

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Motor Induksi**

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik yang paling banyak dipakai dalam industri dan rumah tangga. Dikatakan motor induksi karena arus rotor motor ini merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan arus stator. Motor ini memiliki konstruksi yang kuat, sederhana, dan handal. Disamping itu motor ini juga memiliki efisiensi yang cukup tinggi saat berbeban penuh dan tidak membutuhkan perawatan yang banyak. selain itu, harga motor relatif murah dengan ketahanan tinggi, dan biaya pemeliharaan relatif rendah. Namun motor induksi ini juga memiliki kekurangan, yaitu kecepatan sulit dikontrol, arus start besar yakni 5 sampai 7 kali dari arus nominal, *power factor* yang rendah pada beban ringan.

##### **2.1.1. Prinsip Kerja Motor Induksi**

Secara umum, motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Di dalam motor DC, energi listrik diambil langsung dari kumparan armatur dengan melalui sikat dan komutator, oleh karena itu motor DC disebut motor konduksi. Lain halnya pada motor AC, pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan sekunder transformator. Oleh karena itu, motor AC dikenal dengan motor induksi. Sebenarnya motor induksi dapat diidentikan dengan transformator, yang kumparan primer sebagai kumparan stator atau armatur, sedangkan kumparan sekunder sebagai kumparan rotor.

Motor induksi *polyphase* banyak dipakai di kalangan industri, Ini berkaitan dengan beberapa keuntungan dan kerugian :

Keuntungan :

1. Sangat sederhana dan daya tahan kuat (konstruksi hampir tidak pernah terjadi kerusakan, khususnya tipe *squirrel cage*).
2. Harga relatif murah dan perawatan mudah.
3. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang diakibatkannya dapat dikurangi.
4. Tidak memerlukan starting tambahan dan tidak harus sinkron

Kerugian :

1. Kecepatan tidak dapat berubah tanpa pengorbanan efisiensi.
2. Tidak seperti motor DC atau motor shunt, kecepatannya menurun seiring dengan tambahan beban.
3. Kopel awal mutunya rendah dibanding dengan motor DC shunt.

### **2.1.2. Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa**

Motor induksi 3 fasa terdiri dari 2 bagian elektromagnetik:

1. Bagian *stasioner* disebut stator
2. Bagian yang berputar disebut rotor, didukung bantalan (*bearing*) di setiap ujungnya

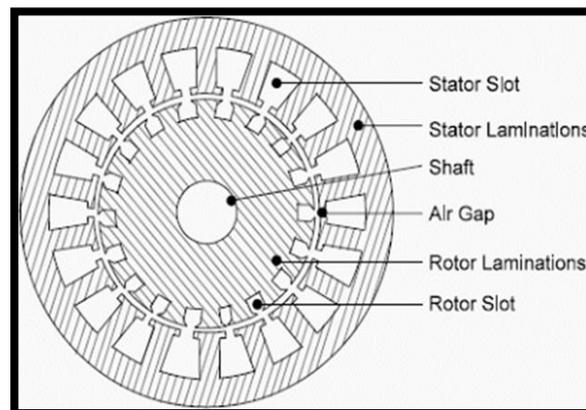
Stator dan rotor masing-masing terdiri dari:

1. Sebuah rangkaian listrik, biasanya terbuat dari tembaga terisolasi atau aluminium, untuk membawa arus.
2. Sebuah sirkuit magnetik, biasanya terbuat dari baja laminasi, untuk membawa fluks magnetik.

Stator adalah bagian *stationer* sebelah luar dari motor, yang terdiri dari:

1. Bingkai silinder luar dari motor, yang terbuat baik dari lembaran baja yang dilas, besi cor atau paduan aluminium cor. Bagian ini bisa termasuk kaki atau flens untuk pemasangan.
2. Jalur magnetik, yang terdiri dari satu set laminasi baja beralur yang ditekan ke dalam ruang silinder dalam bingkai terluar. Jalur magnetik dilaminasi untuk mengurangi arus eddy, memperkecil kerugian dan memperkecil pemanasan.

Satu set gulungan listrik terisolasi, yang ditempatkan di dalam slot dari jalur magnetik yang dilaminasi. Ukuran area untuk lilitan ini harus cukup besar untuk rating daya motor. Untuk motor 3 fasa, 3 set gulungan yang diperlukan, satu gulungan untuk setiap fasa.



**Gambar 2.1. Stator**

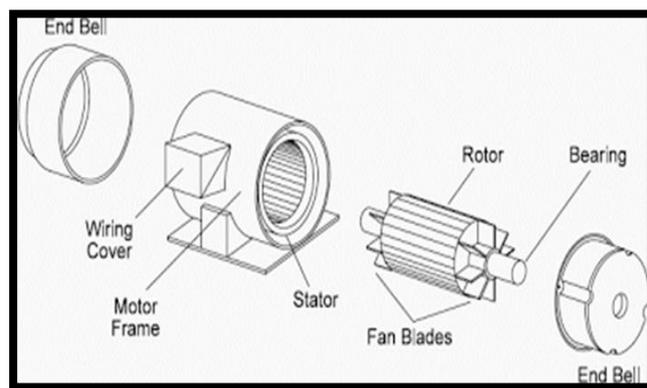
Rotor adalah bagian yang berputar dari motor. Rotor terdiri dari satu set laminasi baja beralur ditekan bersama dalam bentuk jalur magnetik silinder dan sirkuit listrik.

Jenis – Jenis Rotor :

1. Jenis rotor gulungan, yang terdiri dari 3 set gulungan terisolasi yang dikoneksikan ke 3 sliprings yang dipasang pada poros. Koneksi

eksternal untuk bagian yang berputar dibuat melalui brush ke sliprings. Akibatnya, motor jenis ini sering disebut sebagai motor slipring.

2. Jenis rotor sangkar tupai , yang terdiri dari satu set tembaga atau potongan aluminium yang dipasang ke dalam slot, yang terhubung ke sebuah akhir-cincin pada setiap akhir rotor. Konstruksi gulungan rotor ini menyerupai 'kandang tupai'. Potongan aluminium rotor biasanya dicor mati ke dalam slot rotor, yang membuat konstruksinya sangat kasar. Meskipun potongan rotor aluminium berada dalam kontak langsung dengan laminasi baja, hampir semua arus rotor melalui jeruji aluminium dan tidak di laminasi.



**Gambar 2.2. Bagian-Bagian Motor Induksi**

### **2.1.3. Jenis Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Bentuk Rotornya**

Ada dua jenis motor induksi tiga fasa berdasarkan rotornya, Kedua motor ini bekerja pada prinsip yang sama dan mempunyai konstruksi stator yang sama tetapi berbeda dalam konstruksi rotor. Kedua motor tersebut yaitu:

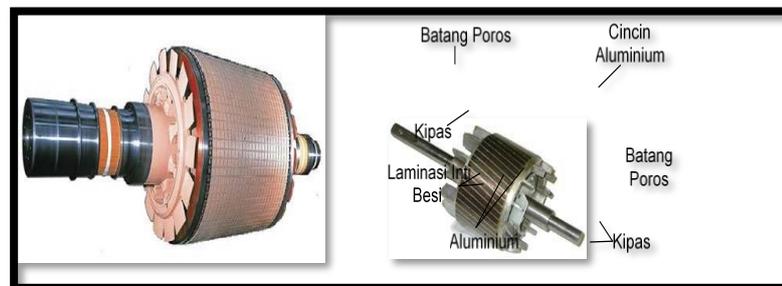
- a. Motor induksi tiga fasa sangkar tupai ( *squirrel-cage motor* )
- b. Motor induksi tiga fasa rotor belitan ( *wound-rotor motor* ).

#### **2.1.3.1. Motor Induksi 3 Fasa Sangkar Tupai (*Squirrel Cage Motor*)**

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian

rupa hingga menyerupai sangkar tupai. Konstruksi seperti ini sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor mesin listrik lainnya. Dengan demikian harganya pun murah. Karena konstruksinya yang demikian, padanya tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor induksi dengan motor belitan. Untuk membatasi arus mula yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan *ototransformator* atau saklar. Tetapi berkurangnya arus akan berakibat berkurangnya kopel mula. Untuk mengatasi hal ini dapat digunakan rotor jenis sangkar ganda.

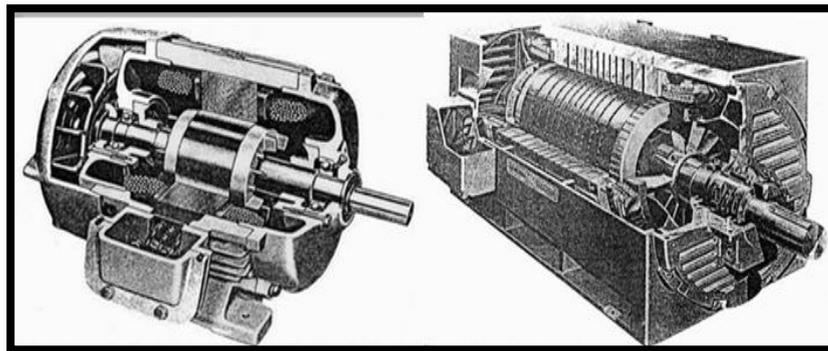
Penampang motor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sederhana. Inti stator pada motor sangkar tupai tiga fasa terbuat dari lapisan-lapisan plat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau plat baja yang dipabrikasi. Lilitan-lilitan kumparan stator diletakkan dalam alur stator yang terpisah 120 derajat listrik. Lilitan fasa ini dapat tersambung dalam hubungan delta ( $\Delta$ ) ataupun bintang ( $Y$ ). Rotor jenis rotor sangkar ditunjukkan pada gambar 2.3 di bawah ini.



**Gambar 2.3. Rotor Sangkar & Bagian - Bagianya**

Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar tupai yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng pada inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor melainkan dibenamkan ke dalam alur rotor dan kemudian dilas dengan kuat ke cincin ujung. Batang rotor motor sangkar tupai tidak selalu ditempatkan paralel terhadap poros motor tetapi kerap kali

dimiringkan. Hal ini akan menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga mengurangi derau dengung magnetik sewaktu motor sedang berputar. Pada ujung cincin penutup dilekatkan sirip yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis rotor sangkar standar tidak terisolasi, karena batangan membawa arus yang besar pada tegangan rendah. Motor induksi dengan rotor sangkar ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

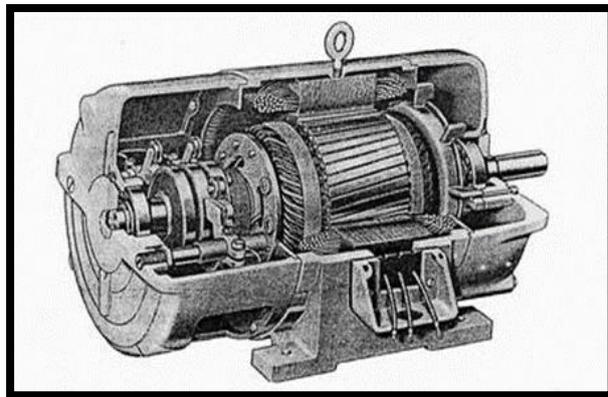


**Gambar 2.4 Kontruksi Motor Induksi Rotor Sangkar**

#### **2.1.3.2. Motor Induksi 3 Fasa Rotor Belitan (*Wound-Rotor Motor*)**

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama. Penambahan tahanan luar sampai harga tertentu, dapat membuat kopel mulai mencapai harga kopel maksimumnya. Kopel mula yang besar memang diperlukan pada waktu start. Motor induksi dengan rotor belitan memungkinkan penambahan (Pengaturan) tahanan luar. Tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin. Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar tadi diperlukan untuk membatasi arus mula yang besar pada saat start. Disamping itu dengan mengubah – ubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur.

Motor rotor belitan ( motor cincin slip ) berbeda dengan motor sangkar tupai dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor dihubungkan secara Y dan masing – masing fasa ujung terbuka yang dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor. Konstruksi motor tiga fasa rotor belitan ditunjukkan pada gambar di bawah ini



**Gambar 2.5 Kontruksi Motor Induksi Rotor Belitan**

#### **2.1.4. Jenis Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Karakteristik Kelasnya**

Berdasarkan karakteristik kelasnya, motor induksi 3 fasa terbagi menjadi 4 jenis. Adapun jenis – jenisnya adalah sebagai berikut :

##### 1. Kelas A

Motor Induksi 3 fasa kelas A memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a). Torsi awal normal (150 – 170%) dari nilai ratingnya) dan torsi breakdownnya tinggi.
- b). Arus awal relatif tinggi dan Slip rendah (  $0.0015 < \text{Slip} < 0.005$  )
- c). Tahanan rotor kecil sehingga efisiensi tinggi
- d). Baik digunakan untuk torsi beban kecil saat start dan cepat mencapai putaran penuhnya.
- e). Contoh : pompa dan fan

## 2. Kelas B

Motor Induksi 3 fasa kelas B memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a). Torsi awal normal hampir sama seperti kelas A
- b). Arus awal rendah ( lebih rendah 75% dari kelas A ) dan Slip rendah (slip < 0.005)
- c). Arus awal dapat diturunkan karena rotor mempunyai reaktansi tinggi
- d). Rotor terbuat dari plat atau saklar ganda
- e). Efisiensi dan faktor dayanya pada saat berbeban penuh tinggi
- f). Contoh : fan, blower, dan motor generator set

## 3. Kelas C

Motor Induksi 3 fasa kelas C memiliki karakteristik sebagai berikut :

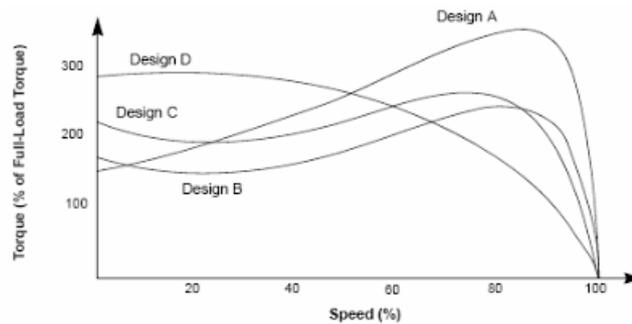
- a). Torsi awal lebih tinggi (200 % dari nilai ratingnya)
- b). Arus awal rendah dan Slip rendah (slip < 0.005)
- c). Reaktansi rotor lebih tinggi dari kelas B
- d). Rotor menggunakan sankar rendah
- e). Saat beban penuh slip cukup tinggi sehingga efisiensinya rendah (lebih rendah dari kelas A dan Kelas B)
- f). Contoh : Kompresor, Konveyor, Crushers, dan fort

## 4. Kelas D

Motor Induksi 3 fasa kelas D memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a). Torsi awal yang paling tinggi dari kelas lainnya
- b). Arus awal rendah dan Slip tinggi
- c). Motor ini cocok untuk aplikasi dengan perubahan beban dan perubahan kecepatan secara mendadak pada motor

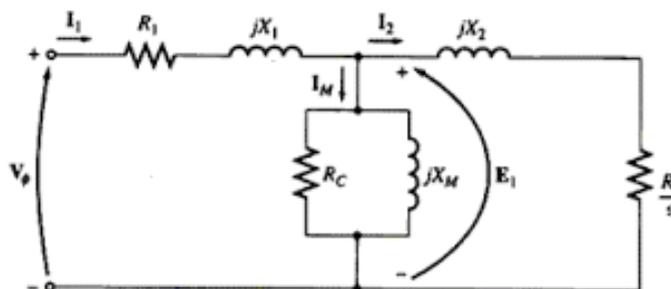
- d). Ketika torsi maksimum slip mencapai harga 0.5 atau lebih, sedangkan ketika beban penuh slip antara 8% hingga 15% sehingga efisiensinya rendah
- e). Contoh : elevator, crane, dan ekstraktor.



**Gambar 2.6. Kurva Karakteristik (Hub. Antara Torsi Dan Kecepatan)**

### 2.1.5. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

Kerja motor induksi seperti juga kerja transformator adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Kerja motor induksi tergantung pada tegangan dan arus induksi pada rangkaian rotor dari rangkaian stator. Rangkaian ekuivalen motor induksi mirip dengan rangkaian ekuivalen trafo. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.7. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi**

Dimana :

$X_2$  : Reaktansi kumparan rotor

$R_c$  : Tahanan inti besi

- $X_m$  : Reaktansi rangkaian penguat  
 $I$  : Arus yang mengalir pada kumparan stator bila motor tidak  
berbeban ( beban nol )  
 $I_2$  : Arus rotor yang berpatokan pada stator  
 $E_1$  : Tegangan induksi pada kumparan stator

### 2.1.6. Slip

Motor induksi tidak dapat berputar pada kecepatan sinkron. Seandainya hal ini terjadi, maka rotor akan tetap diam relatif terhadap fluksi yang berputar. Maka tidak akan ada ggl yang diinduksikan dalam rotor, tidak ada arus yang mengalir pada rotor dan karenanya tidak akan menghasilkan kopel. Kecepatan rotor sekalipun tanpa beban, harus lebih kecil sedikit dari kecepatan sinkron agar adanya tegangan induksi pada rotor dan akan menghasilkan arus di rotor, arus induksi ini akan berinteraksi dengan fluks listrik sehingga menghasilkan kopel. Selisih antara kecepatan rotor dengan kecepatan sinkron disebut slip (s). Slip dapat dinyatakan dalam putaran setiap menit, tetapi lebih umum dinyatakan sebagai persen dari kecepatan sinkron.

$$Slip (s) = \frac{ns - nr}{ns} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

- Dimana, S = Slip  
 $ns$  = Kecepatan Medan Putar Stator  
 $nr$  = Kecepatan Putar Rotor

Persamaan diatas memberikan informasi yaitu:

1. saat  $s = 1$  dimana  $n_r = 0$ , ini berarti rotor masih dalam keadaan diam atau akan berputar.

2.  $s = 0$  menyatakan bahwa  $n_s = n_r$ , ini berarti rotor berputar sampai kecepatan sinkron. Hal ini dapat terjadi jika ada arus dc yang diinjeksikan ke belitan rotor, atau rotor digerakkan secara mekanik.
3.  $0 < s < 1$ , ini berarti kecepatan rotor diantara keadaan diam dengan kecepatan sinkron. Kecepatan rotor dalam keadaan inilah dikatakan kecepatan tidak sinkron. Biasanya slip untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi pada saat beban penuh adalah 0,04.

### 2.1.7. Efisiensi ( $\eta$ )

Untuk menentukan efisiensi sebuah motor induksi 3 fasa, dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$Efisiensi = \frac{P_{in} - P_{rugi-rugi}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Atau

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :  $\eta$  = Efisiensi dalam satuan %  
 $P_{in}$  = Daya input motor induksi dalam satuan *watt*  
 $P_{out}$  = Daya output motor induksi dalam satuan *watt*  
 $P_{rugi-rugi}$  = Daya rugi – rugi yang ada pada motor induksi dalam satuan *watt*

### 2.1.8. Rugi – Rugi Pada Motor Induksi 3 Fasa

Seperti diketahui bahwa motor – motor listrik adalah suatu alat yang digunakan untuk mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanis. Keadaan ideal dalam *system* konversi energy, yaitu : Mempunyai daya output tepat sama dengan daya input yang dapat dikatakan efisiensi 100%. Tetapi pada keadaan sebenarnya tentu ada kerugian energi yang menyebabkan efisiensi di bawah 100%. Dalam *system* konversi energi elektromekanik, yakni dalam operasi motor –

motor listrik terutama pada motor induksi, total daya yang diterima sama dengan daya yang diberikan, ditambah dengan kerugian daya yang terjadi, atau :

$$P_{\text{input}} = P_{\text{out}} + P_{\text{rugi}} - \text{rugi} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana,  $P_{\text{input}}$  = Total daya yang diterima.

$P_{\text{output}}$  = Daya yang diberikan motor untuk melakukan kerja.

$P_{\text{rugi} - \text{rugi}}$  = Total kerugian yang dihasilkan oleh motor.

### 2.1.9. Macam – Macam Daya pada Motor Induksi 3 Fasa

Pada motor induksi 3 fasa, terdapat macam – macam daya yang tentunya memiliki cara perhitungan masing – masing yang berbeda, adapun macam – macam daya tersebut yaitu :

#### a). Daya Kompleks

Perkalian tegangan  $V$  dengan arus  $I^*$  dalam kedua besaran ini dalam bentuk bilangan kompleks adalah  $VI^*$  yang dinamakan daya kompleks dengan simbol  $S$ , dalam satuan *Volt Amper (VA)*, *kilo Volt Amper (kVA)*, *Mega Volt Amper (MVA)*. Arus  $I^*$  adalah arus konjugate dari  $I$ . Jadi,

$$S = VI^* \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana,  $S$  = Daya Kompleks dalam satuan VA (*Volt Amper*)

$V$  = Tegangan dalam satuan V (*Volt*)

$I$  = Arus dalam satuan A (*Amper*)

#### b). Daya Aktif

Daya aktif atau daya nyata dirumuskan dengan  $S \cos \theta$  atau  $VI^* \cos \theta$  dengan symbol  $P$ , dalam satuan *Watt (W)*, *kilo Watt (kW)*, *Mega Watt (MW)*. Jadi,

$$\mathbf{P} = \mathbf{S} \cos \theta = \mathbf{VI}^* \cos \theta \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana, P = Daya Aktif atau Daya Nyata dalam satuan W (*Watt*)

V = Tegangan dalam satuan V (*Volt*)

I = Arus dalam satuan A (*Amper*)

Cos  $\theta$  = Faktor Daya

#### c). Daya Reaktif

Daya reaktif atau daya khayal yang dirumuskan dengan  $\mathbf{S} \sin \theta$  atau  $\mathbf{VI}^* \sin \theta$  dengan symbol  $\mathbf{Q}$ , dalam satuan *Volt Amper Reaktif (VAR)*, *kilo Volt Amper Reaktif (kVAR)*, *Mega Volt Amper Reaktif (MVAR)*. Jadi,

$$\mathbf{Q} = \mathbf{S} \sin \theta = \mathbf{VI}^* \sin \theta \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana, Q = Daya Reaktif

V = Tegangan dalam satuan V (*Volt*)

I = Arus dalam satuan A (*Amper*)

Daya reaktif ini ada yang bersifat induktif dan ada yang bersifat kapasitif.

#### d). Daya Pada Rangkaian Tiga Fasa

Pada rangkaian 3 fasa terdapat rumus daya listrik yang berbeda dengan rumus daya listrik rangkaian 1 fasa, adapun rumus daya listrik rangkaian 3 fasa tersebut adalah sebagai berikut :

$$V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$P = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \theta \dots\dots\dots(2.9).$$

Dimana, P = Daya Listrik 3 Fasa dalam satuan W (*Watt*)

$V_p$  = Tegangan Perfasa dalam satuan V (*Volt*)

$V_L$  = Tegangan Line – Line dalam satuan V (*Volt*)

$I_P$  = Arus dalam satuan A (*Amper*)

$\cos \theta$  = Faktor Daya

### 2.1.10. Gangguan- Gangguan Pada Motor Induksi 3 Phasa

Kerusakan motor kebanyakan disebabkan oleh 5 faktor :

#### 1. Panas

Penyebab kerusakan motor sehingga motor tidak dapat mencapai umur pakai yang seharusnya ialah panas berlebihan. Setiap mengalami kenaikan temperatur 10 derajat dari temperatur normalnya, berakibat memotong umur motor 50%. Penyebab panas berlebihan :

- a. Memilih motor terlalu kecil, sehingga motor harus menderita *overcurrent*, berarti kondisi operasinya lebih panas. Tetapi jika memilih motor terlalu besar berakibat pemakaian listrik tidak efisien berarti pemborosan.
- b. Sistem starting, kebanyakan motor dipasang dengan “*direct starting*” . Sistem ini menimbulkan arus starterlampau besar (5 kali dari arus nominal ) sehingga menimbulkan panas yang besar. Untuk itu perlu dipasang sistem start seperti *star-delta*, *fluid-coupling*, pengubah frekuensi, dll.
- c. *Start-stop* terlalu sering tanpa memperhatikan jeda antar waktu start sangat menimbulkan kerusakan.
- d. Ventilasi ruang kurang bagus menimbulkan sistem pendinginan motor tidak baik yang mengakibatkan *operating temperature* motor naik.
- e. Kondisi motor: *fan* rusak, *body* motor kotor, saluran pendingin buntu/kotor dapat mengganggu pendinginan.
- f. Kondisi beban : kopleng *misalignment*, beban terlalu besar, beban tidak normal.

## 2. Kotor

Debu / kotoran yang terakumulasi akan merusak komponen listrik maupun mekanik. Umumnya terakumulasi pada permukaan badan motor, saluran pendinginan, *fan* mengakibatkan pendinginan terganggu dan panas motor berlebih. Debu yang masuk dan terkumpul ke dalam *winding* menimbulkan kerusakan isolasi / *winding*.

## 3. Lembab

Lembab atau embun juga merusak komponen listrik dan mekanik yang mengakibatkan pengkaratan pada poros, bearing, rotor, stator, laminasi.

## 4. Vibrasi

Vibrasi merupakan indikasi bahwa kondisi motor sedang mengalami masalah. Besar vibrasi yang melebihi harga yang diijinkan dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah. Sumber vibrasi dapat dari motor atau dari mesin yang digerakan (*load*) bahkan mungkin juga dari ke dua - duanya. Penyebab vibrasi :

1. *Misalignment motor* terhadap *load* (mesin yang digerakan)
2. Kendor pada fondasi motor atau *load*
3. Rotor *unbalance* ( motor atau *load*)
4. Bearing aus atau rusak menyebabkan poros berputar tidak simetris.
5. Akumulasi karat atau kotoran pada komponen putar (rotor)
6. Sewaktu memasang rotor/bearing motor sehabis *overhaul/rewinding* tidak *alignment*.

## 5. Kualitas Listrik

Kualitas suplai tenaga sangat menentukan umur motor listrik, hal-hal yang harus dihindari :

- a. Voltage sering naik turun melebihi harga toleransi, *under/over voltage* dapat menimbulkan *overheating* didalam *winding*, berakibat umur motor menjadi pendek.
- b. *Voltage spike* akibat *power swicthing* atau serangan halilintar (*lightning strikes*) juga menyebabkan kerusakan isolasi *winding*.
- c. Voltage 3 phase tidak *balance* melebihi harga toleransi, sering terjadi sebagai sebab kerusakan *winding*.

Beberapa penyebab lain :

1. Pemilihan pelumas harus sesuai spesifikasi, penggantian/penambahan dilakukan dan terjadwal dengan baik.
2. Pemilihan dan pemeliharaan kopling sama pentingnya dengan komponen lain.
3. Setting bearing dan komponen lain harus sesuai dengan standard.

Setelah kita mengetahui beberapa penyebab kerusakan, kita dapat merencanakan program pemeliharaan dan langkah pelaksanaan yang sesuai.

#### **2.1.11. Proteksi Motor Listrik**

Secara umum, motor listrik (asinkron) diproteksi terhadap pembebanan lebih, hubung singkat, dan tegangan rendah. Adapun komponen listrik yang digunakan sebagai proteksi motor listrik adalah sebagai berikut :

- a). Relai Arus Lebih dan Sekering Lebur

Untuk memproteksi motor listrik terhadap pembebanan lebih maupun hubung singkat kita dapat menggunakan relai arus

lebih dengan karakteristik invers. Untuk motor yang kecil, di bawah 10 daya kuda (*horse power* = HP), seringkali digunakan relai arus lebih dengan elemen *termal* (*bimetal*) untuk proteksi arus lebih yang dikombinasikan dengan sekering lebur untuk proteksi terhadap arus hubung singkat. Pada arus yang besar, sekering lebur bekerja lebih cepat daripada relai arus lebih yang menggunakan elemen *termal bimetal* tersebut. Karakteristik *termal* dari *bimetal* yang diperlukan untuk melindungi motor terhadap arus lebih dapat disimulasi dengan menggunakan mikroprosesor.

b). Relai *Stall*

*Stall* adalah fenomena di mana putaran motor sewaktu start tidak dapat dinaikkan dengan cepat karena beban yang terlalu berat, misalnya karena motor harus menggerakkan pompa yang memompa cairan dengan viskositas tinggi (kental), misalnya lumpur. Dalam keadaan ini, periode *start* motor menjadi lebih lama, tetapi diharapkan agar selama periode *start*, relai arus lebih tidak men-*trip* PMT motor. Untuk itu relai arus lebih diatur, di mana relai arus lebih selama periode *start* harus membolehkan arus *start* yang tinggi asal tidak melampaui waktu tertentu yang menyangkut kemampuan *termal* motor

c). Relai Tegangan Rendah/Hilang

Saklar motor listrik umumnya menggunakan magnet pemegang kontak – kontak saklar (*holding coil*). Apabila tegangan pasokan terlalu rendah atau hilang, maka magnet pemegang kontak – kontak saklar akan melepas/membuka kontak – kontak saklar. Proteksi tegangan rendah/hilang diperlukan karena tegangan yang rendah dapat menimbulkan arus lebih, sedangkan tegangan pasokan hilang perlu diikuti pembukaan saklar agar jangan timbul arus berlebihan jika tegangan pasokan datang kembali. Kontak stop ada

yang dioperasikan manual dan ada yang dioperasikan oleh relai, misalnya oleh relai arus lebih.

d). Relai Arus Urutan Negatif

Apabila pasokan daya dari salah satu fasa hilang, misalnya karena sekering leburnya putus, maka keadaan pasokan daya menjadi tidak seimbang dan timbul arus urutan negatif. Arus urutan negative ini menimbulkan medan magnet putar yang berlawanan dengan putaran rotor dari motor. Hal ini menimbulkan pemanasan yang berlebihan dalam stator dan rotor motor. Hal ini harus dicegah oleh relai arus urutan negative dengan meng-*trip* PMT motor.

Relai ini mampu melakukan proteksi motor terhadap gangguan antar fasa, gangguan antara fasa dengan tanah, beban lebih, arus urutan negatif, rotor macet. Selain itu, relai ini juga dapat melakukan rekaman kejadian gangguan di mana dilengkapi dengan *port* untuk telekomunikasi. Kejadian yang direkam adalah jumlah *start* profil arus beban, urutan kejadian sewaktu terjadi gangguan. Dan suhu dari bagian motor yang dikehendaki.

## 2.1.12. Jenis – Jenis Pemeliharaan

### 2.1.12.1. *Predictive Maintenance*

*Predictive maintenance* bertujuan untuk mengetahui lebih dini kemungkinan terjadinya kerusakan pada suatu unit. Dengan diketahuinya kondisi peralatan tersebut dapat dilakukan tindakan untuk mencegah peralatan tersebut *breakdown* pada saat beroperasi yang dapat menyebabkan terjadinya stagnasi proses produksi. *Predictive maintenance* terdiri dari *megger test*, *vibro test*, *thickness test*.

1. *Megger test* digunakan untuk mengetahui tahanan isolasi dari elektromotor, hal ini akan dapat mencegah elektromotor terbakar.
2. *Vibro test* berfungsi untuk mengetahui getaran suatu peralatan seperti bearing, jika getarannya telah melebihi standar maka perlu dilakukan penggantian atau penambahan grease jika masih memungkinkan.
3. *Thickness test* berfungsi untuk mengetahui ketebalan suatu unit dan laju keausan suatu peralatan sehingga dapat direncanakan pengantiannya.

#### **2.1.12.2. Preventive Maintenance**

Jenis perawatan ini diperlukan selama motor listrik masih berjalan artinya masih difungsikan baik sebagai penggerak pompa, *fan* atau juga *compressor*. ada beberapa hal yang dapat kita lakukan untuk mengetahui keadaan motor listrik kita.

##### **1. Current Check**

Ketika motor dalam keadaan berjalan kita dapat memantau keadaan motor dengan melakukan pengecekan atas arus listrik yang bekerja pada motor. Pastikan arus listrik yang bekerja pada motor masih dibawah arus maksimal yang tertera pada *nameplate* motor .

##### **2. Insulation Resistance Check**

Jika motor dalam keadaan mati (*standby*) kita dapat melakukan pengecekan berapa tahanan isolasi yang ada pada motor sekarang dengan menggunakan *insulation tester* atau lebih dikenal dengan *megger*. Ukur tahanan isolasi tiap fasa terhadap ground jika tahanan isolasinya lebih dari 5 mega ohm artinya

motor dalam keadaan baik karena jika lebih kecil dari 1 mega ohm artinya keadaan lilitan terhadap ground lembab dan bisa mengakibatkan *short circuit* ketika motor dijalankan.

### 3. *Temperature Check*

Pada *nameplate* motor selalu tertera *insulation class* yang menerangkan tentang ketahanan isolasi motor terhadap suhu kerja. Pengecekan ini bisa kita lakukan dengan *visual check* atau akan lebih akurat jika kita menggunakan *temperature gun*. pengecekan suhu ini dilakukan untuk memastikan agar motor tidak mengalami *overheating* saat dijalankan.

#### 2.1.12.3. *Breakdown Maintenance*

*Breakdown maintenance* merupakan perbaikan yang dilakukan pada suatu unit yang terhenti operasinya akibat kerusakan pada alat tersebut. Pada dasarnya *breakdown maintenance* sangat tidak diinginkan, karena akan mengganggu proses produksi. Oleh karena itu *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* perlu untuk dioptimalkan. Jenis perawatan ini hanya bisa dilakukan apabila mesin sama sekali mati karena ada kerusakan atau kelainan dan tidak mungkin dapat dioperasikan. Untuk dapat memperbaikinya maka prinsip kerja dari peralatan yang bersangkutan harus dapat dikuasai. Dengan dikuasainya prinsip kerja peralatan tersebut maka diagnosa terhadap kerusakan dapat dilakukan dengan cepat dan tepat.

Sifat *breakdown maintenance* dapat dibedakan menjadi:

- a) *Sporadic* yaitu *breakdown* yang terjadi mendadak, dramatis atau kerusakan-kerusakan alat yang tidak terduga, *breakdown maintenance* jenis ini bisa terjadi dan mudah ditanggulangi.

b) *Kronis* yaitu *minor breakdown* tetapi frekuensi kejadiannya tinggi. *Breakdown* jenis ini sering diabaikan atau dilupakan setelah beberapa kali usaha pengulangan yang gagal. *Breakdown* akan menyebabkan beberapa kerugian baik yang langsung maupun yang tidak langsung:

1. Kerugian langsung mencakup biaya perbaikan, biaya pencegahan, kerugian cacat produk, dan lain sebagainya.
2. Kerugian tidak langsung mencakup penurunan produksi, merosotnya moral karyawan, menurunkan atau merusak citra perusahaan.

#### **2.1.12.4. Improve Maintenance**

*Improve maintenance* adalah suatu perawatan peningkatan dipakai bila dilakukan modifikasi pada peralatan sehingga kondisinya meningkat dengan tujuan agar kerusakan tersebut tidak terulang dan mampu beroperasi sampai masa kerjanya (*lifetime*) tercapai.

## **2.2. Konveyor**

Konveyor berasal dari bahasa Inggris yang diserap ke bahasa Indonesia, *conveyor*, yang artinya alat pembawa barang-barang, pembawa atau pengantar. Jika barang mengalami suatu proses dalam sebuah mesin, maka konveyor dapat juga dikatakan sebagai pengantar barang dari suatu mesin ke mesin yang lain.

### **2.2.1. Macam - Macam Konveyor**

Konveyor sangat beragam macamnya. Adapun macam – macam konveyor tersebut adalah sebagai berikut :

Berdasarkan barang yang diantarkannya, konveyor terdiri dari :

- a). Konveyor beban unit.
- b). Konveyor beban curah.

Berdasarkan mekanisme kerja konveyor, kita menemui banyak jenis konveyor diantaranya :

- a). Konveyor rantai
- b) Konveyor *belt*
- c). Konveyor *bucket*

Konveyor umum yang dipakai dalam proses pembotolan adalah konveyor rantai.

### 2.2.2. Konveyor Rantai

Pada seluruh perusahaan pembotolan, perusahaan obat-obatan, pelumas, minuman, dan bahan cair kimia, menggunakan konveyor rantai. Konveyor rantai dipergunakan karena penggunaannya yang luas, sangat fleksibel, dan memiliki banyak jenis dan pilihan. Konveyor rantai dapat mengantarkan botol, penutup botol, *pouch* dan karton. Konveyor rantai tidak dapat mengantarkan beban curah.

Pada konveyor rantai sendiri, kita akan menemui banyak jenis – jenisnya, adapun jenis – jenis tersebut adalah sebagai berikut

Berdasarkan jenis material rantai, konveyor rantai meliputi :

- a). Konveyor rantai *stainless steel*
- b). Konveyor rantai *plastic*
- c). Konveyor dengang karet

Berdasarkan ada atau tidaknya belokan, kita menemui :

- a). Konveyor rantai lurus
- b). Konveyor rantai *sideflexing*.

Berdasarkan sirkulasi barang yang diantar, konveyor rantai terdiri dari :

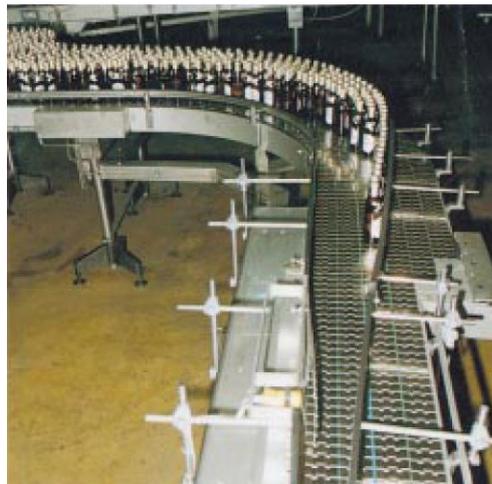
- a). Konveyor loop tertutup
- b). Konveyor loop terbuka

Berdasarkan fungsi, konveyor rantai terdiri dari :

- a). Konveyor koneksi biasa
- b). Konveyor akumulator
- c). Konveyor akselerator

Berdasarkan banyaknya baris rantai konveyor, konveyor rantai terdiri dari :

- a). Konveyor *single line* (satu baris)
- b). Konveyor *multi line* (baris banyak).



**Gambar 2.8. Penggunaan Konveyor Rantai di Industri**

(Sumber: Rexnord Chains Conveyor Catalog)

Seperti halnya berbagai jenis mesin yang lain, konveyor rantai memiliki bagian-bagian atau elemen mesin tersendiri. Secara umum, bagian-bagian konveyor rantai pada berbagai jenis rantai sama. Dalam suatu sistem konveyor, konveyor terbagi dari empat bagian, yaitu :

- a). Bagian *drive*
- b). Bagian penghubung

c). Bagian belokan

d). Bagian *idle*.

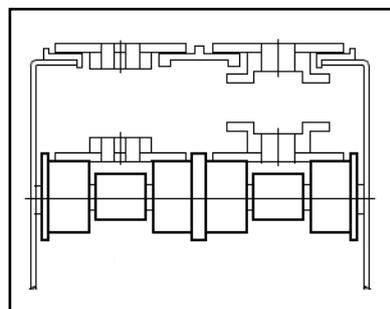
Pada bagian *drive*, kita akan menemui penggerak mula. Pada bagian penghubung, kita menemui badan konveyor polos. Pada bagian *idle*, kita akan menemui *guide* rantai belok yang umum terbuat dari bahan nilon. Pada bagian *idle*, kita akan menemui poros *idle*.

Pada suatu potongan konveyor, bagian konveyor rantai dapat dibagi ke dalam beberapa bagian, meliputi :

a). Badan konveyor

Badan konveyor adalah bagian yang umum dan standard dari konveyor, di mana rantai konveyor bergerak dan bagian-bagian konveyor lain akan terhubung.

Badan konveyor umumnya terbuat dari plat *hairline* tebal 2 mm. Terdapat *spacer* yang berfungsi sebagai pemberi jarak antara dua plat badan konveyor. Semakin lebar konveyor, semakin banyak baris rantai konveyor, atau semakin lebar jenis rantai konveyor, maka semakin panjang *spacer* yang akan digunakan. Strip gesek adalah bagian konveyor yang menopang nilon gesek atau *chain guide profile* atau *slide rails* (ada perbedaan nama di tiap merek rantai konveyor). *Chain guide profile* adalah bagian konveyor yang bergesekan dengan rantai konveyor, dan mencegah rantai kontak langsung dengan badan konveyor.

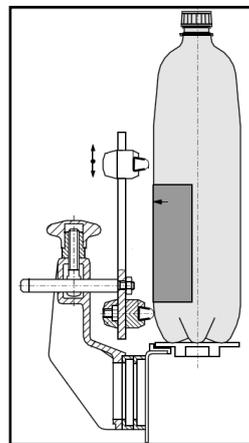


**Gambar 2.9. Penampang Konveyor Rantai**  
(Sumber: Rexnord Chains Conveyor Catalog)

### b). Pagar konveyor

Pagar konveyor adalah bagian konveyor yang mencegah barang yang diantarkan oleh konveyor tidak tumpah atau jatuh.

Pagar konveyor umumnya terbuat dari pipa stainless steel berdiameter setengah inch yang diberi *holder* pada sisi-sisi badan konveyor. Semakin tinggi botol, semakin besar jarak pipa, atau dibuat dengan banyak pipa.



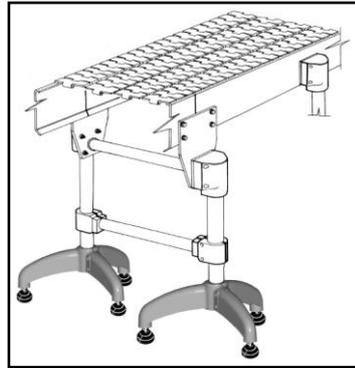
**Gambar 2.10. Pagar Konveyor**  
(Sumber: Rexnord Chains Conveyor Catalog)

### c). Kaki konveyor

Kaki konveyor adalah bagian konveyor yang menopang seluruh bagian konveyor, pemberi jarak antara lantai dan rantai konveyor atau *conveyor level*.

Kaki konveyor terdiri dari penyangga badan konveyor yang terbuat dari stainless steel dan bagian kaki yang kontak dengan lantai. Bagian yang kontak dengan lantai umumnya dibuat *adjustable* sehingga dapat diatur level ketinggian konveyor. Pada konveyor yang memungkinkan terjadinya

pergerakan sebidang lantai, pada ujung kaki diberi karet untuk memperbesar gesekan dengan lantai.



**Gambar 2.11. Kaki Konveyor**

(Sumber: Rexnord Chains Conveyor Catalog)

d). Pelindung konveyor

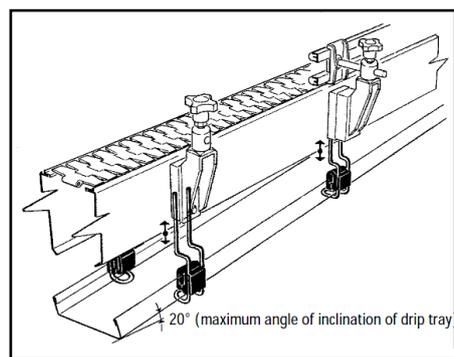
Pelindung konveyor adalah bagian konveyor yang berfungsi melindungi barang yang diantarkan konveyor dari intervensi manusia/operator atau kontaminan yang mungkin mengganggu jalannya barang atau mengkontaminasi isi dalam barang yang diantarkan konveyor, namun tetap visibel untuk pengawasan operator. Pelindung konveyor umumnya terdapat di ruangan pengisian dan penutup botol pada perusahaan obat-obatan/farmasi dan minuman.

Pelindung konveyor terbuat dari bahan plastik, baik *acrylic* atau *policarbonate* yang transparan. Rangka pelindung konveyor sepenuhnya terbuat dari stainless steel. Pelindung konveyor dilengkapi dengan engsel yang memungkinkan operator membuka pelindung konveyor untuk keperluan maintenance atau memperbaiki laluan barang kiranya ada botol yang macet/tidak berjalan atau jatuh.

e). Talang konveyor

Talang konveyor adalah bagian konveyor yang menampung cairan dari mesin pengisian botol yang mungkin jatuh atau tumpah selama proses pengisian atau pengantaran botol dari mesin pengisian ke mesin penutup/penyegel botol.

Talang konveyor terbuat dari bahan plat *stainless steel* tebal 1,5 mm. Talang konveyor terletak tepat di bawah badan konveyor. *Holder* talang konveyor dibuat *adjustable* agar dapat mengatur *level* talang, sehingga cairan dalam talang dapat mengalir. Pemasangan talang konveyor umumnya terletak di antara mesin *feeding* botol, mesin pengisian botol, mesin penyegelan botol, dan mesin penutup botol.



**Gambar 2.12. Talang Konveyor**  
(Sumber: Rexnord Chains Conveyor Catalog)

f). *Cable duct* konveyor

*Cable duct* konveyor adalah bagian konveyor yang berfungsi melindungi kabel elektrik atau selang udara dari cairan atau kotoran

*Cable duct* konveyor terdiri dari wadah kabel, penutup wadah kabel, plat penghubung dan *cable duct holder*. Wadah kabel dan penutup wadah kabel terbuat dari plat *stainless steel* setebal 1,2 mm. Karena panjang konveyor yang mungkin sangat panjang, *cable duct* umumnya dibuat potongan sehingga

menggunakan plat penghubung. *Cable duct holder* adalah penyangga wadah kabel yang terhubung dengan badan konveyor. *Cable duct holder* terletak di sisi samping dan bawah dari badan konveyor. Untuk memudahkan maintenance, umumnya *cable duct* dipasang pada sisi motor penggerak dan sensor botol.

g). *Driver* dan *idle* konveyor

*Driver* dan *idle* konveyor adalah bagian konveyor yang meliputi poros, bantalan, *plat flange motor*, *gearbox* dan motor penggerak.

Penggerak konveyor adalah motor listrik atau motor bakar. Poros terdiri dari dua, satu poros sebagai poros penggerak yang terhubung dengan penggerak mula, dan poros yang lain sebagai poros *idle* di ujung lain dari penggerak mula. *Sprocket* juga terdiri dari dua, satu di poros penggerak dan yang lain di poros *idle*. Bantalan terletak di sisi lain gearbox. Secara umum, pada sisi *idle* kita dapat menemui bantalan atau tidak. Pada beberapa produsen mesin eropa terkenal, poros *idle* cukup terbaut dengan badan konveyor dan membiarkan *sprocket idle* bergesekan dengan poros *idle*.



**Gambar 2.13. Motor Induksi**  
(Sumber: siemens.com)

#### h). Asesoris konveyor

Asesoris konveyor adalah bagian konveyor yang mungkin ditambahkan pada badan konveyor untuk keperluan tertentu seperti alat separasi botol, sensor, dan alat perejek botol.

Asesoris konveyor tergantung dengan jenis fitur tambahan pada konveyor. Hal ini memungkinkan, jika pada konveyor juga terdapat proses pada botol, baik itu sensor, separasi botol, atau perejek botol.

### **2.2.3. Prosedur Dan Faktor Dalam Penentuan Daya Motor Listrik Sebagai Penggerak *Belt Conveyor Infeed***

Ada dua hal yang diperhatikan dalam menentukan motor penggerak. Pertama, kapasitas line produksi. Kedua, berat barang yang diantarkan. Kapasitas line produksi menentukan kecepatan linear konveyor rantai. Kecepatan linear konveyor rantai menentukan ratio gearbox. Berat barang yang diantarkan menentukan daya motor.

Penentuan motor penggerak pada konveyor rantai umumnya berlaku pada gearbox dan motor sekaligus atau sering disebut *geared motor*. Hal yang memungkinkan jika antara gearbox dan motor menggunakan merek yang berbeda. Semisal, *gearbox* yang digunakan bermerek *Bonfiglioli*, sedangkan motor bermerek *Elektrim* atau *Nord*. Penggabungan *gearbox* dan motor seperti ini umumnya menggunakan *universal flange*.

Penentuan kecepatan dan daya motor dapat dihitung secara manual, dan memesan keduanya secara terpisah. Secara lebih praktis, penentuan kecepatan dan daya motor dapat menggunakan katalog produk tertentu. Pada katalog produk umumnya sudah mengandung info tentang cara atau prosedur penentuan motor dan gearbox sekaligus menyajikan pilihan gearbox dan motor. Penggunaan katalog produk

dalam penentuan motor penggerak lebih akurat dibanding dengan perhitungan sendiri karena katalog produk sudah melalui uji coba dan uji kualitas produk. Prosedur penentuan *geared motor*, dan jenis *geared motor* akan berbeda pada setiap merek. Setiap gearbox antara merek satu dengan merek lain memiliki ekivalensi sehingga kita dapat menggunakan satu katalog dan menanyakan konversi gearbox kepada *technical support* merek tertentu jika menginginkan gearbox dengan merek lain. Dari sekian banyak merek konveyor rantai yang ada, prosedur penentuan motor yang akan dibahas berikut ini adalah dari merek Flexlink. Prosedur penentuan motor dimulai dengan memperhitungkan :

- a). Tegangan pada rantai
- b). Gaya tarik pada rantai
- c). Faktor belokan

Tegangan pada rantai dapat dibagi menjadi beberapa macam :

- a). Gesekan antara rantai yang tak terbebani dan *slide rails*
- b). Gesekan antara rantai yang terbebani dan *slide rails*
- c). Gesekan antara beban yang terakumulasi dan bagian atas rantai konveyor, gaya gravitasi pada beban dan rantai yang bergerak miring dan vertical
- d). Gesekan tambahan akibat belokan.

Gaya tarik yang dibutuhkan untuk menggerakkan rantai tergantung oleh banyak faktor, antara lain :

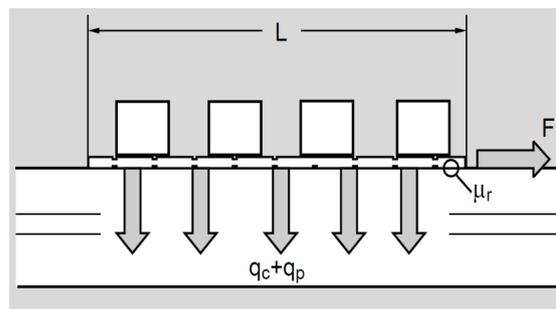
- a). Panjang konveyor
- b). Berat beban per satuan panjang baik dalam keadaan unit atau terakumulasi
- c). Berat rantai per satuan panjang
- d). Koefisien gesek antara rantai dan *slide rails*, koefisien gesek antara rantai dan barang
- e). Faktor belokan, dan sudut kemiringan.

Faktor belokan adalah rasio antara tegangan rantai ketika sudah belok dan sebelum belok. Faktor belokan tergantung faktor sudut belok, dan koefisien gesek antara rantai dan *slide rails*. Koefisien gesek antara rantai dan *slide rails* sebesar 0,1 (besaran tergantung tiap *engineering guidelines* tiap merek) dalam keadaan konveyor bersih dan kering.

#### 2.2.4. Perhitungan Kebutuhan Daya Motor Listrik Sebagai Penggerak *Belt Conveyor Infeed*

Dalam menentukan kebutuhan daya pada motor listrik 3 fasa, terdapat lebih dari 1 cara perhitungan, yang mana perhitungan tersebut didasarkan dengan keadaan konveyor rantai tersebut. Yang mana keadaan tersebut adalah sebagai berikut :

- a). Gesekan antara rantai yang terbebani dan *slide rails* (*Unjammed Stuff Condition*)



**Gambar 2.14. Keadaan Gesekan Antara Rantai Yang Terbebani Dan *Slide Rails***

Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = L \cdot (q_c + q_p) \cdot \mu_r \dots\dots\dots (2.10)$$

Di mana :

$F$  = Gesekan antara rantai yang terbebani dan *slide rails*

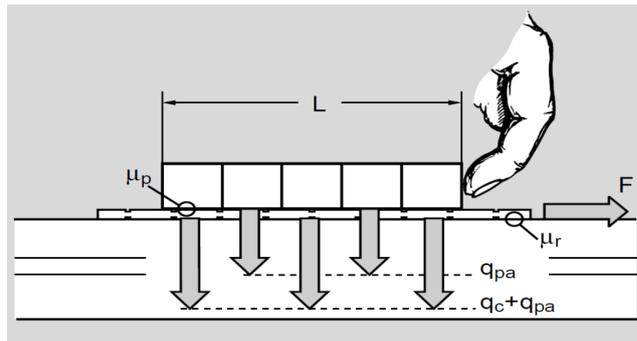
$L$  = Panjang rantai konveyor

$q_c$  = Berat rantai konveyor per satuan panjang

$q_p$  = Berat produk atau barang per satuan panjang

$\mu_r$  = Koefisien gesek antara rantai konveyor dengan *slide rails*.

- b). Gesekan antara produk yang terakumulasi atau barang yang terakumulasi dengan bagian atas rantai konveyor (*Jammed Stuff Condition*)



**Gambar 2.15. Gesekan Antara Produk Yang Terakumulasi Atau Barang Yang Terakumulasi Dengan Bagian Atas Rantai Konveyor**

Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = L \cdot [(q_c + q_{pa}) \cdot \mu_r + q_{pa} \cdot \mu_p] \dots\dots\dots (2.11)$$

Di mana :

$F$  = Gesekan antara barang yang terakumulasi dengan bagian atas rantai konveyor

$L$  = Panjang rantai konveyor

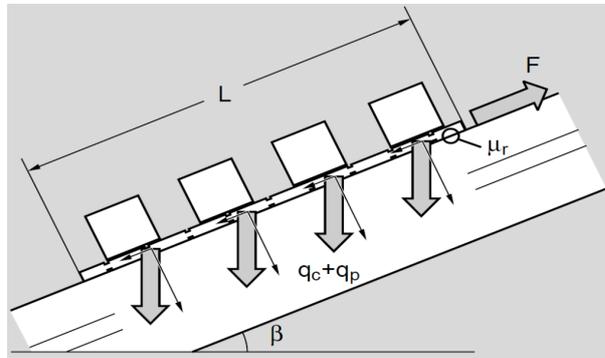
$q_c$  = Berat rantai konveyor per satuan panjang

$q_{pa}$  = Berat akumulasi barang per satuan panjang

$\mu_r$  = Koefisien gesek antara rantai dan *slide rails*

$\mu_p$  = Koefisien gesek antara barang dan rantai konveyor

- c). Gaya gravitasi yang bekerja pada barang dan rantai dalam posisi miring dan tegak vertikal (*Inclined Stuff Delivery*)



**Gambar 2.16. Gaya gravitasi yang bekerja pada barang dan rantai dalam posisi miring dan tegak vertikal.**

Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = L \cdot (q_c + q_p) \cdot (\mu_r \cdot \cos \beta + \sin \beta) \dots\dots\dots (2.12)$$

Di mana :

$F$  = Gaya gravitasi yang bekerja pada barang dan rantai dalam posisi miring dan tegak vertikal

$L$  = Panjang rantai konveyor

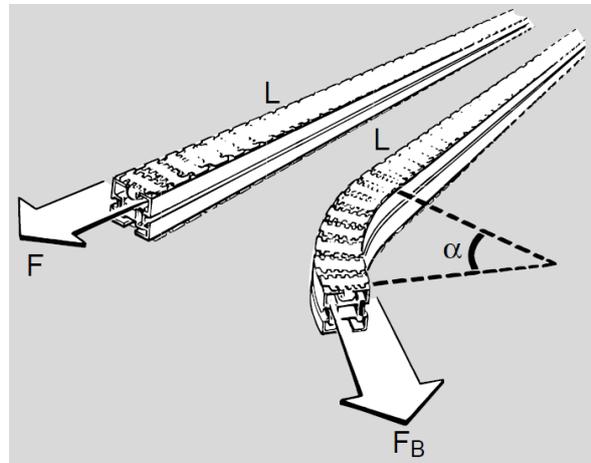
$q_c$  = Berat rantai konveyor per satuan panjang

$q_p$  = Berat produk atau barang per satuan panjang

$\mu_r$  = Koefisien gesek antara rantai dan *slide rails*

$\beta$  = Sudut kemiringan konveyor terhadap lantai datar.

d). Konveyor dengan belokan (*Bent In The Conveyor*)



**Gambar 2.17. Konveyor dengan belokan**

Berlaku persamaan gesekan antara rantai dan *slide rails* baru sebagai berikut :

$$F_{\text{bend}} = F \cdot K\alpha \dots\dots\dots (2.13)$$

Di mana :

$F_{\text{bend}}$  = Gesekan antara rantai dan *slide rails* karena adanya belokan

$F$  = Gesekan antara rantai terbebani dan *slide rails* dalam keadaan barang terakumulasi atau tidak terakumulasi dalam kondisi konveyor rantai tidak memiliki belokan

$K\alpha$  = Faktor belokan yang tergantung dari sudut belokan.

Berdasarkan katalog *flexlink*, faktor belokan untuk tiap sudut istimewa sebagai berikut :

- a). 1,2 (untuk 30 derajat)
- b). 1,3 (untuk 45 derajat)
- c). 1,4 (untuk 60 derajat)
- d). 1,6 (untuk 90 derajat).

Dalam keadaan tidak ada belokan atau sudut belokan nol derajat, faktor belokan sama dengan 1.

e). Gaya

$$F = m \cdot a \text{ atau } F = m \cdot g \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan : F = Gaya (N)

m = Massa (kg)

a = Percepatan ( $m/s^2$ )

g = Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )

Setelah menghitung gaya tarik yang terjadi pada rantai konveyor, hal yang perlu diperhatikan kemudian adalah daya output yang dibutuhkan dari motor. Daya output motor yang dibutuhkan tergantung dari F (gaya tarik) dan v (kecepatan linear rantai). Adapun hubungan ketiganya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = 1/60 \cdot F \cdot v \dots\dots\dots (2.15)$$

Di mana :

P = Daya output motor yang dibutuhkan dalam satuan Watt

F = Gaya tarik rantai konveyor dalam satuan Newton

v = Kecepatan linear rantai konveyor dalam satuan meter per menit.

Dari data gaya tarik yang dibutuhkan rantai, panjang konveyor dan kecepatan linear rantai konveyor, kita sesuai dengan batas tegangan rantai dan gaya tarik pada unit penggerak. Jika gaya tarik yang dihitung melebihi batas tegangan rantai dan gaya tarik pada unit penggerak tadi, maka beberapa modifikasi diperlukan antara lain, dengan memperpendek konveyor, dan membagi konveyor rantai menjadi berbaris lebih dari satu dengan unit penggerak individu.

Pada kasus konveyor rantai yang lain, barang di atas rantai sengaja dibuat berjarak dengan menggunakan *pitch maker* atau *timing screw*. Hal ini menyebabkan jarak antar barang masuk mesin lebih pendek daripada barang keluar mesin. Sehingga perhitungan kecepatan linear rantai konveyor menyesuaikan jarak antar barang terbesar di mana nilai kecepatan linear rantai konveyor ini yang terbesar. Sedang

gaya tarik dihitung dari beban barang dengan jarak antar barang terkecil di mana nilai beban barang ini yang terbesar.

Penentuan motor dan *gearbox* dengan merek yang lain dari merek konveyor rantai disesuaikan dengan memperhatikan kecepatan output dan daya output motor yang dibutuhkan. Kemudian dengan mengetahui motor yang akan digunakan, kita tentukan rasio *gearbox* yang digunakan atau sebaliknya. Adapun kecepatan putar input dan daya input motor, tergantung dari tipe dan merek motor.