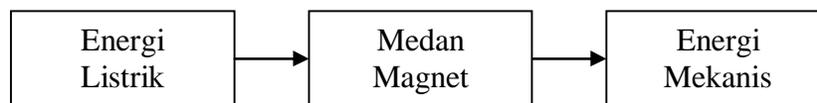


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Motor Listrik

Menurut (lister)hal<sup>91</sup> Motor listrik adalah mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis.



**Gambar 2.1 Alur proses motor listrik** (Zuhal Hal 67)

Motor listrik dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

##### 2.1.1. Motor arus searah (DC)

jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

2 bagian motor DC:

- 1, Bagian yang tetap/stasioner yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.
2. Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

### 2.1.2. Motor arus bolak-balik (AC)

Menurut (Drs.yon rijono)hal <sup>309</sup> Motor listrik AC memiliki beberapa jenis, yang jenis ini dibedakan berdasarkan beberapa faktor utama yang antara lain berdasarkan prinsip kerja, berdasarkan macam arus dan berdasarkan kecepatan.

#### a. Berdasarkan prinsip kerja

- Motor sinkron dan
- Motor asinkron
  - Motor induksi (*Squirrel cage & slip ring*).
  - Motor komutator ( Seri, terkompensasi, shunt, repulsi).

#### b. Berdasarkan macam arus

- Phase tunggal
- Tiga phase

#### c. Berdasarkan kecepatan

- Kecepatan konstan
- Kecepatan berubah
- Kecepatan diatur

## 2.2. Pengertian Motor Induksi

Secara umum, motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor listrik terdiri dari dua bagian yang sangat penting yaitu stator atau bagaian yang diam dan Rotor atau bagaian berputar. Pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi.

Penggunaan motor induksi yang banyak dipakai di kalangan industri mempunyai keuntungan sebagai berikut :

1. Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat.

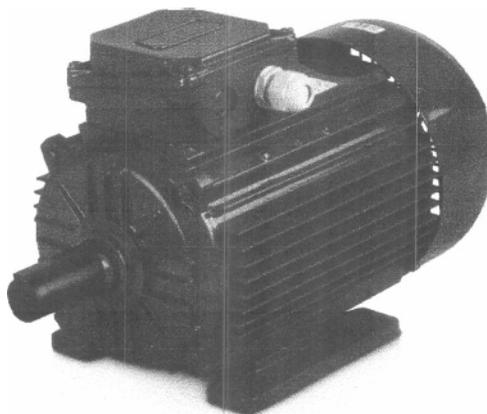
2. Harga relatif murah dan dapat diandalkan.
3. Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi – rugi daya yang dari gesekan dapat dikurangi.
4. Perawatan waktu mulai beroperasi tidak memerlukan starting tambahan khusus dan tidak harus sinkron.

Namun disamping hal tersebut diatas, terdapat pula faktor – faktor kerugian yang tidak menguntungkan dari motor induksi yaitu sebagai berikut :

1. Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efesiensinya.
2. Kecepatan motor induksi akan menurun seiring dengan bertambahnya beban, tidak seperti motor DC atau motor shunt.
3. Kopel awal mutunya rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.

### **2.2.1. Konstruksi motor induksi**

Menurut (Drs.yon rijono)<sup>nal 310</sup> Pada dasarnya semua jenis motor induksi mempunyai rotor dan stator, dimana rotor merupakan bagian yang berputar, sedangkan stator merupakan bagian yang diam (statis).



**Gambar 2.2 Konstruksi motor induksi**

### **a. Stator (Bagian motor yang diam)**

Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga kumparan tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing-masing kumparan mendapat suplai arus tiga fasa. Stator terdiri dari pelat-pelat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur-alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Jika kumparan stator mendapat suplai arus tiga fasa, maka pada kumparan tersebut akan timbul fluks magnetik putar.

Dari bagian motor yang lain (*stator*) dapat dibagi-bagi menjadi beberapa bagian antara lain sebagai berikut :

- a. Bodi motor (gandar)
- b. Inti kutub magnet dan lilitan penguat magnet
- c. Sikat
- d. Kumutator
- e. Jangkar
- f. Lilitan jangkar

- ***Gandar (Bodi motor)***

Fungsi utama dari bodi atau gandar motor adalah sebagai bagian dari tempat mengalimya fluks magnet yang dihasilkan kutub-kutub magnet, karena itu beban motor dibuat dari bahan ferromagnetik. Disamping itu badan motor ini berfungsi untuk meletakkan alat-alat tertentu dan melindungi bagian-bagian mesin lainnya. Biasanya pada motor terdapat papan nama atau name plate yang bertuliskan spesifikasi umum dari motor.

- **Inti kutub magnet dan lilitan penguat magnet**

Sebagaimana diketahui bahwa fluks magnet yang terdapat pada motor arus searah dihasilkan oleh kutub magnet buatan yang dibuat dengan prinsip elektromagnetis. Lilitan penguat magnet ini berfungsi untuk mengalirkan arus listrik agar terjadi proses *elektromagnetis*.

- **Sikat-sikat dan pemegang sikat**

Fungsi dari sikat adalah sebagai jembatan bagi aliran arus dari sumber. Disamping itu sikat memegang peranan penting untuk terjadinya komutasi, agar gesekan antara sikat dan komutator sehingga sikat harus lebih lunak dari pada komutator, biasanya terbuat dari bahan arang.

Sikat-sikat akan aus selama operasi dan tingginya akan berkurang, aus yang diizinkan ditentukan oleh konstruksi dari pemegang sikat (gagang-sikat).

- **Komutator**

Komutator berfungsi sebagai penyearah mekanik yang bersama-sama dengan sikat membuat suatu kerja sama yang disebut komutasi. Supaya menghasilkan penyearah yang lebih baik, maka komutator yang digunakan hendaknya dalam jumlah yang besar. Setiap belahan (*segmen*) komutator berbentuk lempengan.

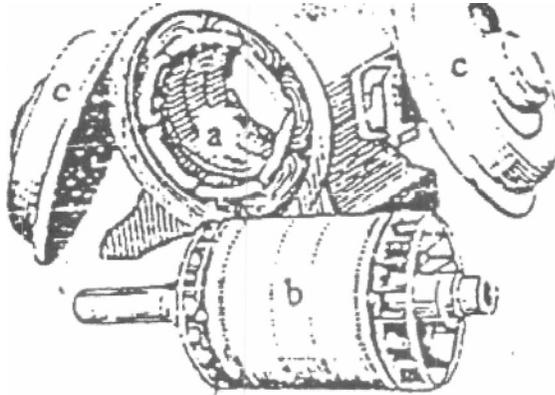
## **b. Rotor (Bagian motor yang bergerak)**

Dalam hal konstruksi rotornya, motor induksi dibagi atas dua jenis, yaitu jenis rotor sangkar (*squirrel-cage rotor*) dan jenis rotor belitan (*wound rotor*).

### **1. Motor induksi rotor sangkar**

Motor rotor sangkar konstruksinya sangat sederhana, yang mana rotor dari motor sangkar adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor yang dipasangkan paralel, atau kira-kira paralel dengan poros yang mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti, karena arus secara alamiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil konduktor rotor.

Pada setiap ujung rotor, konduktor rotor semuanya dihubungkan singkatkan dengan cincin ujung. Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng pada inti rotor.



**Gambar 2.3 Penampang Potongan Motor Induksi Rotor Sangkar**

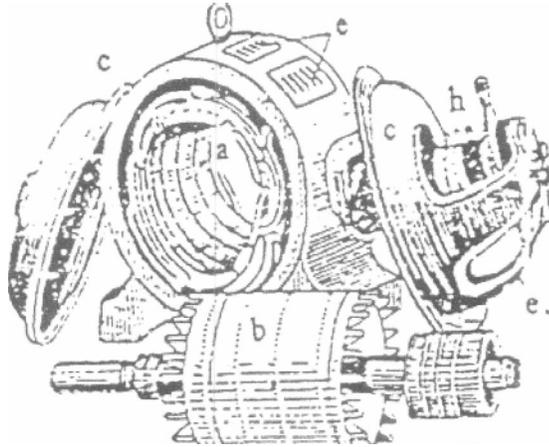
Keterangan :

- a. Stator
- b. Rotor
- c. Tutup/ tempat bantalan
- d. Kipas
- e. Lubang ventilasi
- f. Kotak Ujung

## 2. Motor rotor lilit

Motor rotor lilit atau motor cincin slip berbeda dengan motor rotor sangkar dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor dihubungkan secara Y dengan poros motor. Ketiga cincin slip yang terpasang pada cincin slip dan sikat-sikat dapat dilihat berada disebelah kiri rotor. Lilitan rotor tidak

dihubungkan ke pencatu. Cincin slip dan sikat-sikat semata-mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar kedalam rangkaian motor.



**Gambar 2.4 Penampang potongan motor induksi rotor lilit**

Keterangan :

- a. Stator
- b. Rotor
- c. Tutup
- d. Kipas
- e. Lubang ventilasi
- f. Kotak ujung
- g. Slip ring
- h. Sikap dan pegangan sikat

### 2.2.2 Motor Slurry Pumps

Motor Slurry Pumps merupakan motor induksi 3 fasa yang berfungsi sebagai penggerak pompa Slurry. Pompa Slurry merupakan pompa centrifugal. Dalam proses operasi unit RFCCU Salah satu pompa yang sangat vital dan kritikal di unit RFCCU adalah pompa FC-4 A/B/C Yang berfungsi sebagai pentransfer *slurry* dari Primary fractionator FC-T-1 ke Storage tank melalui Heat exchanger

FC-E-2 ABCD dan trim Cooler FC-X- 1 A/B/C . Karakteristik dari minyak *Slurry* adalah mengandung butiran katalis yang terikut dari Reactor FC-D-1 sehingga menyebabkan fouling/ endapan pada tube heat exchanger FC-2 A/B/C/D yang akibatnya menurunkan kapasitas produksi unit RFCCU dan disamping itu katalis sangat abrasive terhadap komponen pompa FC-4 sehingga memperpendek umur komponen pompa tersebut. Karena pompa FC-4 A/B/C merupakan alat yang vital maka harus dilakukan pemeliharaan dan perawatan secara maksimal agar tidak mengalami kerusakan sehingga unit RFCCU dapat beroperasi dengan baik.

### **2.2.3 Fungsi Utama Pompa FC- 4A**

*Slurry Pumps* merupakan pompa centrifugal yang digerakan dengan motor induksi 3 fasa. Dalam proses operasi unit RFCCU Salah satu pompa yang sangat vital dan kritikal di unit RFCCU adalah pompa FC-4 A/B/C Yang berfungsi sebagai pentransfer *slurry* dari Primary fractionator FC-T-1 ke Storage tank melalui Heat exchanger FC-E-2 ABCD dan trim Cooler FC-X- 1 A/B/C . Karakteristik dari minyak *Slurry* adalah mengandung butiran katalis yang terikut dari Reactor FC-D-1 sehingga menyebabkan fouling/ endapan pada tube heat exchanger FC-2 A/B/C/D yang akibatnya menurunkan kapasitas produksi unit RFCCU dan disamping itu katalis sangat abrasive terhadap komponen pompa FC-4 sehingga memperpendek umur komponen pompa tersebut. Karena pompa FC-4 A/B/C merupakan alat yang vital maka harus dilakukan pemeliharaan dan perawatan secara maksimal agar tidak mengalami kerusakan sehingga unit RFCCU dapat beroperasi dengan baik.

## **2.3 Pompa Centrifugal**

Pompa *Centrifugal* adalah salah satu jenis pompa *Non-Positif Displacement Pump* ( Dynamic ) yang berarti energi yang diberikan secara terus menerus untuk meningkatkan kecepatan cairan yang berada dipompa saat mendekati discharge kecepatan cairan tersebut diubah menjadi tekanan. Pompa *Centrifugal* adalah alat

yang berfungsi untuk memindahkan fluida yang berupa cairan dari suatu tempat ke tempat lain melalui media pipa ( saluran ) dan berlangsung secara kontinyu dengan cara menambah energi pada cairan yang akan dipindahkan dengan sumber tenaga ( *driver* ) motor listrik atau steam turbin.

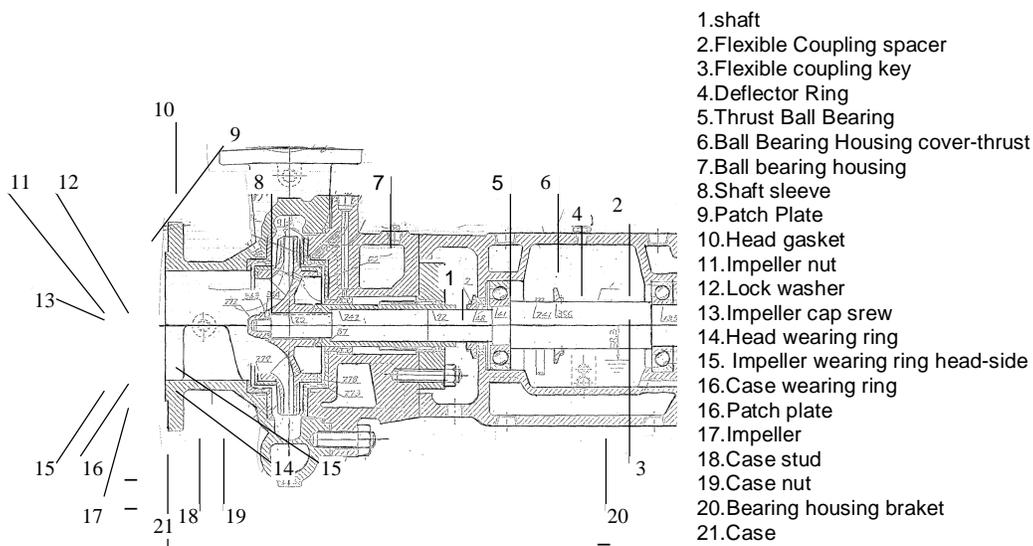
### 2.3.1 Prinsip Kerja

Prinsip Kerja Pompa Centrifugal merubah energi mekanis yang berasal dari penggerak menjadi energi Kinetis ( kecepatan ) pada cairan melalui sudu-sudu pompa, kemudian merubah energi kinetis tersebut dirubah menjadi energi potensial ( dinamis ).

### 2.3.2 Komponen Utama pompa FC- 4A

Konstruksi pompa sentrifugal terdiri dari dua komponen / bagian yang terkait menjadi satu kesatuan yang memiliki fungsi berbeda yaitu terdiri dari :

- Bagian yang tidak bergerak ( Static Part )
- Bagian yang bergerak ( Dinamis Part ).



- Gambar 2.5. Bagian-bagian pompa Sentrifugal P-4A

### 2.3.3 Prinsip Pengoperasian Pompa Centrifugal

Untuk dapat mengoperasikan pompa centrifugal dengan baik disamping perlu mengenal prinsip kerja dan komponen-komponen, juga diperlukan pengetahuan tentang kondisi-kondisi yang dapat mempengaruhi unjuk kerja pompa centrifugal. Salah satunya adalah hubungan antara kapasitas dengan head. Pada pengoperasian pompa dengan kapasitas yang rendah head yang dihasilkan tinggi, sedangkan pengoperasian pada kapasitas yang lebih besar menyebabkan head pompa menurun.

Sebelum menjalankan pompa ada beberapa hal yang perlu diperiksa seperti volume dan mutu lube oil, poros pompa harus mudah diputar dengan tangan, line pipa penunjang (air pendingin, flushing, steam quenching). Setelah itu isi line suction pompa dengan fluida yang akan dialirkan sampai penuh dan buka katup venting sedikit untuk membuang udara yang terjebak didalam casing /cavitasi kemudian tutup kembali setelah indikasi tersebut sudah tidak ada lagi.

### 2.3.4 Kelebihan dan Kelemahan Pompa Centrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai banyak kelebihan bila dibandingkan dengan pompa jenis lain, tetapi juga masih memiliki kekurangan.

#### • Kelebihan Pompa Centrifugal

- Kapasitas bisa lebih besar dan aliran kontinyu.
- Pada kapasitas yang sama dengan pompa jenis lain ukurannya lebih kecil, bobot lebih ringan, ruangan yang dipakai lebih kecil.
- Kontruksi lebih sederhana sehingga mudah perawatannya.
- Pada waktu operasi suara relatif tenang.
- Pompa dihubungkan langsung dengan penggerak sehingga tidak ada kerugian transmisi.

- **Kekurangan Pompa Centrifugal.**

- Dalam jenis tertentu dan operasi tertentu perlu pancingan (priming).
- Tidak bisa untuk kapasitas yang kecil dengan head yang tinggi.
- Kurang cocok digunakan pada cairan yang kental dan kotor.
- Head pompa terbatas sesuai dengan design pompa.

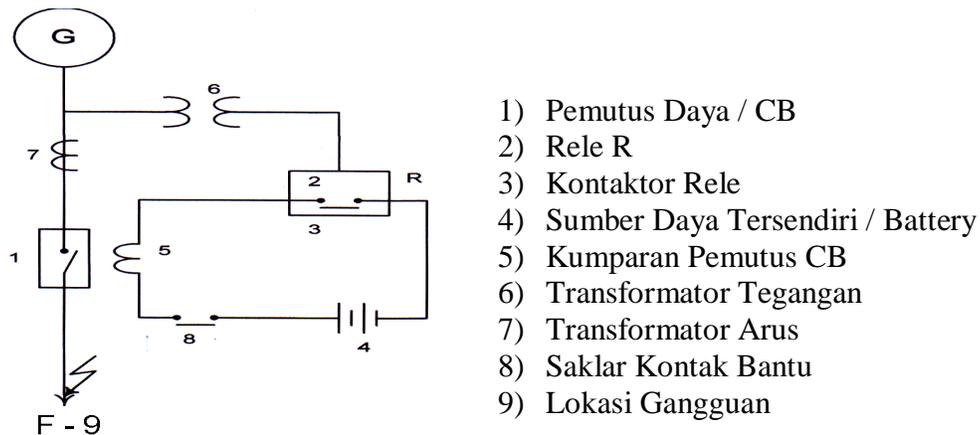
### **2.3.5 Gangguan yang sering terjadi pada motor FC-4A yaitu :**

- a. Gangguan arus lebih yang terdiri dari arus lebih hubung singkat dan arus beban lebih, gangguan ini disebabkan oleh beban lebih.
- b. Gangguan dari komponen mekanis motor, gangguan ini lebih bersifat kepada gangguan pada bearingnya, fan pendingin dan lain – lain, jika dibiarkan dalam waktu yang lama sangat berbahaya bagi motor tersebut.

## **2.4 Teori Umum Sistem Rele Proteksi**

Suatu upaya yang dilakukan untuk melindungi akibat-akibat gangguan yang terjadi pada peralatan sistem tenaga listrik yaitu dengan menggunakan sistem rele proteksi. Rele proteksi adalah alat untuk mendeteksi keadaan abnormal (gangguan) pada sistem tenaga listrik, yaitu dengan merasakan perubahan besaran-besaran listrik yang terjadi pada keadaan abnormal tersebut.

Besaran-besaran listrik dasar yang mungkin berubah jika terjadi gangguan adalah besaran - besaran tegangan, arus, frekuensi dan sudut fasa. Setelah mendeteksi adanya gangguan, rele proteksi secara otomatis akan menggerakkan peralatan pemutus daya (CB) atau peralatan pemberi tanda alarm, sehingga bagian yang terganggu itu dapat dipisahkan dari bagian - bagian sistem yang tidak terganggu.



**Gambar 2.6 Rangkaian Rele Sederhana**

Saat terjadi gangguan di F, rele proteksi R yang dipasang melalui sekunder transformator arus dan transformator tegangan bekerja menutup kontaktornya. Karena kontaktor rele ini terpasang seri dengan kumpanan pembuka CB, maka mengalir arus dari kutup positif batere ke negatif batere sehingga mengerjakan kumpanan pembuka CB. Setelah CB membuka, kontaktor saklar pembantu (8) yang terpasang seri dengan rangkaian pelepasan (*tripping*) akan turut membuka dan aliran arus pelepasan dari batere akan terputus. Kontaktor sakelar bantu ini berada pada pemutus daya yang bekerja berdasarkan mekanisme kerja pemutus daya. Jadi pemutus daya membuka, kontaktor sakelar bantu akan membuka dan jika pemutus daya menutup, kontaktor ini akan menutup pula.

#### 2.4.1 Syarat Dasar Rele Proteksi

Agar suatu rele proteksi dapat bekerja dengan baik dan efektif, maka haruslah memenuhi beberapa syarat dasar yaitu :

##### 1. Selektivitas

Selektivitas suatu rele proteksi adalah kemampuan dari sistem perlindungan untuk menentukan dimana gangguan terjadi dan memilih

pemutus daya terdekat mana yang akan bekerja dan mampu membebaskan sistem yang sehat dari gangguan dengan kerusakan yang sekecil mungkin.

## 2. Sensitivitas

Sistem rele proteksi ini harus peka terhadap segala gangguan baik gangguan berat maupun gangguan ringan, sehingga dapat bekerja dengan tepat atau memberikan reaksi bila terjadi perubahan dari keadaan normal ke keadaan gangguan.

## 3. Kecepatan kerja

Rele proteksi harus mampu memutuskan bagian yang terganggu secepat mungkin, sebab sistem yang berada dalam keadaan tidak normal / terganggu akan segera terisolir, sehingga tidak mengganggu atau mempengaruhi kestabilan sistem lain yang normal, artinya sistem rele proteksi adalah untuk mengisolir sebagian sistem yang mengalami gangguan secepat mungkin, dengan demikian beberapa hal penting dapat dicapai antara lain :

- Mempercepat tercapainya kembali keadaan stabilitas sistem keseluruhan
- Mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan pada peralatan listrik
- Mengurangi kemungkinan berkembangnya gangguan menjadi gangguan-gangguan lain yang lebih serius.
- Memungkinkan kecepatan penutupan kembali dari pemutus daya (*High speed Recloser*), sehingga dapat memperbaiki pelayanan.

## 4 Keandalan

Yang dimaksud dengan keandalan adalah bahwa sistem rele proteksi harus dapat diandalkan terhadap setiap jenis gangguan yang dapat membahayakan sistem secara keseluruhan. Jadi dalam perencanaan suatu sistem rele proteksi, selain memperhatikan kontinuitas sistem itu sendiri juga harus diperhatikan kondisi kerja sistem yang lain.

## 5. Faktor biaya

Dalam usaha mendapatkan perencanaan teknik rele yang baik, maka faktor biaya memainkan peranan penting. Untuk menggabungkan seluruh kebutuhan dasar dari suatu rele tersebut diatas diperlukan suatu kompromi sedemikian rupa sehingga, perencanaan rele menjadi ekonomis.

#### 2.4.2 Jenis-Jenis Relay Proteksi

No	Nama Relay	Fungsi Relay
1	Relay jarak (distance relay)	Untuk mendeteksi gangguan 2 fasa atau 3 fasa di muka generator sampai batas jangkauannya.
2	Relay periksa sinkron	Pengaman Bantu generator untuk mendeteksi persaratan sinkronisasi (parallel).
3	Relay tegangan kurang (under voltage relay)	Mendeteksi turunnya tegangan sampai dibawah harga yang di izinkan (relay ini bekerja apabila sebelum rele loss of field bekerja)
4	Relay daya balik (reverse power relay)	Untuk mendeteksi daya balik, sehingga mencegah generator bekerja sebagai motor.
5	Relay kehilangan medan penguat	Untuk mendeteksi kehilangan medanpenguat generator.
6	Relay fasa urutan negatif	Untuk mendeteksi arus urutan negatif yang disebabkan oleh beban tidak seimbang pada batas-batas yang tidak diizinkan
7	Relay arus lebih seketika (over current relay instanteneous)	Untuk mendeteksi besaran arus yang melebihi batas yang ditentukan dalam waktu seketika.
8	Relay arus lebih dengan waktu tunda (time over current relay)	Untuk mendeteksi besaran arus yang melebihi batas dalam waktu yang diizinkan.
9	Relay penguat lebih (over excitation relay)	Untuk mendeteksi penguat lebih pada generator.
10	Relay tegangan lebih	1. mendeteksi gangguan sta hubungan tanah. 2. bila terpasang pada terminal generator untuk mendeteksi tegangan lebih.

11	Relay keseimbangan tegangan (voltage balanced relay)	Untuk mendeteksi hilangnya tegangan dari trafo tegangan otomatis (AVR dan relay).
12	Relay waktu (time delay)	Untuk memperlambat waktu.
13	Relay stator gangguan tanah (stator ground fault relay)	Untuk mendeteksi kondisi a sinkron pada generator yang sudah paralel dengan sistem.
14	Relay kehilangan sinkronisasi (out of step relay)	Untuk mendeteksi kondisi a sinkron pada generator yang sudah paralel dengan sistem.
15	Relay pengunci (lock out relay)	Untuk menerima signal trip dari relay-relay proteksi dan kemudian meneruskan signal trip ke PMT, alarm dan peralatan lain serta mengunci.
16	Relay frekuensi (frekuensi relay)	Mendeteksi besaran frekuensi rendah/lebih di luar harga yang diizinkan.
17	Relay diferensial (diferensial relay)	Untuk mendeteksi gangguan hubungan singkat pada daerah yang diamankan.

Tabel 2.1. Jenis jenis Relay

## 2.5 Pengertian Thermal Over Load Relay

*Thermal Overload Relay* merupakan relay Over Load yang berfungsi sebagai proteksi atau pengaman terhadap beban lebih (*Over Load*). Dimana bahan bimetal atau dwi logam yang fungsinya untuk mengamankan beban atau arus lebih. Yang dimaksud beban lebih adalah beban yang melampaui batas peralatan maximal dan Thermal Over Load Relay merupakan peralatan yang bekerja terhadap pemanasan. Relay Over Load ini bergantung arus dan bekerja dengan waktu tanda (*Delay*) terhadap efek pemanasan dari arus yang mengalir melalui Relay.

Pengaturan Relay Over Load yaitu dengan mengatur setting arus relay sesuai dengan arus relatif motor dimana arus dapat diatur diantara daerah nilai terendah atau nilai tertinggi dari operasi motor berbeban.

Fungsi dari Thermal Overload Relay adalah sebagai alat pengaman beban lebih untuk pengamanan beban lebih terhadap motor pompa listrik di PT.

Pertamina RU III. Thermal Overload Relay banyak sekali digunakan untuk perlindungan motor arus DC dan Arus AC dari ukuran kecil sampai menengah. Alat ini bekerja terhadap bimetal dan bimetal ini akan melakukan pergerakan kontak mekanis pemutus rangkaian. Thermal Over Load relay selalu di kopel dengan kontaktor.

- Adapun jenis – jenis relay Over Load adalah :

1. Arus diatur (*Disetting*) sesuai dengan arus nominal motor sendiri.
2. Dimana arus setting merupakan batas arus trip atau jatuh.

- Karakteristik over load relay

Overload Relay mempunyai karakteristik sesuai dengan standar-standar kelistrikan, diantaranya IEEE, NEMA, IEC, dan lain lain. Penulis akan membahas sesuai standar IEC yang cukup banyak digunakan di Indonesia.

Misalnya suatu Overload Relay (TOR) tertulis IEC 947-4-1, Class 20 bernilai trip = 10 Ampere. Selang waktu trip digunakan agar TOR tidak trip bila sedang start maupun ketika ada beban kejut. Dengan berpedoman pada karakterstik tersebut, maka bisa didesain nilainya dengan memperhatikan arus start dan selang waktunya sehingga tidak trip serta nilai yang tepat untuk trip (sesuai dengan kemampuan motor listrik yang dikendalikan) jika terjadi overload sehingga jaringan listrik segera terputus dan motor listrik aman dari kerusakan/terbakar. Karakteristik motor harus diketahui karakteristik thermalnya berdasarkan informasi dari motor (name plate) tersebut. Dimana terdapat karakteristik dari over load relay sebagai berikut :

1. Terdapat konstruksi yang berhubungan langsung dengan terminal kontaktor magnet.
2. Full automatic function, Manual reset, dan memiliki pengaturan batas arus yang dikehendaki.

3. Tombol trip dan tombol reset trip, dan semua sekerup terminal berada di bagian depan. Indikator trip.
4. Mampu bekerja pada suhu  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau  $(-13\text{ }^{\circ}\text{F}$  hingga  $+131\text{ }^{\circ}\text{F})$ .
5. Thermal overload relay (TOR) mempunyai tingkat proteksi yang lebih efektif dan ekonomis, yaitu:
  - a. Pelindung beban lebih / Overload
  - b. Melindungi dari ketidak seimbangan fasa / Phase failure imbalance
  - c. Melindungi dari kerugian / kehilangan tegangan fasa / Phase Loss.

Untuk open (terbuka ), tiga kutub, Thermal Relay Overload yang bergantung pada arus dari nilai arus setting dan dari kondisi dingin awal (*Coal* ), Relay seharusnya tidak trip dalam dua jam. Jika arus dari nilai arus setting, maka relay trip dalam 2 jam.

Jika arus yang diambil oleh motor melebihi arus nominal motor maka motor akan panas. Arus yang besar ini bisa disebabkan karena motor pompa yang bisa menghisap air tetapi digunakan untuk menghisap lumpur yang menyebabkan arus atau beban bertambah untuk mensuplay perputaran poros yang berat material yang dipompakan adalah lumpur. Bila arus semakin bertambah besar suhu kawat akan naik dan melebihi pada suhu class kawat *spool* sehingga motor akan terbakar.

Untuk mengatasi hal ini perlu diberikan pengaman terhadap beban lebih ( *Overload* ) ini yaitu dengan jalan memasang relay *Overload*. *Relay Overload* ini bekerja berdasarkan efek panas dari arus yang melalui relay dan mempunyai

waktu delay (waktu tunda ) penting sekali untuk menyetting / mengatur relay *Overload* sehingga jika pompa mengalami *Over Loading* maka akan terjadi *Trip* sehingga pompa diamankan dari bahaya terbakar / panas. Pengaturan / penyettingan *Relay Overload* yaitu sama dengan arus nominal motor.

- Dimana Persamaan untuk menghitung besar  $I_n$  (arus nominal) adalah sebagai berikut :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

V = Tegangan

P = Daya

$I_n$  = Arus nominal

R = Tahanan

- Untuk menghitung arus kerja primer (*I pick up*) proteksi tersebut maka dapat digunakan persamaan :

$$I_{pick\ up} = \frac{K \cdot I_n}{N_{ct}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$I_{pick\ up}$  = Arus kerja primer proteksi tersebut / *primary pick up*

K = Konstanta pada *overload relay*

$I_n$  = Arus nominal

$N_{ct}$  = Ratio CT

- Maka untuk menghitung besarnya arus setting pengaman motor adalah :

$$I_{setting\ relay} = I_{pick\ up} \times Nct \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$I_{set}$  = Tegangan

$I_{pick\ up}$  = Arus kerja primer proteksi tersebut / *primary pick up*

$Nct$  = Arus nominal

## 2.6 Daya motor induksi

Daya pada motor listrik dapat dihitung menggunakan perhitungan perfasa maupun tiga fasa dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{1\phi} = V_p \cdot I_p \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.4)$$

Atau

$$P_{3\phi} = 3 \cdot P_{1\phi} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$P_{3\phi} = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.6)$$

Harga tegangan fasa ( $V_p$ ) adalah :

$$V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

$P_{1\phi}$  = Daya aktif satu fasa (W)

$P_{3\phi}$  = Daya aktif tiga fasa (W)

$V_L$  = Tegangan line - line (V)

$V_p$  = Tegangan Perfasa (V)

$I$  = Arus (A)

$\cos \theta$  = Faktor daya

$$P_m = W_v \times \frac{100}{\eta} (W) = 9.8 W_v \times 10^{-3} \frac{100}{\eta} (KW) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$$P = 9.8 W_v (W)$$

$$\eta = \text{Efisiensi}$$

Sehingga daya listrik mekanik pada pompa dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$P_{\text{mekanik}} = P \cdot Q \cdot V^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Debit aliran pada pompa adalah luas penampang pipa yang digunakan dikali dengan kecepatan aliran cairan yang dipompakan pada pipa tersebut dan secara teoritis dirumuskan dengan :

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit cairan (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Luas penampang pipa (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan aliran cairan (m/s)}$$