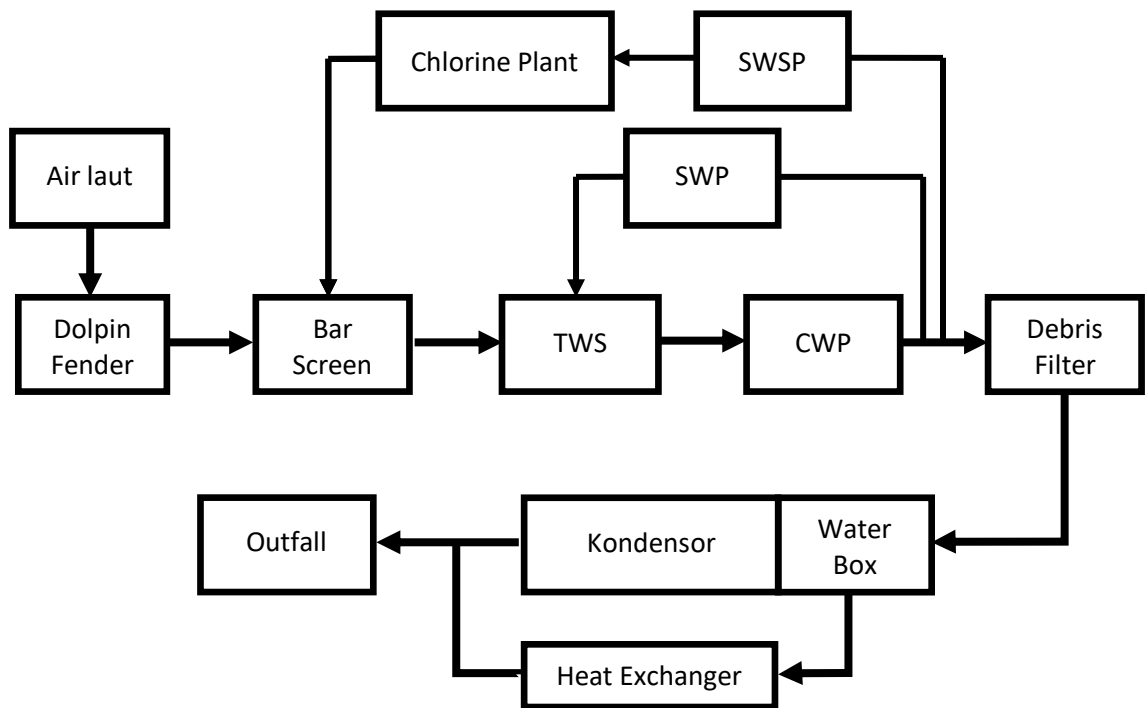
Sistem pendingin pada PLTU #45 Muara Karang terbagi menjadi 2, sistem pendingin utama dan sistem pendingin bantu.

1. Sistem Pendingin Utama

Sistem pendingin utama digunakan untuk mengkondensasikan uap dari turbin dan prosesnya terjadi di kondensor, hasil dari kondensasi ini adalah berupa air kondensat. Dan media yang digunakan untuk pendingin di kondensor adalah air laut, yang telah melalui beberapa tahapan penyaringan ketika melewati area water intake. karena jika yang masuk ke dalam kondensor bukan hanya air laut dan terdapat sampah yang masuk karena terbawa oleh aliran air laut. Maka proses pendinginan tidak berjalan lancar.



Gambar 2.10 Flow diagram sirkulasi air dan suplai air laut PLTU unit 5



Gambar 2.11 Alur Air Laut

Prinsip kerja dari gambar diatas sebagai berikut:

Air laut sebagai pendingin menuju ke kondensor dan *heat exchanger* untuk membantu sistem pendingin bantu. Air laut tersebut akan melalui beberapa saringan sampah, dengan tujuan menghilangkan sampah yang terbawa oleh air laut. Proses penyaringan dilakukan di *dolphin fender*, *bar screen* dan *traveling water screen (TWS)*.

Pada *bar screen* dilakukan injeksi *chlorine* agar biota laut tidak berkembang biak di sepanjang aliran air laut, injeksi *chlorine* adalah hasil produksi dari *chlorine plant* yang dengan air laut yang di pompa oleh *sea water supply pump (SWSP)* sebagai bahan bakunya. Setelah air melewati saringan *traveling water screen (TWS)* yang merupakan saringan putar, saat sampah terbawa oleh screen ke atas maka akan di sprai dengan air bertekanan dari *screen wash pump (SWP)*. Setelah air laut tersebut melewati TWS akan dipompa oleh *circulating water pump (CWP)* menuju ke *tunnel* untuk bergabung menjadi satu

dengan *discharge* dari *circulating water pump (CWP)* lain. Setelah masuk ke *tunnel*, air laut akan mengalir ke *debris filter*. Di *debris filter* ini juga terjadi proses penyaringan. Hal ini bertujuan sebagai antisipasi bila ada sampah yang masih lolos dari penyaringan di *traveling water screen (TWS)*. kemudian air laut masuk ke *waterbox*, di *waterbox* ini air laut dialirkan ke dua arah, yang pertama menuju ke *tube-tube* kondensor, dan yang kedua menuju ke *heat exchanger*. Air laut yang masuk ke *tube-tube* kondensor digunakan untuk proses *heat transfer* dengan uap bekas yang memutarakan turbin agar uap tersebut terkondensasi, selanjutnya akan mengalir ke *outlet* kondensor.

Sedangkan air laut yang menuju *heat exchanger*, akan digunakan untuk mendinginkan air tawar yang dipakai untuk mendinginkan peralatan. Setelah itu air laut tersebut keluar *heat exchanger* menuju ke *outlet* kondensor dan bergabung dengan air laut yang ada di *outlet* kondensor. Air laut yang sudah terpakai tersebut terakhir akan mengalir kembali ke laut melewati *outfall*.

2. Sistem Pendingin Bantu

Sistem pendingin bantu digunakan untuk mendinginkan peralatan-peralatan seperti *exciter cooler*, *hydrogen coolers*, dan lain-lain. Media yang digunakan adalah air tawar/air demin. Dalam proses siskulasinya digerakkan oleh *Auxiliary Cooling Water Pump (ACWP)*, yang terdiri dari pompa dan motor induksi 3 phasa. Akan menjadi masalah jika ACWP ini tidak dapat beroperasi karena kerusakan atau gangguan, hal tersebut dapat menyebabkan peralatan menjadi panas dan berakhir pada blackout-nya sebuah unit pembangkit dari jaringan.

Sistem pendingin harus dirancang mampu memenuhi kebutuhan operasi unit pembangkit secara konitinyu, ekonomis dan handal. Rancangan sistem air pendingin harus meliputi :

- a. Menjamin tersedianya air untuk keperluan operasi PLTU pada setiap waktu.
- b. Jumlah aliran airnya cukup untuk menghasilkan efisiensi PLTU yang optimal pada semua kondisi beban temperatur.
- c. Penyediaan air yang stabil pada semua kondisi tanpa perlu pengaturan.
- d. Pemeliharaannya murah dan mudah dilakukan.
- e. Biaya investasi dan operasinya rendah.

2.2.3 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Bentuk gambaran motor induksi 3 fasa diperlihatkan pada gambar 2.11, dan contoh penerapan motor induksi ini di industri diperlihatkan pada gambar 2.12.



a) bentuk fisik



b) motor induksi dilihat ke dalam

Gambar 2.11 Motor induksi 3-fasa



Gambar 2.12 Penerapan motor induksi di dunia industri

Data-data motor induksi mengenai daya, tegangan dan data lain yang berhubungan dengan kerja motor induksi dibuatkan pada plat nama (*name plate*) motor induksi. Contoh data yang ditampilkan pada plat nama motor induksi ini diperlihatkan pada gambar 2.13

pabrik pembuat	
3~ Motor	Nr.:
Δ 400V	10,7 A
5,5kW S1	cos ϕ 0,88
1450 /min	50 Hz
Isol.-Kl.F	IP 55
DIN VDE 0530	EN 60034

Gambar 2.13 Data yang ada di plat nama motor induksi

Motor induksi 3 phase memiliki keunggulan diantaranya handal, tidak ada kontak antara stator dan rotor kecuali *bearing*, tenaga yang besar, daya listrik rendah dan hampir tidak ada perawatan. Akan tetapi motor induksi 3 phase memiliki kelemahan pada pengontrolan kecepatan. Kecepatan putar motor induksi bergantung pada frekuensi input, sedangkan sumber listrik memiliki frekuensi konstan.

Untuk mengubah frekuensi input lebih sulit daripada mengatur tegangan input. Dengan ditemukannya teknologi inverter maka hal tersebut menjadi lebih mudah dan mungkin dilakukan.

Kelebihan dan Kekurangan Motor Induksi 3 Fasa

Kelebihan :

1. Konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar.
2. Harganya relatif murah dan kehandalannya tinggi.
3. Effisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil.
4. Biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

Kekurangan :

1. Kecepatan tidak mudah dikontrol
2. *Power* faktor rendah pada beban ringan
3. Arus start biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal

2.2.3.1 Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Perputaran motor pada mesin arus bolak – balik ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam fasa banyak umumnya fasa 3. hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta.

Ada beberapa prinsip kerja motor induksi:

1. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan medan (stator), timbullah medan putar dengan kecepatan.

$$n_s = \frac{120f}{P} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

n_s = kecepatan sinkron

f = frekuensi

p = jumlah kutub pada motor.

2. Medan stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.
3. Akibatnya pada kumparan jangkar (rotor) timbul tegangan induksi (ggl).
4. Karena kumparan jangkar merupakan kumparan tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus (I) didalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.
6. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor besar akan memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
7. Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan stator dengan kecepatan berputar rotor (n_r).
8. Perbedaan kecepatan antara dan disebut slip (S) dinyatakan dengan:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

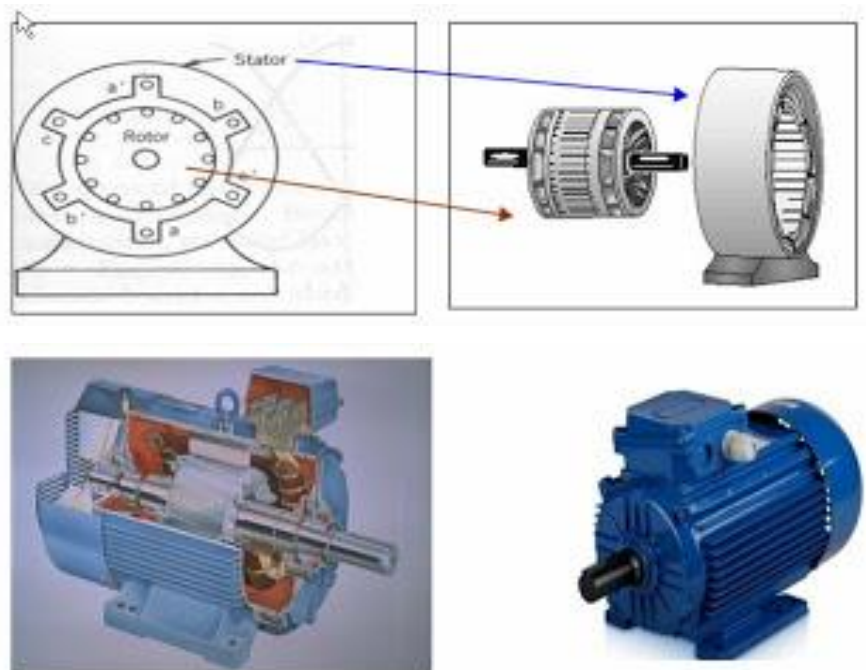
S = slip

N_r = kecepatan berputar rotor

N_s = kecepatan sinkron

9. Bila $S = 1$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila lebih kecil dari 1.
10. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

Sebagaimana mesin pada umumnya menunjukkan bahwa motor induksi juga memiliki konstruksi yang sama elalui kumparan stator. baik motor DC maupun AC. Konstruksi dimaksud terdiri dari 2 bagian utama yaitu stator dan rotor. Secara lengkap dan detail dari kedua konstruksi dapat dilihat pada gambar 2.14 berikut :



Gambar 2.14 Kostruksi utama Stator dan Rotor

1. Stator

Stator pada motor induksi adalah sama dengan yang dimiliki oleh motor sinkron dan generator sinkron. Konstruksi stator terbuat dari laminasi-laminasi dari bahan besi silikon dengan ketebalan (4 s/d 5) mm dengan dibuat alur sebagai tempat meletakkan belitan/kumparan, secara detail ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2.15 Konstruksi stator dengan alur-alurnya

Dalam alur-alur stator diletakkan belitan stator yang posisinya saling berbeda satu dengan lainnya, sesuai dengan fase derajat listrik yaitu 120° antar fase (motor 3 fase). Jumlah gulungan pada stator dibuat sesuai dengan jumlah kutub dan jumlah putaran yang diinginkan atau ditentukan. Khusus untuk Stator pada motor-motor listrik dengan ukuran kecil dibentuk dalam potongan utuh. Sedangkan untuk motor-motor dengan ukuran besar adalah tersusun dari sejumlah besar segmen-segmen laminasi.

2. Rotor

Ini adalah bagian yang berputar dari motor. Seperti dengan stator atas, rotor terdiri dari satu set laminasi baja beralur ditekan bersama dalam bentuk jalur magnetik silinder dan sirkuit listrik. Rangkaian listrik dari rotor dapat berupa :

Menurut jenis rotor pada motor induksi dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu:

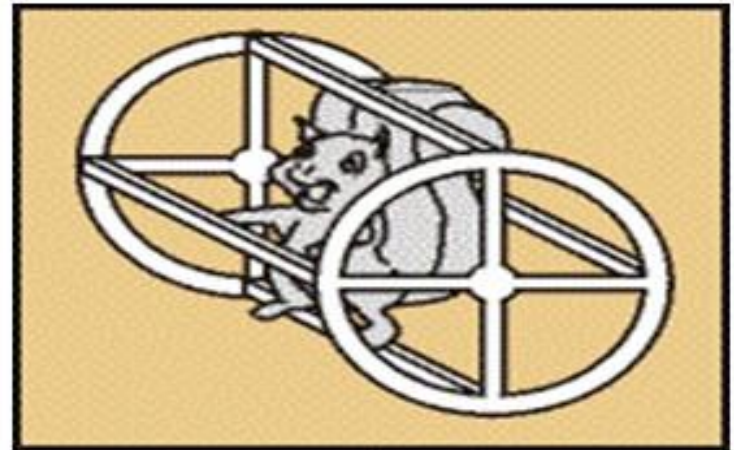
a. Rotor Sangkar Tupai (*Squirrel Cage Rotor*)

Rotor yang terdiri dari sejumlah lilitan yang berbentuk Batang tembaga yang dihubungkan singkat pada setiap ujungnya kemudian disatukan (di cor) menjadi satu kesatuan sebagaimana gambar 2.16.



Gambar 2.16 Rotor sangkar Tupai

Jenis rotor sangkar tupai, yang terdiri dari satu set tembaga atau potongan aluminium yang dipasang ke dalam slot, yang terhubung ke sebuah akhir-cincin pada setiap akhir rotor. Konstruksi gulungan rotor ini menyerupai 'kandang tupai'. Potongan aluminium rotor biasanya dicor mati ke dalam slot rotor, yang membuat konstruksinya sangat kasar. Meskipun potongan rotor aluminium berada dalam kontak langsung dengan laminasi baja, hampir semua arus rotor melalui jeruji aluminium dan tidak di laminasi. Sejumlah motor induksi yang beredar dipasaran maupun yang banyak digunakan sekitar 90% adalah motor induksi dengan "Rotor Sangkar". Alasan umum yang diperoleh adalah karena konstruksi yang sederhana dan juga lebih murah harganya. Konstruksi rotor sebagaimana gambar 2.17. berikut ini, menunjukkan konstruksi batang-batang konduktor dari bahan tembaga atau aluminium yang dihubungkan singkat.



Gambar 2.17 Konstruksi dan bagian dari rotor sangkar

Sejumlah batang-batang konduktor tersebut dimasukkan ke dalam laminasi-laminasi yang terbuat dari bahan besi silikon serta menjadi satu dengan poros rotor. Sebagaimana konstruksi tersebut di atas terutama batang-batang konduktor yang terhubung singkat, maka tidak dimungkinkan untuk menambah "Tahanan Luar" (yang dipasang secara seri) dengan rotor guna keperluan "Pengasutan". Selain itu pula posisi dari batang-batang konduktor/tembaga posisinya dibuat tidak paralel (tidak segaris) dengan poros rotor. Posisi batang konduktor agak dimiringkan sebagaimana terlihat pada gambar 2.17 di atas.

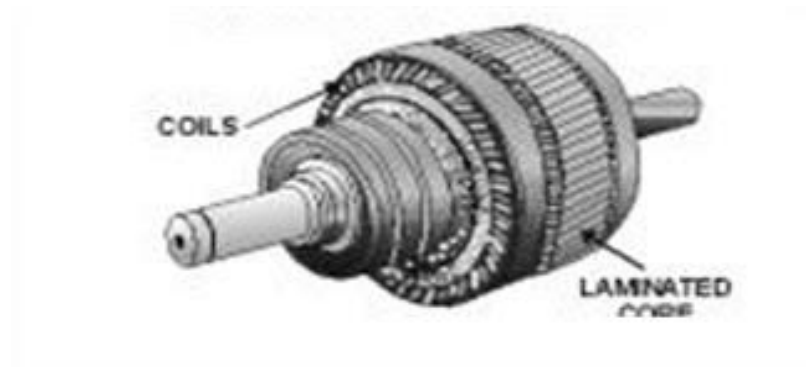
Alasan diletakan posisi miring dari konduktor terhadap poros adalah :

- 1) Memperhalus suara pada saat motor berputar (memperkecil dengungan magnetis/suara bising)
- 2) Menghilangkan kecenderungan "Lock" atau mengunci" yang disebabkan karena interaksi langsung antara medan magnet stator dan rotor.

Pada motor-motor dengan kapasitas kecil, batang-batang konduktor di cor menjadi satu bagian dengan *aluminium alloy*. Selain itu pula contoh lainnya adalah ada juga yang rotornya hanya berupa besi masip tanpa satupun konduktor. Jenis seperti ini biasanya disebut sebagai "Motor Arus Eddy".

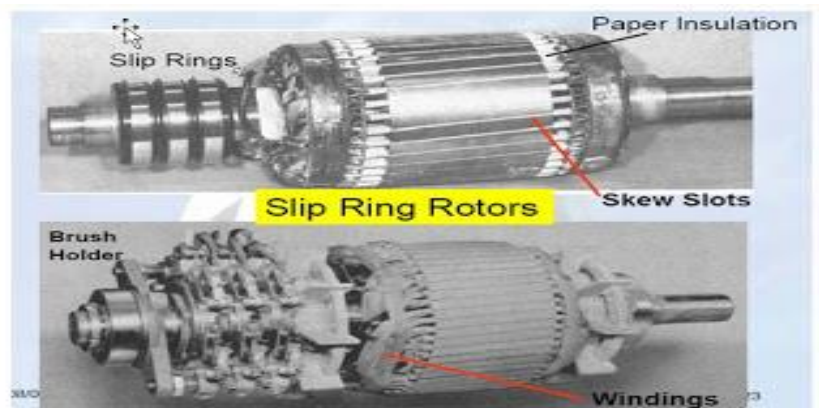
b. Rotor Belitan (*Wound Rotor*)

Rotor yang terbuat dari laminasi-laminasi besi dengan alur-alur sebagai tempat meletakkan belitan (kumparan) dengan ujung-ujung belitan yang juga terhubung singkat seperti gambar 2.18.



Gambar 2.18 Rotor belitan

Motor dengan jenis rotor belitan biasanya diperlukan pada saat pengasutan atau pengaturan kecepatan dimana dikehendaki torsi asut yang tinggi

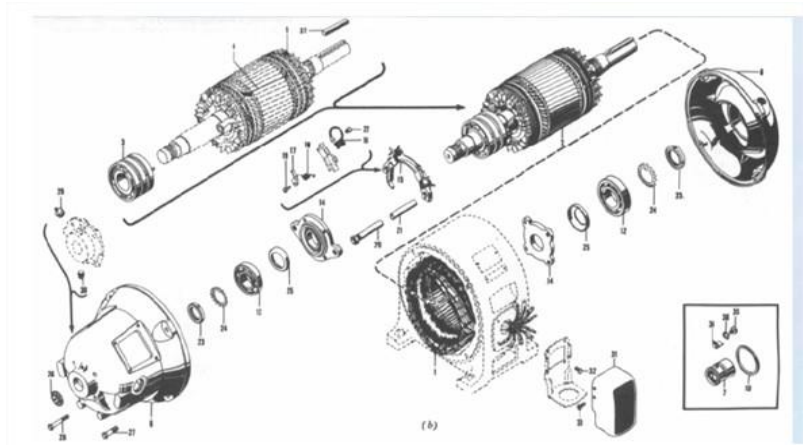


Gambar 2.19 Jenis rotor sangkar dan belitan pada motor induksi 3 fasa

Belitan-belitan yang terpasang pada rotor telah diisolasi sebagaimana belitan yang terdapat pada stator. Belitan yang ada pada rotor diletakkan juga pada alur-alur rotor dan pada setiap ujungnya dihubungkan secara langsung pada cincin (*slipring*) yang posisinya dibagian depan dari rotor serta menjadi satu dengan poros (gambar 2.19). Belitan rotor ini di desain sama dengan kutub yang dimiliki belitan statornya dan selalu dalam bentuk belitan 3 fasa sekalipun statornya hanya 2 fasa. Pengaturan belitan/gulungan/kumparan dilakukan untuk masing-masing fase adalah sama. Sedangkan pada ujung-ujung dari masing kumparan/fase yang keluar dihubungkan ke 3 buah cincin (*slipring*) berdasarkan jumlah fasenya. Konstruksi slip ring terhubung secara langsung dengan masing-masing sikat. Dengan demikian, maka pada jenis ini dapat dihungkan secara langsung ke "Tahanan luar" guna keperluan pengasutan. Pada gambar 2.20 dan 2.21 di bawah ini menunjukkan detail dari konstruksi motor induksi dengan rotor sangkar dan rotor belitan termasuk bagian-bagiannya



Gambar 2.20 Konstruksi detail motor induksi dengan "rotor sangkar"

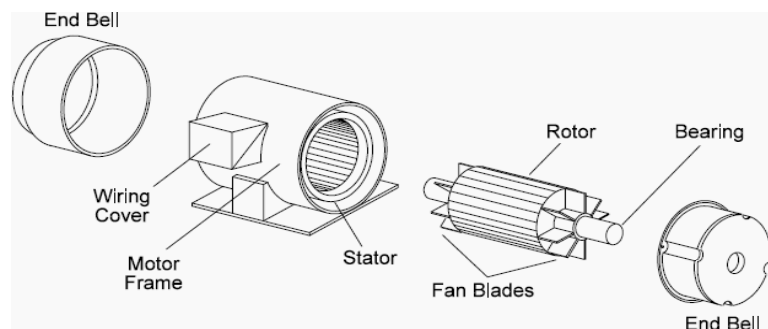


Gambar 2.21 Konstruksi detail motor induksi dengan "rotor belitan"

3. Parts lainnya

Bagian lain, yang dibutuhkan untuk melengkapi motor induksi adalah:

- Dua flensa di ujung untuk mendukung dua bantalan, satu di drive-end (DE) dan yang lainnya di non drive-end (NDE)
- Dua bantalan untuk mendukung berputarnya poros, pada DE dan NDE
- Poros baja untuk transmisi torsi ke beban
- Kipas pendingin yang terletak di NDE untuk memberi pendinginan yang kuat untuk stator dan rotor
- Kotak terminal di atas atau kedua sisi untuk menerima sambungan listrik eksternal



Gambar 2.22 Komponen lainnya pada motor induksi

2.2.3.2 Perawatan

Hampir semua inti motor dibuat dari baja silikon atau baja gulung dingin yang dihilangkan karbonnya, sifat-sifat listriknya tidak berubah dengan usia. Walau begitu, perawatan yang buruk dapat memperburuk efisiensi motor karena umur motor dan operasi yang tidak handal. Sebagai contoh, pelumasan yang tidak benar dapat menyebabkan meningkatnya gesekan pada motor dan penggerak transmisi peralatan. Kehilangan resistansi pada motor, yang meningkat dengan kenaikan suhu. Kondisi ambien dapat juga memiliki pengaruh yang merusak pada kinerja motor. Sebagai contoh, suhu ekstrim, kadar debu yang tinggi, atmosfer yang korosif, dan kelembaban dapat merusak sifat-sifat bahan isolasi; tekanan mekanis karena siklus pembebanan dapat mengakibatkan kesalahan penggabungan. Perawatan yang tepat diperlukan untuk menjaga kinerja motor. Sebuah daftar pemeriksaan praktek perawatan yang baik akan meliputi sebagai berikut.

1. Pemeriksaan motor secara teratur untuk pemakaian *bearings* dan rumahnya (untuk mengurangi kehilangan karena gesekan) dan untuk kotoran/debu pada saluran ventilasi motor (untuk menjamin pendinginan motor)
2. Pemeriksaan kondisi beban untuk meyakinkan bahwa motor tidak kelebihan atau kekurangan beban. Perubahan pada beban motor dari pengujian terakhir mengindikasikan suatu perubahan pada beban yang digerakkan, penyebabnya yang harus diketahui.
3. Pemberian pelumas secara teratur. Pihak pembuat biasanya memberi rekomendasi untuk cara dan waktu pelumasan motor. Pelumasan yang tidak cukup dapat menimbulkan masalah, seperti yang telah diterangkan diatas. Pelumasan yang berlebihan dapat juga

menimbulkan masalah, misalnya 90 minyak atau gemuk yang berlebihan dari *bearing* motor dapat masuk ke motor dan menjenuhkan bahan isolasi motor, menyebabkan kegagalan dini atau mengakibatkan resiko kebakaran.

4. Pemeriksaan secara berkala untuk sambungan motor yang benar dan peralatan yang digerakkan. Sambungan yang tidak benar dapat mengakibatkan sumbu as dan *bearings* lebih cepat aus, mengakibatkan kerusakan terhadap motor dan peralatan yang digerakkan.
5. Dipastikan bahwa kawat pemasok dan ukuran kotak terminal dan pemasangannya benar. Sambungan-sambungan pada motor dan *starter* harus diperiksa untuk meyakinkan kebersihan dan kekencangannya.
6. Penyediaan ventilasi yang cukup dan menjaga agar saluran pendingin motor bersih untuk membantu penghilangan panas untuk mengurangi kehilangan yang berlebihan. Umur isolasi pada motor akan lebih lama: untuk setiap kenaikan suhu operasi motor 10oC diatas suhu puncak yang direkomendasikan, waktu pegulungan ulang akan lebih cepat, diperkirakan separuhnya.

2.2.3.3 Kerusakan Motor 3 Fasa

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan sebuah motor bisa mengalami kerusakan, dapat berasal dari beberapa sebab seperti dari alat yang digerakkan, jaringan supply yang termasuk di dalam sistem kerja motor maupun keadaan lingkungan sekitar yang mempengaruhi sebuah motor tidak menjalankan fungsinya secara normal, seperti pengaruh suhu dan pengaruh mekanis lainnya, maupun hal-hal yang tidak terduga yang mampu mempengaruhi

keadaan dan kestabilan motor. Kerusakan pada motor dapat disebabkan oleh :

1. Alat yang digerakkan dapat menimbulkan kerusakan pada motor karena :
 - a. Kopel yang terlalu besar
 - b. Kopel yang naik turun
 - c. Pengasutan dan pengereman yang terlalu sering dan terlalu lama
2. Jaringan suply dapat menimbulkan kerusakan pada motor karena :
 - a. Tegangan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi
 - b. Tegangan fasa yang tidak sama (untuk motor fasa-tiga)
 - c. Putusnya salah satu fasa (untuk motor fasa-tiga)
3. Keadaan sekeliling dapat mengganggu karena :
 - a. Suhu yang terlalu tinggi
 - b. Kurangnya udara pendingin
 - c. Getaran-getaran

2.2.3.4 Minyak Pelumas

Pelumas adalah zat kimia, yang umumnya cairan, yang diberikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Zat ini merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135 derajat celcius. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan.

Prinsip dasar dalam pelumasan sebenarnya adalah mengurangi gesekan antara dua material di mana gesekan tersebut selalu menimbulkan gaya berlawanan sehingga kenaikan temperature yang akan mengakibatkan keausan

atau tergerusnya material, dengan penyisipan pelumas pada dua material tersebut akan menghindari kontak langsung sehingga laju dari dampak gesekan dapat dikurangi. Berikut fungsi dari minyak pelumas :

1. Pelumas (*Lubricant*)

Salah satu fungsi minyak pelumas adalah untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bergerak untuk mencegah keausan akibat dua benda yang bergesekan.

Minyak pelumas membentuk Oil film di dalam dua benda yang bergerak sehingga dapat mencegah gesekan/kontak langsung diantara dua benda yang bergesekan tersebut.

2. Pendingin (*Cooling*)

Minyak pelumas mengalir di sekeliling komponen yang bergerak, sehingga panas yang timbul dari gesekan dua benda tersebut akan terbawa/merambat secara konveksi ke minyak pelumas, sehingga minyak pelumas pada kondisi seperti ini berfungsi sebagai pendingin mesin.

3. Pembersih (*Cleaning*)

Kotoran atau bram-bram yang timbul akibat gesekan, akan terbawa oleh minyak pelumas. Kotoran atau bram yang ikut aliran minyak pelumas tersebut akan di saring di *filter* oli agar tidak terbawa dan terdistribusi kebagian-bagian mesin yang dapat mengakibatkan kerusakan/mengganggu kinerja mesin.

4. Perapat (*Sealing*)

Minyak pelumas yang terbentuk di bagian-bagian yang presisi dari mesin kendaraan berfungsi sebagai perapat, yaitu mencegah terjadinya kebocoran gas (*blow by gas*) misal antara piston dan dinding silinder.

2.3 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan dukungan landasan teori yang diperoleh dari eksplorasi teori yang dijadikan rujukan konseptual variable penelitian, maka dapat disusun kerangka pemikiran sebagai berikut :

