



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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. Adapun bentuk pompa bermacam-macam, dengan demikian maka pompa dalam pelayanannya dapat diklasifikasikan menurut :

1. Pemakaiannya
2. Prinsip kerjanya
3. Cairan yang dialirkan
4. Material atau bahan konstruksinya

2.2 Konstruksi Pompa

Konstruksi sebuah pompa agar dapat memindahkan cairan dari suatu bejana ke bejana lain adalah sebagai berikut :

2.2.1 Mesin Penggerak (Motor)

Penggerak merubah energi listrik menjadi energi mekanik yang diperlukan untuk menggerakkan pompa. Energi ditransmisi ke pompa oleh suatu belt ke pully penggerak pompa.



2.2.2 Pompa

Pompa menggerakkan energi mekanik sebagai berikut :

- a. Untuk menggerakkan atau mengalirkan cairan yang diproses melalui pompa pada kapasitas cairan yang diperlukan.
- b. Untuk memindahkan energi ke dalam cairan yang di proses, yang terlihat dengan bertambahnya tekanan cairan pada lubang keluar pompa.

2.2.3 Sistem pipa masuk dan keluar cairan

Sistem pipa masuk memindahkan cairan yang bersih dari bejana penyimpanan pompa.

Dari sebuah konstruksi pompa reciprocating data yang harus diperoleh meliputi :

1. Jumlah atau banyaknya silinder pompa. Silinder dari suatu pompa reciprocating sering dijadikan sebagai penamaan terhadap suatu pompa yang bersangkutan.

- Pompa yang dikonstruksikan dengan sebuah silinder disebut pompa simpleks.
- Pompa yang dikonstruksikan dengan dua buah silinder disebut pompa dupleks.
- Pompa yang dikonstruksikan dengan banyak silinder disebut pompa multipleks.

2. Ukuran atau diameter silinder pompa

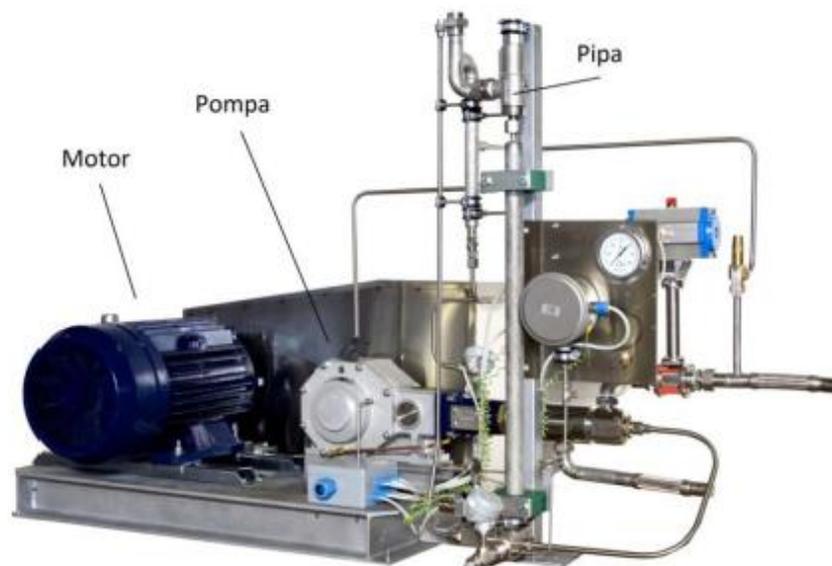
Pada keterpasangan pompa reciprocating ditemui bahwa piston tidak dilengkapi dengan ring piston, sebagai pengganti piston dipakai batang plunger (plunger/rod). Sehingga memperoleh ukuran diameter silinder pompa dinyatakan sebagai diameter batang plunger.



3. Jumlah atau banyaknya aksi kerja pompa.

Aksi kerja pompa dimaksud adalah terjadinya kerja pemompaan yang dilakukan oleh pompa reciprocating untuk satu siklus gerak bolak – balik batang plunger silinder. Berdasarkan jumlah aksi kerja maka pompa reciprocating dapat dibedakan atas dua macam yaitu :

- Pompa aksi kerja tunggal (single acting)
- Pompa aksi kerja ganda (double acting)



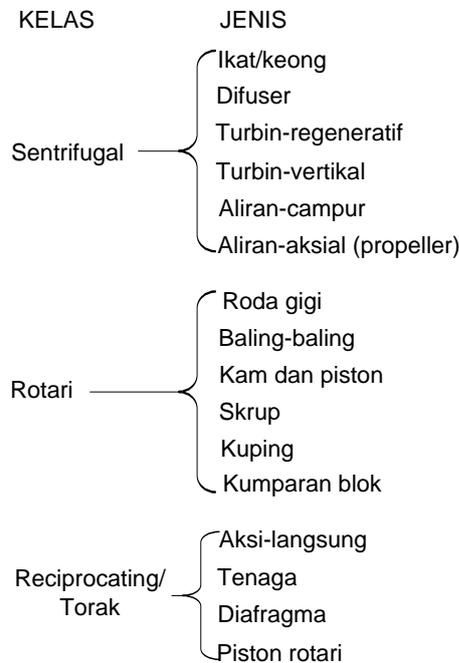
Gambar 2.1. Konstruksi Pompa

2.3 Klasifikasi Pompa

Berdasarkan klasifikasi standart yang sering dipakai. Ada tiga kelas yang digunakan sekarang ini, sentrifugal, rotari, dan torak reciprocating. Istilah ini banyak berlaku pada mekanik fluida bukan pada desain pompa itu sendiri, Ini penting karena banyak pompa yang dijual untuk keperluan yang khusus, hanya dengan melihat detail dan desain yang terbaik saja, sehingga masalah yang berdasarkan kepada kelas dan jenis pompa menjadi sejumlah yang berbeda – beda sesuai dengan pompa tersebut.



Untuk lebih jelas dapat dilihat klasifikasi pompa :



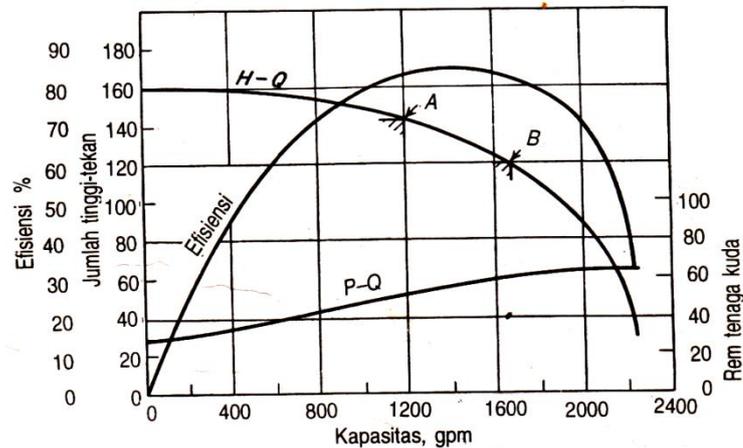
Gambar 2.2 Kelas dan jenis pompa

2.3.1 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

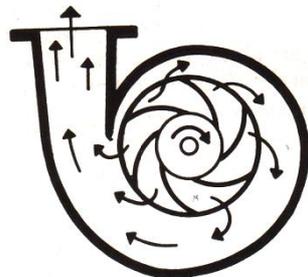
berat atau head total zat cair antara flens isap dan flens keluar pompa disebut head total pompa (Sularso Haruo Tahara, 2006).



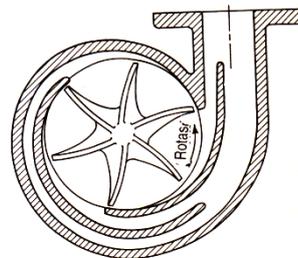
Gambar 2.3 Kurva karakteristik khusus untuk pompa sentrifugal

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.



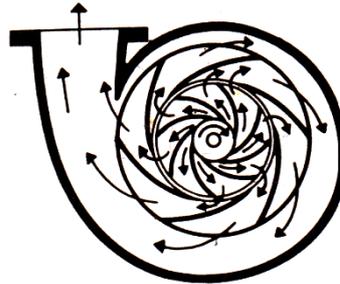
Gambar 2.4 Rumah keong pompa tunggal



Gambar 2.5 rumah keong pompa ganda (kembar)

2. Pompa jenis difuser

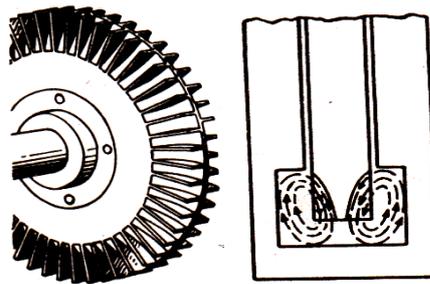
Baling-baling pengarah yang tetap mengelilingi runner atau impeler pada pompa jenis difuser. Lajuan-lajuan yang berangsur-angsur mengembang ini akan mengubah arah aliran cairan dan mengkonversikannya menjadi tinggi-tekan tekanan (*pressure head*).



Gambar 2.6 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.

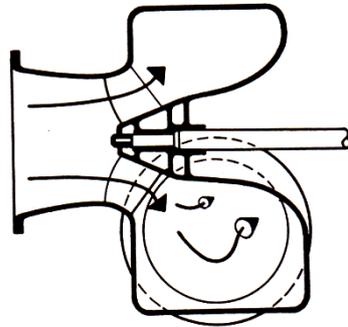


Gambar 2.7 Pompa turbin

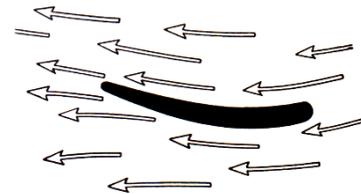
4. Pompa jenis aliran-campuran dan aliran-aksial

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.



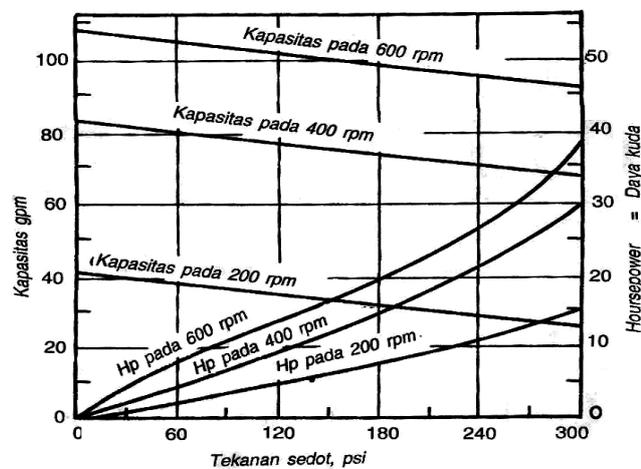
Gambar 2.8 Pompa aliran campuran



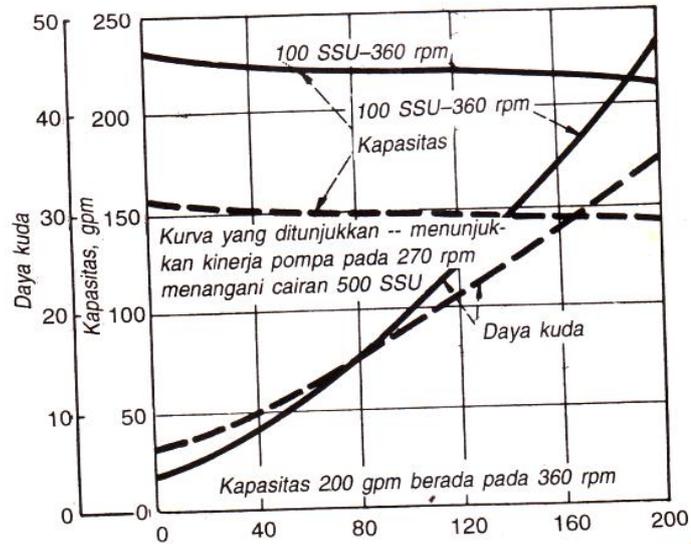
Gambar 2.9 Pompa propeller

2.3.2 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 ruangan 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.



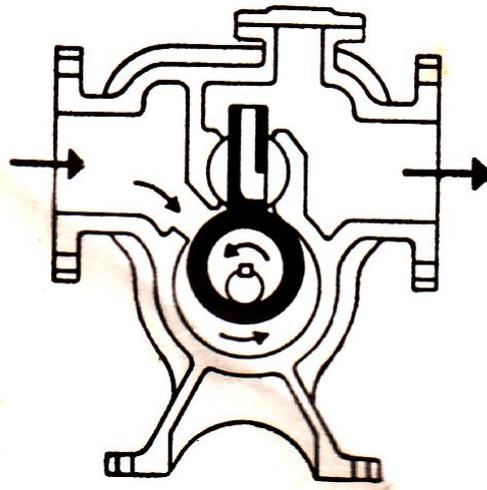
Gambar 2.10 Karakteristik kapasitas dan daya kuda pompa roda gigi luar



Gambar 2.11 Karakteristik kapasitas dan daya kuda pompa roda gigi-dalam

1. Pompa kam dan piston

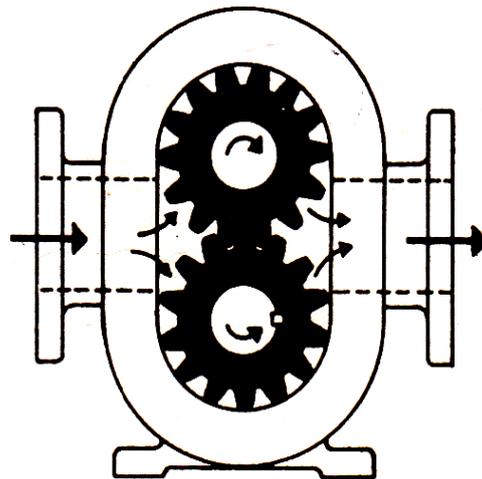
Pompa ini disebut juga pompa pluyer rotari, pompa jenis kam dan piston ini terdiri dari lengan eksentrik dan lengan bercelah pada bagian atasnya. Putaran poros menyebabkan eksentrik menjebak cairan di dalam rumah pompa. Apabila putaran berlanjut, maka cairan akan dipaksakan keluar rumah pompa melalui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



Gambar 2.12 Pompa rotari kam dan piston

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

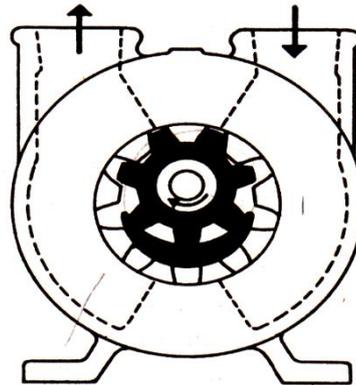
Apabila gerigi roda gigi berpisah pada sisi hisap cairan akan mengisi ruangan yang ada diantara gerigi tersebut. Kemudian cairan akan membawa berkeliling dan ditekan keluar apabila geriginya bersatu lagi. Roda gigi itu dapat berupa gigi heliks-tunggal, heliks-ganda atau gigi lurus. Beberapa desain mempunyai 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 2.13 Pompa roda gigi-luar

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

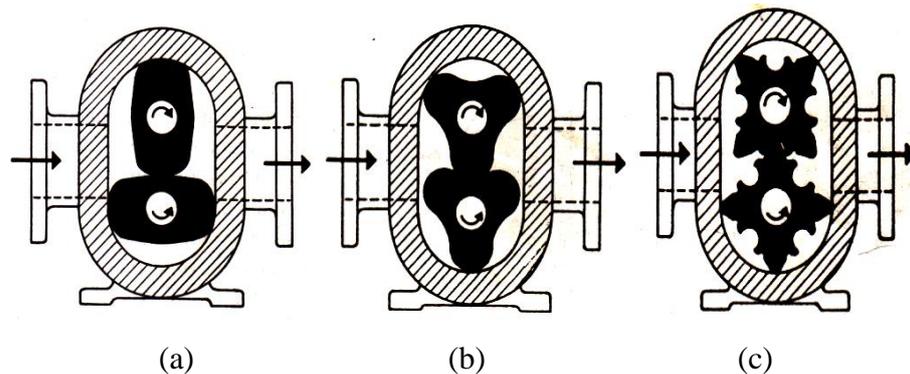
Jenis ini mempunyai rotor yang mempunyai gerigi dalam yang berpasangan dengan roda gigi luar yang bebas (*idler*). Sebuah sekat yang berbentuk bulan sabit dapat digunakan untuk mencegah cairan kembali ke sisi hisap pompa.



Gambar 2.14 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.

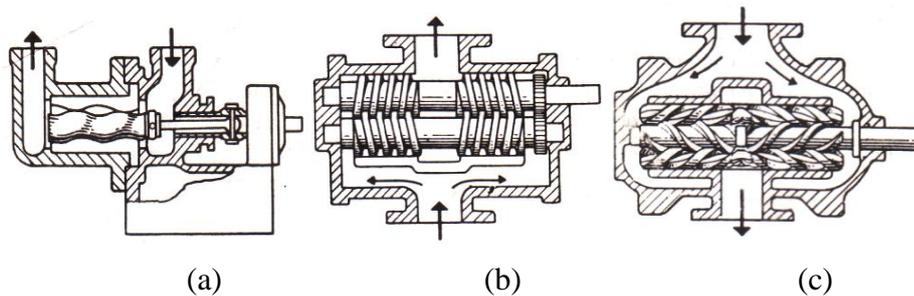


Gambar 2.15 Pompa (a) dua, (b) tiga dan (c) empat cuping

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-

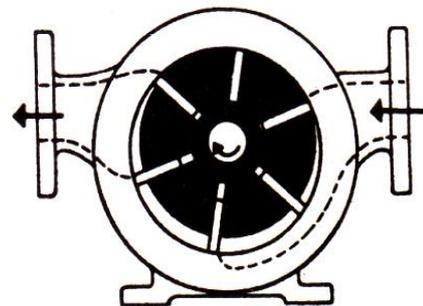
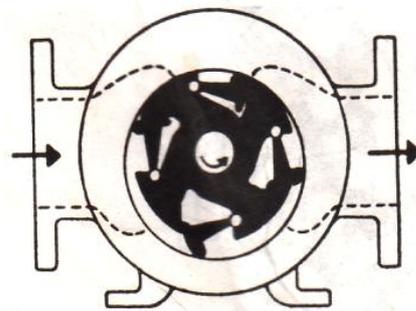
dalam (*internal-helix-stator*). Rotor terbuat dari logam sedangkan heliks terbuat dari karet keras atau lunak, tergantung pada cairan yang dipompakan. Pompa dua-sekrup atau tiga-sekrup masing-masing mempunyai satu atau dua sekrup bebas (*idler*). Aliran melalui ulir-ulir sekrup, sepanjang sumbu sekrup,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



Gambar 2.16 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.



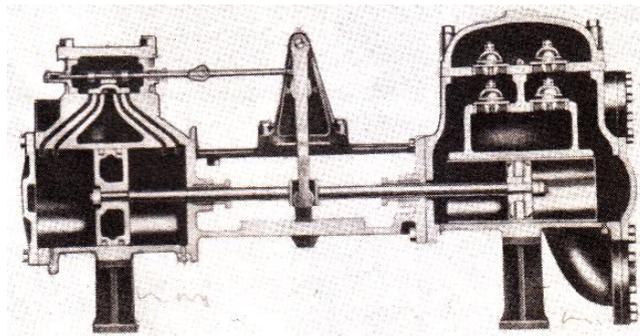
Gambar 2.17 Pompa baling berayun Gambar 2.18 Pompa baling geser

2.3.3 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 2.19 Pompa aksi langsung

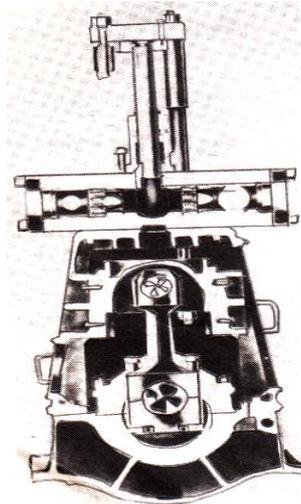
2. Pompa tenaga

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 2.20 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).

2.4 Gangguan Kerja Pompa

Pada setiap keterpasangan peralatan di pabrik terdapat gangguan kerja baik gangguan yang datang dari luar peralatan maupun gangguan yang ada pada peralatan tersebut. Gangguan kerja mempengaruhi kondisi peralatan sehingga peralatan tidak beroperasi sesuai dengan standart yang ditentukan. Pada pompa reciprocating, gangguan sering terjadi/terdapat adalah sebagai berikut :

1. Turunnya tekanan pompa.
2. Adanya getaran bunyi yang tidak wajar.
3. Turunnya kapasitas pompa.
4. Berkurangnya daya motor penggerak.
5. Adanya kebocoran pada pompa.

Gangguan – gangguan kerja tersebut diatas dapat terjadi sewaktu – waktu, untuk itu perlu direncanakan bagaimana penganggulangan yang dilakukan terhadap setiap gangguan tersebut.

2.5 Tinggi Tekan Pompa

Selama perencanaan sistem pemompaan ada sejumlah elemen yang harus diperhatikan tanpa memandang kelas dan jenis pompa apa yang dipilih untuk instalasi tersebut. Elemen ini termasuk tinggi tekan (*head*), kapasitas, sifat cairan yang dipompakan, pemipaan, penggerak dan ekonomi. Jadi, secara umum, pembahasan salah satu faktor ini sama-sama berlaku untuk pompa sentrifugal, rotari atau torak. Dengan demikian,

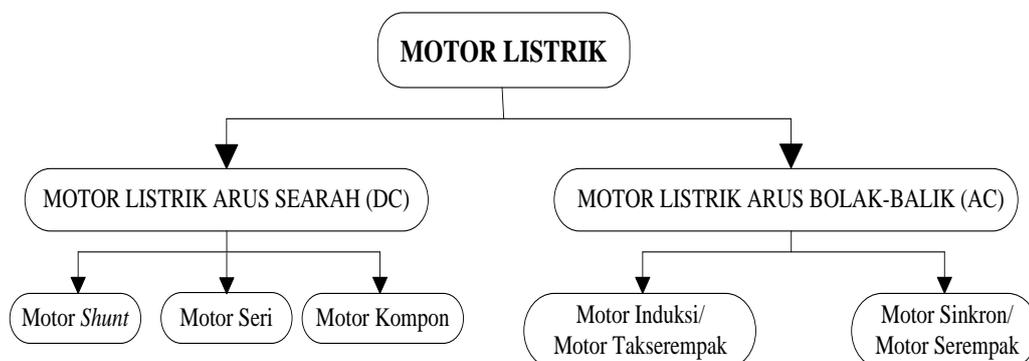
tinggi tekan pompa biasanya tidak akan diubah oleh kelas unit yang dipilih. Beberapa pengecualian yang timbul umumnya terbatas pada jenis pompa tertentu dan akan ditunjukkan nanti.

Yang kadang-kadang dilalaikan selama perencanaan sistim adalah konsep penting ekonomi desain yang bermula dari proyek dan berkelanjutan selama pemakaiannya. Misalnya pengkajian tentang kondisi tinggi tekan dan lokasi pompa dapat menghasilkan penghematan daya yang berharga dalam periode yang lama tanpa memperbesar harga awal proyek tersebut. Pemilihan ukuran pipa yang bijak, yang didasarkan pada beban yang dapat ditaksir atau beban masa mendatang yang dihitung, adalah contoh lain tentang bagaimana perencanaan pendesainan dapat dilaksanakan untuk mengimbangnya dalam bentuk keekonomian operasi. Jadi sementara bab ini membahas tinggi tekan (*head*) pada pompa, ditinjau juga dari segi hidraulik praktis, juga diperhatikan bagaimana persiapan pemilihan dapat mempengaruhi keseluruhan instalasi.

2.6 Motor

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

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).



Gambar 2.21 Klasifikasi Motor Listrik



2.7 Motor Arus Searah (DC)

Jenis-jenis motor arus searah terdiri atas:

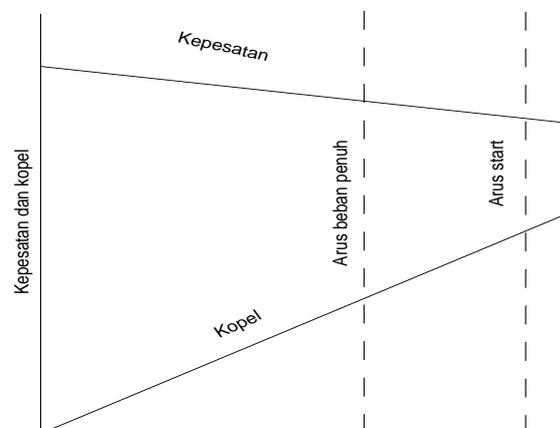
1. Motor *shunt*,
2. Motor seri, dan
3. Motor kompon

2.7.1 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.

Karena V_t konstan, jumlah dari ggl-lawan dan penurunan $I_a R_a$ harus tetap konstan. Jika $I_a R_a$ menjadi lebih besar akibat bertambahnya beban, E harus berkurang, sehingga menyebabkan berkurangnya kepesatan (Eugene C. Lister 1993).

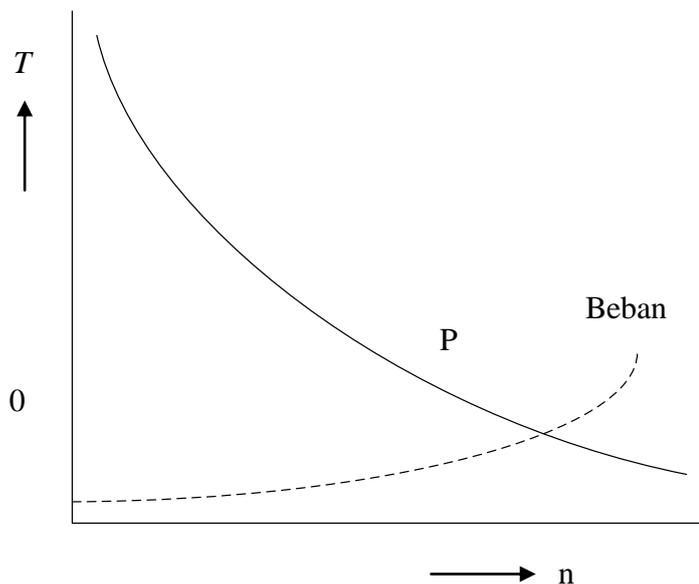


Gambar 2. 22 Kurva beban-kepesatan dan beban-kopel motor shunt



2.7.2 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 lengkung 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.



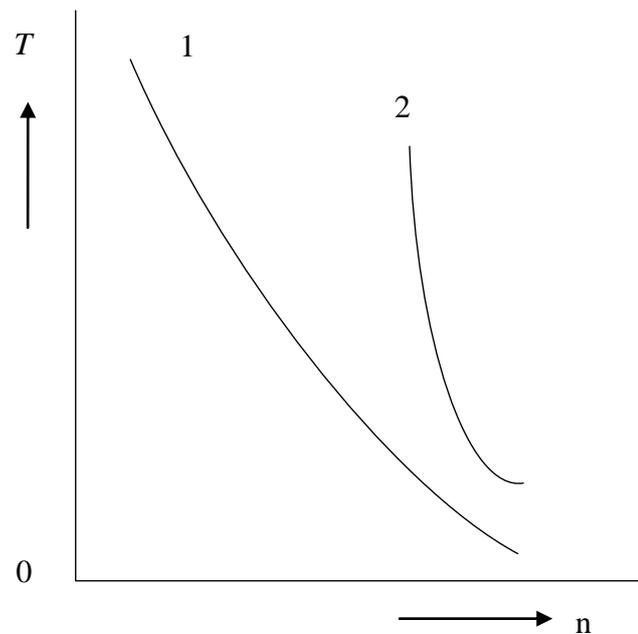
Gambar 2.23 Karakteristik putaran-torsi dengan beban

2.7.3 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 2.24 Karakteristik putaran-torsi

2.8 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.

2.8.1 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).

2.8.2 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).

2.9 Pengasut Motor

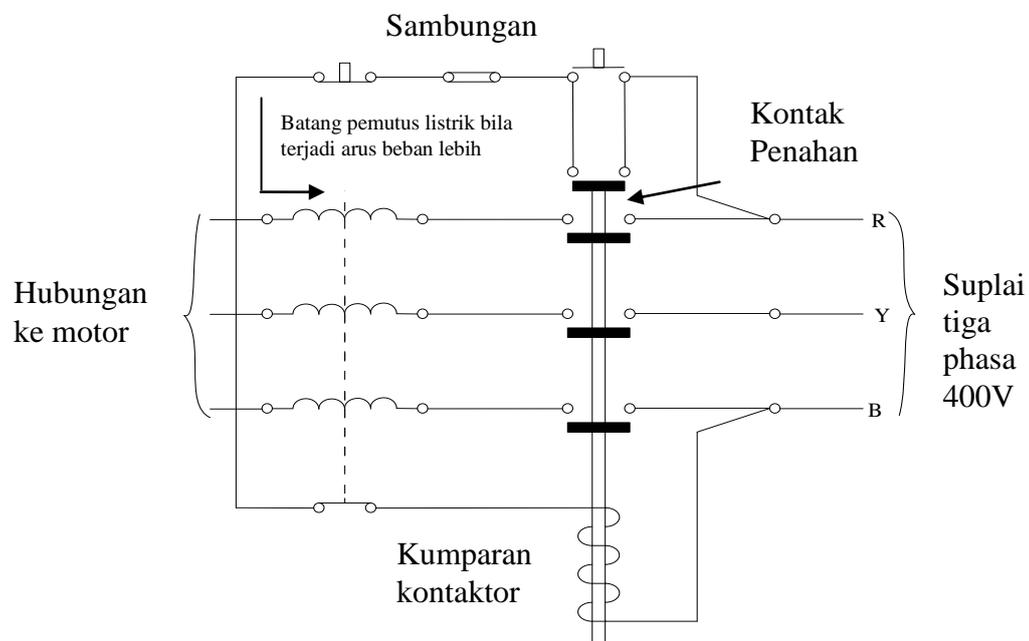
Pengasut motor untuk mengurangi arus asut dan memberikan perlindungan terhadap beban lebih dan kehilangan tegangan. Proteksi terhadap panas yang timbul karena pembebanan lebih biasanya dilakukan dengan penggunaan pita bimetal yang akan melengkung jika terjadi beban lebih. Melengkung pita bimetal ini 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.

2.9.1 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 pengasut 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 rangkaian 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.

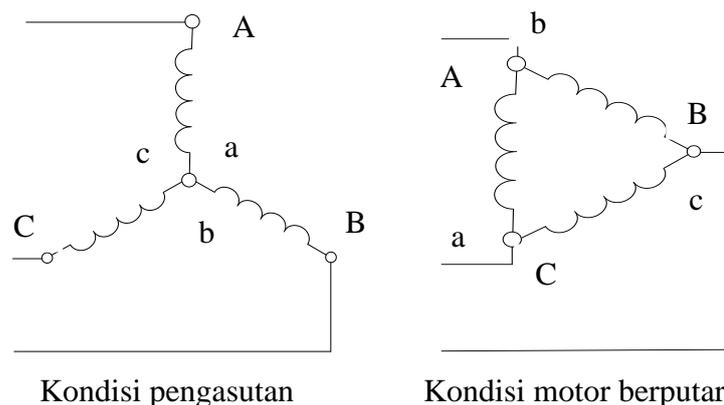


Gambar 2.25 Rangkaian pengasutan langsung

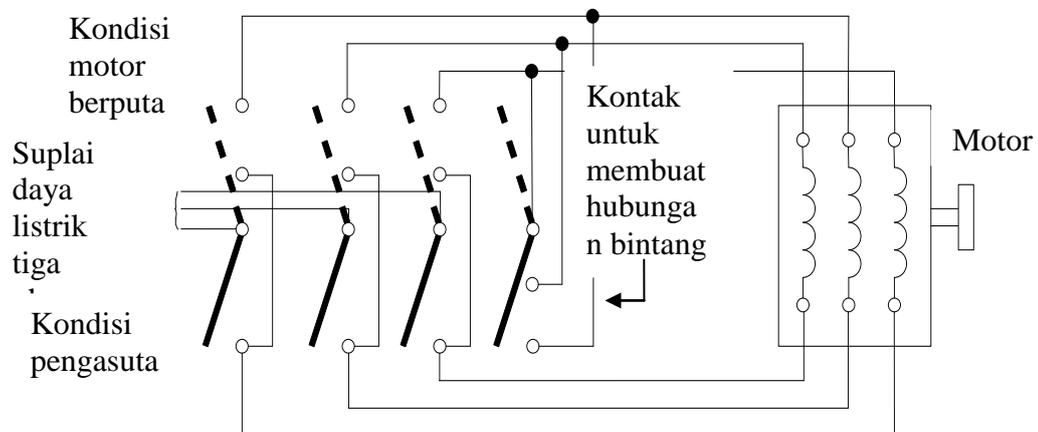
2.9.2 Pengasut Bintang Delta

Belitan-belitan dari 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 2.26 Hubungan belitan motor

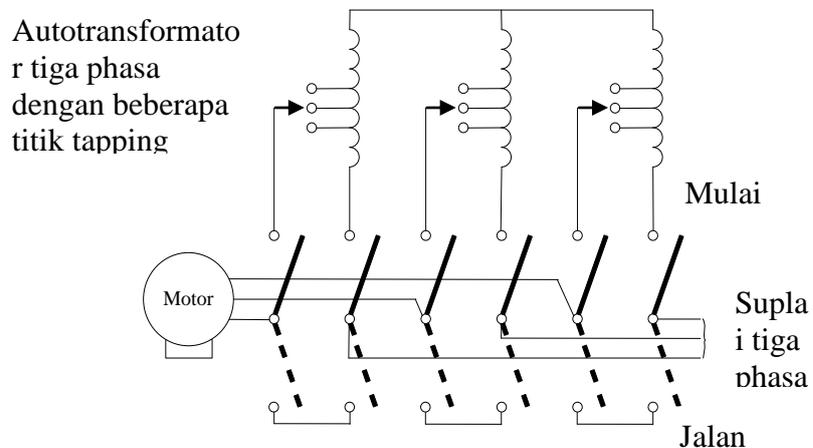


Gambar 2.27 Pengasutan hubungan bintang-delta

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. Pengasut motor ini harus dilengkapi juga dengan peralatan proteksi beban lebih serta proteksi terhadap terjadinya kehilangan tegangan.

2.9.3 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.

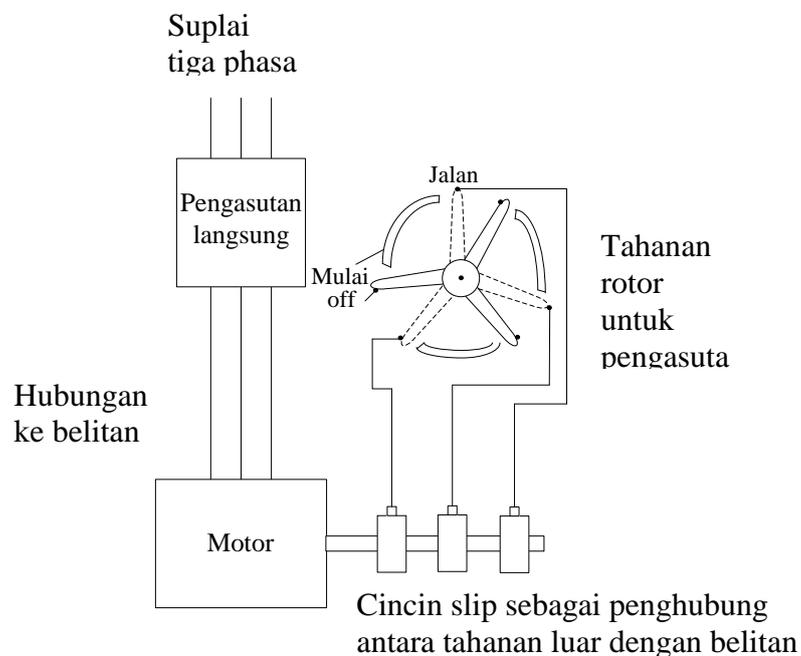


Gambar 2.28 Pengasutan dengan autotransformator

2.9.4 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. 29 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).



2.10.1 Jenis dan Kegunaan Kontaktor Magnet

Sistem pengontrolan motor listrik semi otomatis yang menggunakan alat kontrol kontaktor magnet memerlukan alat bantu lain agar fungsi pengontrolan berjalan dengan baik seperti: tombol tekan, thermal overload relay dan alat bantu lainnya. Kontaktor magnet banyak digunakan untuk mengontrol motor-motor listrik 1 fasa dan 3 fasa, antara lain untuk mengontrol motor dua arah putaran, strating bintang-segitiga, beberapa unit motor bekerja dan berhenti berurutan dan lain-lain.

2.10.1.1 Kontaktor Magnet

Kontaktor magnet atau sakelar magnet adalah sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan. Artinya sakelar ini bekerja bila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Sebuah kontaktor harus mampu mengalirkan arus dan memutuskan arus dalam keadaan kerja normal. Arus kerja normal ialah arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi. Sebuah kontaktor kumparan magnetnya (coil) dapat dirancang untuk arus searah (arus DC) atau arus bolak-balik (arus AC). Kontaktor arus AC ini pada inti magnetnya dipasang cincin hubung singkat, gunanya adalah untuk menjaga arus kemagnetan agar kontinu sehingga kontaktor tersebut dapat bekerja normal. Sedangkan pada kumparan magnet yang dirancang untuk arus DC tidak dipasang cincin hubung singkat.

1. Kontaktor Magnet Arus Searah (DC)

Kontaktor magnet arus searah (DC) terdiri dari sebuah kumparan yang intinya terbuat dari besi. Jadi bila arus listrik mengalir melalui kumparan, maka inti besi akan menjadi magnet. Gaya magnet inilah yang digunakan untuk menarik angker yang sekaligus menutup/membuka kontak. Bila arus listrik terputus ke kumparan, maka gaya magnet akan hilang dan pegas akan menarik/menolak angke sehingga kontak kembali membuka atau menutup.

Untuk merancang kontaktor arus searah yang besar dibutuhkan tegangan kerja yang besar pula, namun hal ini akan mengakibatkan arus yang melalui



kumparan akan besar dan kontaktor akan cepat panas. Jadi kontaktor magnet arus searah akan efisien pada tegangan kerja kecil seperti 6 V, 12 V dan 24 V.



Gambar 2.30 fisik kontaktor magnet DC

2. Kontaktor Magnet Arus Bolak balik (AC)

Konstruksi kontaktor magnet arus bolak-balik pada dasarnya sama dengan kontaktor magnet arus searah. Namun karena sifat arus bolak-balik bentuk gelombang sinusoida, maka pada satu periode terdapat dua kali besar tegangan sama dengan nol. Jika frekuensi arus AC 50 Herz berarti dalam 1 detik akan terdapat 50 gelombang. Dan 1 periode akan memakan waktu $1/50 = 0,02$ detik yang menempuh dua kali titik nol. Dengan demikian dalam 1 detik terjadi 100 kali titik nol atau dalam 1 detik kumparan magnet kehilangan magnetnya 100 kali.



Gambar 2.31 bentuk fisik dari kontaktor

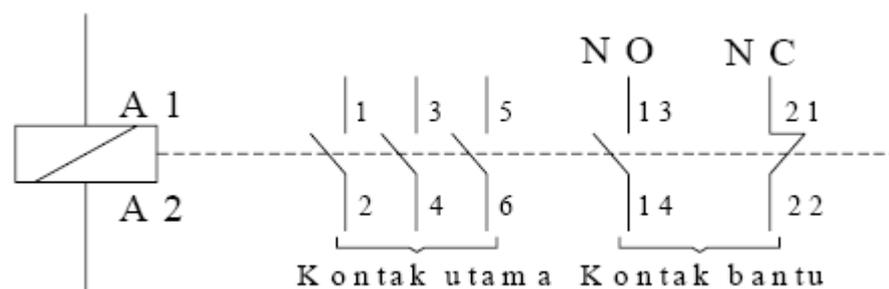
Karena itu untuk mengisi kehilangan magnet pada kumparan magnet akibat kehilangan arus maka dibuat belitan hubung singkat yang berfungsi sebagai pembangkit induksi magnet ketika arus magnet pada kumparan magnet hilang.



Dengan demikian maka arus magnet pada kontaktor akan dapat dipertahankan secara terus menerus (kontinu).

Bila kontaktor yang dirancang untuk arus AC digunakan pada arus DC maka pada kumparan itu tidak timbul induksi listrik sehingga kumparan menjadi panas. Sebaliknya, bila kontaktor magnet untuk arus DC yang tidak mempunyai belitan hubung singkat diberikan arus AC maka pada kontaktor itu akan bergetar yang disebabkan oleh kemagnetan pada kumparan magnetnya timbul dan hilang setiap 100kali.

Kontaktor akan bekerja normal bila tegangannya mencapai 85 % dari tegangan kerja, bila tegangan turun kontaktor akan bergetar. Ukuran dari kontaktor ditentukan oleh batas kemampuan arusnya. Biasanya pada kontaktor terdapat beberapa kontak, yaitu kontak normal membuka (Normally Open = NO) dan kontak normal menutup (Normally Close = NC). Kontak NO berarti saat kontaktor magnet belum bekerja kedudukannya membuka dan bila kontaktor bekerja kontak itu menutup/ menghubungkan. Sedangkan kontak NC berarti saat kontaktor belum bekerja kedudukan kontakannya menutup dan bila kontaktor bekerja kontak itu membuka. Jadi fungsi kerja kontak NO dan NC berlawanan. Kontak NO dan NC bekerja membuka sesaat lebih cepat sebelum kontak NO menutup.



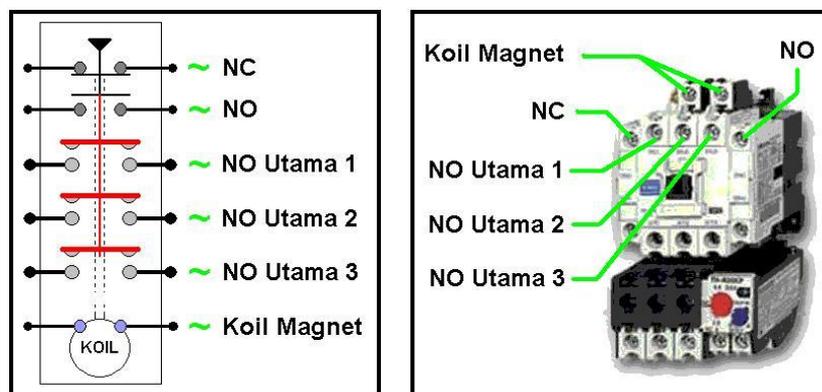
Gambar 2. 32 Simbol-simbol kontaktor magnet. a) Kumparan (coil), b) Kontak Utama, c) Kontak bantu

Fungsi dari kontak-kontak dibuat untuk kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama terdiri dari kontak NO dan kontak bantu terdiri dari kontak NO dan NC. Kontak utama digunakan untuk mengalirkan arus utama, yaitu arus yang diperlukan untuk pesawat pemakai listrik misalnya motor listrik, pesawat pemanas dan sebagainya. Sedangkan kontak bantu digunakan untuk mengalirkan arus bantu yaitu arus yang diperlukan untuk kumparan magnet, alat bantu rangkaian, lampu-lampu indikator, dan lain-lain.

Dari informasi diatas dapat dilihat bahwa keuntungan penggunaan kontaktor magnet daripada saklar togel dan saklar Cam adalah:

- Arus listrik yang mengalir pada saklar pengontrol sangat kecil dibandingkan arus beban.
- Dapat mengontrol beban listrik dari tempat jauh dengan kerugian tegangan yang relatif kecil.

2.10.2 Bagian- bagian Kontaktor



Gambar 2.33 Bagian-bagian kontaktor

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

- a. Kumparan 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)