

SISTEM PROTEKSI MOTOR INDUKSI TIGA FASA 30 kW SEBAGAI PENGGERAK LPG LOADING PUMP

Daeny Septi Yansuri¹, Surya Febriyanto²
daennyansuri@gmail.com

*Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang¹
Alumni Prodi Teknik Elektro Universitas Palembang²*

ABSTRAK

Fungsi dari sistem proteksi adalah untuk memisahkan dengan seketika bagian-bagian dari suatu sistem tenaga listrik jika bagian-bagian tersebut mengalami gangguan atau peralatan mulai beroperasi tidak normal agar tidak menimbulkan kerusakan pada sistem tenaga listrik tersebut. Pada operasi motor induksi, ada kalanya motor tersebut mengalami gangguan yang disebabkan oleh panas lebih, arus lebih, dan beban lebih. Sehingga jika dibiarkan dapat mengakibatkan kerusakan yang fatal pada motor tersebut. Dari jenis motor yang ada, motor rotor sangkar yang paling banyak dipergunakan untuk menggerakkan pompa karena harga motor rotor sangkar lebih murah, kompak dan konstruksinya lebih sederhana daripada motor rotor belitan. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari sistem proteksi dan menentukan setelan rele yang baik untuk motor induksi tiga fasa 30 kW di PT. Pertamina MOR II Terminal LPG Pulau Layang yang digunakan sebagai penggerak LPG loading pump. Salah satu metode yang dipakai adalah Metode Observasi, yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan melakukan kunjungan pada salah satu perusahaan, yaitu PT. Pertamina MOR II Terminal LPG Pulau Layang sehingga dapat mengetahui situasi dan kondisi yang sebenarnya.

Kata Kunci : Proteksi, Motor Induksi, Rotor Sangkar, Rele.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang ^{[1], [2]}

Untuk menjaga kontinuitas motor induksi di dalam suatu sistem tenaga listrik, motor induksi harus diberikan perlindungan yaitu berupa sistem proteksi agar motor induksi tersebut terhindar dari kerusakan. Fungsi dari sistem proteksi ini adalah untuk memisahkan dengan seketika bagian-bagian dari suatu sistem tenaga listrik jika bagian-bagian tersebut mengalami gangguan atau peralatan mulai beroperasi tidak normal agar tidak menimbulkan kerusakan pada sistem tenaga listrik tersebut.

Motor rotor belitan adalah tipe motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya sedangkan motor rotor sangkar tupai (*Squirrel-cage rotor*) adalah tipe motor induksi yang konstruksi rotornya tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung. Dari jenis motor yang ada, motor rotor sangkar yang paling banyak dipergunakan untuk menggerakkan pompa karena harga motor rotor sangkar lebih murah, kompak dan konstruksinya lebih sederhana daripada motor rotor belitan.

1.2 Tujuan Penelitian

Untuk mempelajari sistem proteksi dan menentukan setelan rele yang baik untuk motor induksi tiga fasa 30 kW di PT. Pertamina MOR II Terminal LPG Pulau Layang yang digunakan sebagai penggerak LPG loading pump.

1.3. Manfaat Penelitian

Setelah mengetahui system proteksi dan setelan rele pada motor induksi di PT. Pertamina MOR II Terminal LPG Pulau Layang yang digunakan sebagai penggerak LPG loading pump, sudah memenuhi standar atau belum, tetap diharapkan dapat membantu perusahaan tersebut untuk meningkat produksi LPG.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada PT. Pertamina MOR II Terminal LPG Pulau Layang ini di titik berat kan pada sistem proteksi motor induksi tiga fasa 30 kW serta menentukan rele proteksi beban lebih dan panas lebih.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kontruksi Motor Induksi ^{[3], [5]}

a. Stator

Stator merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya. Stator dihubungkan secara langsung ke sumber bolak balik. Stator tersusun atas plat-plat tipis yang berlapis-lapis, tersusun rapi dan dibuat sedemikian rupa, sehingga membuat alur atau slot untuk tempat meletakkan batang-batang konduktor yang dililitkan didalamnya.

b. Rotor

Rotor merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor. Rotor tidak dihubungkan secara listrik ke catu daya tetapi mendapat arus secara induksi dari stator.

c. Bantalan Motor Induksi

Bantalan motor merupakan bagian yang penting karena dengan adanya bantalan motor pada motor induksi dapat mengurangi gesekan putaran, mempercepat gerakan motor, serta menstabilkan posisi poros terhadap gaya horizontal dan vertikal poros motor.

2.2. Sistem Pengasutan Motor Induksi ^[3]

Dalam mengoperasikan motor tegangan rendah dapat dibedakan dari cara sistem pengasutannya yaitu antara lain:

a) DOL (Direct On Line)

Dalam sistem pengasutan DOL (direct on line), motor langsung diasut dengan mempergunakan tegangan kerja motor, sistem DOL (direct on line) pada saat diasut, motor akan membutuhkan arus asut (I_s) 5 sampai dengan 7 kali lipat dari arus nominal motor (I_n).

$$I_s = 7 I_n$$

dimana :

I_s = Arus asut motor (Ampere)

I_n = Arus nominal motor (Ampere)

b) Star Delta

Sistem pengasutan Star Delta (bintang segitiga) juga disebut dengan sistem Wey Delta, yaitu pada saat mulai mengoperasikan motor, hubungan pengawatan motor dirubah dari Star (bintang) menjadi Delta (segitiga) pada saat putaran telah menjadi normal. Sistem Star Delta membutuhkan besar arus asut (I_s) sampai 5 kali lipat dari arus nominal motor (I_n).

$$I_s = 5 I_n$$

dimana :

I_s = Arus asut motor (Ampere)

I_n = Arus nominal motor (Ampere)

c) Transformator

Dalam sistem pengasutan dengan menggunakan Transformator, motor diasut dengan menurunkan tegangan asut motor mempergunakan transformator, besar tegangan pengasutan disesuaikan dengan jenis dan tipe motor yang direkomendasikan oleh pembuatan motor tersebut. Sistem pengasutan motor mempergunakan transformator akan membutuhkan Arus asut (I_s) 3 sampai dengan 5 kali lipat dari arus nominal motor (I_n).

$$I_s = 3 I_n$$

dimana :

I_s = Arus asut motor (Ampere)

I_n = Arus nominal motor (Ampere)

2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi

Ada beberapa prinsip kerja motor induksi :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan medan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan :

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

dimana :

n_s = Kecepatan sinkron (putaran/menit)

f = Frekuensi jala-jala (Hz)

p = Jumlah kutub medan stator

2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor
3. Akibatnya pada kumparan jangkar (rotor) timbul tegangan induksi (ggl) sebesar :

$$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot \Phi_m$$

dimana :

E_2 = gaya gerak listrik induksi rotor

f_2 = frekuensi listrik rotor

N_2 = jumlah lilitan kumparan rotor

Φ_m = fluksi maksimum yang dihasilkan oleh stator

E_2 adalah tegangan induksi pada saat rotor berputar.

4. Karena kumparan jangkar merupakan rangkaian tertutup, maka ggl (E) akan menghasilkan arus (I_2).

$$I_2 = \frac{e_2}{Z_2}$$

5. Adanya (I_2) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.

$$F = B \cdot I_2 \cdot r$$

dimana :

F = gaya pada rotor

I_2 = arus rotor

r = panjang kumparan rotor

B = Induksi magnetik

Karena rotor berbentuk bulat seperti silinder, maka akan menghasilkan kopel mula yang besarnya,

$$T_a = F \cdot r$$

dimana :

- Ta = kopel mula pada rotor
- F = gaya Lorenz pada rotor
- r = jari-jari

6. Bila kopel mula (Ta) yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban (Td), rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Jadi, syarat terjadinya putaran rotor adalah sebagai berikut:
 - rotor berputar : $T_a > T_d$
 - rotor diam : $T_a \leq T_d$
7. Seperti yang telah dijelaskan pada no.2 tegangan timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan putar rotor (n_r).
8. Perbedaan kecepatan antara n_s dan n_r disebut slip (S) dinyatakan dengan:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100 \%$$

dimana:

- S = slip
 - n_s = kecepatan medan putar stator
 - n_r = kecepatan berputar rotor
9. Bila $n_s = n_r$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel akan timbul apabila n_r lebih kecil dari n_s .
 10. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

3. METODELOGI PENELITIAN

Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah metode Observasi dan Literatur. Setelah dilakukan pengambilan data secara observasi dilapangan, data tersebut diolah dengan menggunakan metode literature, yang didapat dari buku-buku referensi yang dipakai.

3.1. Gangguan Pada Motor Induksi

Secara umum gangguan yang terjadi pada motor induksi ada beberapa macam yaitu:

- a) Gangguan beban lebih
- b) Gangguan Hubungan Singkat

Arus hubungan singkat pada motor adalah :

$$I_{hs} = \frac{E_r}{X}$$

dimana

- I_{hs} = arus hubung singkat
 - E_r = tegangan induksi
 - X = reaktansi
- c) Gangguan Mekanik
 - d) Gangguan Operasional

3.2. Sistem Proteksi Pada Motor Induksi Tiga Fasa

Hal yang dapat dilakukan adalah:

1. Melindungi kemungkinan terjadinya gangguan seperti menjaga kebersihan sekitar lingkungan tempat motor induksi beroperasi, memasang pagar sekitar peralatan dan memelihara peralatan-peralatan tersebut.
2. Pemasangan alat-alat proteksi, dalam merencanakan sistem proteksi motor induksi, baik itu untuk proteksi gangguan luar dan dalam. Faktor-faktor yang mempengaruhi sebagai berikut:
 - a. Fungsi dan jenis saluran
 - b. Koordinasi yang dibutuhkan dalam hubungannya dengan peralatan yang telah ada, baik pada saluran tersebut maupun pada bagian bebannya
 - c. Tingkat keselamatan yang diinginkan.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Menentukan Arus Asut pada Motor WEG ^{[3], [4], [5]}

Dalam menentukan arus start pada motor, kita harus mengetahui sistem pengasutan apa yang dipakai Motor WEG. Dari data Motor WEG dapat dilihat bahwa daya pada Motor WEG sebesar 30 kW. Motor induksi dengan daya 30 kW dapat menggunakan sistem pengasutan hubungan langsung. Pada sistem pengoperasian langsung diasut dengan mempergunakan tegangan kerja motor yaitu sebesar 400 V, pengoperasian langsung membutuhkan arus asut (I_s) 5 sampai dengan 7 kali lipat dari arus nominal motor (I_n).

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_s \cdot \cos \varphi} = \frac{30.000}{\sqrt{3} \cdot (400) \cdot (0,85)} = \frac{30.000}{588,8973} = 50,9427 \text{ Amp}$$

Sedangkan untuk harga Arus Asut adalah sbb :

$$I_s = 7 \times I_n$$

$$I_s = 7 \times 50,9427 = 356,5989 \text{ Ampere}$$

Jadi arus asut yang dibutuhkan sebesar $356,5989 \approx 356,6$ Ampere.

- **Menentukan Rele Beban Lebih**

Tabel 4.1. Hasil analisa dan perhitungan rele beban lebih

Pengaturan rele yang disetel %		
90%	110%	125%
45,85 Ampere	56,04 Ampere	63,68 Ampere

Dengan demikian arus beban lebih tidak boleh mempunyai kemampuan hantar arus kurang dari 125 % arus beban lebih (PUIL 2000).

- **Menentukan Besarnya Arus Hubungan Singkat ^{[1], [3]}**

Dari data yang terlampir terlebih dahulu dihitung R_0 dan Z_0 , dengan mengetahui besarnya I_0 dan P_0 , sebagai berikut :

$$I_0 = 20,36 \text{ Ampere}$$

$$P_0 = \sqrt{3} \cdot I_0 \times V_s \cos \theta$$

$$P_0 = \sqrt{3} \cdot (20,36) \times (400) \cdot (0,85) = 11975,75 \text{ Watt}$$

Maka, dengan harga I_0 dan P_0 yang telah diketahui besarnya sehingga R_0 dapat dihitung :

$$R_0 = \frac{V_s}{I_0} = \frac{400}{20,36} = 19,65 \text{ Ohm}$$

Dengan diperoleh harga P_0 , maka Z_0 dapat dihitung sebagai berikut :

diketahui : $P_0 = 11975,75 \text{ Watt}$

$$Z_0 = \frac{P_0}{(I_0)^2} = \frac{11975,75}{(20,36)^2} = \frac{11975,75}{414,5296} = 28,89 \text{ Ohm}$$

Setelah diketahui harga Z_0 , maka harga X_0 juga dapat dihitung.

$$\begin{aligned} Z_0^2 &= R_0^2 + X_0^2 \\ X_0 &= \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} \\ X_0 &= \sqrt{(28,89)^2 - (19,65)^2} = \sqrt{834,63 - 386,123} = \sqrt{448,507} \\ X_0 &= 21,178 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Arus hubungan singkat pada motor adalah :

$$\begin{aligned} I_{hs} &= \frac{E_r}{X} \\ I_{hs} &= \frac{1 < 0}{21,178} \\ I_{hs} &= 0,046 \text{ pu} \end{aligned}$$

I dasar pada rangkaian (I_b) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_b &= \frac{\text{base KVA}}{\text{base}} = \frac{S_b}{E_b} \\ I_b &= \frac{(30) \cdot (1000)}{\sqrt{3} \cdot (400)} = \frac{30.000}{(1,73) \cdot (0,4)} = \frac{30.000}{0,692} = 43352,6 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Sehingga, harga I_{hs} yang sebenarnya adalah :

$$\begin{aligned} I_{hs} &= I_b \times I_{hs} \text{ dalam pu} \\ I_{hs} &= 43352,6 \times 0,046 = 1994,22 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Jadi besarnya arus hubungan singkat pada motor sebesar 1994,22 Ampere

Menurut ANSI.C. 37 . 13 – 1973 agar pemutus daya dapat menahan akibat arus hubungan singkat pada motor dan cukup aman, dikalikan dengan faktor multiplikasi = 1,6.

Arus hubungan singkat besarnya pemutus daya : $1994,22 \times 1,6 = 3190,75$

- **Menentukan Rele Arus Lebih**

Dari data didapat bahwa arus asut 7 kali arus beban penuh selama 10 detik, maka setelah rele arus diatas waktu asut sehingga dalam proses pengasutan rele tidak bekerja.

Data motor adalah :

- Kapasitas motor = 30 kW
- t asut motor = 10 detik
- I asut motor = 356,6 Ampere.
- Tegangan motor = 400 V
- Rasio trafo arus = 100/5

$$\text{Plug Setting Multiplier (PSM)} = \frac{I_{sr} \times 1/CT}{\text{Ampere}}$$

Dapat ditentukan waktu kerja rele diatas waktu start motor. Ampere tap yang diambil adalah 10.

$$\text{Plug Setting Multiplier (PSM)} = \frac{356,6 \times 5/100}{10} = \frac{17,83}{10} = 1,783 \text{ detik}$$

Untuk penyetelan arus lebih seketika pada CT 100/5 arus hubung singkat motor yang diambil adalah :

$$\frac{1994,22 \text{ Ampere}}{3} = 664,74 \text{ Ampere (arus hubung singkat terendah)}$$

Kehandalan pengaman adalah tergantung setelan yang sangat teliti dan pemilihan arus hubung singkat yang diperhitungkan. Di dalam unit seketika (instantaneous) besar I₂ (arus rele) dapat di setel melalui pengaturan jangkar magnet koil.

Maksimum I₂ yang diambil adalah 100/5 = 20 Ampere

I₁ (arus pada saluran) = 20/5 x 100 = 400 ampere

Jadi sebelum arus hubung singkat awal mencapai harga puncak yaitu 664,74 Ampere, rele arus lebih seketika sudah bekerja membuka pemutus daya.

- **Menentukan Besarnya Sekring**

Rele daya sambungan yang tersedia buatan general electric dalam kita menentukan sekring, sakelar penghubung dan besaran kontak magnet diambil dari standar Amerika yaitu Nec – 110 – 1981.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Menurut Standar *Generic Electric*

Sekring	Sakelar Penghubung	Kontak Magnet
61,13 Ampere	58,58 Ampere	66,22 Ampere

Tabel 4.3. Perbandingan Setelan Arus Hasil Perhitungan dengan Data PT. Pertamina MOR II Terminal LPG Pulau Layang

Jenis Peralatan	Hasil Perhitungan Dengan Standar	Data PT. Pertamina MOR II Terminal LPG Pulau Layang
Sekring	61,13 Ampere	60 Ampere
Sakelar Penghubung	58,58 Ampere	60 Ampere

Kontak Magnet	66,22 Ampere	65 Ampere
Rele Beban Lebih	63,68 Ampere	65 Ampere

5. PENUTUP

Dari hasil analisa dan perhitungan didapatkan bahwa

1. Besarnya arus hubung singkat masih memenuhi standar sistem proteksi pada motor induksi, begitu juga dengan penentuan besarnya arus yang mengalir pada sekering, kontaktor, pemutus daya serta rele-rele sesuai dengan standar.
2. Penyetelan rele yang telah ditetapkan oleh PT. Pertamina MOR II Terminal LPG Pulau Layang khususnya untuk motor induksi 30 kW telah memenuhi standar, sehingga bisa disimpulkan bahwa sistem proteksi motor induksinya baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Langsdorf, S. Alexander, *“Theory Of Alternating Current Machinery”*, Tata McGraw-Hill Publishing Company, Ltd. New York, 1974.
- [2]. Pertamina, *“ Dasar-dasar Sistem Kelistrikan Kilang”*, Bimbingan Fresh Intake Operator, PT. Surya Esa Perkasa , 2007
- [3]. Zuhail., *“Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya”* , PT . Gramedia. Jakarta 1992.
- [4]. *”Laporan Pemeriksaan Teknik Dalam Rangka Memperoleh Sertifikat Inspeksi (Certificate Of Inspection)”*, PT. Pertamina EP Asset 2 Field Prabumulih.
- [5]. *“Komponen dan Sistem Proteksi Tenaga Listrik”*, Departemen Pendidikan Nasional, 2003.