

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

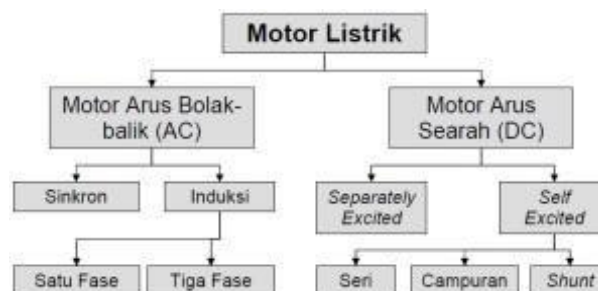
2.1 Motor Listrik



Gambar 2.1 Motor Induksi

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor. Menurut sumber tegangan yang digunakan, motor listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu motor listrik AC dan DC. Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor listrik. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar / torsi sesuai dengan kecepatan yang di butuhkan.

Pada dasarnya motor listrik terbagi menjadi 2 jenis yaitu motor listrik DC dan motor listrik AC. Kemudian dari jenis tersebut digolongkan menjadi beberapa klasifikasi lagi sesuai dengan karakteristiknya.



Gambar 2.1.1 Jenis Jenis Motor Listrik

Motor AC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan tegangan AC

(*Alternating Current*). Motor AC memiliki dua buah bagian utama yaitu “stator” dan “rotor”. Stator merupakan komponen motor AC yang statis. Rotor merupakan komponen motor AC yang berputar. Motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk mengendalikan kecepatan sekaligus menurunkan konsumsi dayanya. Adapun salah satu jenis motor AC yaitu motor induksi.

2.2 Klasifikasi Motor Listrik AC

Motor listrik AC memiliki beberapa jenis, yang jenis ini membedakan berdasarkan beberapa faktor utama yang antara lain berdasarkan prinsip kerja, berdasarkan macam arus dan berdasarkan kecepatan.

2.2.1 Berdasarkan Prinsip Kerja

1. Motor Sinkron.-Biasa (tanpa slip ring)-Super (dengan slip ring)
2. Motor Asinkron.-Motor Induksi(Squirrel Cage Rotor & Winding Rotor)¹

2.2.2 Berdasarkan Kecepatan

1. Kecepatan konstan
2. Kecepatan berubah
3. Kecepatan diatur

2.2.3 Berdasarkan Sumber Daya

1. Motor sinkron
2. Motor Induksi

2.3 Motor Induksi

Motor induksi adalah adalah motor listrik bolak-balik (ac) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotordengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada

¹ Rijono, Yon, Drs. 1997. Dasar Tehnik Tenaga Listrik. Andi, Yogyakarta. Hal : 309

berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Parekh, 2003) :

1. Motor induksi satu fasa, Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti, mesin cuci, pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.
2. Motor induksi tiga fasa, Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai) dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, jaringan listrik, dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.²

2.3.1 Konstruksi Motor Induksi

Mesin-mesin listrik digunakan untuk mengubah suatu bentuk energi ke energi yang lain, misalnya mesin yang mengubah energi mekanis ke energi listrik disebut generator, dan sebaliknya energi listrik menjadi energi mekanis disebut motor. Masing-masing mesin mempunyai bagian yang diam dan bagian yang bergerak. Bagian yang bergerak dan diam terdiri dari inti besi, dipisahkan oleh celah udara dan membentuk rangkaian magnetik dimana fluksi dihasilkan

² Sofiah.2019. Pengaturan Kecepatan Motor Ac Sebagai Aerator Untuk Budidaya Tambak Udang Dengan Menggunakan Solar Cell, Palembang. Hal : 212

oleh alir-an arus melalui kumparan/belitan yang terletak didalam kedua bagian tersebut.³

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti sebagai berikut :

1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah : Merupakan celah udara: Tempat berpindahnya energi dari startor ke rotor.
3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.

Motor Induksi tiga Phase terutama terdiri dari dua bagian yang disebut sebagai Stator dan Rotor, serta bagian lain seperti brush, main shaft, bearing, serta motor housing. Stator adalah bagian diam dari motor induksi, dan Rotor adalah bagian yang berputar. Konstruksi stator mirip dengan motor sinkron tiga fase, dan konstruksi rotor berbeda untuk mesin yang berbeda. Konstruksi motor induksi dijelaskan di bawah ini secara rinci.

2.3.1.1 Stator

Stator ini termasuk dalam komponen utama dari motor listrik. Karena komponen tersebut akan langsung bersinggungan dengan sebuah kinerja motor. Stator ini merupakan sebuah lilitan tembaga statis dan biasanya terletak untuk mengelilingi sebuah poros utama. Fungsi dari stator ini yaitu untuk bisa membangkitkan sebuah medan magnet yang terdapat di sekitar rotor. Komponen ini diketahui terdiri dari beberapa lempengan besi. Lempengan tersebut terlihat dililit oleh sebuah tembaga. Tembaga ini nantinya juga akan dihubungkan dengan sebuah sumber arus. Jadi untuk lilitan tersebut nantinya akan dialiri oleh sebuah arus listrik, sehingga akan menghadirkan kemagnetan di stator. Sebuah motor pada umumnya mempunyai 3 buah stator coil. Hal tersebut tergantung dengan kapasitas motor tersebut. Semakin banyak jumlah lilitan yang ada di kumparan

³ Yahya, sofian.2008. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3, Jakarta : 408

maka akan pastinya akan semakin besar pula medan kemagnetan yang nantinya akan dihasilkan. Hal tersebut tentunya akan sangat mempengaruhi dari kecepatan motor.



Gambar 2.3.1.1 Stator Motor Induksi

2.3.1.2 Rotor

Bagian ini juga terlihat sangat menyerupai stator. Untuk bedanya rotor ini merupakan sebuah lilitan tembaga yang mempunyai sifat dinamis. Hal ini dikarenakan lilitan tersebut terlihat menempel secara bersama main shaft ataupun ada poros utama sebuah motor yang nantinya akan berputar.

Maka sama halnya dengan sebuah stator coil, maka semakin banyak dari jumlah lilitan di rotor maka pasti akan semakin besar pula sebuah putaran yang nantinya akan dihasilkan. Pada umumnya akan digunakan sebuah tembaga dengan sebuah diameter yang sangat kecil. Ujung lilitannya pasti akan terhubung langsung dengan sebuah rotor yang lainnya yang terletak di bagian ujung dari poros utama.



Gambar 2.3.1.2 Rotor Motor Induksi

2.3.1.3 Brush

Brush merupakan sikat tembaga yang fungsinya untuk menghubungkan arus listrik dengan rotor. Rotor utama kecil yang letaknya berada di ujung rotor utama akan menempel dengan sikat (brush) ini. Nah, gesekan yang timbul tersebut akan menghantarkan arus listrik dengan arah yang sama secara berkelanjutan, sehingga menyebabkan putaran motor menjadi sinkron.

Bila brush atau sikat ini aus, maka persinggungannya dengan komutator akan kurang baik, menyebabkan tahanan semakin besar dan tahanan yang dihantarkan tidak maksimal. Arus yang kurang maksimal ini akan membuat momen putar yang dihasilkan menjadi kurang maksimal juga.



Gambar 2.3.1.3 Brush Motor Induksi

2.3.1.4 Main Shaft

Main Shaft atau sering disebut juga dengan poros utama memang menjadi salah satu komponen motor listrik paling penting. Pasalnya komponen ini merupakan sebuah loga memanjang dan dijadikan tempat untuk menempel beberapa komponen lainnya.

Untuk penggunaan bahan dari poros utama biasanya menggunakan material alumuniumu, karena bahan ini anti karat. Sehingga akan awet dan tahan lama, selain itu juga memiliki kualitas tahan dengan suhu panas.



Gambar 2.3.1.4 Main Shaft Motor Induksi

2.3.1.5 Bearing

Bearing atau bantalan. Memiliki definisi yaitu suatu bagian yang berfungsi untuk membatasi gerak relative antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bearing menjaga poros (shaft) rotor agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya.

Bearing adalah hal yang sangat penting untuk menjamin kinerja motor listrik tersebut dapat berfungsi dengan baik, dan untuk menjamin agar setiap bearing tetap dalam kondisi baik dan prima, digunakan pelumas atau grease pada bearing tersebut.



Gambar 2.3.1.5 Bearing Motor Induksi

2.3.1.6 Driver Pulley

Kumpulan komponen ini diketahui terletak pada ujung bagian dari luar poros utama. Fungsinya yaitu untuk bisa mentransfer sebuah putaran motor untuk bisa menuju komponen yang lainnya. Komponen ini pada umumnya diketahui berbentuk seperti gear ataupun pulley. Siap untuk dihubungkan dengan sebuah komponen yang memang perlu untuk digerakkan dengan menggunakan motor ini.



Gambar 2.3.1.6 Driver Pulley Motor Induksi

2.3.1.7 Motor Housing

Motor Housing atau sering disebut juga sebagai rumah motor listrik berfungsi untuk melindungi semua bagian motor listrik dan berada dibagian luar. Bisa dikatakan Motor Housing merupakan bagian terluar dari komponen motor listrik sehingga bisa melindungi semua komponen yang ada didalamnya.



Gambar 2.3.1.7 Motor Housing

2.3.1.8 Kelebihan Motor Induksi :

- Mempunyai konstruksi yang sederhana.
- Relatif lebih murah harganya bila di-bandingkan dengan jenis motor yang lainnya.
- Menghasilkan putaran yang konstan.
- Mudah perawatannya.
- Untuk pengasutan tidak memerlukan motor lain sebagai penggerak mula.
- Tidak membutuhkan sikat-sikat, se-hingga rugi gesekan bisa dikurangi.

2.3.1.9 Kekurangan Motor

Induksi □ Putarannya sulit diatur.

- Arus asut yang cukup tinggi, berkisar antara 5 s/d 6 kali arus nominal motor. Inti besi stator dan rotor terbuat dari la-pisan baja silikon yang tebalnya berkisar antara 0,35 mm - 1 mm yang tersusun secara rapi dan masing-masing teriso-lasi secara listrik dan diikat pada ujung-ujungnya. Celah udara antara stator dan rotor pada motor yg berukuran kecil 0,25 mm- 0,75 mm, sedangkan pada motor yang berukuran besar bisa mencapai 10 mm. Celah udara yang besar ini disediakan untuk mengantisipasi terjadinya pelengkungan pada sumbu sebagai akibat

pembebanan. Tarikan pada pita (belt) atau beban yang tergantung akan me-nyebabkan sumbu motor melengkung.⁴

2.3.2 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Prinsip kerja motor induksi atau terjadinya putaran pada motor, bisa dijelaskan sebagai berikut :

- Bila kumparan stator diberi suplai tegangan tiga fasa, maka akan terjadi medan putar dengan kecepatan

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Medan putar stator tersebut akan mengimbas penghantar yang ada pada rotor, sehingga pada rotor timbul tegangan induksi.
- Tegangan yang terjadi pada rotor menyebabkan timbulnya arus pada penghantar rotor.
- Selanjutnya arus di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.
- Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk menanggung kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
- Supaya timbul tegangan induksi pada rotor, maka harus ada perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator(N_s) dengan kecepatan putar rotor (N_r).Perbedaan kecepatan antara N_r dengan N_s disebut Slip (S), dan dinyatakan dengan persamaan.

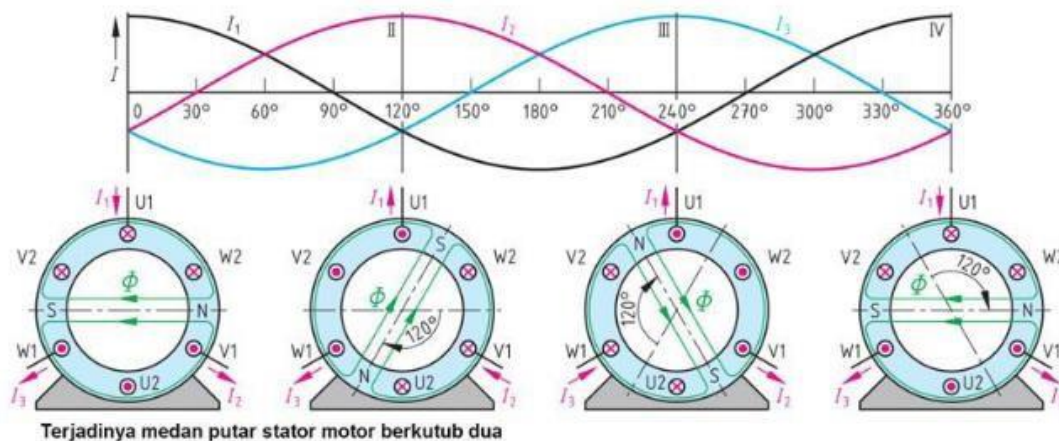
$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

- Bila $N_r = N_s$ tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, sehingga tidak dihasilkan kopel. Kopel pada motor akan terjadi bila N_r lebih kecil dari N_s .⁵

⁴ Yahya, sofian.2008. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3, Jakarta : 409

⁵ Yahya, sofian.2008. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3, Jakarta : 412-413

Prinsip kerja motor induksi dijelaskan dengan gelombang sinusoidal, terbentuknya medan putar pada stator motor induksi. Tampak stator dengan dua kutub, dapat diterangkan dengan empat kondisi.



Gambar 2.3.2 Gelombang Sinusoida

1. **Saat sudut 0° .** Arus I_1 bernilai positif dan arus I_2 dan arus I_3 bernilai negatif dalam hal ini belitan V_2 , U_1 dan W_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan V_1 , U_2 dan W_1 bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). terbentuk fluk magnet pada garis horizontal sudut 0° . kutub S (south=selatan) dan kutub N (north=utara).
2. **Saat sudut 120° .** Arus I_2 bernilai positif sedangkan arus I_1 dan arus I_3 bernilai negatif, dalam hal ini belitan W_2 , V_1 dan U_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat W_1 , V_2 dan U_1 bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluk magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi awal.
3. **Saat sudut 240° .** Arus I_3 bernilai positif dan I_1 dan I_2 bernilai negatif, belitan U_2 , W_1 dan V_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat U_1 , W_2 dan V_1 bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluk magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi kedua.
4. **Saat sudut 360° .** posisi ini sama dengan saat sudut 0° . dimana kutub S dan N kembali keposisi awal sekali. Dari keempat kondisi diatas saat sudut 0° ; 120° ; 240° ; 360° , dapat dijelaskan terbentuknya medan putar pada stator, medan

magnet putar stator akan memotong belitan rotor. Kecepatan medan putar stator ini sering disebut kecepatan sinkron, tidak dapat diamati dengan alat ukur tetapi dapat dihitung secara teoritis besarnya

$$n = \frac{fx120}{p} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Pout = \tau \times n \div 9,55 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : n = kecepatan sinkron
medan stator (rpm) f = frekuensi
(Hz)
 $Pout$ = Daya keluaran
 τ = Torsi
9,55= konstanta

Rotor motor induksi adalah beberapa batang penghantar yang ujung-ujungnya dihubung singkatkan menyerupai sangkar tupai, maka sering disebut rotor sangkar tupaigambar-5.7,Kejadian ini mengakibatkan pada rotor timbul induksi elektromagnetis. Medan mahnet putar dari stator saling berinteraksi dengan medan mahnet rotor, terjadilah torsi putar yang berakibat rotor berputar.

Kecepatan medan magnet putar pada stator:

$$ns = \frac{fx120}{p} Rpm \dots\dots\dots(2.5)$$

$$slip = \frac{ns-nr}{ns} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

ns = kecepatan sinkron medan stator (rpm)
 f = frekuensi (Hz)
 nr = kecepatan poros rotor (rpm)
 $slip$ = selisih kecepatan stator dan rotor⁶

⁶ Siswoyo 2008Teknik Listrik Industri Jilid 2 jakarta 5-6

2.4 Torsi

Torsi adalah kekuatan yang menghasilkan suatu rotasi (putaran). Hal ini menyebabkan objek untuk berputar. Torsi terdiri dari gaya dan jarak (lb-ft) dimana untuk menghitung nilai torsi, kita dapat menerapkan rumus :

$$\mathbf{T = F \times S} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

\mathbf{T} = torsi (lb-ft)

\mathbf{F} = gaya (lb)

\mathbf{S} = jarak (kaki)

Apabila satuan \mathbf{T} diubah menjadi satuan lb ft maka :

$$1 \text{ lb} = 4,447 \text{ N} \qquad 1 \text{ lb ft} = 1,356 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m} \qquad 1 \text{ Nm} = 0,737 \text{ lb ft}$$

Untuk menghitung torsi motor pada saat beban penuh, kita dapat menerapkan rumus :

$$\mathbf{T} = \frac{\mathbf{HP \times 5252}}{\mathbf{n}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Atau menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{T} = \frac{\mathbf{P_{out}}}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$= \mathbf{2\pi.nr/60}$$

Dimana :

\mathbf{T} = torsi

\mathbf{HP} = daya kuda

$\mathbf{5252}$ = konstanta

\mathbf{nr} = kecepatan motor induksi

$\mathbf{P_{out}}$ = daya keluaran (output) motor induksi

$\mathbf{\omega}$ = kecepatan sudut putar

2.5 Efisiensi Motor Induksi

Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukannya. Daya keluaran sama dengan daya masukan dikurangi dengan semua rugi-rugi yang ada. Oleh karena itu, jika dua dari tiga variabel (keluaran, masukan, atau rugi-rugi) telah didapatkan nilainya, nilai efisiensi dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan : η = efisiensi motor (%)

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

1. Usia motor baru lebih efisien.
2. Kapasitas. Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis rotor. Sebagai contoh, bahwa motor dengan rotor sangkar biasanya lebih efisien dari pada motor dengan rotor belitan / cincin geser.
5. Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor *screen protected drip-proof* (SPDP).
6. Penggulangan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi.
7. Beban, seperti yang dijelaskan dibawah.

Efisiensi motor ditentukan oleh rugi-rugi atau kehilangan dasar yang hanya dapat dikurangi oleh perubahan pada rancangan dasar motor dan kondisi sistem operasi.

2.6 Coal feeder

Coal feeder berfungsi untuk mengatur jumlah batubara yang masuk ke pulverizer. Jumlah batubara yang masuk ke *pulverizer* berubah-ubah sesuai dengan beban unit pembangkit. Oleh karena itu, output coal feeder pun berubah-ubah sesuai kebutuhannya. Pengaturan output *coal feeder* dapat dilakukan

dengan dua cara yaitu dengan motor penggerak yang putarannya dapat diatur (*variable frequency motor*) atau dengan motor putaran tetap yang dilengkapi dengan *variable frequensi drive*.

Sistem yang terdapat pada *Coal Feeder* memberikan ukuran aliran Batubara yang terkontrol mulai dari Bunker sampai *Pulverizer* berdasarkan pada kebutuhan pembakaran. *Nuclear coal flow* yang terdapat pada *coal feeder* memberikan informasi pada operator mengenai aliran batubara mulai dari bunker dan *coal feeder* serta *bunker outlet valve* yang digunakan untuk mengisolasi batubara dari *bunker* ke *coal feeder*. *Coal feeder* memonitor berat batubara pada belt dan mengontrol penyaluran batubara dengan cara mengukur ketinggian level dan mengatur kecepatan pada belt.

Komponen utama *coal feeder* terdiri dari beberapa komponen, diantaranya :

2.6.1 *Feeder body*

Desain feeder ini mendekati kebutuhan standar yang ada pada NFPA Code 8503 yang dapat menahan ledakan. Semua strukturnya terbuat dari baja tahan karat. Pintu tahan debu (*dust-tight doors*) terpasang pada kedua ujung *coal feeder* sebagai akses. Kaca intip (*viewing port*) juga terpasang pada kedua pintu untuk melihat *interior feeder* selama pengoperasian. Sebuah lampu penerang interior terpasang pada bagian atas feeder yang dapat diganti dari luar.

2.6.2 *Cleanout conveyor*

Cleanout conveyor pada *feeder* berfungsi untuk membersihkan pan bagian bawah pada *feeder*. Pembersihan ini untuk menghindari gangguan yang dapat terjadi pada belt dan menghilangkan sisa batubara yang terjebak pada bagian dalam *feeder* sehingga dapat menyebabkan bahaya ledakan.

Material atau batubara yang terjebak dalam feeder dapat disebabkan hal-hal sebagai berikut

- a. Material yang jatuh dari belt scraper
- b. Penumpukan debu
- c. Material yang jatuh dari *self take-up pulley*
- d. Material yang tertiuip oleh seal air akibat penyetelan yang kurang tepat.

Pengoperasian *cleanout conveyor* secara kontinyu dapat mencegah pembentukan korosi pada bagian penghubung atau penggerak pada feeder yang dapat terjadi jangka waktu yang lama.

2.6.3 *Belt dan drive system*

Coal yang dilengkapi dengan *vulcanized endless style belt*. Belt jenis ini disupport oleh *machined drive pulley* pada sisi outletnya.

2.6.4 *Coal flow indikator*

Coal flow indicator merupakan indikasi menunjukkan jumlah batubara yang masuk kedalam *pulverizer*.

2.6.5 *Seal air connection*

Coal feeder beroperasi pada kondisi tekanan positif, dimana udara dibutuhkan untuk mencegah gas atau udara panas masuk ke dalam *feeder*. Jumlah udara penyekat yang dibutuhkan sebanding dengan udara yang hilang ke dalam bunker. Aliran udara yang kurang serta kerugian perbedaan tekanan akan mengakibatkan masuknya udara panas dan debu dari *pulverizer* ke dalam feeder.

2.6.6 *Coal feeder protection*

- a. *No coal on belt*, sebagai pengaman akibat tidak ada batubara di belt.
- b. *Coal feeder outlet plugging*, sebagai pengaman adanya *plugged* di outlet
- c. Motor overload

2.7 *Variable Frequency Drive*

VFD adalah sebuah peralatan yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor AC 3 Phase dengan cara merubah frekuensinya. Fungsi dari VFD adalah untuk mengontrol energi dari *supply* utama ke proses melalui *shaft* motor listrik, dengan cara mengontrol dua besaran, yaitu *torque* dan kecepatan. VFD banyak diperlukan dalam industri. Jika sebelumnya banyak dipergunakan system mekanik, kemudian beralih ke motor slip/pengereman maka saat ini banyak menggunakan semikonduktor. Tidak seperti *soft starter* yang mengolah level tegangan, VFD menggunakan frekuensi untuk mengatur speed motor. Seperti

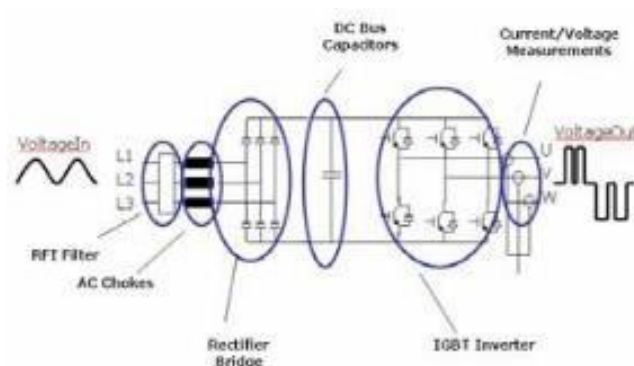
diketahui, pada kondisi ideal (tanpa slip) Jadi dengan memainkan perubahan frekuensi pada motor, speed akan berubah.

2.7.1 Prinsip kerja *Variable Frequency Drive*(VFD)

Prinsip kerja VFD yang sederhana adalah :

1. Tegangan yang masuk dari jala jala 50 Hz dialirkan ke *board Rectifier/* penyearah DC, dan ditampung ke bank *capacitor*. Jadi dari AC di jadikan DC.
2. Tegangan DC kemudian diumpankan ke *board inverter* untuk dijadikan AC kembali dengan frekuensi sesuai kebutuhan. Jadi dari DC ke AC yang komponen utamanya adalah *Semikonduktor* aktif seperti IGBT. Dengan menggunakan frekuensi *carrier* (bisa sampai 20 kHz), tegangan DC dicacah dan dimodulasi sehingga keluar tegangan dan frekuensi yang diinginkan.

Untuk lebih jelasnya kita lihat diagram blok *variable frequency drive* dibawah ini:



Gambar 2.7.1 Diagram Blok *Variable Frequency Drive*

2.7.2 Penyearah Gelombang Penuh

Rangkaian *power supply* digunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik atau AC menjadi tegangan searah atau DC. Untuk mengubah tegangan tersebut digunakan penyearah yang disebut Dioda.

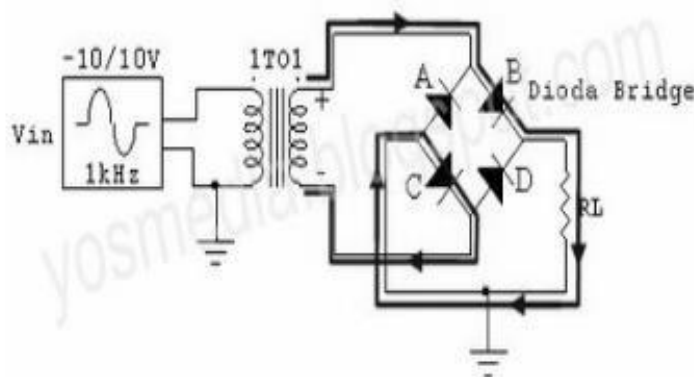
2.7.2.1 Dioda

Dioda adalah komponen sambungan $-pn$ dua terminal dan sebuah sambungan $-pn$ dibentuk dari penumbuhan pencampuran, difusi dan epiktasial. Teknik kendali modern dalam proses difusi dan epiktasial mengizinkan karakteristik komponen yang diinginkan.

2.7.3 Penyearah Gelombang Bridge dengan Menggunakan 2 Dioda

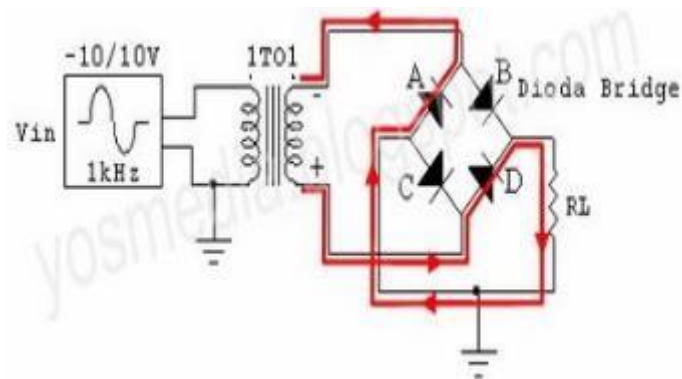
Pada penyearah gelombang ini digunakan dua buah dioda guna mendapatkan gelombang output yang penuh. Pada penyearah ini gelombang yang dihasilkan sama dengan penyearah jembatan. Penyearah gelombang penuh dengan jembatan dioda (dioda bridge).

Pada dioda *bridge*, hanya ada 2 dioda saja yang menghantarkan arus untuk setiap siklus tegangan AC sedangkan 2 dioda lainnya bersifat sebagai isolator pada saat siklus yang sama. Untuk memahami cara kerja diode *bridge*, perhatikanlah kedua gambar berikut :



Gambar 2.7.3 Cara kerja dioda saat siklus positif

Saat siklus positif tegangan AC, arus mengalir melalui dioda B menuju beban dan kembali melalui dioda C. Pada saat yang bersamaan pula, dioda A dan D mengalami *reverse bias* sehingga tidak ada arus yg mengalir atau kedua dioda tersebut bersifat sebagai isolator.

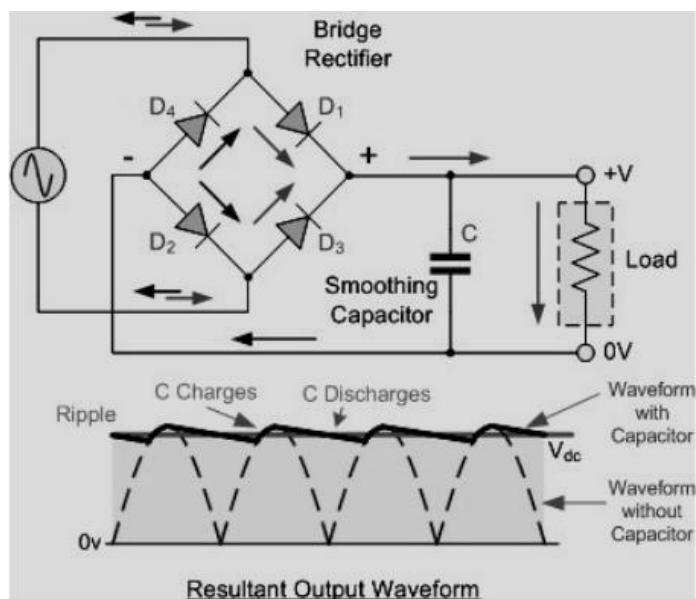


Gambar 2.7.3.1 Cara kerja dioda saat siklus negatif

Sedangkan pada saat siklus negative tegangan AC, arus mengalir melalui dioda D menuju beban dan kembali melalui dioda A. Karena dioda B dan C mengalami *reverse* bias maka arus tidak dapat mengalir pada kedua dioda ini. Kedua hal ini terjadi berulang secara terus menerus hingga didapatkan tegangan beban yang berbentuk gelombang penuh yang sudah disearahkan (tegangan DC). Jembatan dioda (dioda *bridge*) tersedia dalam bentuk 1 komponen saja atau pun bisa dibuat dengan menggunakan 4 dioda yang sama karakteristiknya. Yang harus diperhatikan adalah besar arus yang dilewatkan oleh diode harus lebih besar dari besar arus yang dilewatkan pada rangkaian.

2.7.4 Penyearah Dilengkapi Filter Kapasitor

Filter kapasitor berfungsi untuk meratakan faktor *ripple* yang terjadi pada tegangan AC yang disearahkan. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh filter sudah tidak mempunyai *ripple* dan rata. Filter ini dibangun dengan cara mengkombinasikan resistor dengan kapasitor secara paralel. Dari diode bridge tegangan yang masuk ke kapasitor disaring atau difilter dengan harapan tegangan keluarannya lebih murni atau tanpa *ripple*. Agar tegangan penyearahan gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang filter kapasitor pada bagian output rangkaian penyearah seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2.7.4 Bagian Output Rangkaian Penyearah

2.7.5 Transistor

Transistor adalah suatu bahan semikonduktor yang merupakan hasil perkembangan dari dioda semikonduktor. Ada dua jenis bahan transistor yaitu jenis silikon dan germanium yang terdiri dari tiga daerah dengan isi tak murnian yang berbeda. Transistor ini dibentuk dari dua buah dioda yang mempunyai kutub yang sesuai dengan jenisnya. Ketiga daerah tersebut adalah basis, kolektor dan emitor. Transistor digunakan dalam rangkaian untuk memperkuat isyarat lemah pada maksimum diubah menjadi isyarat yang kuat pada keluaran. Pada masa ini transistor ada dalam setiap peralatan elektronika. Jika memahami dasar kerja transistor maka akan lebih mudah mempelajari cara kerja berbagai macam peralatan elektronika. Transistor ada dua macam yaitu transistor dwi kutub (bipolar) dan transistor efek medan (*field effect transistor- FET*).

2.7.6 Keunggulan *variable frequency drive*

Keunggulan *variable frequency drive* dibanding alat pengontrol kecepatan motor induksi lainnya adalah sbb :

1. *Energy savings* (hemat energi)

Energi dapat dihemat apabila kecepatan motor dapat diatur sesuai kebutuhan peralatan. Energi dapat dihemat apabila kecepatan motor

dapat diatur sesuai kebutuhan peralatan. Sebuah peralatan beroperasi setengah dari kecepatan nominalnya hanya membutuhkan 12.5% daya nominal

2. Optimalisasi proses

Pengaturan kecepatan dalam proses produksi dapat meningkatkan kualitas hasil produksi dan mengurangi waste.

3. Pengoperasian mesin lebih halus

Bisa menghindari efek kejutan saat start dan stop, karena dapat mengatur akselerasi dan deselerasi.

4. Mengurangi Perawatan

Karena VFD mengurangi efek kejutan dari peralatan maka otomatis life time dari peralatan tersebut juga bertambah.