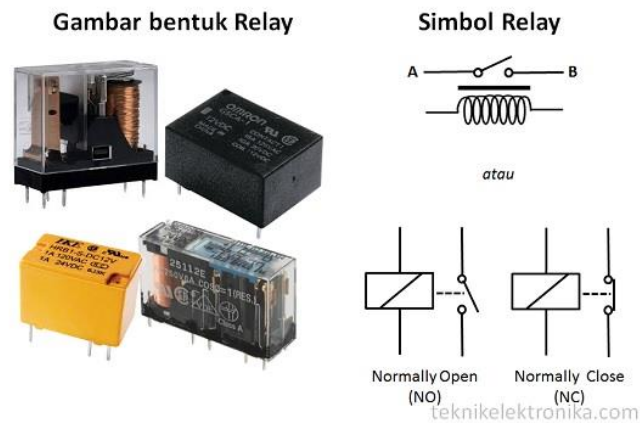


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Relay

Relay adalah saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

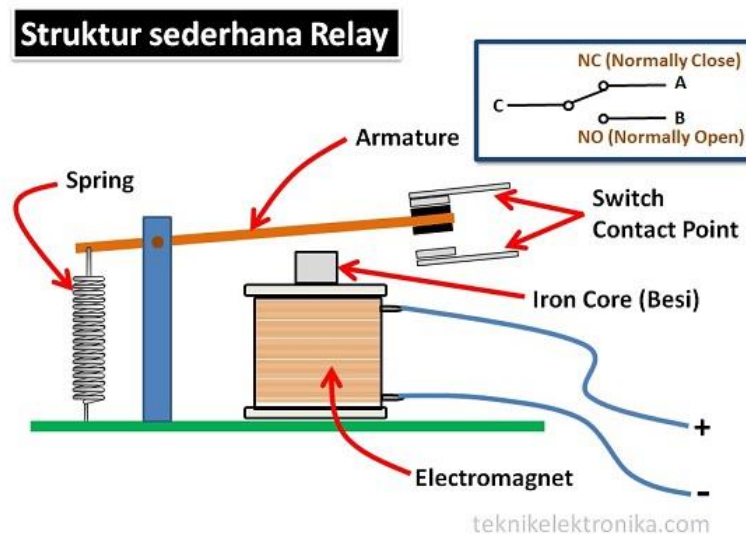


Gambar 2.1 Bentuk dan Simbol Relay

2.1.1 Prinsip kerja relay

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Electromagnet (Coil)
2. Armature
3. Switch Contact Point (Saklar)
4. Spring



Gambar 2.2 Struktur Sederhana Relay

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (Iron Core) yang dililit oleh sebuah kumparan Coil yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

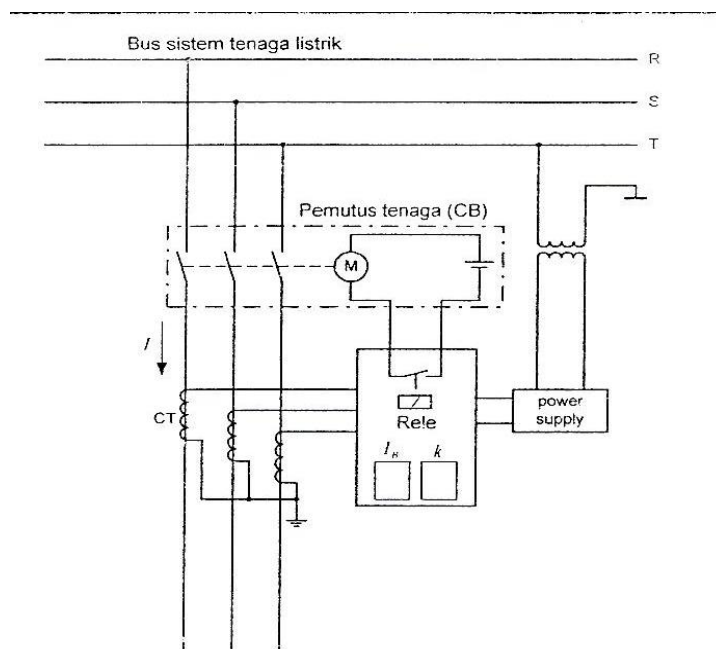


2.1.2 Relay arus lebih

Relay arus lebih adalah suatu relay yang lebih yang bekerja berdasarkan kenaikan besaran arus yang melebihi suatu nilai pengamanan tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai pola pengaman arus lebih atau hubung singkat.¹

Keuntungan dan fungsi rele arus lebih adalah:

1. Sederhana dan murah
2. Mudah dalam penyetelannya
3. Merupakan rele pengaman utama dan cadangan
4. Mengamankan gangguan hubung singkat antara fasa maupun hubung singkat satu fasa ke tanah dan dalam beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih (overload)
5. Pengaman utama pada jaringan distribusi dan sub transmisi radial
6. Pengaman cadangan untuk generator, trafo tenaga dan saluran transmisi



Gambar 2.3 Rangkaian Pengawatan Rele Arus Lebih

¹ Ir H. Samulah Hazairin, M.Eng., Ph.D., 2004, dasar-dasar sistem proteksi tenaga listrik, Palembang, Penerbit Unsri

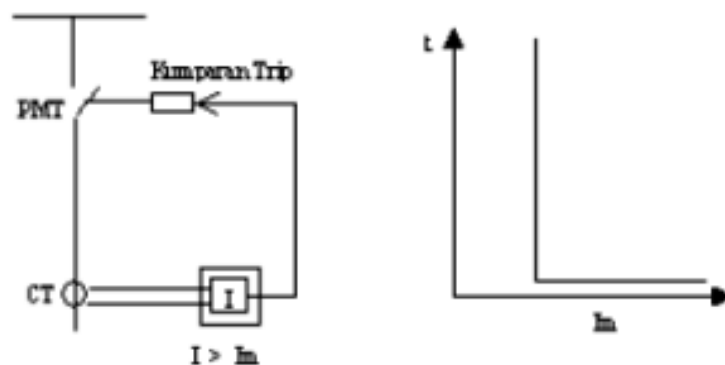


Dalam hubungannya dengan kecepatan sensitifitas dari relay ada beberapa karakteristik relay tersebut, yaitu :

1. Rele arus lebih waktu seketika (instantaneous relay)
2. Rele arus lebih waktu tertentu (definite time relay)
3. Rele arus lebih waktu terbalik (inverse time relay)

1. Rele arus lebih waktu seketika (Instantaneous Relay)

Rele arus lebih waktu seketika ialah rele yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, rele akan bekerja dalam beberapa mili detik (10-20 ms). Rele ini jarang berdiri sendiri tetapi umumnya dikombinasikan dengan rele arus lebih dengan karakteristik yang lain.



Gambar 2.4 Karakteristik Rele Waktu Seketika

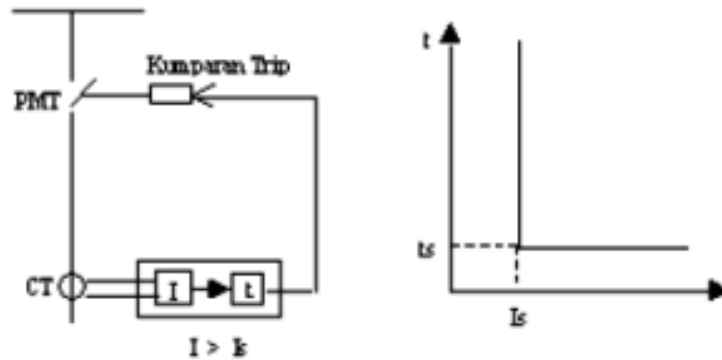
2. Rele arus lebih waktu tertentu (Definite Time Relay)

Rele arus lebih waktu tertentu akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja rele mulai pick up sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan rele. Karakteristik rele ini adalah:

- Koordinasi mudah, hanya dengan peningkatan waktu.
- Tidak terpengaruh dengan kapasitas pembangkit.



Semakin dekat ke sumber waktu kerja akan semakin panjang.



Gambar 2.5 Karakteristik Rele Waktu Definite

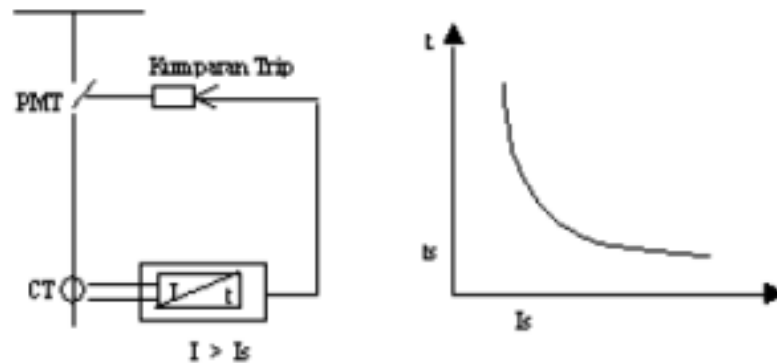
3. Rele arus lebih waktu terbalik (Inverse Time Relay)

Rele arus lebih waktu terbalik akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktunya. Keuntungan dan kerugian karakteristik rele ini adalah:

1. Perlu perhitungan yang teliti terutama untuk kapasitas pembangkit yang berubah-ubah.
2. Sebagai pengaman banyak saluran, *inverse time* dapat menekan akumulasi waktu yang dapat memberikan pengaman yang cepat baik diujung maupun di dekat sumber.
3. Sensitif terhadap perubahan pembangkit.

Karakteristik ini bermacam-macam, setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu:

1. *Standard Inverse*
2. *Very Inverse*
3. *Extremely Inverse*



Gambar 2.6 Karakteristik Rele Waktu Inverse

2.1.3 Setting arus dan waktu pemutusan rele

Menurut Arthur (1996), pengaturan / penyettingan rele beban lebih yaitu sama dengan arus nominal motor, dimana persamaan untuk menghitung besar I_n (arus nominal) menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana

V = tegangan

P = Daya

I_n = Arus nominal

Sedangkan untuk menghitung arus kerja rele tersebut maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_s = \frac{Kfk \times I_n}{Nct} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

I_s = Arus Penyetelan

Kfk = Faktor Keamanan

I_n = Arus Nominal

Nct= Ratio CT



Sedangkan untuk menghitung percepatan waktu pemutusan pada pompa pada saat terjadi gangguan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

Untuk menghitung overload digunakan persamaan

$$I_n \times 125\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Dan untuk menghitung arus kerja atau arus start maka digunakan persamaan

$$I_{start} = 1/3 (6 \times I_n) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

125% = Trip Current

I_n = Arus Nominal

Untuk menghitung waktu pemutusan menggunakan persamaan seperti dibawah ini

$$t = \frac{0,14 \text{ tms}}{[\frac{I_f}{I_s}]^{0,02} - 1} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

T = penyetelan waktu pemutusan

I_s = arus setting

I_f = arus gangguan

T_{ms} = penyetelan waktu di rele

2.2 Pompa

2.2.1 Pengertian pompa

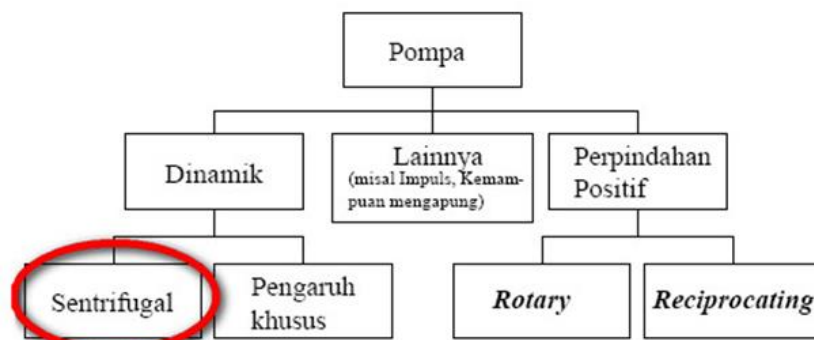
Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek. Klasifikasi pompa secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu pompa kerja positif (positive displacement pump) dan pompa kerja dinamis (non positive displacement pump).



Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing. Gaya sentrifugal ialah sebuah gaya yang timbul akibat adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar).

Pompa sulzer ini, adalah pompa sentrifugal yang menggunakan motor listrik induksi sebagai penggerak utamanya (primer mover), dilengkapi dengan pemancangan otomatis (Automatic Self Priming). Pengaturan operasi pompa dilakukan oleh computer kecil (PLC/Programmable Logic Computer)².

2.2.2 Jenis-jenis pompa

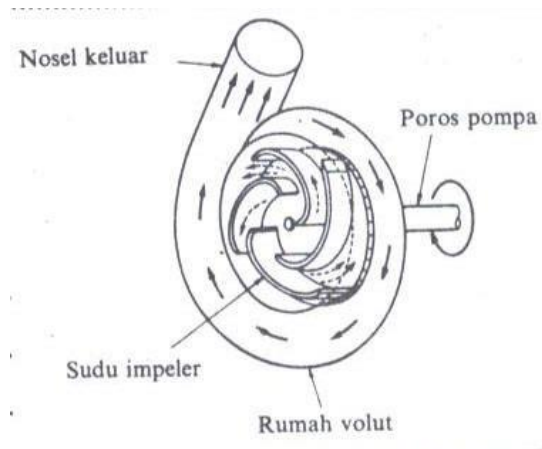


Gambar 2.7 Jenis-Jenis Pompa

2.2.3 Prinsip kerja pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal seperti diperlihatkan dalam Gambar 30, mempunyai sebuah *impeller* (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih tinggi.

² Sularso, Ir and Tahara Haruo, 1987, *Pompa dan Kompresor*, Jakarta: Penerbit



Gambar 2.8 . Bagian Aliran Fluida Didalam Pompa Sentrifugal

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* didalam zat cair. Maka zat cair yang berada didalam *impeller*, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah *impeller* keluar melalui saluran sudu-sudu. Disini *head* tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari *impeller* ditampung oleh saluran berbentuk *volut* (spiral) dikelilingi *impeller* dan disalurkan keluar pompa melalui *nosel*. Didalam *nosel* ini sebagian *head* kecepatan aliran dirubah menjadi *head* tekanan.

Jadi, *impeller* pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi persatuan berat atau *head* total zat cair antara *flens* hisap dan *flens* keluar pompa tersebut *head* total pompa. Dari uraian diatas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan pertambahan *head* tekanan, *head* kecepatan dan *head* potensial pada zat yang mengalir secara kontinyu.

Pada keliling luar kipas, zat cair mengalir dalam rumah pompa dengan tekanan dan kecepatan tertentu. Dalam rumah pompa ini zat cair disalurkan sedemikian rupa, sehingga terdapat perubahan kecepatan ke dalam tekanan yang sempurna. Oleh karena ini, kolom zat cair dalam saluran pompa



digerakkan. Zat cair ini bergerak dalam aliran yang tak terputus-putus dari saluran isap melalui pompa ke saluran kempa.

2.2.4 Klasifikasi pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain:

a. Kapasitas :

1. Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$
2. Kapasitas menengah : $20\text{-}60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
3. Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$

b. Tekanan *Discharge* :

1. Tekanan Rendah : $< 5 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
2. Tekanan menengah : $5 - 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
3. Tekanan tinggi : $> 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$

c. Jumlah / susunan impeller dan tingkat :

1. *Single stage* : Terdiri dari satu *impeller* dan satu *casing*.
2. *Multi stage* : Terdiri dari beberapa *impeller* yang tersusun seri dalam satu *casing*.
3. *Multi Impeller* : Terdiri dari beberapa *impeller* yang tersusun paralel dalam satu *casing*.
4. *Multi Impeller - Multi stage* : Kombinasi multi *impeller* dan multi *stage*.

d. Posisi poros :

1. Poros tegak
2. Poros mendatar

e. Jumlah *suction* :

1. *Single Suction*
2. *Double Suction*

f. Arah aliran keluar *impeller* :

1. *Radial flow*
2. *Axial flow*



3. *Mixed flow*³

2.2.5 Sistem proteksi pompa sentrifugal

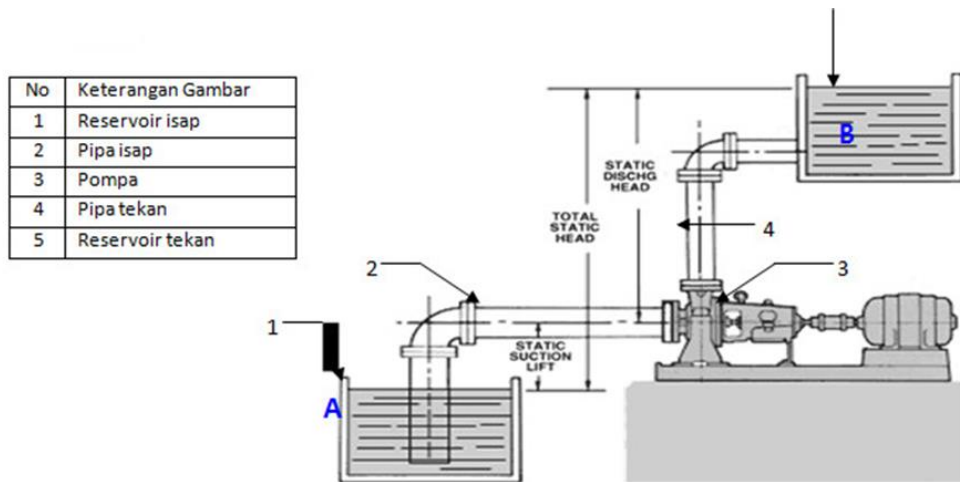
Agar pompa dapat beroperasi dengan baik, terdapat prosedur proteksi standar yang diterapkan pada pompa sentrifugal. Beberapa standar minimum paling tidak terdiri dari:

1. Proteksi terhadap aliran balik. Aliran keluaran pompa dilengkapi dengan check valve yang membuat aliran hanya bisa berjalan satu arah, searah dengan arah aliran keluaran pompa.
2. Proteksi terhadap overload. Beberapa alat seperti pressure switch low, flow switch high, dan overload relay pada motor pompa dipasang pada sistem pompa untuk menghindari overload.
3. Proteksi terhadap vibrasi. Vibrasi yang berlebihan akan mengganggu kinerja dan berkemungkinan merusak pompa. Beberapa alat yang ditambahkan untuk menghindari vibrasi berlebihan ialah vibration switch dan vibration monitor.
4. Proteksi terhadap minimum flow. Peralatan seperti pressure switch high (PSH), flow switch low (FSL), dan return line yang dilengkapi dengan control valve dipasang pada sistem pompa untuk melindungi pompa dari kerusakan akibat tidak terpenuhinya minimum flow.
5. Proteksi terhadap low NPSH available. Apabila pompa tidak memiliki NPSHa yang cukup, aliran keluaran pompa tidak akan mengalir dan fluida terakumulasi dalam pompa. Beberapa peralatan safety yang ditambahkan pada sistem pompa ialah level switch low (LSL) dan pressure switch low (PSL).

³ H.Crurch Austin, diterjemahkan oleh Ir. Zulkifli Harahap, 1986, Pompa and Blower Sentrifugal. Jakarta : Erlangga



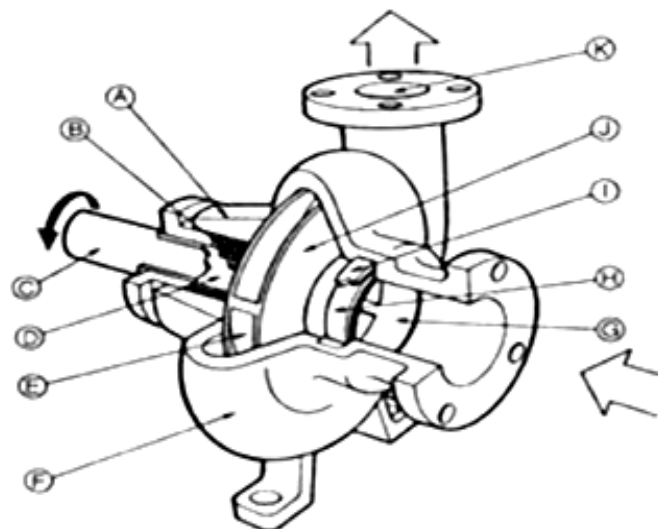
2.2.6 Skema instalasi pompa sentrifugal



Gambar 2.9. Skema Instalasi Pompa

2.2.7 Bagian-bagian pompa sentrifugal

Secara umum bagian-bagian utama pompa sentrifugal dapat dilihat seperti gambar berikut:



Gambar 2.10 Bagian-Bagian Utama Pompa Sentrifugal



Keterangan :

- A. Stuffing Box
- B. Packing
- C. Shaft
- D. Shaft Sleeve
- E. Vane
- F. Casing
- G. Eye Of Impeller
- H. Impeller
- I. Casing Wear Ring
- J. Bearing
- K. Discharge Nozzle

- 1 **Stuffing box**: berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus casing.
- 2 **Packing**: berfungsi untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon.
- 3 **Shaft**
(**poros**): berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeller* dan bagian-bagian berputar lainnya.
- 4 **Shaft sleeve**: berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*. Pada pompa *multi stage* dapat sebagai *leakage joint*, *internal bearing* dan *interstage* atau *distance sleever*.
- 5 **Vane**: Sudu dari *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan pada *impeller*.
- 6 **Casing**: Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffusor* (guide vane), *inlet* dan *outlet nozzle* serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (single stage).
- 7 **Eye of impeller**: Bagian sisi masuk pada arah isap *impeller*.



- 8 **Impeller:** berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.
- 9 **Wearing ring:** berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan *impeller*.
- 10 **Bearing (bantalan):** berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban *radial* maupun beban *axial*. *Bearing* juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.
- 11 **Discharge nozzle** adalah bagian dari pompa yang berfungsi sebagai tempat keluarnya fluida hasil pemompaan.⁴

2.2.8 Keunggulan dan kelemahan pompa sentrifugal

Pada beberapa kasus pemanfaatan pompa sentrifugal, pompa ini memberikan efisiensi yang lebih baik dibandingkan pompa jenis displacement. Hal ini dikarenakan pompa ini memiliki keunggulan yang lebih menonjol dari pompa lainnya.

Keunggulan-keunggulan tersebut diantaranya :

1. Prinsip kerjanya sederhana.
2. Mempunyai banyak jenis.
3. Konstruksinya kuat dan sederhana.
4. Tersedia berbagai jenis pilihan kapasitas output debit air.
5. Poros motor penggerak dapat langsung disambungkan ke pompa.
6. Pada umumnya untuk volume yang sama dengan pompa displacement, harga pembelian pompa sentrifugal lebih rendah.
7. Dapat memompa air kotor sebab tidak mempunyai katup.

⁴ Centrifugal Pump, Installation, Operating, Repair and Maintenance, Japan: Tokyo, Engineering Corporation.



8. Lebih sedikit memerlukan tempat.
9. Jumlah putaran tinggi, sehingga memberi kemungkinan untuk pergerakan langsung oleh sebuah elektromotor atau turbin.
10. Getaran yang terjadi pada saat pengoperasian lebih kecil atau jalannya tenang, sehingga pondasi dapat dibuat ringan.
11. Bila konstruksinya disesuaikan, memberi kemungkinan untuk mengerjakan zat cair yang mengandung kotoran.
12. Jumlah aliran yang dihasilkan merata dan bertekanan konstan pada saat beroperasi.

Namun disamping memiliki keunggulan, pompa sentrifugal ini juga tidak luput dari kelemahan. Adapun kelemahan dari pompa sentrifugal adalah :

1. Dalam keadaan normal pompa sentrifugal tidak dapat menghisap sendiri (tidak dapat memompakan udara).
2. Kurang cocok untuk mengerjakan zat cair kental, terutama pada aliran volume yang kecil.

2.3 Kabel

Kabel Listrik yang dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Cable* adalah media untuk menghantarkan arus listrik yang terdiri dari Konduktor dan Isolator. Konduktor atau bahan penghantar listrik yang biasanya digunakan oleh Kabel Listrik adalah bahan Tembaga dan juga yang berbahan Aluminium meskipun ada juga yang menggunakan Silver (perak) dan emas sebagai bahan konduktornya namun bahan-bahan tersebut jarang digunakan karena harganya yang sangat mahal. Sedangkan Isolator atau bahan yang tidak/sulit menghantarkan arus listrik yang digunakan oleh Kabel Listrik adalah bahan *Thermoplastik* dan *Thermosetting* yaitu *polymer* (plastik dan rubber/karet) yang dibentuk dengan satu kali atau beberapa kali pemanasan dan pendinginan.⁵

⁵ Surismanto, M Haiban Agus S. 2018, Instalasi Tenaga Listrik, Klaten, penerbit Saka Mitra Kompetensi



Kabel Listrik pada dasarnya merupakan sejumlah Wire (kawat) terisolator yang diikat bersama dan membentuk jalur transmisi multikonduktor. Dalam pemilihan kabel listrik, kita perlu memperhatikan beberapa faktor penting yaitu warna kabel listrik, label informasi dan aplikasinya. Informasi yang tercetak di kabel listrik merupakan informasi-informasi penting tentang kabel listrik yang bersangkutan sehingga kita dapat menyesuaikan kabel listrik tersebut dengan penggunaan kita. Informasi-informasi penting yang tercetak di kabel listrik tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

- **Ukuran kabel (Cable size)**, yaitu ukuran pada setiap individu wire yang terikat bersama pada kabel yang bersangkutan. Berdasarkan ukuran *American Wire Gauge* (AWG), Ukuran yang tercetak tersebut diantaranya seperti 8, 10, 12, 14, 16 dan lain-lainnya yang masing-masing angka tersebut mewakili diameter wire pada kabelnya. Makin besar angka tersebut makin kecil ukuran wire kabelnya. Sedangkan di Indonesia, kita biasanya menggunakan satuan mm² seperti 1.5mm², 2.5mm², 4mm², 6 mm² dan seterusnya.
- **Tegangan nominal**, yaitu tegangan operasional wire kabel yang bersangkutan seperti 450/750V yang artinya tegangan nominalnya adalah sekitar 450V hingga 750V.
- **Kode bahan dan jumlah wire dalam kabel**, beberapa kode kabel yang sering kita jumpai diantaranya seperti NYA, NYAF, NGA, NYM, NYMHY, NYY, NYYHY dan lain-lainnya. Dari kode tersebut kita dapat mengetahui Bahan Konduktor dan Bahan Isolator yang digunakan serta jumlah wire konduktornya tunggal atau serabut (lebih dari satu).

2.3.1 Jenis-jenis kabel

- a. **Kabel berpasangan (Paired Cable)**, yaitu kabel yang terbuat dari dua konduktor yang diisolasi secara individual. Kabel Berpasangan atau Paired Cable ini sering digunakan untuk arus listrik DC dan arus listrik AC yang berfrekuensi rendah.



- b. **Kabel twin lead**, yaitu kabel yang terdiri dari dua konduktor dengan bentuk yang mirip dengan pita. Kabel Twin Lead ini biasanya digunakan sebagai media transmisi yang menghubungkan Antena dengan Receiver (perangkat penerima sinyal) seperti Radio ataupun Televisi. Kabel Twin Lead ini sering disebut juga dengan kabel 300Ω karena impedansinya adalah 300Ω .
3. **Kabel shielded twin lead**, kabel jenis ini mirip dengan kabel berpasangan atau paired cable, namun pada bagian dalam kabel dikelilingi oleh lapisan logam tipis yang terhubung ke wire konduktor ground. Lapisan logam tipis ini berfungsi untuk melindungi kabel dari medan magnet atau untuk menghindari gangguan lainnya yang berpotensi menyebabkan sinyal Noise pada kabel yang bersangkutan.
4. **Kabel multi konduktor (Multiple Conductor Cable)**, yaitu kabel yang terdiri dari sejumlah konduktor dengan bungkusan Isolator secara individual yang warna-warni. Kabel jenis ini biasanya digunakan di perangkat listrik rumah tangga ataupun instalasi listrik rumah.
5. **Kabel koaksial (Coaxial Cable)**, yaitu kabel yang digunakan untuk menghantarkan sinyal frekuensi tinggi. Kabel Koaksial memiliki dua konduktor yang mana satu konduktor berada di rongga luar mengelilingi satu konduktor tunggal yang dipisahkan oleh bahan Isolator. Kabel jenis ini memiliki impedansi transmisi yang konstan serta tidak menghasilkan medan magnet sehingga cocok untuk mentransmisikan sinyal frekuensi tinggi.
6. **Kabel pita (Ribbon)**, kabel jenis ini sering disebut juga dengan Kabel Pelangi dan biasanya digunakan pada aplikasi atau rangkaian elektronik yang memerlukan banyak kawat konduktor sebagai penghubung. Kabel Pita atau Ribbon yang memiliki fleksibilitas tinggi ini umumnya digunakan pada rangkaian yang memerlukan tegangan rendah terutama pada rangkaian sistem digital.



7. **Kabel serat optik (Fiber optic Cable)**, yaitu kabel yang terbuat dari serat kaca atau plastik halus yang dapat mentransmisikan sinyal cahaya dari satu tempat ke tempat lainnya. Sumber cahayanya dapat berupa sinar Laser ataupun sinar LED. Diameter kabel serat optik sekitar 120 mikrometer.
8. **Kabel pasangan berpilin (Twisted pair cable)**, Twisted pair Cable pada dasarnya merupakan sepasang kabel tembaga yang diputar bersama-sama berbentuk spiral dan dibungkus dengan lapisan plastik. Twisted Pair Cable ini pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu Kabel UTP (unshielded Twisted Pair) dan STP (Shielded Twisted Pair). Diameter Twisted Pair sekitar 0,4mm hingga 0,8mm.



Gambar 2.11 jenis-jenis kabel

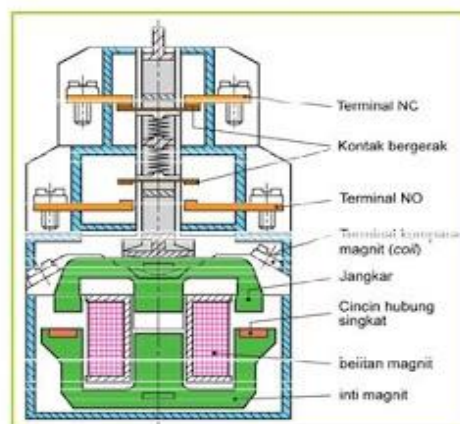
2.4 Kontaktor

Kontaktor merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik AC. Kontaktor atau sering juga disebut dengan istilah relay contactor dapat kita temui pada panel kontrol listrik. Pada panel listrik kontaktor sering digunakan sebagai selektor atau saklar transfer dan interlock pada sistem ATS. Berikut adalah bentuk kontaktor yang dapat kita temui.



Gambar 2.12 Kontaktor

Prinsip kerja kontaktor sama seperti relay, dalam kontaktor terdapat beberapa saklar yang dikendalikan secara elektromagnetik. Pada suatu kontaktor terdapat beberapa saklar dengan jenis NO (Normaly Open) dan NC (Normaly Close) dan sebuah kumparan atau coil elektromagnetik untuk mengendalikan saklar tersebut. Apabila coil elektromagnetik kontaktor diberikan sumber tegangan listrik AC maka saklar pada kontaktor akan terhubung, atau berubah kondisinya, yang semula OFF menjadi ON dan sebaliknya yang awalnya ON menjadi OFF. Untuk memahami prinsip kerja kontaktor dapat dilihat dari gambar skema kontaktor berikut.



Gambar 2.13 Skema Kontaktor



Kontak	Notasi		Jenis Kontak	Penggunaan
	Huruf	Angka		
Utama	L ₁ L ₂ L ₃	1 3 5	NO	Ke Jala-jala
	R S T			
	U V W	2 4 6	NO	Ke Motor
Bantu	-	13 14	NO	Pengunci
		19 20	NO	Fungsi Lain
		31 32		
		Dsb		
		21 22		
		41 42	NC	Pengaman dan Fungsi lain
Kumparan Magnet (COIL)		Notasi Huruf		a - b A ₁ - A ₂

Gambar 2.14 Skema Angka Kontaktor

2.4.1 Jenis-jenis kontaktor

Kontaktor yang beredar dipasaran pada umumnya dibedakan berdasarkan kemampuannya dalam mengontrol tegangan listrik AC. Di pasaran kontaktor dibedakan menjadi 2 tipe yaitu :

- Kontaktor 1 phasa
- Kontaktor 3 phasa

kontaktor 1 phasa digunakan untuk mengontrol arus listrik AC 1 phase, sedangkan kontaktor 3 phasa digunakan untuk mengontrol aliran listrik AC 3 phasa. Pada kontaktor 1 phasa minimal terdapat 2 saklar utama, sedangkan pada kontaktor 3 phasa minimal terdiri dari 3 saklar utama. Agar lebih jelas, silahkan perhatikan tabel berikut.

Tabel 2.1 Tipe-tipe kontaktor

Type	ZSS-K10	ZSS-K11	ZSS-K12	ZSS-K18	ZSS-K20	ZSS-K21	ZSS-K25	ZSS-K35	ZSS-K50	ZSS-K65	ZSS-K85	ZSS-K95
Rated operating current in 220V(A)	11	13	13	18	22	22	30	40	55	65	85	105
Rated operating current in 380V(A)	9	12	12	16	22	22	30	40	50	62	85	105



Rated operating current in 660V(A)	5	7	7	9	9	9	12	17	26	35	52	65	
Controlled motor power under ac-3(KW)	at 220V	2.2	3	3	4	5.5	5.5	8.5	12	17	19	24	30
	at 380V	3.3	4	4	6	10	10	14	20	25	32	40	55
	at 660V	3.3	4.5	4.5	5.5	10	10	14	20	30	40	50	60
Coil consumption at rated coil voltage	3.3	3.5	3.5	3.5	5.3	5.3	5.3	5.3	2.8	2.8	2.8	2.8	
Rated frequency of operation Ops/hr	1800									1200			
Electric life under AC-3	1X10 ⁶												

Aplikasi kontaktor

Kontaktor dapat kita temui dalam beberapa aplikasi berikut.

- Kontrol Lighting, pada sistem lighting daya besar seperti yang digunakan pada konser music atau sistem penerangan stadion olah raga dengan lampu daya besar selalu menggunakan kontaktor sebagai komponen penghubung atau pemutus arus listrik ke lampu lighting tersebut.
- Kontrol motor listrik, motor listrik 3 phase daya besar seperti yang digunakan dalam dunia industri membutuhkan kontaktor sebagai komponen penghubung atau pemutus arus listrik ke motor tersebut. Fungsi kontaktor sebagai kontrol pada motor listrik ini sering disebut dengan istilah magnetic starter.
- Transfer switch, transfer switch merupakan sistem pada ATS. Bagian ini selalu menggunakan kontaktor karena diperlukan kapasitas kontrol daya besar dan kecepatan transfer yang cepat yang dimiliki kontaktor.
- Pada penanganan arus besar atau tegangan tinggi, sulit untuk membangun alat manual yang cocok. Lebih dari itu, alat seperti itu besar dan sulit mengoperasikannya. Sebaliknya, akan relatif sederhana untuk membangun kontaktor magnetis yang akan menangani arus yang besar atau tegangan



yang tinggi, dan alat manual harus mengontrol hanya kumparan dari kontaktor.

- Kontaktor memungkinkan operasi majemuk dilaksanakan dari satu operator (satu lokasi) dan diinterlocked untuk mencegah kesalahan dan bahaya operasi.
- Pengoperasian yang harus diulang beberapa kali dalam satu jam, dapat digunakan kontaktor untuk menghemat usaha. Operator secara sederhana harus menekan tombol dan kontaktor akan memulai urutan event yang benar secara otomatis.
- Kontaktor dapat dikontrol secara otomatis dengan alat pilot atau sensor yang sangat peka.⁶
- Tegangan yang tinggi dapat diatasi oleh kontaktor dan menjauhkan seluruhnya dari operator, sehingga meningkatkan keselamatan / keamanan instalasi.⁷
- Dengan menggunakan kontaktor peralatan kontrol dapat dipasangkan pada titik-titik yang jauh. Satu-satunya ruang yang diperlukan dekat mesin adalah ruangan untuk tombol tekan.
- Dengan kontaktor, kontrol otomatis dan semi otomatis mungkin dilakukan dengan peralatan seperti kontrol logika yang dapat diprogram seperti Programmable Logic Controller (PLC).

2.5 Sistem Proteksi

Proteksi berfungsi Mengurangi risiko yang ditimbulkan ke level yang aman dengan menghilangkan gangguan atau abnormalitas sistem sesegera mungkin dan meminimalkan pemutusan operasi pada sistem listrik.

2.5.1 Karakteristik sistem proteksi

⁶ SMK Muhammadiyah 6, 2011. Kontaktor Magnetik.



Beberapa karakteristik yang harus dimiliki oleh sebuah sistem proteksi yang baik dan handal antara lain:

1. Reliabilitas (Reliability)

Relai dapat beroperasi seketika diperlukan dan tidak beroperasi jika tidak diperlukan. Reliabilitas terbagi atas 2 karakteristik:

- Dependabilitas: Kemampuan beroperasi sesuai kebutuhan (tidak gagal beroperasi jika terjadi gangguan).
- Security: Tetap dalam kondisi tidak beroperasi ketika tidak ada gangguan yang terkait dengan sistem yang diproteksi (tidak salah kerja).

2. Selectivitas (Selectivity)

Kemampuan mengisolasi bagian sistem yang mengalami gangguan, yang tidak mengalami gangguan tetap beroperasi. Mekanisme ini dicapai dengan pengaturan daerah proteksi (zona proteksi).

3. Kecepatan operasi (Speed of Operation)

Relai harus beroperasi secepat mungkin sehingga:

- Waktu penghilangan gangguan (fault clearance time) tidak berlebihan.
- Kerusakan peralatan sistem (akibat pemanasan berlebih/efek thermal gangguan) dapat dihindari.
- Resiko penurunan tegangan dikurangi
- Risiko keselamatan berkurang
- Ketidakstabilan sistem berkurang.

4. Fleksibel (Flexibility)

Kemampuan untuk mengakomodasi kondisi sistem yang berbeda dan kemungkinan perluasan sistem yang ada.

5. Sensitivitas (Sensitivity)

Sistem pengaman harus peka dan mampu beroperasi pada kondisi gangguan minimum sekalipun.

6. Diskriminasi (Discrimination)



Relai mampu membedakan kondisi operasi ketika gangguan minimal pada daerah proteksinya dan tidak beroperasi ketika pembebanan maksimum dan gangguan diluar daerahnya.

2.5.2 Peralatan proteksi rangkaian listrik

a. Relai

Relai adalah alat yang memproteksi sistem tenaga listrik dengan cara mendeteksi gangguan yang terjadi pada saluran, jika terjadi gangguan maka relai akan memberikan suplay daya kepada rangkaian proteksi untuk memutuskan arus yang menyebabkan gangguan tersebut.

b. Circuit Breaker (CB)

Circuit breaker merupakan perangkat pengaman arus lebih yang bekerja membuka dan memutus rangkaian secara non-otomatis dan memutus rangkaian secara otomatis ketika arus yang mengalir dirangkaian melebihi rating arus yang telah ditentukan tanpa menimbulkan kerusakan pada peralatan (CB dan rangkaian) pada saat terjadi gangguan.

c. Fuse (Pelebur)

Fuse adalah alat yang memproteksi sistem tenaga listrik dengan cara mendeteksi gangguan yang terjadi pada saluran berdasarkan seting nilai tertentu, jika terjadi gangguan yang melewati batas seting yang ditentukan maka fuse akan secara langsung memutuskan arus yang menyebabkan gangguan tersebut dengan mekanisme meleburnya elemen fuse yang menghubungkan sistem tersebut.

2.5.3 Konsep dasar sistem proteksi

Kehandalan suatu sistem listrik antara lain ditentukan oleh frekuensi pemadaman yang terjadi dalam sistem tersebut. Semakin sering frekuensi pemadaman dan semakin lama waktu pemadaman, semakin rendah tingkat kehandalan sistem tersebut. Pemadaman yang terjadi pada sistem listrik biasanya disebabkan oleh gangguan, sehingga untuk mengatasi gangguan dan meningkatkan kehandalan sistem diperlukan sebuah mekanisme yang dapat menghindari frekuensi pemadaman yang terlalu sering dalam jangka waktu yang lama.



Mekanisme ini dalam sistem kelistrikan dikenal dengan istilah sistem proteksi (pengaman sistem).

2.5.4 Fungsi sistem proteksi

Proteksi berfungsi Mengurangi risiko yang ditimbulkan ke level yang aman dengan menghilangkan gangguan atau abnormalitas sistem sesegera mungkin dan meminimalkan pemutusan operasi pada sistem listrik.⁸

⁷ Pusdiklat. 2009. Materi 2: Dasar – Dasar Sistem Proteksi Tegangan Tinggi. PT. PLN (Persero).