



---

---

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Definisi Air Bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Ketentuan Umum Permenkes No. 416/Menkes/PER/IX/1990).

#### 2.2 Persyaratan dalam Penyediaan Air Bersih

##### 2.2.1 Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Dinyatakan bahwa persyaratan kualitas air bersih adalah sebagai berikut :

1. Persyaratan fisik

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Selain itu juga suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih  $25^{\circ}\text{C}$ , dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

2. Persyaratan kimiawi

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan kimia antara lain adalah : pH, total solid, zat organik,  $\text{CO}_2$  agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), serta logam berat.



3. Persyaratan bakteriologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan bakteriologis ini ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* atau *fecal coli* dalam air.

4. Persyaratan radioaktifitas

Persyaratan radioaktifitas mensyaratkan bahwa air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma.

### 2.2.2 Persyaratan Kuantitas (Debit)

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih.

### 2.2.3 Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam per hari, atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air.

Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam per hari, yaitu pada jam-jam aktifitas kehidupan, yaitu pada pukul 06.00 – 18.00. Kontinuitas aliran sangat penting ditinjau dari dua aspek. Pertama adalah kebutuhan konsumen. Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya, dalam jumlah yang tidak ditentukan. Karena itu,



---

diperlukan pada waktu yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat.

#### **2.2.4 Persyaratan Tekanan Air**

Konsumen memerlukan sambungan air dengan tekanan yang cukup, dalam arti dapat dilayani dengan jumlah air yang diinginkan setiap saat. Untuk menjaga tekanan akhir pipa di seluruh daerah layanan, pada titik awal distribusi diperlukan tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi kehilangan tekanan karena gesekan, yang tergantung kecepatan aliran, jenis pipa, diameter pipa, dan jarak jalur pipa tersebut (Dian Vita Agustina. 2007).

### **2.3 Pompa**

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

### **2.4 Kelas dan jenis pompa**

Tiga kelas pompa yang digunakan saat ini adalah sentrifugal, rotari (rotary), dan torak (reciprotacing) (Hicks Edwards, 1971 hal 2).

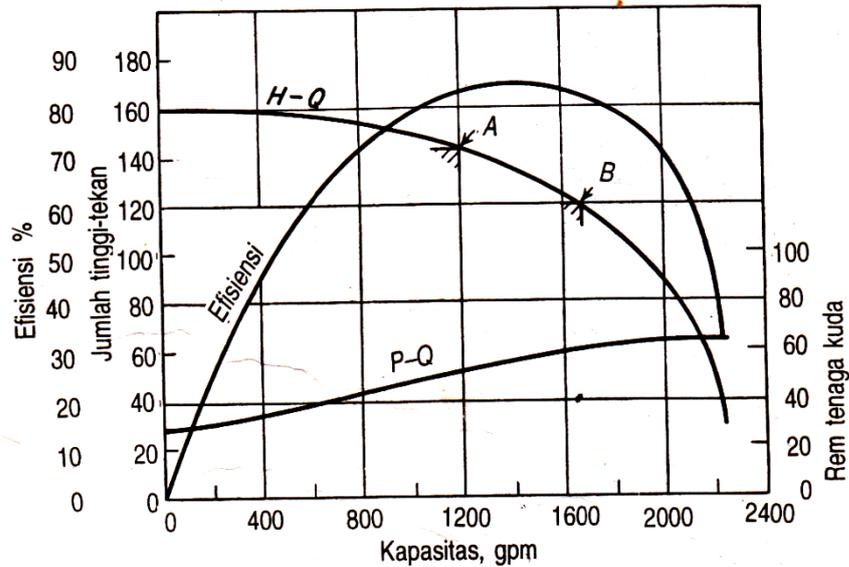


Gambar 2.1 Kelas dan jenis pompa

#### 2.4.1 Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal memiliki sebuah impeler (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di impeler, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Di sini head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula head kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) di keliling impeler dan di salurkan keluar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran air diubah menjadi head tekanan.

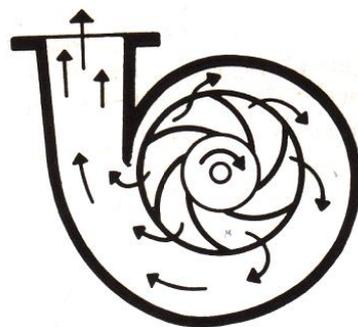
Jadi impeler pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi per satuan berat atau head total zat cair antara flens isap dan flens keluar pompa disebut head total pompa (Sularso Haruo Tahara, 2006 hal 4).



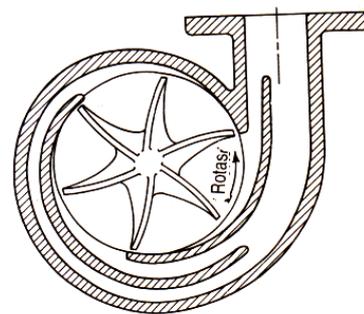
Gambar 2.2 Kurva karakteristik khusus untuk pompa sentrifugal

### 1. Pompa jenis rumah keong

Pada jenis ini impeler (pekerjaan mesin) membuang cairan ke dalam rumah spiral yang secara berangsur-angsur berkembang. Ini dibuat sedemikian rupa untuk mengurangi kecepatan cairan dapat diubah menjadi tekanan statis. Rumah keong pompa ganda (kembar) menghasilkan kesimetrisan yang hampir radial pada pompa bertekanan tinggi dan pada pompa yang dirancang untuk operasi aliran yang sedikit. Rumah keong akan menyeimbangkan beban-beban radial pada poros pompa sehingga beban akan saling meniadakan, dengan demikian akan mengurangi pembebanan poros dan resultant lenturan.



pompa tunggal

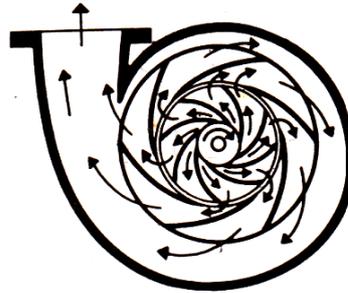


pompa ganda (kembar)

### 2.3 Pompa jenis rumah keong

## 2. Pompa jenis difuser

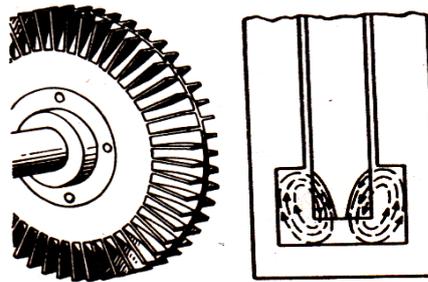
Baling-baling pengarah yang tetap mengelilingi runner atau impeler pada pompa jenis difuser. Lajuan-lajuan yang berangsur-angsur mengembang ini akan mengubah arah aliran cairan dan mengkonversikannya menjadi tinggi-tekan tekanan (*pressure head*).



Gambar 2.4 Difuser

## 3. Pompa jenis turbin

Atau pompa vorteks (*vortex*), periperi (*periphery*), dan regeneratif, cairan pada jenis pompa ini dipusar oleh baling-baling impeler dengan kecepatan yang tinggi selama hampir dalam satu putaran di dalam saluran yang berbentuk cincin (*annular*), tempat impeler tadi berputar. Energi ditambahkan ke cairan dalam sejumlah impuls.

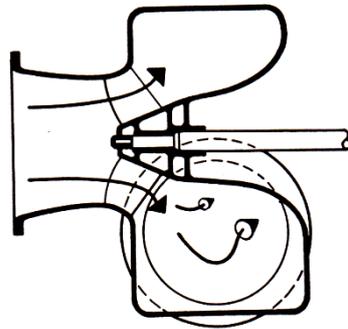


Gambar 2.5 Pompa turbin

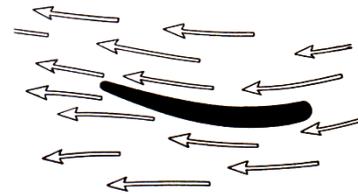
## 4. Pompa jenis aliran-campuran dan aliran-aksial

Pompa aliran-campur menghasilkan tinggi-tekan (*head*) sebagian oleh pengangkatan (*lift*) baling-baling pada cairan. Diameter sisi buang baling-baling ini lebih besar dari diameter sisi masuknya. Pompa aliran

aksial menghasilkan tinggi-tekan oleh propeler atau oleh aksi pengangkatan (*lift*) baling-baling pada cairan. Diameter baling-baling pada sisi hisap sama dengan pada sisi buang. Pompa propeler merupakan jenis pompa aliran-aksial.



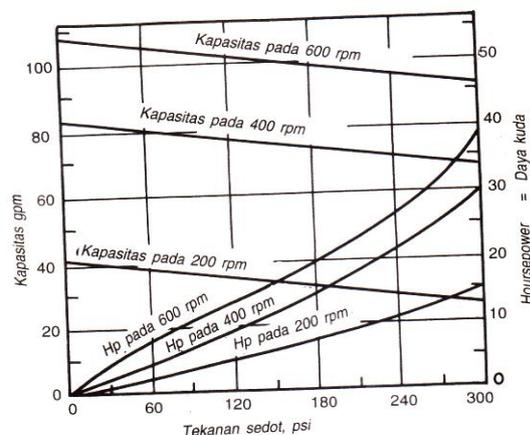
Gambar 2.6 Pompa aliran campuran



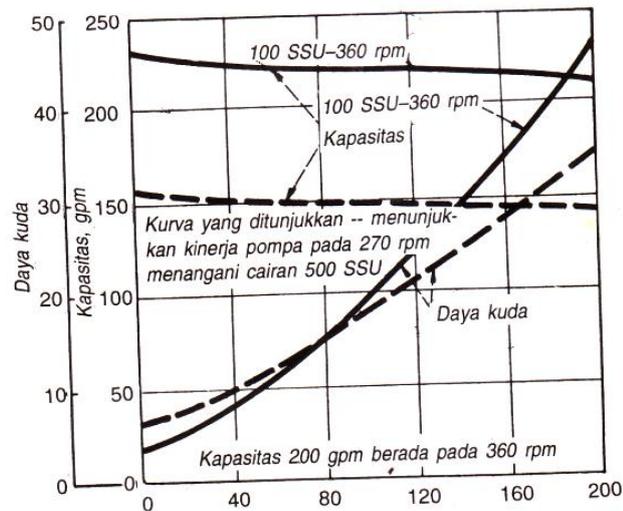
Gambar 2.7 Pompa propeller

### 2.4.2 Pompa rotari

Cairan yang kental dapat membatasi kapasitas pompa pada kecepatan yang lebih tinggi sebab cairan tidak dapat mengalir dengan cepat ke dalam rumah pompa untuk mengisi ruangnya sepenuhnya. Slip atau kerugian kapasitas pemompaan melalui ruang bebas antara rumah pompa dan elemen yang berputar, dengan menganggap kekentalan (*viscosity*) konstan akan bervariasi menurut tekanan buangnya. Masukan daya ke pompa rotari, kurva karakteristik  $HQ$ , akan bertambah besar dengan bertambahnya kekentalan cairan. Efisiensi akan menurun dengan membesarnya kekentalan.



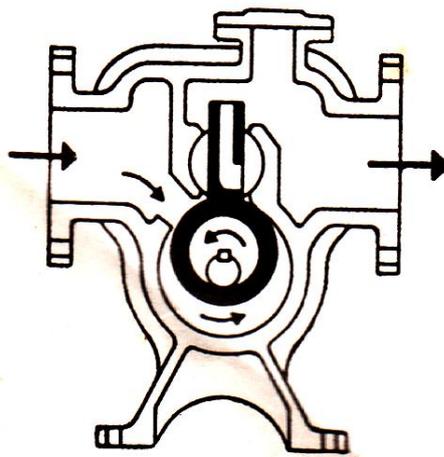
Gambar 2.8 Karakteristik kapasitas dan daya kuda pompa roda gigi-luar



Gambar 2.9 Karakteristik kapasitas dan daya kuda pompa kuda roda gigi- dalam

### 1. Pompa kam dan piston

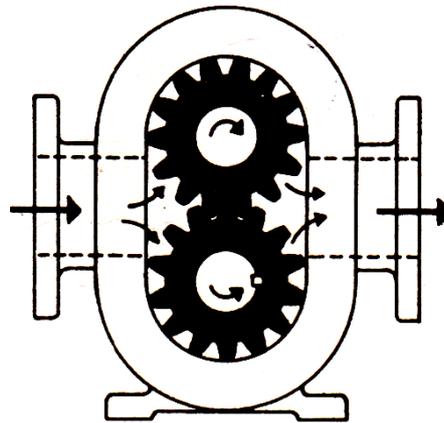
Pompa ini disebut juga pompa pluyer rotari, pompa jenis kam dan piston ini terdiri dari lengan eksentrik dan lengan bercelah pada bagian atasnya. Putaran poros menyebabkan eksentrik menjebak cairan di dalam rumah pompa. Apabila putaran berlanjut, maka cairan akan dipaksakan keluar rumah pompa melalui celah lubang luar pompa.



Gambar 2.10 Pompa rotari kam dan piston

## 2. Pompa roda gigi-luar (*External-gear pump*)

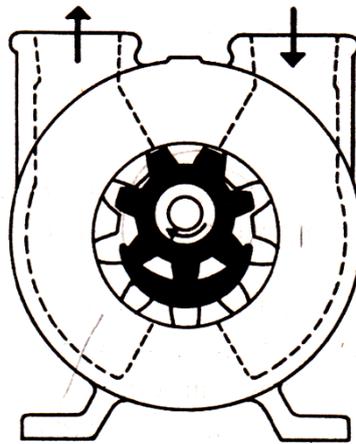
Apabila gerigi roda gigi berpisah pada sisi hisap cairan akan mengisi ruangan yang ada diantara gerigi tersebut. Kemudian cairan akan membawa berkeliling dan ditekan keluar apabila geriginya bersatu lagi. Roda gigi itu dapat berupa gigi heliks-tunggal, heliks-ganda atau gigi lurus. Beberapa desain mempunyai lubang fluida yang radial pada roda gigi bekas dari bagian atas dan akar gerigi sampai ke lubang dalam roda gigi. Ini akan memungkinkan cairan melakukan jalan pintas (*by-pass*) dari satu gigi ke gigi lainnya, yaitu menghindari terjadi tekanan berlebihan yang akan membebani bantalan secara berlebihan dan menimbulkan kebisingan.



Gambar 2.11 Pompa roda gigi-luar

## 3. Pompa roda gigi-dalam (*Internal gear-pump*)

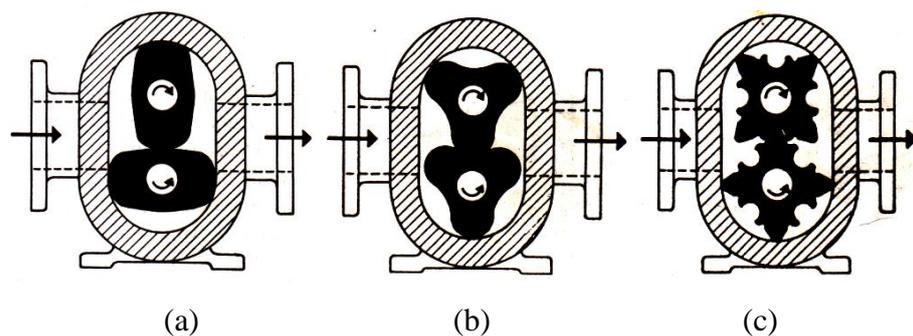
Jenis ini mempunyai rotor yang mempunyai gerigi dalam yang berpasangan dengan roda gigi luar yang bebas (*idler*). sebuah sekat yang berbentuk bulan sabit dapat digunakan untuk mencegah cairan kembali ke sisi hisap pompa.



Gambar 2.12 Pompa roda gigi-dalam

#### 4. Pompa cuping

Pompa cuping (*lobe pump*) ini mirip dengan pompa jenis roda gigi dalam hal aksi yang mempunyai dua rotor atau lebih dengan dua, tiga, empat cuping atau lebih pada masing-masing rotor. Putaran motor tadi diserempakkan oleh roda gigi luarnya. Oleh karena cairan dialirkan dengan frekuensi yang lebih sedikit tetapi dalam jumlah yang lebih besar dari yang dialirkan pompa roda gigi, maka aliran dari pompa jenis cuping ini tidak akan sekonstan aliran pada roda gigi.

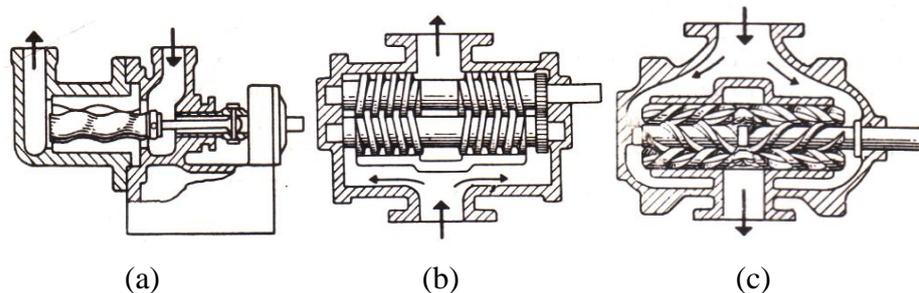


Gambar 2.13 Pompa (a) dua, (b) tiga dan (c) empat cuping

#### 5. Pompa sekrup

Pompa ini mempunyai satu, dua, tiga sekrup yang berputar di dalam rumah pompa yang diam. Pompa sekrup tunggal mempunyai rotor

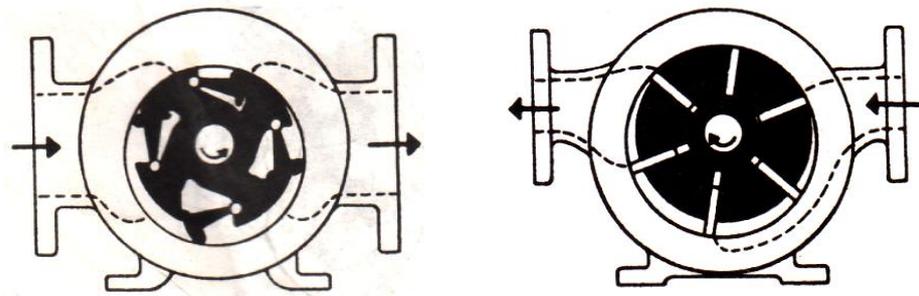
spiral yang berputar di dalam sebuah stator atau lapisan (*liner*) heliks-dalam (*internal-helix-stator*). Rotor terbuat dari logam sedangkan heliks terbuat dari karet keras atau lunak, tergantung pada cairan yang dipompakan. Pompa dua-sekrup atau tiga-sekrup masing-masing mempunyai satu atau dua sekrup bebas (*idler*). Aliran melalui ulir-ulir sekrup, sepanjang sumbu sekrup, sekrup-sekrup yang berlawanan dapat dipakai untuk meniadakan dorongan aksial pada pompa.



Gambar 2.14 Pompa (a) sekrup tunggal, (b) sekrup ganda dan (c) tiga sekrup

## 6. Pompa Baling

Pompa baling berayun (*swinging-vane pump*) mempunyai sederetan baling berayun yang akan keluar bila rotor berputar, menjebak cairan dan memaksanya ke luar pipa buang pompa. Pompa baling geser (*sliding-vane pump*) menggunakan baling-baling yang dipertahankan tetap menekan lubang rumah pompa oleh gaya sentrifugal bila rotor diputar. Cairan yang tertembak di antara dua baling di bawa berputar dan dipaksa keluar dari sisi buang pompa.



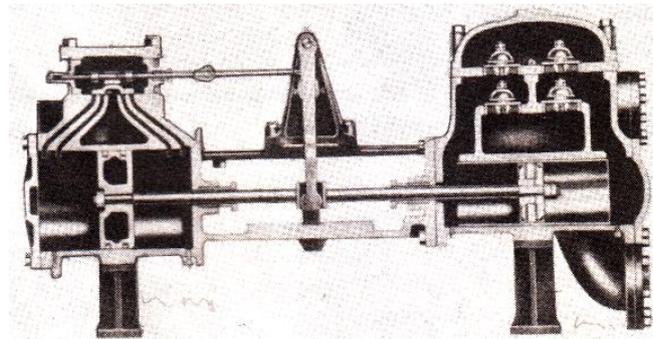
Gambar 2.15 Pompa baling berayun    Gambar 2.16 Pompa baling geser

### 2.4.3 Jenis Pompa Torak

Pompa torak aliran akan berdenyut (*pulsate*), yang karakter denyutannya tergantung pada jenis pompa dan apakah pompa itu mempunyai ruang bantalan (*cushion chamber*) atau tidak.

#### 1. Pompa-pompa aksi langsung

Pada pompa jenis aksi-langsung (*direct-acting pump*) ini, sebuah batang piston (*piston rod*) bersama menghubungkan piston untuk uap dengan piston untuk cairan atau plunyer. Pompa aksi langsung dibuat dengan sistem *simpleks* (masing-masing satu piston uap satu piston cairan) dan *dupleks* (dua piston uap dan dua piston cairan).



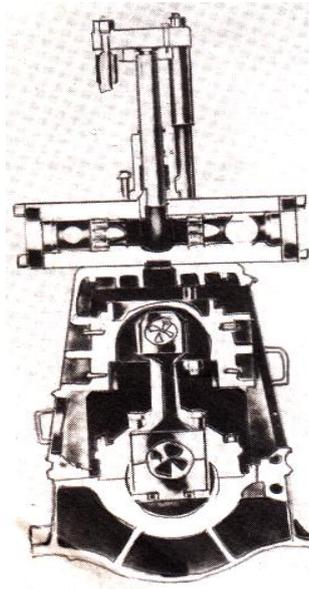
Gambar 2.17 Pompa aksi langsung

#### 2. Pompa tenaga

Pompa tenaga (*power pump*) ini mempunyai poros engkol yang digerakkan dari sumber penggerak luar-umumnya motor listrik, sebuah mesin atau rantai. Roda-roda gigi sering dipakai antara penggerak dan poros engkol atau mengurangi kecepatan keluaran penggerak.

Bila digerakkan pada kecepatan konstan, pompa tenaga mengalirkan kapasitas yang hampir konstan dan mempunyai efisiensi yang bagus. Ujung sisi cairan, dapat berupa jenis piston atau plunyer, akan menghasilkan tekanan yang tinggi apabila katup buang ditutup. Untuk alasan ini, merupakan praktek yang biasa untuk melengkapi dengan katup pengaman (*relief valve*) untuk melindungi pompa dan pemipaan. Pompa aksi langsung akan mengalami stal (*stall*) apabila gaya total

pada piston air sama dengan gaya total pada piston uap; pompa-pompa tenaga akan menghasilkan tekanan yang tinggi sebelum stal. Tekanan stal beberapa kali lebih besar dari pada tekanan normal pompa tenaga. Pompa tenaga baik dipakai khususnya untuk keperluan tekanan tinggi dan dipakai untuk pengisian air ketel, pemompaan jaringan pipa, pemrosesan petroleum dan penggunaan yang serupa.



Gambar 2.18 Pompa tenaga

### 3. Pompa jenis-tenaga kapasitas-kecil

Unit ini juga dikenal sebagai pompa kapasitas variabel, volume terkontrol dan pengukur. Pemakaian yang terutama untuk mengontrol aliran sejumlah kecil cairan-cairan yang dimasukkan ke dalam ketel-ketel, peralatan proses dan unit-unit yang serupa. Oleh karena itu pompa ini menduduki tempat yang paling dalam banyak operasi industri pada semua jenis pabrik.

### 4. Pompa jenis-diafragma

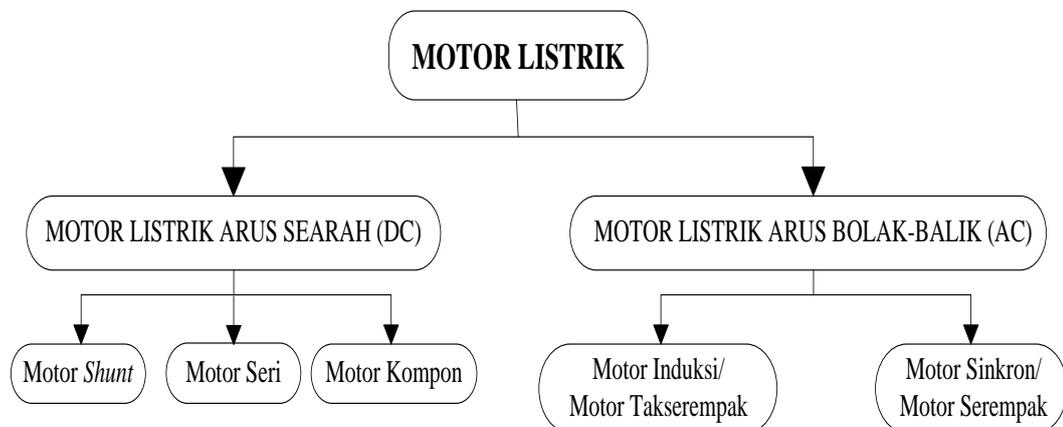
Pompa gabungan piston diafragma umumnya dipakai hanya untuk kapasitas yang lebih kecil. Pompa diafragma dipakai untuk aliran jernih atau yang mengandung bahan padat yang berkapasitas lebih besar.

Pompa ini juga sesuai untuk bubur kertas yang kental, air selokan (sewage), sludge, larutan asam atau basa, dan campuran air dan bahan padat yang menyerupai pasir. Diafragma yang terbuat dari bahan bukan logam yang fleksibel akan lebih tahan terhadap korosi dan erosi dibandingkan dengan bagian logam beberapa pompa torak. (Hicks Edwards, 1971 hal 4 - 37).

## 2.5 Motor Listrik

Motor adalah mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis (Eugene C. Lister 1993 hal 97).

Terdapat berbagai jenis motor listrik, yang dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu mesin arus searah dan mesin arus bolak-balik. Motor arus bolak-balik terutama motor induksi terbanyak dipakai dalam industri, sedangkan motor arus searah dipergunakan untuk tujuan-tujuan khusus (Abdul Khadir, 2000 hal 192).



Gambar 2.19 Klasifikasi Motor Listrik

## 2.6 Motor Arus Searah (DC)

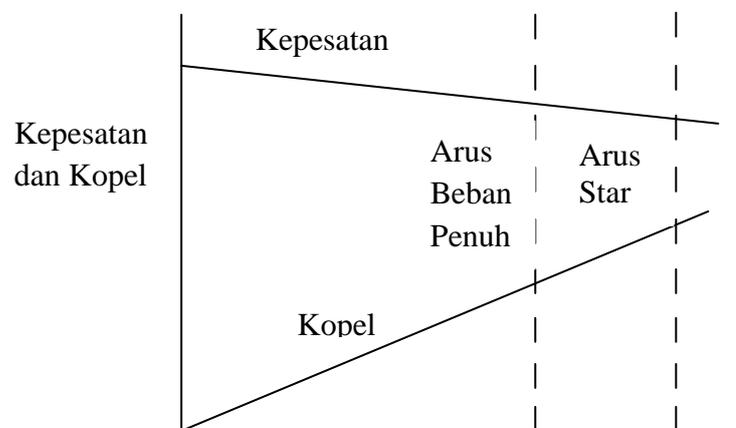
Jenis-jenis motor arus searah terdiri atas:

1. Motor *shunt*,
2. Motor seri, dan
3. Motor kompon

### 2.6.1 Motor Shunt

Ini adalah tipe motor DC yang paling umum. Cara hubungannya sama seperti generator shunt adalah medan shunt dihubungkan langsung pada terminal sehingga paralel dengan rangkaian jangkar. Tahanan geser medan biasanya dihubungkan seri dengan medan.

Jika beban ditambah pada motor shunt, kepesatan motor langsung cenderung menjadi lambat. Ggl-lawan langsung berkurang karena ia bergantung pada kepesatan, dan praktis fluksi medan adalah konstan. Berkurangnya ggl-lawan memungkinkan arus jangka bertambah, sehingga memberikan kopel yang lebih besar untuk beban yang bertambah. Bertambah arus jangkar menyebabkan penurunan  $I_a R_a$  lebih besar yang berarti ggl-lawan tidak kembali pada harga semula tetapi tetap pada harga yang lebih rendah. Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan motor fundamental. (Eugene C. Lister 1993 hal 106-107).

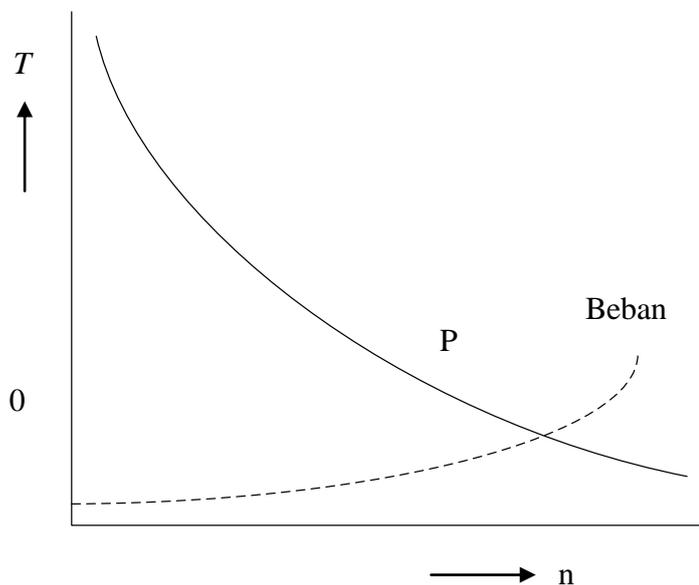


Gambar 2. 20 Kurva beban-kepesatan dan beban-kopel motor shunt

### 2.6.2 Motor Seri

Pada motor seri maka kumparan magnetisasi terpasang seri dengan jangkar. Dengan demikian maka arus magnetisasi adalah sama dengan arus jangkar. Pada Gambar 2.21 terlihat lengkungan putaran torsi tersebut. Bentuk lengkung ini sangat menarik perhatian, karena dua hal. Pertama, torsi awal

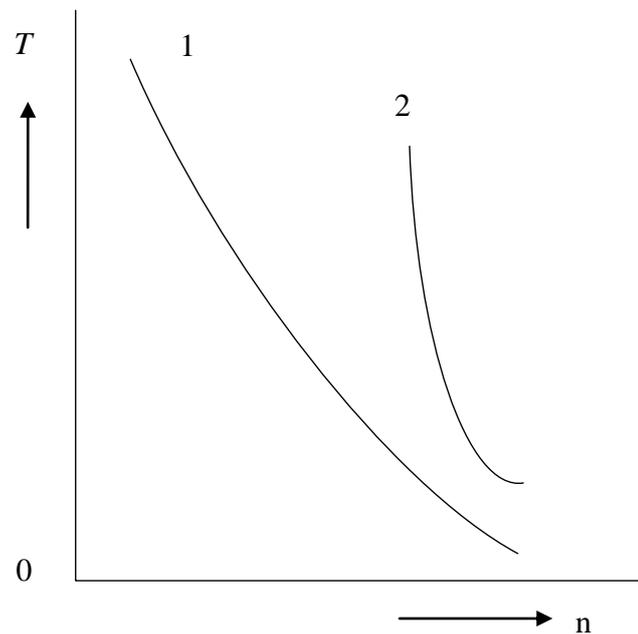
yaitu pada putaran  $n$  yang kecil, adalah besar. Kedua pada harga-harga  $n$  yang lebih besar, bentuk torsi  $T$  menjadi landai. Karenanya, motor seri akan sangat cocok untuk keperluan traksi, yaitu sebagai motor pada kereta rel listrik. Sebab start kereta rel berat sekali. Namun setelah mencapai sedikit kecepatan, beban menjadi berkurang, dan tidak diperlukan torsi yang tinggi. Terlihat juga grafik beban yang bertemu dengan lengkung putaran-torsi pada titik P. Mengatur kecepatan dilakukan dengan reostat yang berada dalam hubungan seri dengan jangkar.



Gambar 2.21 Karakteristik putaran-torsi dengan beban

### 2.6.3 Motor Kompon

Motor kompon pada dasarnya merupakan motor shunt, namun dilengkapi dengan tambahan suatu medan magnetisasi. Dengan demikian terdapat dua kumparan magnetisasi. Pada Gambar 2.22 terlihat karakteristik putaran-torsi. Terdapat dua lengkung, yaitu lengkung 1 yang berasal dari motor kompon ikut, dan lengkung 2 yang berasal dari motor kompon lawan. Sebagaimana terlihat pada karakteristik putaran-torsi, besaran torsi awal tinggi (Abdul Khadir, 2000 hal 194 - 196).



Gambar 2.22 Karakteristik putaran-torsi

## 2.7 Motor Arus Bolak-Balik (AC)

Pada dasarnya terdapat dua jenis motor arus listrik bolak-balik yaitu motor sinkron atau motor serempak, dan motor induksi atau motor takserempak.

### 2.7.1 Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi sangat banyak dipakai. Cara bekerjanya adalah sebagai berikut: medan putar dibangkitkan dengan cara yang biasa, yaitu dengan tiga buah kumparan yang diisi dengan tegangan putar. Di dalam medan putar ditaruh penghantar-penghantar yang merupakan rangkaian tertutup. Di dalam penghantar-penghantar ini diinduksikan suatu gaya gerak listrik. Gaya gerak listrik ini akan menyebabkan suatu arus induksi mengalir di dalam penghantar-penghantar itu. Penghantar beraliran listrik yang berada dalam suatu medan magnet akan mengalami gaya-gaya Lorenz. Penghantar-penghantar tersebut dipasang pada suatu rotor dan dilengkapi dengan poros. Dengan demikian pada rotor itu akan bekerja suatu momen, yang mengakibatkan rotor itu berputar pada poros. Besar gaya gerak listrik (ggl) yang diinduksikan itu akan tergantung dari selisih kecepatan antara medan putar dan penghantar pada rotor (Abdul Khadir, 1993 hal 202).

Selisih antara kecepatan putaran rotor dan kecepatan sinkron dikenal sebagai slip per unit motor.

Karena itu, perputaran dari motor tak serempak dapat diubah dengan tiga cara:

1. Dengan mengubah jumlah kutub

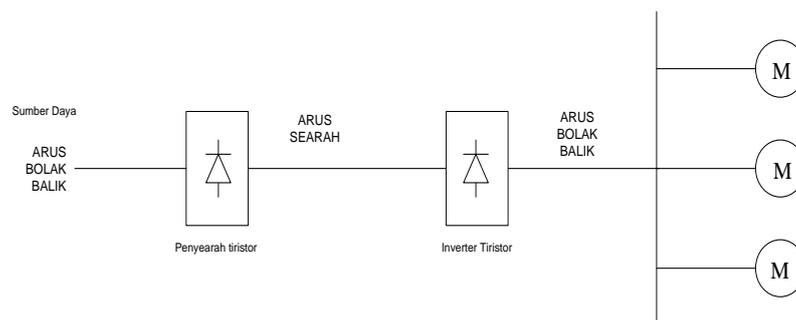
Perputaran motor dapat diubah dengan perubahan jumlah kutub, dan motor dipakai untuk keperluan ini disebut motor berubah kutub. Akan tetapi dengan cara ini, perputaran dapat diubah hanya sampai 4 tahap.

2. Dengan mengubah frekuensi

Bila frekuensi sumber daya diubah, maka perputaran seimbang dengan frekuensi dapat diperoleh. Meskipun cara ini memerlukan sumber daya yang dapat memberikan frekuensi yang variabel, bila kecepatan dari banyak motor akan dikendalikan secara kelompok, kendali perputaran pada kecepatan tinggi dapat dicapai secara efisien. Sebagai sumber daya frekuensi variabel, tipe berikut dari konverter frekuensi statis terutama dipakai:

a. Tipe inverter

Arus bolak balik dari sumber daya diubah ke arus searah dengan penyearah tiristor, dan arus searah dipenggal pada frekuensi yang diperlukan dengan tiristor, untuk mendapatkan daya arus bolak balik dari frekuensi variabel.



Gambar 2.23 Inverter

b. Tipe siklokonverter (*cycloconverter*)

Gelombang arus bolak balik dari sumber daya dipenggal dengan tiristor dan gelombang yang dipenggal digabungkan untuk mendapatkan daya arus bolak balik dari frekuensi variabel.

### 3. Dengan mengubah slip

Cara 1 dan 2 dapat dilakukan, akan tetapi mengenai cara mengubah slip, meskipun tegangan diubah, perputaran sedikit sekali berubahnya (Soelaiman, 1984).

#### 2.7.2 Motor Sinkron Tiga Phasa

Dalam praktiknya, rotor dari mesin sinkron disuplai oleh sumber arus searah yang akan membangkitkan medan magnetik dan membentuk kutub-kutub utara dan selatan rotor.

Pada saat sumber tiga phasa stator diberikan, rotor akan mengalami suatu gaya yang mula-mula membuat rotor untuk cenderung berputar pada suatu arah tertentu dan beberapa saat kemudian gaya ini akan berbalik arah. Perubahan arah gaya yang dialami oleh rotor ini diakibatkan oleh siklus fluks magnetik stator yang berputar di sekeliling rotor pada kecepatan sinkron. Dengan demikian motor sinkron merupakan jenis motor arus bolak-balik yang tidak dapat start sendiri. Akan tetapi, jika rotor ini diputar pada kecepatan yang mendekati kecepatan sinkron maka kutub-kutub stator dan rotor yang memiliki polaritas yang saling berlawanan akan saling mengunci satu sama lain untuk membangkitkan gaya putaran atau torsi yang akan membangkitkan rotor berputar pada kecepatan sinkronnya.

Jika rotor bergerak melambat, misalnya karena pembebanan yang berlebihan, maka rotor akan kehilangan sinkronisasi dan tertinggal dari kecepatan putaran fluks magnetik yang mengakibatkan rotor berhenti berputar karena tidak ada torsi yang dibangkitkan. Motor sinkron hanya dapat berputar pada kecepatan sinkron yang untuk suplai dengan frekuensi 50Hz bisa bernilai 3000, 1500, 1000, atau 750rpm bergantung pada jumlah kutub motor.

Dengan cara pengasutan motor sinkron yang relatif rumit dan sulit ini maka sangat jarang ditemui penggunaan motor sinkron untuk aplikasi yang membutuhkan operasi pengasutan dan penghentian relatif sering. Meskipun demikian terdapat keuntungan yang di tawarkan oleh motor sinkron ini yaitu

---

memiliki putaran konstan dan bekerja pada faktor daya mendahului. Dengan demikian motor ini dapat dipergunakan sebagai pengkoreksi faktor daya, sementara pada saat yang bersamaan berputar pada kecepatan konstan untuk menggerakkan kipas ventilasi dan pompa kompresor (Trevor Linsley, 2004 hal 149).

## 2.8 Pengasut Motor

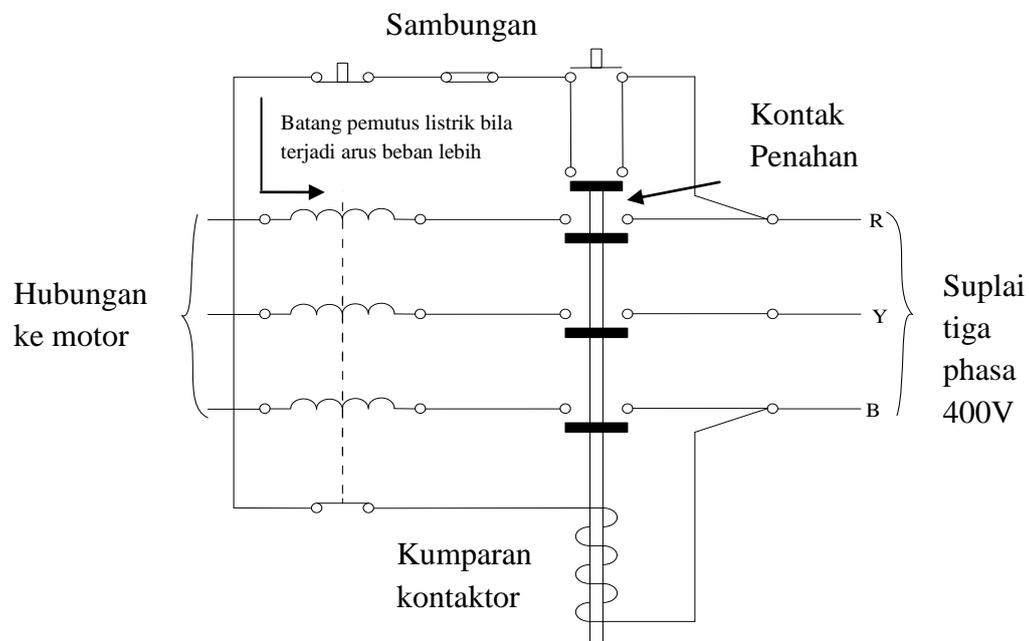
Pengasut motor untuk mengurangi arus asut dan memberikan perlindungan terhadap beban lebih dan kehilangan tegangan. Proteksi terhadap panas yang timbul karena pembebanan lebih biasanya dilakukan dengan penggunaan pita bimetal yang akan melengkung jika terjadi beban lebih. Melengkung pita bimetal ini akan mengakibatkan terjadinya pemutusan rangkaian kumparan kontaktor pengasutan yang akan memutuskan aliran energi untuk kumparan sehingga saklar suplai motor akan membuka. Jika motor yang sedang mengalami kondisi beban lebih kemudian dihentikan secara otomatis atau melalui pengoperasian saklar tekan jarak jauh, maka untuk keperluan menjaga keselamatan harus dijamin bahwa motor tidak dapat diasut kembali tanpa melalui prosedur pengasutan yang normal. Oleh karenanya, diberikan juga perlindungan terhadap kehilangan atau tidak adanya tegangan dengan menggabungkan peralatan-peralatan proteksi di dalam rangkaian kendali pengasutan motor yang akan menggerakkan kumparan kontaktor.

### 2.8.1 Pengasut Langsung

Rangkaian untuk pengasutan langsung (*direct on line*) akan memutuskan atau menghubungkan suplai utama ke motor secara langsung. Karena arus pengasutan motor dapat mencapai tujuh atau delapan kali besar dari arus kondisi normal maka pengasut langsung ini hanya digunakan untuk motor-motor kecil dengan daya kurang dari 5kW.

Rangkaian penghasut langsung ini ditunjukkan oleh Gambar 2.24. Jika tombol 'mulai' (*start*) ditekan maka arus akan mengalir dari fasa merah (R) melalui rangkaian kendali dan kumparan kontaktor ke fasa biru. Arus ini

mengaktifkan kumparan kontaktor sehingga kontaktor akan ditutup untuk menghubungkan suplai tiga fasa ke motor. Jika tombol ‘mulai’ dilepaskan, rangkaian kendali akan tetap dipertahankan seperti semula melalui sebuah kontak penahan. Jika selanjutnya tombol ‘berhenti’ (*stop*) ditekan atau jika kumparan-kumparan beban lebih bekerja maka rangkian kendali akan terputus dan kontaktor akan membuka untuk memutus suplai listrik tiga fasa ke motor. Penghubung kembali suplai ke motor hanya dapat dilakukan dengan menekan kembali tombol ‘mulai’. Jadi, rangkaian ini juga dapat memberikan proteksi terhadap kehilangan tegangan suplai.

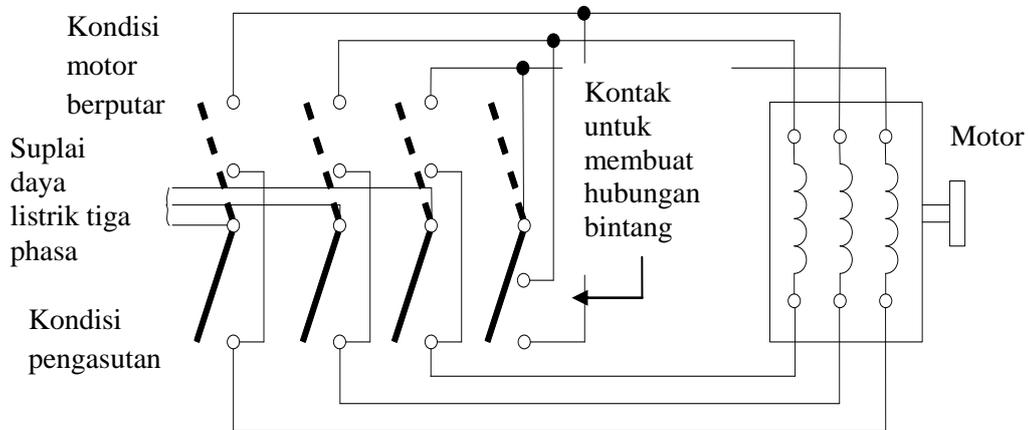
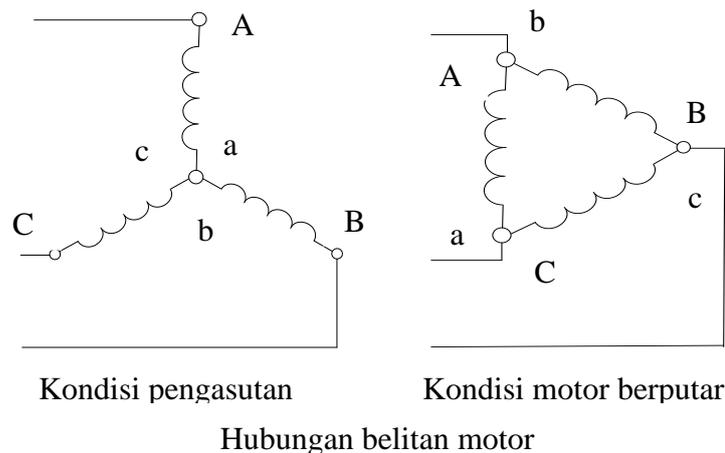


Gambar 2.24 Rangkaian pengasutan langsung

### 2.8.2 Pengasut Bintang Delta

Belitan-belitan dai motor tiga fasa dihubungkan dalam hubungan bintang, maka arus saluran akan bernilai sepertiga dari nilai yang dimiliki jika beban yang sama dihubungkan dalam hubungan delta. Sebuah pengasut yang mula-mula dapat menghubungkan belitan-belitan motor dalam hubungan bintang dan kemudian mengubahnya dalam hubungan delta akan dapat mengurangi arus lebih pengasutan. Susunan rangkaian untuk pengasutan bintang delta (*star delta starter*) ini diperlihatkan oleh Gambar 2.25. Untuk

kondisi pengasutan, belitan-belitan motor dihubungkan dalam hubungan bintang pada titik a-b-c dari ujung-ujung belitan melalui sebuah kontaktor pembentuk hubungan bintang. Hal ini akan dapat mengurangi besarnya tegangan fasa sebesar 50% dari tegangan kerja motor dalam kondisi berputar normal serta mengurangi arus dan besarnya torsi motor.

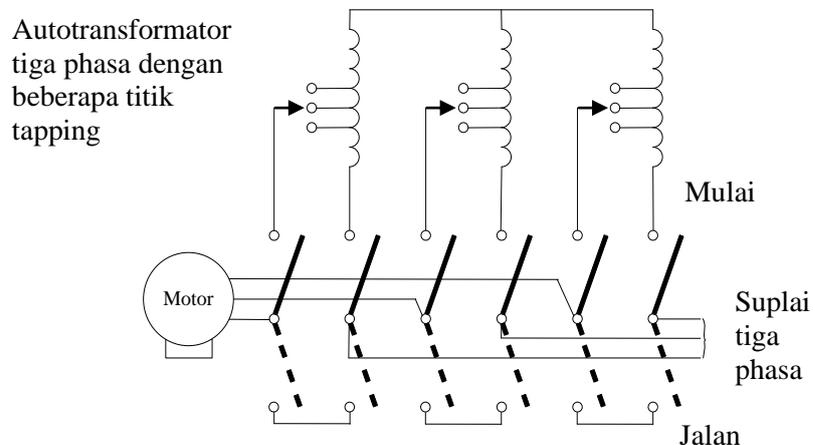


Gambar 2.25 Pengasutan hubungan bintang-delta

Jika motor telah berputar maka sebuah saklar ganda akan mengubah hubungan belitan motor dari hubungan bintang ke hubungan delta sehingga dapat diperoleh arus asut minimum dan torsi motor dalam kondisi berputar yang maksimum. Penghasut motor ini harus dilengkapi juga dengan peralatan proteksi beban lebih serta proteksi terhadap terjadinya kehilangan tegangan.

### 2.8.3 Pengasutan Dengan Autotransformator

Sebuah pengasutan motor dengan autotransformator (*autotransformer motor starter*) merupakan salah satu metode lain yang dapat digunakan untuk mengurangi besarnya arus pengasutan motor dengan jalan mengurangi besarnya tegangan selama proses-proses awal pengasutan. Karena pengurangan tegangan akan berakibat pada berkurangnya torsi asut, maka tegangan akan direduksi secukupnya saja untuk mengurangi arus pengasut, dengan cara memilih tingkat tegangan tertentu, dikenal sebagai tapping tegangan. Rangkaian pengasut dengan autotransformator ini ditunjukkan oleh Gambar 2.26. Dengan memposisikan saklar pada posisi ‘mulai’ (*start*), maka akan diperoleh hubungan seri antara belitan-belitan autotransformator dengan belitan pengasut motor yang terhubung delta. Ketika kecepatan putaran motor telah cukup tinggi, maka saklar dipindahkan ke posisi ‘jalan’ (*run*) yang akan menghubungkan belitan-belitan motor secara langsung ke suplai tegangan tiga fasa.

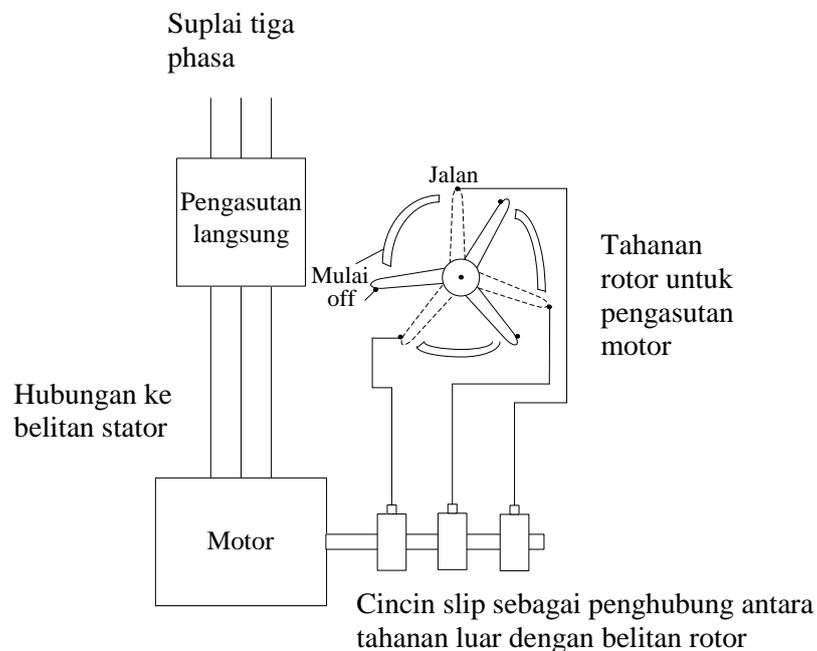


Gambar 2.26 Pengasutan dengan autotransformator

### 2.8.4 Pengasutan Dengan Tahanan Rotor

Untuk melakukan pengasutan motor dalam kondisi berbeban, umumnya digunakan motor induksi dengan jenis rotor belitan karena memberi kemungkinan untuk melakukan penyambungan rangkaian rotor dengan tahanan luar melalui cincin slip dan sikat untuk meningkatkan torsi asut motor.

Pada saat awal pengasutan motor, resistansi rotor luar adalah bernilai maksimum. Kemudian seiring dengan meningkatkan putaran motor, resistansi rotor luar ini dikurangi secara bertahap hingga resistansinya adalah nol dan motor bekerja normal seperti halnya motor rotor sangkar. Rangkaian pengasut motor ini dilengkapi juga dengan peralatan proteksi beban lebih, proteksi terhadap terjadinya kehilangan tegangan serta sistem interlocking untuk mencegah terjadinya pengasutan motor dalam kondisi resistansi rotor tak terhubung. Rangkaian pengasut motor ini diperlihatkan oleh Gambar 2.27 (Trevor Linsley, 1997 hal 151 - 153).



Gambar 2. 27 Pengasutan motor dengan tahanan rotor

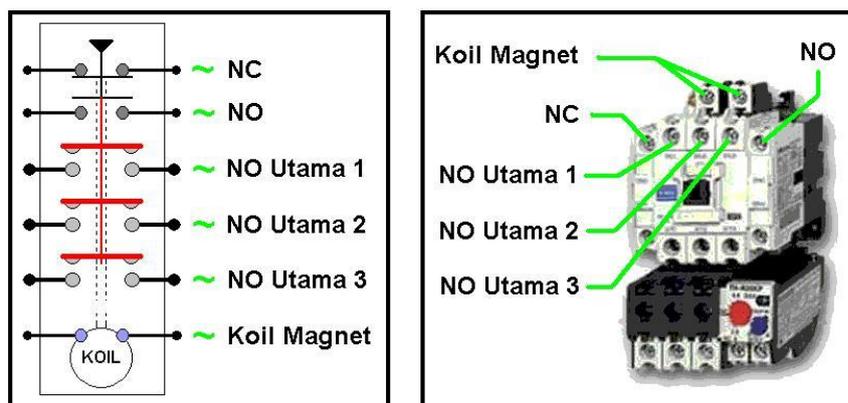
## 2.10 Kontaktor

Kontaktor magnet adalah jenis saklar yang bekerja berdasarkan gaya kemagnetan, yaitu kontak bekerja apabila kumparan diberi energi. *The National Manufacture Assosiation* (NEMA) mendefinisikan kontaktor magnetis sebagai alat yang digerakan secara magnetis untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik. Kontaktor magnet dirancang untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik tanpa merusak beban (Nopriansyah, 2011).



Gambar 2.28 Kontaktor

Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak *Normally Open* (NO) dan beberapa *Normally Close* (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkain listrik (Ahmad Aminudin, 2012).



Gambar 2.29 Bagian-bagian kontaktor



---

Pada umumnya kotak NO dan kontak NC itu diberi simbol dan angka-angka dan posisi angka-angka tersebut standar internasional.

- a. Kumputaran magnet (koil) dengan simbol A1 – A2 yang akan bekerja bila mendapat sumber tegangan listrik.
- b. Kontak utama terdiri dari simbol angka : 1,2,3,4,5, dan 6.
- c. Kontak bantu biasanya terdiri dari simbol angka 11,12,13,14, ataupun angka 21,22,23,24 dan juga angka depan seterusnya tetapi angka belakang tetap dari 1 sampai 4.

Kontak NO biasanya angka belakangnya 3 dan 4

Contoh: 13, 14, 23, 24

Kontak NC biasanya angka belakangnya 1 dan 2

Contoh: 11, 12, 21, 22

(Nopriansyah, 2011)

Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya sedangkan kontak bantu digunakan untuk rangkaian kontrol. Didalam suatu kontaktor elektromagnetik terdapat kumparan utama yang terdapat pada inti besi. Kumparan hubung singkat berfungsi sebagai peredam getaran saat kedua inti besi saling melekat. Apabila kumparan utama dialiri arus, maka akan timbul medan magnet pada inti besi yang akan menarik inti besi dari kumparan hubung singkat yang dikopel dengan kontak utama dan kontak Bantu dari kontaktor tersebut. Hal ini akan mengakibatkan kontak utama dan kontak bantunya akan bergerak dari posisi normal dimana kontak NO akan tertutup sedangkan NC akan terbuka. Selama kumparan utama kontaktor tersebut masih dialiri arus, maka kontak-kontaknya akan tetap pada posisi operasinya.

Apabila pada kumparan kontaktor diberi tegangan yang terlalu tinggi maka akan menyebabkan berkurangnya umur atau merusak kumparan kontaktor tersebut. Tetapi jika tegangan yang diberikan terlalu rendah maka akan menimbulkan tekanan antara kontak-kontak dari kontaktor menjadi berkurang. Hal ini menimbulkan bunga api pada permukaannya serta dapat merusak kontak-



---

kontakannya. Besarnya toleransi tegangan untuk kumparan kontaktor adalah berkisar 85% - 110% dari tegangan kerja kontaktor (Ahmad Aminudin, 2012).

Kontaktor termasuk jenis saklar motor yang bergerak oleh magnet seperti yang telah dijelaskan diatas. Bila pada jepitan a dan b kumparan magnet diberi tegangan, maka magnet akan menarik jangkar sehingga kontak-kontak bergerak yang berhubungan dengan jangkar tersebut ikut tertarik. Tegangan yang harus dipasangkan dapat tegangan bolak-balik (AC) maupun tegangan searah (DC), tergantung dari bagaimana magnet tersebut dirancangkan. Untuk beberapa keperluan digunakan juga kumparan arus (bukan tegangan), akan tetapi dari segi produksi lebih disukai kumparan tegangan karena besarnya tegangan umumnya sudah dimormalisasi dan tidak tergantung dari keperluan alat pemakai tertentu (Nopriansyah, 2011).

Jenis kontaktor magnet (Magnetic Contactor) ada 3 macam :

1. Kontak magnet utama
2. Kontak magnet bantu
3. Kontak magnet kombinasi