

PERHITUNGAN TAHANAN PENTANAHAN DENGAN KONFIGURASI BUJUR SANGKAR

Bambang Guntoro¹, Herman Yani²

Staff Pengajar Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik

Politeknik Negeri Sriwijaya

Bguntoro57@gmail.com¹

Her65yan@gmail.com²

ABSTRAK

Salah satu faktor kunci dalam setiap usaha pengamanan (perlindungan) rangkaian listrik adalah pentanahan. Apabila suatu tindakan pengamanan / perlindungan yang baik akan dilaksanakan, maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan benar.

Dalam setiap pembicaraan tentang pentanahan, pertanyaan yang selalu timbul adalah : “Seberapa kecil tahanan untuk pentanahan?”. Pertanyaan ini sulit dijawab dalam harga Ohm. Makin kecil, makin baik. Lebih jauh lagi, untuk perlindungan atau pengamanan personil dan peralatan, patut diusahakan tahanan pentanahan lebih kecil dari satu Ohm. Hal ini tidak praktis untuk dilaksanakan dalam suatu sistem distribusi, saluran transmisi, ataupun dalam substation distribusi. Di beberapa tempat, tahanan sebesar 5 Ohm mungkin sudah cukup memadai tanpa banyak gangguan, sedang di lain tempat mungkin sangat sulit dicapai tahanan pentanahan di bawah 100 Ohm.

Kata kunci: *pentanahan, proteksi, arus lebih dan beban tak seimbang*

ABSTRACT

One key factor in any business security (protection) is a grounded electrical circuit. Where a security measure / good protection to be implemented, there must be a grounding system is designed properly.

In any discussion about the grounding, the question that always arises is: "How little resistance to earth?". This question is difficult to answer in the price Ohm. The smaller, the better. Furthermore, for the protection or safety of personnel and equipment, it should be cultivated earth resistance less than one ohm. It is not practical to be implemented in a distribution system, transmission line, or in a distribution substation. In some places, at 5 Ohm resistance may be sufficient without much disturbance, being in another place may be very difficult to achieve earth resistance below 100 Ohm.

Keywords: *grounding, protection, overcurrent and unbalanced load*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

P.T.Semen Baturaja (Persero) adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak pada bidang industri semen di wilayah Sumatera Bagian Selatan. Kapasitas produksi 1,250 juta ton per tahun dan lokasi pabrik yang terletak di Baturaja, Palembang dan Panjang. Semen Baturaja selalu berusaha untuk menjaga kontinuitas dan stabilitas pasokan semen dalam negeri khususnya di Sumatera Bagian Selatan, karena Semen Baturaja merupakan produsen semen tunggal untuk wilayah Sumatera bagian selatan.

Kapasitas terpasang produksi Perseroan sebesar 1.250.000 ton semen per tahun, masing-masing pabrik Baturaja 550.000 ton, pabrik Palembang 350.000 ton dan Panjang 350.000 ton atau sebesar 2,6% dibanding kapasitas terpasang nasional.

P.T.Semen Baturaja (Persero) termasuk perusahaan yang besar semua pekerjaan yang dilakukan di pabrik rata-rata menggunakan

pemakaian motor listrik terutama pada melakukan penggilingan semen.

Dalam sebuah perusahaan/industri juga rata-rata mengkonsumsi listrik untuk pemakaian motor listrik sekitar 70-75% dari total biaya listrik, jadi pemakaian motor listrik yang efisien akan mengurangi biaya produksi, apalagi dengan kenaikan tarif listrik setiap tahun, maka pemakaian motor listrik yang efisien sudah menjadi suatu keharusan.

Oleh sebab itu penulis sangat tertarik untuk menghitung efisiensi motor milling yang ada di P.T.Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang sebagai bahan Penelitian penulis, dengan judul *”Analisa Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa pada Mesin Penggilingan Semen di P.T. Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang”*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, dapat dirumuskan masalahnya adalah :

1. Berapa besar daya listrik motor tiga fasa pada mesin penggilingan semen di P.T.

Semen Baturaja (Persero)

2. Berapa besar efisiensi dari motor tiga fasa pada mesin penggilingan semen di P.T. Semen Baturaja (Persero)

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis menitik beratkan permasalahan hanya mengetahui berapa besar efisiensi motor pada mesin penggilingan semen di P.T.Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang dengan mengabaikan rugi belitan, angin, dan gesekan dikarenakan keterbatasan waktu, dana dan kemampuan penulis sendiri.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dalam pembuatan penelitian ini adalah:

1. Dapat menghitung besar daya listrik motor induksi tiga fasa pada mesin penggilingan semen.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari pembuatan penelitian ini adalah:

1.5 Metode Penulisan

Metode penulisan dalam pembuatan penelitian ini adalah;

- a. Metode Literatur
Yaitu dengan cara mengumpulkan sumber-sumber berupa referensi pada buku-buku yang berkaitan dengan masalah yang diangkat dalam penyusunan laporan akhir ini.
- b. Metode Observasi
Yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan melakukan kunjungan pada salah satu perusahaan, yaitu PT. Semen Baturaja (Persero) sehingga dapat mengetahui situasi dan kondisi yang sebenarnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Karena kesederhanaanya, konstruksinya yang kuat dan karakteristik kerjanya yang baik, motor induksi merupakan motor AC yang paling banyak digunakan. Motor induksi terdiri dari dua bagian penting yaitu stator atau bagian yang diam dan rotor atau bagian yang berputar. Stator di hubungkan ke catu tegangan AC. Rotor tidak di hubungkan secara listrik ke pencatu tetapi mempunyai arus yang diinduksikan ke dalamnya oleh kerja transformator dari stator. Oleh sebab itu, stator kadang dianggap sebagai Primer dan rotor dianggap sebagai sekunder motor.^[2]

Pada motor induksi ada dua tipe yang akan dibahas yaitu motor rotor sangkar (*squirrel-cage motor*) dan motor rotor lilit (*wound rotor motor*). Kedua motor tersebut bekerja pada prinsip dasar yang sama dan mempunyai konstruksi stator yang sama tetapi berbeda dalam konstruksi rotor.

Motor Induksi tiga fasa yang dipakai di kalangan industri mempunyai beberapa kelebihan dan kerugian.

1. kondisi berputar normal tidak di butuhkan sikat arang dan karenanya rugi daya yang diakibatkan dapat dikurangi.
2. Tidak memerlukan Starting tambahan dan tidak harus Sinkron.
3. Perawatannya yang lebih mudah.

Disamping itu juga motor induksi juga memiliki kekurangan antara lain

1. Kecepatannya bisa diubah-ubah tetapi efisiensinya akan berkurang.
2. Sama halnya dengan motor DC *shunt* dimana kecepatannya berbanding terbalik dengan bebannya.
3. Torsi awalnya dibawah torsi pada motor DC *shunt*.

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum:

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/torque untuk memutar kumparan.
4. Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

1. 2 Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

Secara umum motor induksi 3 fasa terdiri dari beberapa bagian yang pokok, dimana antara satu dan yang lainnya saling berhubungan dan menunjang sehingga motor dapat beroperasi. Bagian-bagian tersebut yaitu sebagai berikut :

1. Body (frame)
2. Rotor (jangkar)
3. Stator
4. Bantalan
5. Bearing

6. End plate

a. Body (frame)

Body motor listrik berfungsi untuk tempat meletakkan stator dan kumparan stator, selain itu body motor listrik juga berfungsi sebagai penahan stator dan rotor agar tetap pada kedudukan yang stabil walaupun motor dalam keadaan bekerja ataupun diam. Body motor tersebut terbuat dari besi yang dibuat sedemikian rupa agar dapat menahan stator dan sebagai bantalan motor itu sendiri.

b. Rotor (jangkar)

Rotor berfungsi sebagai untuk menimbulkan medan rotor yang terjadi akibat terpotongnya medan stator oleh batang-batang konduktor pada rotor. Rotor ini terbagi dalam dua jenis yaitu :

1. Rotor sangkar
2. Rotor belitan

c. Stator

Stator terdiri dari :

3. Kumparan medan stator, berfungsi sebagai pembuat medan stator, terbuat dari kawat tembaga yang dililitkan sedemikian rupa pada bagian inti stator.
4. Inti stator, berfungsi untuk mengalirkan medan putar yang ditimbulkan oleh belitan stator. Inti stator terbuat dari lempengan-lempengan pelat besi yang dibentuk sedemikian rupa sehingga berbentuk suatu kerangka yang beralur dibagian tengahnya. Pembuatan inti dari lempengan-lempengan pelat besi ditujukan untuk mengurangi kerugian fluksi pada inti stator.

d. Bantalan

Bantalan berfungsi sebagai penahan poros rotor agar tetap stabil. Bantalan ini biasanya terdiri dari kolaher, dan untuk menjaga efisiensi dari motor agar tetap maksimum maka kolaher diberi minyak sebagai pelumas dan sebagai pendingin bantalan.

Belitan stator untuk kedua golongan sama, ketiga belitan phasanya dapat dibentuk dalam hubungan delta (Δ) maupun hubungan bintang (Y).

Pada jenis rotor sangkar badan rotor terbuat dari plat-plat berbentuk batang-batang konduktor yang dipasang miring terhadap as didalam alur yang letaknya membujur dan disatukan oleh cincin yang terbuat dari tembaga. Pada jenis rotor belitan, belitan serupa dengan

belitan stator tetapi selalu dalam bentuk hubungan bintang (Y). Untuk hubungan sirkuit keluar terdapat 3 buah pasangan cincin gesek dan sikat. Biasanya hubungan keluar ini diperuntukan bagi sirkuit tahanan start.

Tipe-tipe belitan stator motor induksi sama dengan motor sinkron yang secara prinsip tidak jauh pula bedanya dengan belitan mesin arus searah. Kadangkala belitan motor induksi dibuat dengan bermacam hubungan dengan maksud:

1. Memungkinkan motor dapat bekerja pada 2 macam tegangan dengan perubahan hubungan delta (Δ) atau bintang (Y). Ataupun bagi keperluan start motor guna memperkecil arus start.
2. Memungkinkan motor bekerja pada beberapa macam putaran berdasarkan perubahan jumlah kutub stator.
3. Konstruksi belitan dari rotor motor belitan selalu dalam hubungan bintang (Y) dan cara pembelitannya sama dengan belitan stator.

2.3 Klasifikasi Motor AC

Motor arus bolak-balik memiliki beberapa jenis yang dibedakan berdasarkan beberapa faktor yang antara lain berdasarkan prinsip kerja, berdasarkan macam arus dan berdasarkan kesepatannya.

2.3.1 Berdasarkan prinsip kerja

a. Motor sinkron

1. Biasa (*tanpa slip ring*)
2. Super (*dengan slip ring*)

b. Motor asinkron

1. Motor induksi (*squirrel cage dan slip ring*)
2. Motor komutator (*seri, terkompensasi, shunt, sepulsi*)

2.4 Stator

Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (*Konduktor*) dari tiga kumparan tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing-masing kumparan mendapatkan suplai arus tiga fasa. Stator terdiri dari pelat-pelat besi yang di susun sama bear dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur yang di berikan kumparan kawat tembaga yang ber isolasi. Jika kumparan stator mendapat suplai arus tiga fasa maka pada kumparan tersebut akan timbul flux magnit putar. Karena adanya flux magnit putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnit dengan kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator.^[3]

$$N_s = 120.f/p \dots\dots\dots (2.1)^{[3]}$$

Dimana :

N_s = Kecepatan sinkron

f = Besarnya frekuensi

p = Jumlah pasang kutub



2.1 Stator Motor Induksi 3 Fasa ^[5]

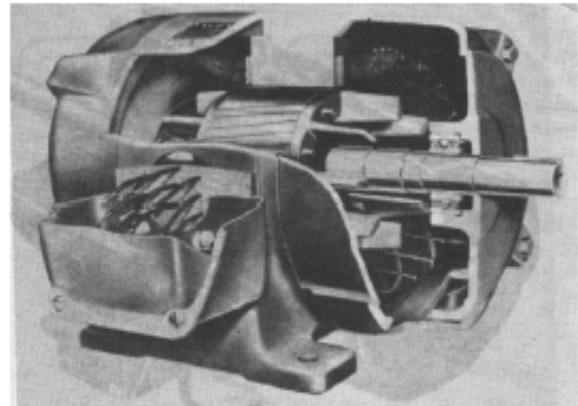
2.5 Rotor

Ada dua jenis kumparan rotor yaitu motor rotor sangkar dan motor rotor lilit yaitu penjelasannya ialah sebagai berikut :

a. Motor rotor sangkar

Motor rotor sangkar konstruksinya sangat sederhana, yang mana rotor dari motor sangkar adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor yang dipasangkan paralel, atau kira-kira paralel, dengan poros yang mengelilingi permukaan inti. Konduktor tidak berisolasi dari inti, karena arus pada rotor secara alamiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, konduktor rotor semuanya dihubungkan dengan cincin ujung. Konduktor rotor dan cincin ujung serupa dengan sangkar-tupai yang berputar sehingga dinamakan demikian.

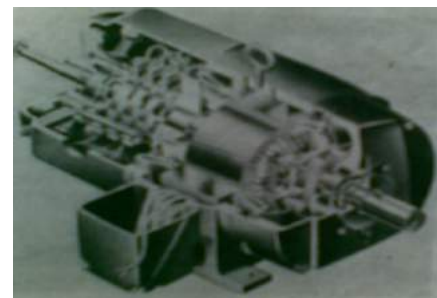
Batang rotor dan cincin-ujung rotor sangkar yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng pada inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor melainkan dibenamkan ke dalam alur motor lalu dilas dengan kuat kecincin-ujung. Batang rotor motor sangkar-tupai tidak selalu ditempatkan paralel terhadap poros motor tetapi seringkali dimiringkan. Hal ini menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga mengurangi derau dengan magnetik sewaktu motor sedang jalan. ^[2]



Gambar 2.2 Penampang Motor Induksi Rotor Sangkar ^[1]

b. Motor rotor lilit

Motor rotor lilitan atau motor cincin-slip berbeda dengan motor sangkar-tupai dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fase rotor dihubungkan secara Y dan masing-masing fase ujung terbuka dikeluarkan ke cincin-slip yang terpasang pada poros rotor. Ketiga cincin slip yang terpasang pada cincin slip dan sikat-sikat dapat dilihat berada di sebelah kiri lilitan rotor. Lilitan rotor tidak dihubungkan ke pencatu. Cincin slip dan sikat-sikat semata-mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar ke dalam rangkaian rotor. Motor rotor lilit kurang banyak digunakan dibandingkan dengan motor rotor sangkar karena harganya relatif mahal dan biaya pemeliharaannya lebih besar. ^[2]



Gambar 2.3 Motor Induksi Rotor Lilit ^[2]

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu pada keluaran tenaga putar/torque sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan dalam tiga kelompok :

1. Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energi bervariasi dengan kecepatan operasinya

namun torquanya tidak bervariasi. Sebagai contoh beban dengan torque konstan adalah conveyors, dan pompa displacement konstan.

2. Beban dengan variabel torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel torque adalah pompa sentrifugal dan fan
3. Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan gaya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.^[2]

2.5 Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa Secara Umum

Secara umum, motor induksi berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Di dalam motor DC, energi listrik diambil langsung dari kumparan armature 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 secara 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 diidentikkan dengan transformator yang kumparan primer sebagai kumparan stator atau armature, sedangkan kumparan sekunder sebagai kumparan rotor.

Dalam motor DC, arus ditarik dari catu tegangan dan diteruskan ke konduktor jangkar melalui sikat-sikat dan komutator. Jika konduktor jangkar mengalirkan arus dalam medan *magnetic* yang dihasilkan oleh rangkaian medan, maka konduktor dikenai gaya yang berusaha menggerakkannya dalam arah gerak lurus medan.

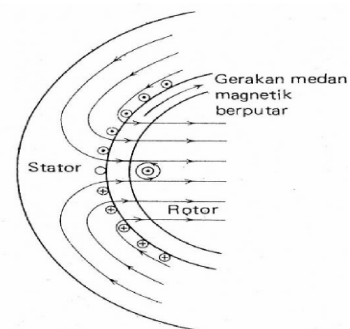
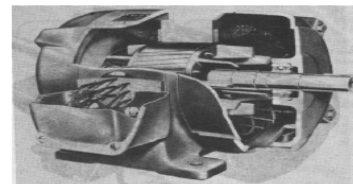
Dalam motor induksi, tidak ada hubungan listrik ke rotor, semua motor merupakan arus induksi. Tetapi ada kondisi yang sama seperti dalam motor DC, yaitu konduktor rotor mengalirkan arus dalam medan *magnetic* sehingga terjadi gaya padanya yang berusaha menggerakkannya dalam arah tegak lurus medan.

Jika lilitan stator diberi energi listrik tiga fasa, dibangkitkan medan *magnetic* putar yang berputar pada kecepatan sinkron. Ketika medan melewati konduktor rotor, dalam konduktor ini diinduksikan Gaya Gerak Listrik (GGL), yang sama seperti GGL yang diinduksikan dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi arus primer. Rangkaian rotor adalah

lengkap, baik melalui cincin ujung atau tahanan luar, GGL induksi menyebabkan arus mengalir dalam konduktor rotor. Jadi konduktor rotor yang mengalirkan arus dalam medan stator mempunyai gaya yang bekerja padanya.

Gambar 2.4 menggambarkan penampang stator dan rotor dari motor induksi, dengan medan magnet diumpamakan berputar searah jarum jam dan

dengan statornya diam seperti pada saat start. Untuk arah fluksi dan gerak yang ditunjukkan, penggunaan aturan tangan kanan Fleming menunjukkan bahwa arah arus induksi dalam konduktor rotor menuju pembaca. Pada kondisi seperti itu, dengan konduktor pengalir arus berada pada dalam medan magnet seperti yang ditunjukkan, gaya lebih kuat daripada medan di atasnya. Agar sederhana, hanya satu konduktor rotor yang diperlihatkan. Akan tetapi, konduktor-konduktor rotor yang berdekatan lainnya dalam medan stator juga mengalirkan arus dalam arah seperti pada konduktor yang ditunjukkan, dan juga mempunyai suatu gaya ke arah atas yang dikerahkan kepada mereka. Pada setengah siklus berikutnya, arah medan stator akan dibalik, sehingga gaya pada rotor tetap ke atas. Demikian pula pada konduktor rotor di bawah kutub-kutub medan stator lain akan mempunyai gaya yang semuanya cenderung yang memutar rotor searah jarum jam. Jika kopel yang dihasilkan cukup besar untuk mengatasi kopel beban yang menahan, motor akan melakukan percepatan searah jarum jam atau dalam arah yang sama dengan perputaran medan magnet stator.^[2]



Gambar 2.4 Penampang rotor dan stator pada motor induksi memperlihatkan medan magnet dalam celah udara^[2]

Motor induksi polyphasa banyak dipakai dikalangan industri, ini berkaitan dengan beberapa keuntungan dan kerugian yaitu sebagai berikut : Keuntungan :

1. Sangat sederhana dan daya tahan kuat (konstruksinya hampir tidak pernah terjadi kerusakan).
2. Harga relative murah dan perawatnnya 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 dibandingkan dengan motor DC *shunt*.

2.6 Tipe Motor Induksi Tiga Phasa

Dalam bab ini dapat dibahas dua tipe motor induksi tiga phasa yaitu sebagai

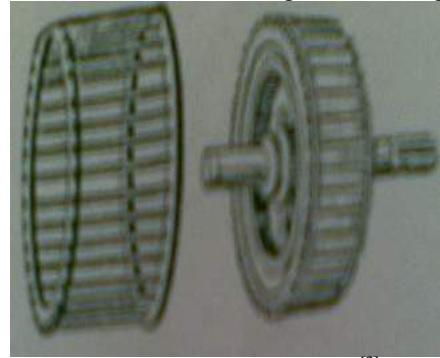
berikut :

- a. Motor sangkar tupai (squirrel-cage motor)
Motor induksi tiga phasa sangkar tupai (squirrel-cage motor) memiliki yaitu sebagai berikut terdiri dari :

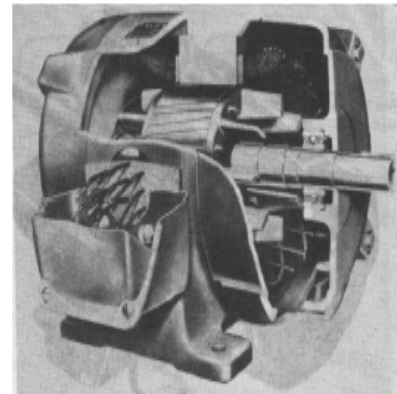
- 2 Stator
- 3 Rotor
- 4 Tutup/ tempat bantalan
- 5 Kipas
- 6 Lubang ventilasi
- 7 Kotak ujung^[3]



Gambar 2.5 Motor Induksi dengan Rotor Sangkar^[3]



Gambar 2.6 Rotor Sangkar^[3]



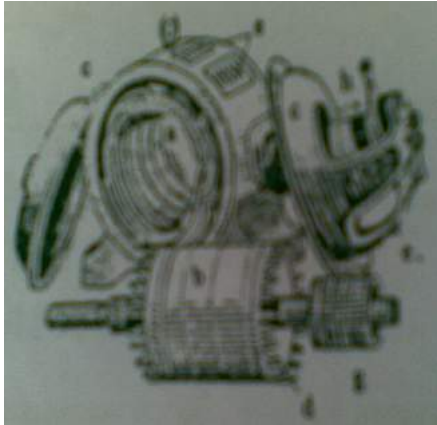
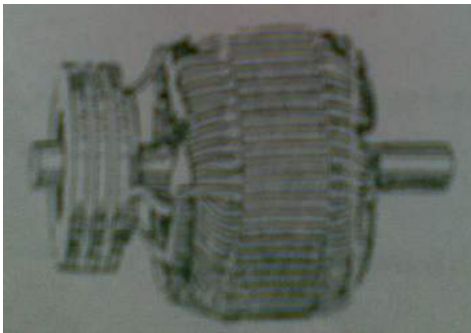
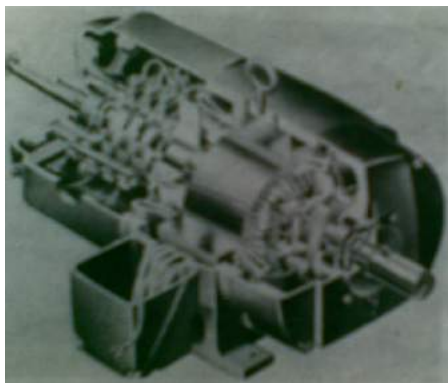
Gambar 2.7 Motor Induksi Sangkar Bajing^[1]

Pada gambar 2.7 diperlihatkan suatu gambar irisan motor induksi sangkar bajing. Disini lilitan rotor merupakan batang alumunium masif yang dicor pada celah dan kemudian dihubung-singkatkan bersama-sama oleh cincin alumunium cor pada setiap ujung rotornya. Jenis konstruksi ini menghasilkan motor induksi yang secara relatif tidak mahal dan keandalannya tinggi, yang merupakan faktor yang menentukan dalam kepopulerannya dan pemakainanya yang sangat luas.^[1]

- b. Motor Rotor Lilit

Konstruksi dari motor rotor lilit terdiri dari :

1. Stator
2. Rotor
3. Tutup
4. Kipas
5. Lubang Ventilasi
6. Kotak Ujung
7. Slip Ring
8. Sikat dan Pegangan Sikat^[3]

Gambar 2.8 Motor Induksi dengan Slip Ring^[3]Gambar 2.9 Rotor Lilit (rotor dengan slip ring)^[3]Gambar 2.10 Penampang potongan motor induksi rotor lilitan.^[2]

Motor rotor lilit atau motor slip ring berbeda dengan motor sangkat tupai dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan lilitan isolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fase rotor dihubungkan secara Y dan masing-masing fase ujung terbuka dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor. Pada gambar 2.10 menunjukkan penampang motor rotor lilitan, ketiga cincin slip dan sikat-sikat dapat dilihat berada sebelah kiri lilitan rotor. Lilitan rotor tidak dihubungkan ke pecatu. Cincin-slip dan sikat-sikat semata-mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar ke dalam rangkaian rotor.

Motor rotor lilitan kurang banyak digunakan dibandingkan dengan motor sangkar-tupai karena harganya mahal dan biaya pemeliharaannya lebih besar.^[2]

3.METODE PENELITIAN

Perhitungan daya motor induksi tiga fasa pada mesin penggilingan semen di P.T. Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang dilakukan dengan menentukan besarnya harga efisiensi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada mesin penggilingan dan juga memperhitungkan daya yang terdapat pada motor tiga fasa tersebut.

Daya yang diperhitungkan merupakan besarnya daya input dan daya output motor induksi tiga fasa yang digunakan pada mesin penggilingan di P.T. Semen Baturaja (Persero). Untuk itu perlu diadakan perhitungan mengenai cara menentukan besarnya daya input dan daya output motor tersebut untuk menentukan harga efisiensi dari motor induksi tiga fasa tersebut.

Adapun langkah-langkah untuk menentukan harga efisiensi motor induksi tiga fasa pada mesin penggilingan semen di P.T. Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang ialah sebagai berikut :

3.1 Tahap Persiapan

Langkah pertama yang dilakukan dengan cara studi literatur yaitu mengumpulkan sumber-sumber berupa referensi pada buku-buku yang berkaitan dengan perhitungan efisiensi motor induksi tiga fasa pada mesin penggilingan semen.

3.2 Mengumpulkan Data

Langkah selanjutnya ialah mengumpulkan data-data yang diperoleh setelah melakukan kunjungan di P.T.Semen Baturaja (Perseo). Adapun data yang diperoleh ialah sebagai berikut :

3.2.1 Data mill motor yang tertera pada name plate

Merk	: Yaskawa Electric
Type	: HET-W
Seri No.:	P7008297501
Tahun	: 1979
Berat	: 209 ton
Power motor	: 1700 kW/ 2282 HP
Tegangan	: 6000 V
Kecepatan	: 595 rpm
Efisiensi	: 93%
Frekuensi	: 50 Hz
In	: 195 A
Cos ϕ	: 0,95
Poles	: 10



3.1 Gambar Finish Mill



Gambar 3.2 Gambar Name Plate Motor Mill

3.3 Pengolahan Data

Setelah memperoleh data, kemudian dilanjutkan dengan mengolah data yang telah diperoleh sebelumnya, langkah selanjutnya yang dapat dilakukan ialah sebagai berikut :

4.16.2 Alat perhitungan

Alat perhitungan yang digunakan untuk menentukan daya input dan output motor induksi tiga phasa sehingga diperoleh nilai efisiensinya, ialah sebagai berikut :

Peralatan

- 8 Kalkulator : Sebagai alat hitung yang digunakan sebagai sarana dalam menentukan besarnya daya input dan daya output pada motor induksi tiga phasa pada mesin penggilingan semen di P.T.Semen Baturaja (Persero).
- 9 Komputer : Sebagai alat yang digunakan untuk mengelola dan menyimpan data yang diperoleh dan dikembangkan sebagai laporan akhir. Komputer yang digunakan ialah komputer AMD-Dual Core E-450 APU dengan kemampuan komputer dalam menyimpan data kapasitas memori 2 GB.
- 10 Perangkat Lunak : Sebagai alat yang digunakan sistem operasi pada microsoft office seperti Microsoft Word, Microsoft Excel dan sebagainya.
- 11 Printer : Sebagai alat yang digunakan untuk mencetak data perhitungan yang telah dilakukan.

Bahan-bahan

a. Data mill motor yang tertera pada name plate

Merk : Yaskawa Electric
 Type : HET-W
 Seri No. : P7008297501
 Tahun : 1979

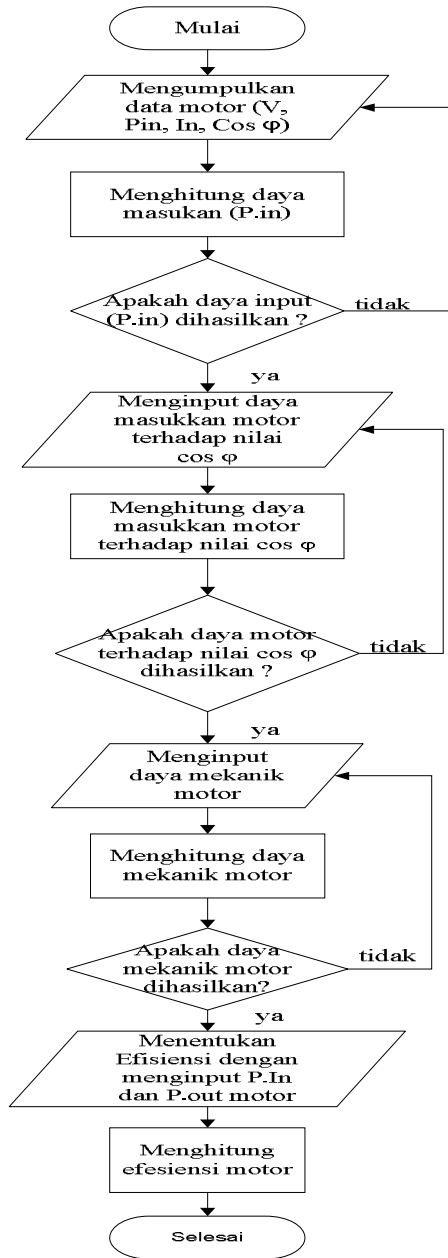
Berat : 209 Ton
 Power motor : 1700 kW/ 2282 HP
 Tegangan : 6000 V
 Efisiensi : 93%
 Kecepatan : 595 rpm
 Frekuensi : 50 Hz
 In : 195 A
 Cos ϕ : 0,95
 Poles : 10

4.16.3 Prosedur Perhitungan

Cara perhitungan yang dilakukan untuk menentukan efisiensi motor induksi tiga phasa di PT. Semen Baturaja (Persero) pabrik Palembang yaitu secara bertahap ialah sebagai berikut :

- c. Mengumpulkan data motor yang diperoleh dari name plate motor induksi tiga phasa.
- d. Menentukan berapa besar daya masukan (input) pada motor mill tersebut.
- e. Menghitung besar daya masukkan motor terhadap nilai cos ϕ
- f. Melihat perbandingan antara daya masukkan motor terhadap nilai cos ϕ
- g. Menentukan besarnya harga daya mekanik pada motor mill
- h. Menentukan harga efisiensi dengan menginput daya masukkan dan daya mekanik pada motor induksi tiga phasa di PT. Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang.

Untuk memperjelas langkah dalam menentuka harga efisiensi motor induksi tiga phasa, dapat memperhatikan diagram alir berikut :



Gambar 3.3 Diagram Flow Chart

4.PEMBAHASAN

4.1Hasil Perhitungan

Perhitungan dapat ditentukan berdasarkan data perhitungan dimulai dengan menentukan daya keluaran pada motor atau P.out dilanjutkan dengan menentukan efisiensi motor induksi 3 fasa pada mesin penggilingan semen di P.T.Semen Baturaja (Persero) pabrik Palembang.

Untuk menentukan efisiensi motor mill pada mesin penggilingan semen di P.T.Semen Baturaja (Persero) diperoleh data-data sebagai berikut :

Data teknis motor yang tertera pada name plate

Merk	:	Yaskawa
Electric		
Type	:	HET-W
Seri No.	:	P7008297501
Tahun	:	1979
Berat	:	209 ton
Power motor:	:	1700 kW/ 2282 HP
Tegangan	:	6000 V
Kecepatan	:	595 rpm
Frekuensi	:	50 Hz
In	:	195 A
Cos φ	:	0,95
Poles	:	10

4.2 Perhitungan daya masukan

Untuk perhitungan daya masukan atau P.input motor induksi tiga fasa maka dipergunakan rumus 2.7 sebagai berikut dengan melihat perbandingan nilai cos φ 0,6 sampai 1 : 4 P₁ untuk nilai cos φ : 0,60

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,6 \\
 &= 1.215.899,66 \text{ Watt} \\
 &= 1.215,9 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

5. P₂ untuk nilai cos φ : 0,65

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,65 \\
 &= 1.317.224.639 \text{ Watt} \\
 &= 1.317,2 \text{ KW}
 \end{aligned}$$
6. P₃ untuk nilai cos φ : 0,69

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,69 \\
 &= 1.398.284.617 \text{ Watt} \\
 &= 1.398,2 \text{ KW}
 \end{aligned}$$
7. P₄ untuk nilai cos φ : 0,73

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,73 \\
 &= 1.479.344.595 \text{ Watt} \\
 &= 1.479,3 \text{ KW}
 \end{aligned}$$
8. P₅ untuk nilai cos φ : 0,77

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,77 \\
 &= 1.560.404.573 \text{ Watt} \\
 &= 1.560,4 \text{ KW}
 \end{aligned}$$
9. P₆ untuk nilai cos φ : 0,81

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,81 \\
 &= 1.641.464,55 \text{ Watt} \\
 &= 1.641,4 \text{ KW} \\
 &= 1.682,0 \text{ KW}
 \end{aligned}$$
10. P₇ untuk nilai cos φ : 0,85

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,85 \\
 &= 1.722.524,528 \text{ Watt} \\
 &= 1.722,5 \text{ KW}
 \end{aligned}$$
11. P₈ untuk nilai cos φ : 0,89

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,89 \\
 &= 1.803.584,506 \text{ Watt} \\
 &= 1.803,5 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

12. P_9 untuk nilai $\cos \phi : 0,93$

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,93 \\
 &= 1.884.644,48 \text{ Watt} \\
 &= 1.884,6 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

13. P_{10} untuk nilai $\cos \phi : 0,95$

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 0,95 \\
 &= 1.925.174,47 \text{ Watt} \\
 &= 1.925,1 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

14. P_{11} untuk nilai $\cos \phi : 1$

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 195 \cdot 1 \\
 &= 2.026.499,445 \text{ Watt} \\
 &= 2.026,5 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Maka, perbandingan daya masukan pada motor mill dapat dilihat pada grafik yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.1 Perbandingan daya masukan pada motor terhadap nilai $\cos \phi$

No.	Nilai $\cos \phi$	Harga P.in (kW)
1	0,6	1.215,90
2	0,65	1.317,20
3	0,69	1.398,20
4	0,73	1.479,30
5	0,77	1.560,40
6	0,81	1.641,40
7	0,85	1.722,50
8	0,89	1.803,50
9	0,93	1.884,60
10	0,95	1.986,00
11	1	2.026,50

Grafik 4.2 Perbandingan Daya Masukan Pada Motor Terhadap Nilai $\cos \phi$

4.3 Perhitungan daya mekanik

Untuk perhitungan daya mekanik pada motor induksi 3 fasa dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{mek} \text{ (Hp)} &= 746 \cdot 2282 \\
 &= 1.702.372 \text{ Watt} \\
 &= 1.702,4 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan efisiensi

Setelah melakukan perhitungan terhadap P_{in} , P_{mek} , rugi-rugi dan P_{out} , maka terakhir kita dapat memperoleh harga efisiensi pada motor 3 fasa dengan menggunakan rumus 2.9 yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi } (\eta) &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \\
 100\% &= \frac{1.702,4}{1.925,2} \\
 &= 88,427\%
 \end{aligned}$$

Maka nilai efisiensi motor induksi 3 fasa pada mesin penggilingan semen di P.T.Semen Baturaja (Persero) pabrik Palembang adalah 88,427%.

Pada saat pengoperasian beban penuh dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban} &= P_{in} \cdot \eta \\
 &= \frac{HP \cdot 0,746}{2282 \cdot 0,746} \\
 &= \frac{1700 \cdot 88,42}{1702,372} \\
 &= 88,296\%
 \end{aligned}$$

Jadi pada saat pengoperasian motor beban penuh maka daya yang keluar sebesar 88,296%.

4.5 Pembahasan

Berdasarkan dari hasil perhitungan efisiensi motor induksi tiga phasa pada mesin penggilingan semen di P.T. Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang. Dapat diketahui daya input (masuk) motor dipengaruhi oleh besar kecilnya arus motor dan faktor dayanya untuk tegangan yang konstan. Daya masukan yang dihasilkan pada motor mill induksi motor berdasarkan perhitungan sebesar 1.925,2 KW dengan arus 195 A tegangan 6000 volt dan faktor dayanya sebesar 0,95 terlihat bahwa semakin besar arus (mendekati In) dan faktor dayanya maka daya masukan motor akan semakin besar, sebaliknya jika arus dan faktor dayanya kecil maka daya masukan motor berbanding lurus terhadap tegangan (V), arus (I), dan faktor daya (Cos ϕ).

Efisiensi yang dihasilkan menurut perhitungan pada mesin penggilingan semen (mill motor) induksi motor tipe HET-W P7008297501 sebesar 88,427% dan pada saat motor beroperasi pada beban penuh daya yang keluar sebesar 88,296 % masih bisa dianggap cukup baik, melihat kondisi motor yang sudah tidak mudah lagi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah diuraikan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

3. Besar daya listrik motor induksi tiga phasa pada mesin penggilingan semen di P.T. Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang sebesar 1.925,1 kW.
4. Efisiensi motor tiga phasa pada mesin penggilingan semen di P.T. Semen Baturaja (Persero) Pabrik Palembang dengan membandingkan daya keluaran terhadap daya masukan maka diperoleh efisiensinya sebesar 88,427 %.

5.2 Saran

Setelah melakukan studi mengenai efisiensi motor induksi tiga phasa pada mesin penggilingan semen (finish mill), maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

15. Mengingat kondisi motor yang tidak muda lagi ada baiknya melakukan perawatan yang berkala, agar motor dapat bekerja secara optimal.
16. Ada baiknya operator lebih teliti lagi dalam pengoperasian finish mill karena jika tidak dapat mengakibatkan motor rusak sehingga produksi semen akan menurun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fitzgerald, A.E., dkk. 1990. *Mesin-Mesin Listrik, Edisi Keempat*. Erlangga: Jakarta.
2. Lister, Engene. 1993, *Mesin dan Rangkaian Listrik*, Gelora Aksara Pratama: Jakarta.
3. MA, Sumanto, 1993, *Motor Listrik Arus Bolak Balik*, Andi Offset: Yogyakarta.
4. Mittle, VN, dkk. 2008. *Electrical Engineering*. Tata McGraw-Hill: New Dehli.
5. Zuhail. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. ITB Bandung: Bandung.
6. www.google.com
7. www.SemenBaturaja.co.id