

## POLA PENGAJARAN MOTOR LISTRIK BERBASIS EVALUASI INDUSTRI

A.N. Afandi,

an.afandi@yahoo.co.id

Dosen Universitas Negeri Malang

Nurhening Yuniarti

nurhening@uny.ac.id

Dosen Universitas Negeri Yogyakarta

**Abstract:** Induction motor is motor which many applied in industry, but often also experiences damage, either due internal trouble or, eksternal resulting motor doesn't work carefully. Damage technically at induction motor can be caused many things, for example resulted from temperature. Based on evaluation is obtained by current 125 A to flow through nominal energy power break is 200 A, besides current links shortening flowing 335 amperes. Important information to study its die phenomenon is existence of transformation of temperature go beyond 72,5 °C from permitted, so that motor experiences damage.

**Key words:** induction motor, overload current.

Perkembangan penggunaan motor listrik pada industri semakin meningkat jumlahnya dari tahun ke tahun, hal ini terjadi karena perluasan pembangunan dan pembukaan lahan baru untuk industri. Selain itu penggunaan tersebut juga menjadi salah satu faktor penunjang keberhasilan industri,

Motor induksi atau motor tak serempak merupakan salah satu peralatan listrik yang banyak digunakan untuk industri, serta untuk berbagai keperluan produksi. Karena mempunyai keuntungan strukturnya yang sederhana, kokoh dan harganya relatif murah, serta mudah perawatannya.

Penggunaan motor induksi pada produksi diharapkan dapat bekerja secara normal dengan karakteristik yang telah ditetapkan sesuai dengan kapasitasnya. Motor induksi memegang peranan yang sangat penting untuk menjamin kelangsungan produksi pada suatu industri, oleh karena itu perlu perlindungan terhadap berbagai gangguan seperti gangguan arus hubung singkat, suhu tinggi akibat kemampuan daya motor yang tidak sebanding dengan beban maupun gangguan lainnya.

Dengan melihat perkembangan aplikasi pada industri, maka untuk mendukung pengajaran yang lebih menyentuh pada dunia nyata, serta sekaligus membawa peserta didik pada aktifitas riset, perlu dilakukan pengajaran yang mengarah pada industri termasuk evaluasi didalamnya. Sehingga secara

kontekstual dapat diberikan materi yang berlandaskan operasional secara langsung dan dibekali pengetahuan yang aplikatif.

Untuk mengarahkan pola pengajaran yang mengerucut pada evaluasi dan penerapan prinsip-prinsip dasar yang penting, maka perlu dibuat suatu rumusan sebagai acuan untuk pengajaran sekaligus evaluasi, yaitu: apa penyebab kerusakan motor induksi 3 fasa dan berapa perubahan suhu pada saat motor bekerja?.

Mengingat secara teori motor yang digunakan pada industri banyak sekali, maka pengajaran harus dibuat seefektifmungkin dan secermat mungkin. Hal ini agar dapat dipahami semua materi secara lebih mendalam, serta dapat benar-benar mengerti aplikasi dan efek yang ada di industri. Pada bagian ini lebih difokuskan pada masalah yang dikaji yaitu pada analisis beban bergantian (selang-seling) dan mengkaji perubahan suhu kerja pada motor induksi.

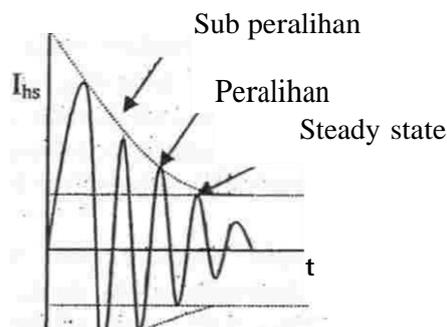
Tujuan pembahasan ini adalah untuk menelaraskan pola pengajaran dengan kondisi di industri, menyesuaikan teori-teori dengan kondisi riil di lapangan dan menanamkan pola berpikir riset secara terpadu dengan materi pengajaran, serta memberikan evaluasi pada kasus-kasus di industri.

### Motor Induksi

Motor induksi dapat dioperasikan dengan tegangan 220 volt atau 380 volt, hal ini sangat bergantung pada sumber listrik yang tersedia, serta tergantung pada hubungan motor yang digunakan, yaitu hubungan delta atau bintang. Hubungan motor ini akan berpengaruh dengan tegangan yang tersedia, agar tidak terjadi kerusakan akibat salah penggunaan tegangan.

### Arus Hubung Singkat

Pada saat rangkaian motor induksi terhubung singkat 3 fasa, maka arus akan mengalir melalui lilitan. Arus yang mengalir tersebut memiliki dua komponen, yaitu arus komponen AC dan arus komponen DC. Gejala ini merupakan gejala peralihan saat terjadi garigguan, dimana memiliki periode sub peralihan yang berlangsung hanya beberapa putaran pertama dan selama itu penurunan arus sangat cepat sampai mencapai kondisi mantap.



Gambar 1: Arus hubung singkat

Hubungan antara waktu asut dengan GD<sup>2</sup>

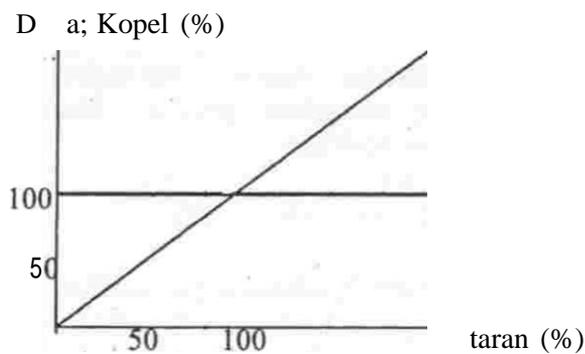
GIY merupakan parameter hubungan mekanis motor dengan roda gigi, karena pemakaian pada industri umumnya menggunakan gearbox. Bila GD<sup>2</sup> besar atau asutan sering dilakukan, maka pengasutan harus dikondisikan dalam waktu yang tak dapat mempengaruhi umur pemakaian motor. Waktu asut (t) berhubungan dengan GIY dapat ditentukan dengan persamaan :

$$t = \frac{100}{T_m - T_1} \times \frac{GD^2 (N_0)^2}{1000 \times 2,74 \text{ kW}} \quad (1)$$

dimana pada persamaan tersebut t waktu asut atau start (s), T<sub>m</sub> kopel rata-rata motor selama akselerasi (%), T<sub>1</sub> kopel rata-rata beban selama percepatan (%), GD<sup>2</sup> dampak roda gigi pada poros dari beban dan motor (kgm<sup>2</sup>), N<sub>0</sub> kecepatan sinkron motor (rpm) dan kW daya keluaran motor (kW)

Perputaran Kopel dan Behan

Hubungan antara putaran dan kopel beban pada motor induksi yang digunakan untuk menjalankan beban dapat berubah-ubah seperti karakteristik pada Gambar 2. Kopel tersebut berubah secara linier sesuai dengan perubahan beban atau kondisi pakai motor, yaitu perubahan terjadi hingga dicapai kondisi motor induksi bekerja nominal.



Gambar 2. Karakteristik beban kopel

Pemanasan dan Pendinginan Motor Induksi

Pemanasan pada motor terjadi karena adanya rugi-rugi daya, pemanasan ini akan menyebabkan suhu motor naik, Selain itu, pemanasan juga dipengaruhi

oleh pendinginan pada motor, berupa media luar seperti udara, minyak dan air. Dengan demikian kenaikan suhu motor dapat didefinisikan sebagai selisih antara suhu yang di luar pada motor selama beroperasi dan suhu yang di ukur pada media pendingin.

Panas yang dihasilkan oleh motor dipengaruhi keadaan operasinya, agar pemanasan pada motor listrik mudah di pahami, maka motor dianggap sebagai benda padat yang homogen dengan suhu di semua bagian motor sama. Batas kenaikan suhu maksimum yang diijinkan pada motor sesuai dengan kelas isolasi lilitannya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Batas kenaikan suhu motor

Kelas Isolasi	Kelas A		Kelas B		Kelas F		Kelas H	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Kumparan isolasi (0C)	50	60	65	75	70	80	85	100

Keterangan: X: termometer Y: hambatan

#### Kapasitas Motor pada Kerja Berselang-seliug,

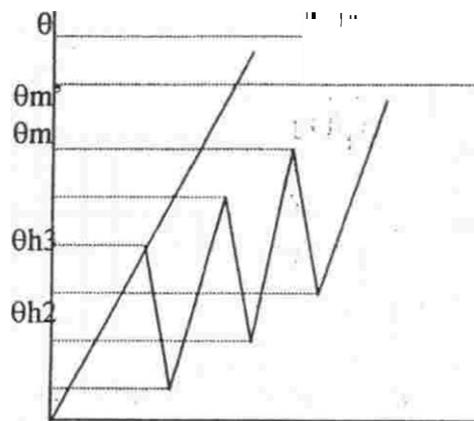
Kapasitas motor dipilih sesuai dengan unjuk kerja motor yang diinginkan, sehingga kenaikan suhunya normal pada pembebanan mekanis yang diijinkan. Pemanasan pada motor terjadi karena adanya rugi-rugi selama konversi energi elektrik menjadi energi mekanik. Rugi-rugi ini terjadi pada inti besi, belitan tembaga dan bagian yang mengalami gesekan. Secara matematis -rugi-rugi tersebut dapat di tulis sebagai berikut :

$$P = P_1 - P_2 = P_1 (1 - \eta)$$

$$= W_e + W_{cu} \cdot X^2 = W_{cu} \cdot (a + X^2) \quad (2)$$

Pada persamaan tersebut:  $P_1$  adalah daya masukan motor (kW),  $P_2$  adalah daya keluaran motor (kW),  $\eta$  adalah efisiensi,  $W_e$  adalah rugi-rugi tetap (rugi besi, rugi bantalan, rugi gesekan dan angin),  $W_{cu}$  adalah rugi-rugi tembaga (kW),  $a = W_c/W_{cu}$  merupakan faktor rugi konstan, dan  $X = P_2/P_1$ .

Selanjutnya motor biasanya di pilih sesuai kapasitas beban nominal dan beroperasi tanpa melampui kenaikan suhu yang di iijinkan. Bila kondisi motor akan mengalami pemanasan selama periode istirahat dan mengalami pemanasan selama periode kerja, maka motor harus mendapat pendinginan. Proses penurunan suhu seperti pada Gambar 3 dapat dilakukan secara bertahap, yaitu bila terjadi kenaikan suhu ( $0h_1, 8h_2 \dots$ ) dan terjadi pula penurunan suhu yang harus dilakukan ( $Set, 0c_2, \dots$ ); maka  $0m$  adalah kenaikan suhu akhir motor yang diijinkan selama operasi.



Gambar 3. Kurva pemanasah/pendinginan

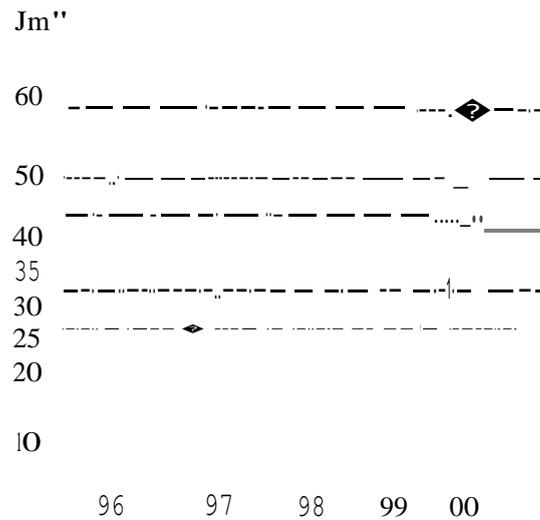
## METODE PENELITIAN

Sebagai kajian dalam evaluasi pada bagian ini mengambil Pabrik Briket Batubara, dimana penggunaan motor induksi memiliki kerumitan tersendiri pada kemungkinan terjadinya kerusakan. Sehingga dapat dipandang sesuai untuk tema pokok dan tujuan yang diharapkan dalam pengajaran.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Kerusakah Motor Induksi

Tahun 1999-2000 pada saat menggunakan motor dengan daya 40 HP (30 kW), terjadi kenaikan jumlah kerusakan motor tahun 2000, kenaikan ini cukup tinggi yaitu rata-rata tiap bulan terjadi 4 kali kerusakan motor induksi untuk 3 buah motor dari 6 buah motor induksi yang dioperasikan, Sedangkan pada tahun 1996-1998 digunakan motor dengan daya 50 HP (37 kW) yang terlihat memiliki perbedaan antara penggunaan motor 40 HP dengan 50 HP, serta kerusakan yang terjadi relatif kecil.



Gambar 4. Kerusakan motor

#### Batas Toletahsi Waktu Pengasutan dan Pengereman

Bila  $GD^2$  (dampak roda gigi) besar atau pengasutan sering dilakukan, maka pengasutan harus diselesaikan dalam waktu yang tidak mempengaruhi umur kumparan motor. Berdasarkan analisis untuk kapasitas  $T_m = 190\%$ ,  $T_l = 75\%$ ,  $GD^2 = 12,5 \text{ kgm}^2$ ,  $N_o = 3000 \text{ rpm}$ , dan  $K_w = 30 \text{ kW}$ , diperoleh batas operasional untuk waktu pengasutan adalah 30 detik.

Jika rentang waktu antara pengasutan dan pengereman kurang dari 30 detik, maka dapat mempengaruhi umur kumparan motor, karena menghasilkan kenaikan suhu motor. Sedangkan pengasutan dan pengereman motor sering terjadi pada operasionalnya, sehingga apabila kurang dari batas tersebut akan menyebabkan kerusakan atau terbakar.

#### Kapasitas Daya Motor

Sebagaimana dioperasikannya motor, maka motor induksi bekerja antara lain memikul beban sebagai berikut: saat kondisi mesin berbeban menekan, saat kondisi mesin bekerja normal dan saat kondisi mesin mengangkat. Sedangkan beban mekanik yang akan ditanggung berkapasitas  $B_{ernt} = 225 \text{ Kg}$ , kecepatan  $V = 1/5 \text{ mis} - 12 \text{ mis}$ ,  $\eta$  (efisiensi motor) = 80 %. Dengan mengacu pada beban yang akan ditanggung dan kondisi operasional motor, maka kapasitas yang digunakan diperoleh sekitar 34 kW.

Jadi seharusnya motor yang digunakan mempunyai daya sebesar 34 kW. Sedangkan motor induksi yang digunakan hanya mempunyai daya 30 kW. Oleh karena itu motor induksi yang digunakan bekerja dengan beban berat, jika motor bekerja dengan beban berat, maka dapat mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, sehingga mengurangi umur kumparan atau motor. Dengan demikian penggunaan daya motor induksi harus diganti dengan daya minimal 34 kW.

### Arus Behan Lebih

Arus beban lebih yang terjadi dalam rangkaian pada waktu tidak ada gangguan adalah arus lebih pada motor induksi yang terjadi saat motor induksi tidak mampu mengangkat beban. Dengan demikian, arus beban lebih sebesar 125 A yang mengalir melalui pemutus daya tidak dapat diatasi. Hal ini karena pemutus daya yang digunakan 250 A sehingga terlalu besar, dan pada saat terjadi arus beban lebih pemutus daya tidak dapat bekerja secara optimal atau memutuskan, akibatnya motor rusak atau terbakar. Tetapi pemutus tersebut bekerja saat terjadi hubung singkat, karena arus yang mengalir sebesar 335 amper.

### Kenaikan Suhu

Kenaikan suhu terjadi sebagai selisih antara suhu yang terjadi pada motor selama beroperasi dan suhu yang diukur pada ruangan motor. Berdasarkan hasil analisa diperoleh seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan suhu

No	Waktu Pemanasan (menit)	Suhu Motor (0C)	Suhu Ruang (0C)	Kenaikan Suhu (0C)
1	60	48	37	11
2	120	60	37,2	22,8
3	180	75	37,2	37,8
4	240	86	37,4	48,6
5	300	98	37,4	60,6
6	360	108	37,6	70,4
7	420	112	37,6	74,4
8	480	117	37,9	79,1

Sumber: Hasil analisa

Pada penggunaan motor induksi, berdasarkan hasil analisa kenaikan suhu motor yang diijinkan adalah 72,5 °C dan motor tersebut digunakan kurang lebih 6 jam. Selanjutnya bila motor induksi terus beroperasi selama 8 jam atau lebih, maka motor dapat terbakar. Hal ini mengingat kenaikan suhu yang melewati batas kelas isolasi yaitu mencapai suhu 79 °C, dengan suhu kelas isolasi yang diijinkan adalah 74 °C

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulao

Penyebab kerusakan motor induksi adalah kenaikan suhu yang terlalu tinggi yang melampaui batas kelas isolasi B (74 °C) yaitu mencapai suhu 79°C. Hal ini di sebabkan kareoa penggunaan motor tidak sesuai dengan kapasitas beban

mekanik yang digunakan. Selain itu kenaikan suhu terjadi juga karena pengasutan dan pengereman yang terlalu sering.

Selanjutnya penggunaan pengaman motor untuk arus beban lebih dan arus hubung singkat kapasitasnya kurang tepat, sehingga saat terjadi arus lebih pemutus daya tidak bekerja dengan baik, hanya bekerja saat terjadi arus hubung singkat.

Akhirnya dengan pola analisis yang mengarah pada industri, menjadikan pemaparan bahan atau materi pengajaran lebih riil dan aplikatif. Selain itu mempermudah peserta didik memahami teori dan penggunaannya, serta dapat langsung berkaitan dengan dunia industri yang sesuai dengan tema pokok kajian.

### Saran

Berdasarkan hasil kajian tersebut perlu dilakukan pembelajaran berbasis evaluasi industri sehingga peserta didik dapat menerapkan teori yang didapatkan secara nyata.

### DAFTAR PUSTAKA

- Fitzgerald.A.E, Charles Kingsley.Jr, Stephen., 1992, "*Mesin - mesin Listrik*", alih bahasa Achyanto.D, Ir. Edisi keempat, Bandung: Erlangga.
- Harten.Van P, Setiawan.E, Ir., 1992, "*Instalasi listrik Arus Kuat 3 "*", Cetakan Ketiga, Penerbit Bina Cipta Anggota IKAPI:
- Nasar.A. Syed., 1993, "*Electric Machines and Power System*".
- Soelaiman, Prof.Ts.MHD, Magarisawa Mabuchi, 1995, "*Mesin Tak Serempak Dalam Praktek*": Cetakan kedua, Jakarta: Pradnya Paramitra