

SKRIPSI

**EVALUASI LISTRIK DAN SISTEM PROTEKSI DAN SETTING RATING ARUS
TERHADAP PENGGUNAAN MOTOR-MOTOR LISTRIK DAN POMPA AIR
PADA *CIRCULATING WATER AND BOILER FEED*
DI PT. VALE SOROWAKO**

MUH. EDI JAFAR

105 82 0063310



**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2017



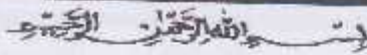
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



PENGESAHAN

Skripsi atas nama Muh. Edi Jafar dengan nomor induk Mahasiswa 10582 00633 10 dan Sunardin Nurdin dengan nomor induk Mahasiswa 10582 00641 10, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 169/05/A.5-II/37/2016, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 17 Desember 2016

Makassar, 14 Jumadil Awwal 1438 H
13 Januari 2017 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Umar Katu, ST.,MT

b. Sekertaris : Adriani, S.T.,M.T

3. Anggota : 1. Dr. Ir. H. Hafsah Nirwana, MT

2. Anugrah, S.T.,M.T

3. Rossy Timur Wahyuningsih, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

NIP. 19640427 198910 1002

Muh. Rizal A Duyo, ST.,MT

NBM: 131 884 866

Dekan





FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **EVALUASI LISTRIK DAN SISTEM PROTEKSI DAN SETTING RATING ARUS TERHADAP PENGGUNAAN MOTOR-MOTOR LISTRIK DAN POMPA AIR PADA CIRCULATING WATER AND BOILER FEED DI PT. VALE SOROWAKO**

Nama : 1. Muh. Edi Jafar
2. Sunardin Nurdin

Stambuk : 1. 10582 00633 10
2. 10582 00641 10

Makassar, 13 Januari 2017


Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

NIP: 19640427 198910 1002


Muh. Rizal A Duyo, ST., MT

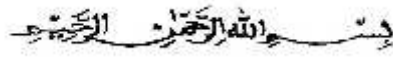
NBM: 131 884 866

Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro


Umar Katu, ST., MT.

NBM: 990 410

PRAKATA



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah :
“Evaluasi Sistem Proteksi dan Setting Rating Arus Terhadap Penggunaan Motor – Motor Listrik Dan Pompa Air Pada *Circulate Water and boiler Feed* Di PT. Vale Sorowako”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Umar Katu, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak. DR. Ir. H. Zahir Zainuddin, M.Sc, Selaku Pembimbing I dan Bapak Rizal A Duyo, ST, MT, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutam dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2010 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bernabfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, September 2017

Penulis

EVALUASI LISTRIK DAN SISTEM PROTEKSI DAN SETTING RATING ARUS TERHADAP PENGGUNAAN MOTOR-MOTOR LISTRIK DAN POMPA AIR PADA *CIRCULATING WATER AND BOILER FEED* DI PT. VALE SOROWAKO

Muh. Edi Jafar¹, Sunardin Nurdin²

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : Muh.edijafar@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : Sunardinnurdin@yahoo.com

ABSTRAK

Abstrak; Muh. Edi Jafar dan Sunardin Nurdin; (2010) Evaluasi Listrik dan Sistem Proteksi dan Setting Rating Arus terhadap Penggunaan Motor-motor Listrik dan Pompa Air pada *Circulating Water and Boiler Feed* di PT. Vale Sorowako dibimbing oleh Zahir Zainuddin dan Muh. Rizal A Duyo. Motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT.Vale Sorowako ada dua jenis yaitu motor induksi rotor belitan (*wound rotor*) dan motor induksi rotor sangkar (*squirrel cage*). Penyebab kerusakannya yaitu tidak berfungsinya pengaman bila terjadi gangguan beban lebih. Sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako ada dua macam yaitu untuk motor induksi tiga fasa 380 V menggunakan fuse, MCCB dan TOR dan motor induksi tiga fasa 3,3 kV menggunakan CT, RTD, Multilin 269 Plus Relay dan pemutus beban. Sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Valeo Sorowako untuk motor induksi tiga fasa 380 V pada DM FEED PUMP, rating TOR dan MCCB yang digunakan terlalu besar. Rating TOR yang digunakan (terpasang) adalah 30 A, dari hasil analisa yang dilakukan rating TOR yang tepat digunakan sebaiknya 27 A.

Kata kunci : *Proteksi, motor, fasa Circulating Water Pump, Boiler Feed Pump*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI1	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penulisan	2
D. Batasan Masalah	3
E. Metode Pengumpulan Data	3
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TEORI DASAR	
A. Prinsip Kerja Motor Induksi	5
B. Tipe Motor Induksi	6
1. Motor Induksi Rotor Belitan (Wound Rotor)	6
2. Motor Induksi Rotor Sangkar (Squirrel Cage)	7
C. Faktor-faktor Penyebab Kerusakan Motor Induksi	9
D. Syarat Sistem Proteksi	12
E. Peralatan Proteksi	13

1. Fuse	13
2. Thermal Overload Relay	19
3. Molded Case Circuit Breaker (MCCB)	22
4. Current Transformer (CT)	26
5. Resistant Temperatur Device (RTD)	28
6. Multilin 269 Plus Relay	30
7. Pemutus Beban	31
F. Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa pada PT. Vale Sorowako ...	32
1. Untuk Motor Induksi Tiga Fasa 380 Volt	32
2. Untuk Motor Induksi Tiga Fasa 3,3 kV	32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat	33
B. Metode Penelitian	33
C. Gambar Rangkaian.....	34

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Evaluasi Sistem Proteksi Motor induksi Tiga Fasa 380 Volt	37
B. Evaluasi Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 3,3kV	46

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	60
B. Saran - saran	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motor Induksi Rotor Belitan yang Dihubungkan dengan Tahanan Luar	7
Gambar 2.2 Motor Induksi Rotor Belitan	7
Gambar 2.3 Motor Induksi Rotor Sangkar	8
Gambar 2.4 Karakteristik Pembatasan Arus CLF	15
Gambar 2.5 Karakteristik Time-Ampere CLF	15
Gambar 2.6 One-Time dan Dual Element Fuse	16
Gambar 2.7 DiazedFuse	17
Gambar 2.8 Karakteristik Diazed Fuse	19
Gambar 2.9 Diagram Thermal Overload Relay	20
Gambar 2.10 Kurva TOR	21
Gambar 2.11 MCCB Penggerak Thermal - Elektromagnetik	24
Gambar 2.12 MCCB Penggerak Elektromagnetik Penuh	24
Gambar 2.13 Multilin 269 Plus Relay	30
Gambar 2.14 Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 380 Volt	32
Gambar 2.15 Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 3,3 kV	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Setting Nilai Arus Current Limiting Fuse	16
Tabel 2.2 Kode Warna Diazed Fuse	18
Tabel 2.3 Penentuan Rating Fuse dan MCCB	19
Tabel 2.4 Rating MCCB	26
Tabel 2.5 Hubungan Temperatur dan Tahanan TRD	29

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Dewasa ini energi listrik yang tersedia di Indonesia sebagian besar dikonsumsi oleh industri. Penggunaan energi dalam industri banyak diserap oleh pemakaian motor listrik. Penggunaan motor ini sebagai penggerak peralatan-peralatan produksi.

Untuk industri berskala menengah dan besar diperlukan jumlah motor listrik yang banyak. Motor listrik yang biasa digunakan umumnya adalah motor arus bolak-balik asinkron atau biasa disebut motor induksi.

Motor induksi banyak digunakan disebabkan oleh beberapa alasan, antara lain; konstruksinya yang sederhana, harganya yang relatif murah. Menjaga kontinuitas atau kelancaran produksi merupakan hal pokok dalam suatu industri, hal ini berarti bahwa menjaga agar motor penggerak dapat terus beroperasi secara optimal merupakan hal yang sangat penting.

Dalam pengoperasiannya sering dijumpai kondisi yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu dan bahkan dapat merusak jalannya motor penggerak. Kondisi ini antara lain beban lebih, hubung singkat, panas lebih (over heating), dan lain-lain, Hal lain yang dapat mengganggu dan bahkan merusak motor penggerak yaitu kurangnya perhatian terhadap sistem proteksi / pengamanan motor tersebut (sistem proteksi tidak berfungsi secara baik).

Agar pengoperasian dari motor dapat berjalan dengan baik, lancar dan terhindar dari berbagai kondisi yang dapat menyebabkan kerusakan pada motor, maka diperlukan suatu sistem proteksi motor yang handal.

Sistem proteksi motor bertujuan mencegah timbulnya gangguan, dan jika terjadi gangguan, membatasi akibatnya terhadap motor. Sehubungan dengan hal tersebut diatas maka penulis memilih judul tugas " Evaluasi Sistem Proteksi dan Setting Rating Arus Terhadap Penggunaan Motor – Motor Listrik Dan Pompa Air Pada Circulate Water and boiler Feed Di PT. Vale Sorowako”

B. Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana gambaran tentang motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako dan penyebab kerusakannya. Bagaimana sistim proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako.
2. Bagaimana evaluasi dari sistim proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako.

C. Tujuan penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memberi gambaran tentang motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako dan penyebab kerusakannya.
2. Mengetahui sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako.

3. Mengevaluasi sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako.

D. Batasan masalah

1. Karena begitu luasnya ruang lingkup dari PT. Vale Sorowako, yang terdiri dari beberapa departemen dan dalam kegiatan penelitian ini, penulis berada dalam ruang lingkup (dibawah tanggung jawab) dari Departemen Utilities
2. Penulis hanya membahas dan mengevaluasi sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang terdapat pada Departemen Utilities untuk gangguan hubung singkat (over current), beban lebih (over load) dan panas lebih (over heating).

E. Metode pengumpulan data

Dalam penulisan tugas akhir ini , pengumpulan data dilakukan dengan metode :

- Observasi

Yaitu pengumpulan data dengan mengadakan studi langsung ke lapangan.

- Literatur

Yaitu pengumpulan data melalui buku-buku referensi yang berkaitan dengan bahasan dalam penulisan tugas akhir ini.

- Wawancara

Yaitu pengumpulan data dengan cara wawancara langsung dengan beberapa narasumber yang lebih banyak mengetahui hal yang berhubungan dengan pembahasan dalam tugas akhir ini.

F. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terbagi dalam :

Bab I Pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, alasan memilih judul, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

Bab II Teori dasar yang berisi tentang motor induksi 3 fasa serta faktor - faktor yang menjadi penyebab kerusakan.

Bab III Berisi tentang peralatan proteksi dan sistim proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako

Bab IV Evaluasi dari sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako.

Bab V Penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran - saran.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak - balik (ac) yang penggunaannya paling luas. Penamaan dari motor induksi ini berasal dari kenyataan bahwa arus rotor dari motor ini merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh arus stator. Motor induksi juga biasa disebut motor asinkron.

Belitan stator yang dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar sebesar :

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

dimana

n_s = kecepatan medan putar (rpm)

f = frekwensi (Hz)

P = jumlah kutub (pole)

Medan putar pada stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor yang mengakibatkan timbulnya tegangan induksi (ggl). Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka tegangan induksi akan membangkitkan arus pada batang konduktor rotor. Adanya arus ini, akan menimbulkan gaya pada rotor sehingga rotor akan berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator: (n_s) dengan kecepatan putar rotor disebut slip yang dinyatakan dengan persamaan :

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

Dimana

$S = \text{slip (\%)}$

$n_s = \text{kecepatan medan putar (rpm)}$

$n_r = \text{putaran rotor (rpm)}$

Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor sehingga memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.

B. Tipe Motor Induksi

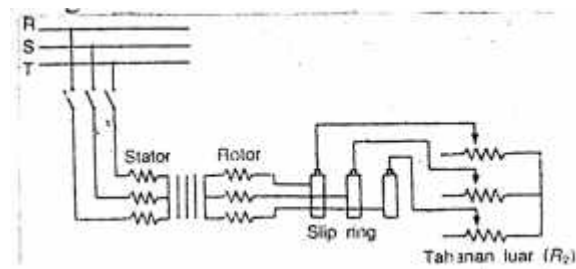
Motor induksi terdiri dari dua tipe , yaitu :

1. Motor induksi rotor belitan (wound rotor)
2. Motor induksi rotor sangkar (squirrel cage)

1. Motor Induksi Rotor Belitan (Wound Rotor)

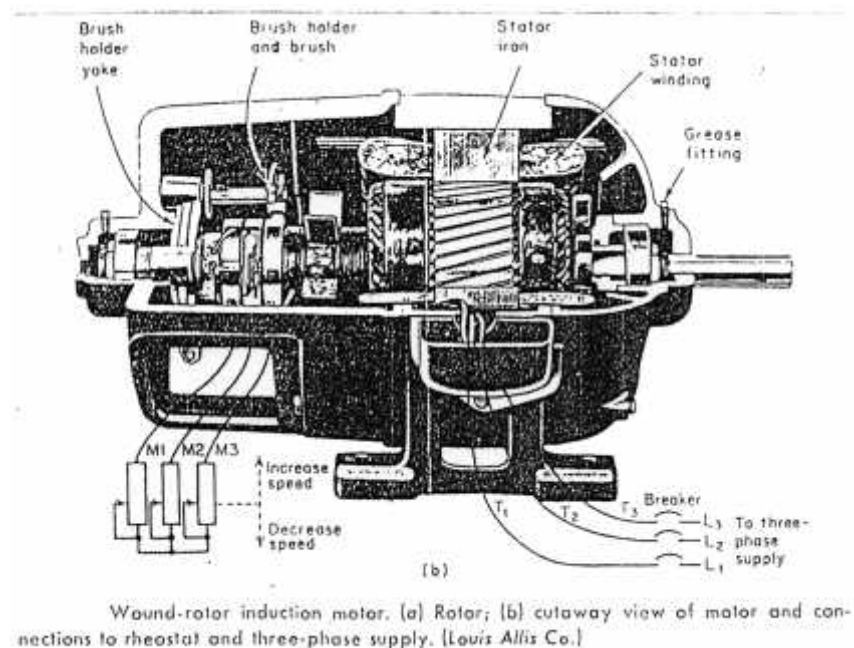
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama. Kelebihan dari motor ini dibandingkan dengan tipe rotor sangkar yaitu pada tipe ini dimungkinkan adanya penambahan tahanan luar yang dapat diatur sampai harga tertentu yang dapat membuat kopel mula mencapai harga kopel maksimumnya.

Tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin, seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Motor Induksi Rotor Belitan yang Dihubungkan dengan Tahanan Luar

Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar diperlukan untuk membatasi arus mula yang besar pada saat start dan juga untuk mengatur kecepatan motor. Gambar dari motor induksi tipe ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



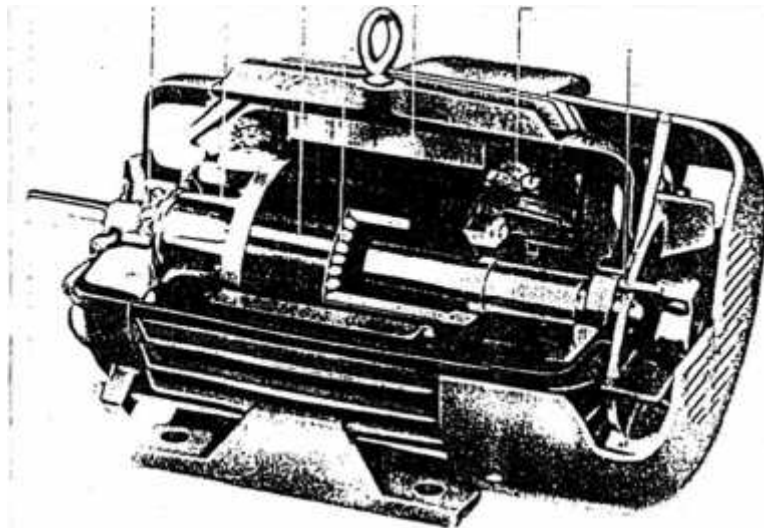
Gambar 2.2 Motor Induksi Rotor Belitan

2. Motor Induksi Rotor Sangkar (Squirrel Cage)

Motor induksi tipe ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai atau juga biasa disebut sangkar bajing.

Konstruksi rotor seperti ini sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor mesin listrik lainnya. Disamping itu untuk rating daya (horse power) yang sama, motor ini mempunyai ukuran yang lebih kecil dibanding motor listrik lainnya. Motor induksi tipe ini juga memiliki karakteristik pengaturan kecepatan yang baik dalam keadaan berbeban. Untuk membatasi arus mula yang besar , dilakukan dengan mengurangi besar tegangan sumber dengan cara menggunakan pengasutan autotransformator dan pengasutan wye - delta.

Karena konstruksi yang kuat dan kerjanya yang handal serta perawatannya yang sederhana (tidak ada belitan motor yang membuat hubung pendek, tidak mempunyai komutator, tidak ada sikat / brush) sehingga tipe motor ini banyak digunakan di industri. Gambar dari motor tipe ini dapat dilihat pada gambar di halaman selanjutnya.



Gambar 2.3 Motor Induksi Rotor Sangkar

C. Faktor-Faktor penyebab kerusakan motor induksi

Faktor-faktor atau kondisi operasi yang tidak normal, yang membahayakan dan menyebabkan kerusakan pada motor induksi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Beban lebih mekanis (Mechanical Over load)

Beban lebih mekanis yang membahayakan dan menyebabkan kerusakan pada motor induksi antara lain:

- a. Prologed overloading, dapat disebabkan oleh beban lebih mekanis yang kontinyu atau beban lebih yang berubah - ubah dalam periode sesaat (cyclic overloading)
- b. Stalling, keadaan dimana motor tidak dapat berputar pada waktu start akibat beban yang berlebihan (beban macet dan sebagainya). Stalling menyerap arus / tenaga listrik yang sangat besar yang dapat menimbulkan kerusakan total pada belitan motor akibat panas yang berlebihan.

2. Kondisi sistim penyaluran tenaga (powtfr-sapply) yang tidak normal

Kondisi sistim penyaluran tenaga (power supply) yang tidak normal yang membahayakan dan menyebabkan kerusakan pada motor induksi antara lain :

a. Tegangan yang tidak seimbang (unbalance voltage)

Suplai tegangan yang tidak seimbang menyebabkan terjadinya pemanasan rotor akibat adanya arus urutan negatif pada belitan stator.

Tegangan yang tidak seimbang dapat dimungkinkan oleh :

- Putusnya salah satu pengaman lebur (fuse)
- Rangkaian terbuka (opened circuit)

- Hubung singkat di sistim

b. Urutan fasa terbalik (phase reversal)

Arah putaran motor - motor induksi tergantung urutan fasa dari tegangan suplai. Terbaliknya urutan fasa biasanya disebabkan kesalahan pemasangan kembali terminal suplai setelah selesai perbaikan motor. Urutan fasa yang terbalik menyebabkan motor berputar dengan arah yang salah (kebalikan). Untuk motor - motor tertentu putaran motor yang terbalik akan sangat berbahaya bagi peralatan atau beban yang diputar.

c. Tegangan kurang atau lebih (under voltage, over voltage)

Suplai tegangan yang kurang / rendah dapat menyebabkan kenaikan arus motor pada beban yang sama, sehingga belitan motor akan mengalami pemanasan lebih. Sedangkan tegangan yang berlebihan dapat menyebabkan umur isolasi menurun bahkan tembusnya kekuatan isolasi.

d. Frekwensi Rendah (Under Frequency)

Turunnya frekwensi suply menyebabkan turunnya putaran motor yang berarti pula turunnya kemampuan motor. Apabila motor dipaksa untuk memutar beban yang sama, motor akan menderita beban lebih.

3. Gangguan pada motor itu sendiri

Gangguan - gangguan berikut yang ada pada motor itu sendiri adalah disebabkan atau diawali oleh adanya ketidaknormalan yang terjadi seperti tersebut pada point 1 dan point 2, antara lain :

a. Gangguan hubung singkat antar fasa

b. Gangguan hubung singkat fasa ke tanah

- c. Gangguan fasa terbuka (open circuit)
 - d. Gangguan mekanis (bantalan, poros dan sebagainya)
4. Kondisi sekeliling motor

Kondisi sekeliling motor (faktor lingkungan) yang membahayakan dan menyebabkan kerusakan pada motor induksi, antara lain :

- a. Suhu yang terlalu tinggi
- b. Kurangnya udara pendingin
- c. Getaran – getaran

D. Syarat Sistem Proteksi

Untuk suatu sistim proteksi motor harus memenuhi beberapa syarat, antara

1. Selektif(Selective)

Sistem proteksi harus selektif dan memilih dengan tepat bagian / daerah mana yang terjadi gangguan dan harus dipisahkan dari bagian / daerah yang tidak terjadi gangguan dan harus beroperasi terus.

2. Sensitif (Sensitive)

Sistim proteksi harus memiliki suatu tingkat sensitivitas tinggi, agar gangguan dapat dideteksi sedini mungkin sehingga bagian yang terganggu atau kemungkinan terjadinya kerusakan menjadi sekecil mungkin.

3. Andal(Reliable)

Sistim proteksi harus memiliki suatu taraf keandalan yang tinggi dan senantiasa dapat bekerja pada kondisi - kondisi gangguan yang dapat terjadi. Dalam keadaan normal, tidak ada gangguan sistim proteksi tidak bekerja mungkin

berbulan -bulan atau bertahun - tahun. Tetapi bila suatu saat ada gangguan, maka sistim proteksi harus bekerja.

4. Cepat(Speed)

Sistim proteksi harus memiliki tingkat kecepatan sebagaimana yang ditentukan, makin cepat sistim proteksi bekerja maka tidak hanya memperkecil kerusakan akibat gangguan tetapi juga memperkecil kerusakan gangguan.

E. Peralatan Proteksi

1. Fuse

Fuse adalah peralatan proteksi arus lebih (over current) yang memiliki piemen lebur, yang jika dilalui arus lebih atau arus hubung singkat akan memanans dan melebur, sehingga dapat memisahkan / mengisolasi gangguan dari sistim. Fuse atau yang biasa juga disebut dengan patron lebur fungsinya adalah sebagai pendeteksi gangguan sekaligus melepaskan sistem dari gangguan. Fuse adalah peralatan proteksi dimana elemen pendeteksi dan pelepasnya (fault detection and circuit clearing) berada dalam satu peralatan yang terintegrasi. Ada 5 hal yang perlu diperhatikan terhadap fuse:

- a. Fuse harus sensitif terhadap gangguan
- b. Fuse harus segera terputus
- c. Fuse juga harus sensitif terhadap beban normal atau beban yang tidak terlalu berbahaya, tetapi harus terputus bila beban arus berlebihan untuk beban arus yang lama / panjang
- d. Fuse tidak berubah atau merubah karakteristiknya pada suatu sirkuit dalam operasi normalnya

e. Tidak diperbolehkan mengganti fuse pada saat bekerja normal.

a. Tipe Fuse

Secara garis besarnya fuse dapat dibagi atas current limiting fuse dan *non-current limiting fuse* atau biasa yang disebut dengan fuse standar.

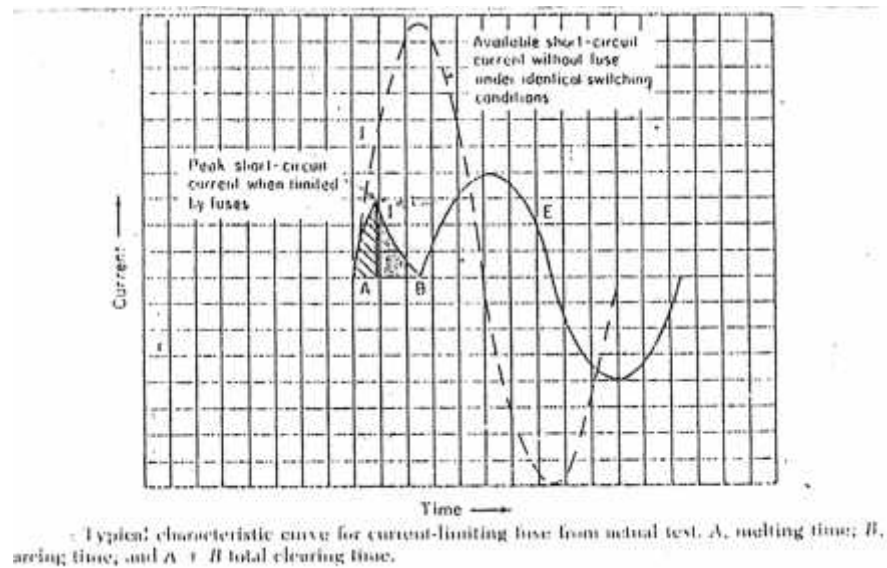
1) Current Limiting Fuse

Current limiting fuse adalah fuse yang memiliki kemampuan khusus dalam membatasi besar arus gangguan yang timbul, sedemikian rupa sehingga arus gangguan tidak mencapai nilai maksimum. Konstruksi current limiting fuse memang dilengkapi dengan butiran kwarsa dimana jika terjadi busur api kwarsa tersebut akan meredamnya dan merubah menjadi serbuk gelas dalam waktu yang singkat. Dengan demikian arc (busur api) yang timbul tidak dapat bersifat sebagai konduktor karena waktu pemutusan dan peleburan element fuse sangat singkat.

Jadi, arus gangguan tidak memiliki waktu untuk mencapai nilai maksimumnya, tapi "dibatasi/ limited pada nilai yang relatif kecil.

Current limiting fuse digunakan untuk melindungi suatu rangkaian dimana arus gangguan yang timbul akan melebihi kapasitas /kemampuan menahan (withstand capacity) suatu peralatan proteksi yang dekat dengan sumber gangguan, seperti fuse maupun circuit breaker standar/biasa. Current limiting fuse juga bersifat sebagai protektor terhadap energi termal yang berlebihan.

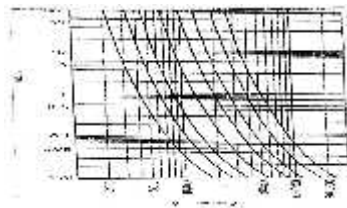
Fuse jenis ini banyak digunakan pada rangkaian pengasutan motor. Berikut ini adalah gambar karakteristik pembatasan arus yang terjadi pada current limiting fuse.



Gambar 2.4 Karakteristik Pembatasan Arus CLF

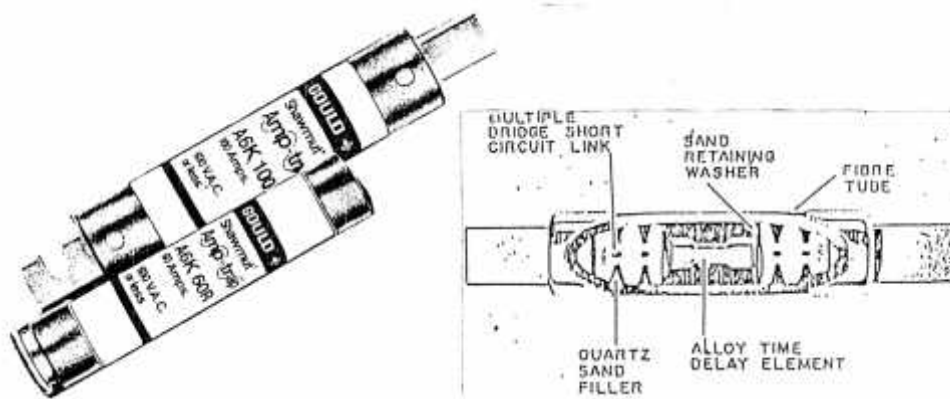
Dari gambar karakteristik kuve di atas terlihat adanya garis putus-putus yang menunjukkan arus gangguan yang mungkin terjadi. Gambar segitiga yang terlihat adalah arus hubung singkat dan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh current limiting fuse (CLF) untuk melepas rangkaian dari gangguan. Puncak segitiga tadi menggambarkan besar arus maksimum yang diizinkan oleh CLF.

Berikut ini adalah kurya karakteristik current limiting fuse



Gambar 2.5 Karakteristik Time-Ampere CLF

Current Limiting Fuse ini terbagi atas dua tipe, yaitu : one-time fuse dan dual element fuse. Berikut ini gambar Current Limiting Fuse tipe one-time fuse dan



Gambar 2.6 One-time fuse dan Dual Element Fuse

Besar setting nilai dari CLF dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2.1 Setting Nilai Arus Current Limiting Fuse

Volt Rating	Ampere Rating (A)
250 Volt and 600 Volt	1/10, 15/100, 2/10, 3/10, 4/10, 1/2, 6/10, 8/10, 1, 1 1/4, 1 4/10, 1 6/50, 1 8/10, 2, 2 1/4, 2 1/2, 2 8/10, 2/10, 3 1/2, 4, 4 1/2, 5, 5 6/10, 6, 6 %, 7, 8, 9, 10, 12, 17 1/2, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 75, 80, 90, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 178, 3, 3, 15, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600

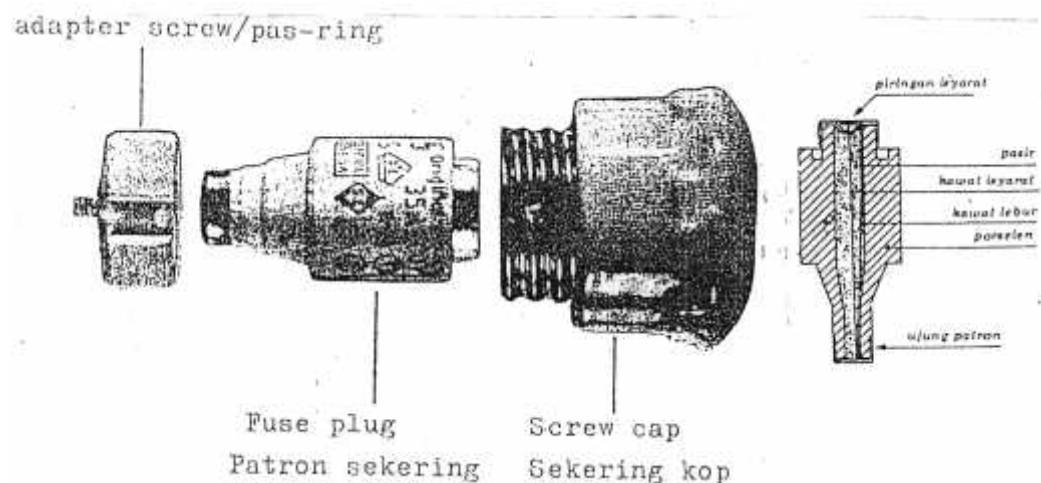
2) Non-current limiting fuse

Fuse jenis ini dapat memutuskan arus gangguan 10 KA tetapi tidak dapat membatasi besar arus gangguan (over current) yang mengalir dalam rangkaian yang mengalami gangguan seperti pada current limiting fuse.

Umumnya Fuse ini hanya diterapkan pada rangkaian dengan arus gangguan maksimum 10 KA dan peralatannya yang diproteksinya masih di dalam batas rating ketahannya (withstand). Fuse ini dalam pemakaiannya sering dikombinasikan dengan peralatan lain.

Salah satu contoh jenis fuse tanpa pembatasan arus adalah diazed fuse. Fuse sangat umum digunakan untuk membatasi arus hubung singkat, penggunaannya dapat dilihat mulai dari rumah tangga hingga ke industri

Berikut ini adalah gambar diazed fuse



Gambar 2.7 Diazed Fuse

Pada gambar di atas terlihat adanya sebuah jendela kaca kecil pada tudung fuse tersebut. Kaca tersebut berfungsi untuk mencegah lidah api keluar pada saat terjadi hubung singkat. Selain itu diazed fuse dilengkapi kawat isyarat yang dihubungkan paralel. Kawat ini memiliki tahanan yang besar sehingga arus yang mengalir di dalamnya sangat kecil. Pada ujung kawat isyarat terdapat sebuah piringan kecil berwarna yang berfungsi sebagai isyarat dan menekan sebuah pegas kecil. Kalau kawat leburnya putus karena arus yang terlalu besar, maka kawat

isyaratnya turut putus. Karena itu, piringan isyaratnya akan terlepas sehingga dapat diketahui bahwa kawat leburnya sudah putus.

Piringan isyarat ini memiliki warna tertentu yang menandakan kode arus nominal fuse. Kode warna beserta arusnya nominalnya dapat dilihat di bawah ini.

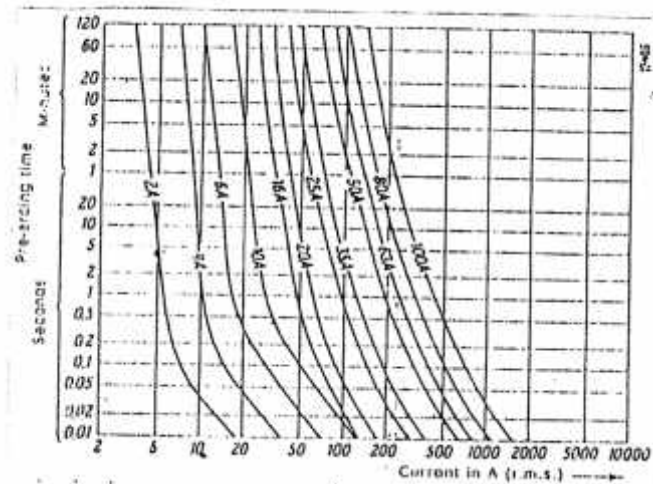
Tabel 2.2 Kode Warna Arus Diazed Fuse

Current A	Identification		Current A	Identification	
	Colour	RAL		Colour	RAL
2	Pink	3014	50	White	9002
4	Brown	8003	63	Cooper	2001
6	Green	6010	80	Silver	9006
10	Red	3000	100	Red	3000
16	Gray	7005	125	Yellow	3012
20	Blue	5007	160	Cooper	2003
25	Yellow	1012	200	Blue	5007
35	Black	9005			

Diazed fuse memiliki kawat lebur dari perak dengan campuran beberapa logam, antara lain timbal, seng dan tembaga. Logam ini hampir tidak mengoksidasi dan daya hantarnya tinggi. Jadi, diameter kawat lebur diazed fuse bisa sekecil mungkin dan kalau kawatnya melebur tidak akan timbul banyak uap. Dalam fuse ini juga terdapat pasir kuarsa yang dimaksud untuk memadamkan busur api yang timbul kalau kawat leburnya putus. Dengan demikian kemungkinan terjadinya ledakan juga kecil.

Karakteristik arus-waktu diazed fuse berbentuk kurva invers, sehingga semakin besar arus hubung singkat yang timbul, semakin cepat fuse bekerja/trip.

Berikut ini adalah gambar karakteristik diazed fuse.



Gambar 2.8 Karakteristik Diazed Fuse

Penentuan rating fuse sebagai pengaman dapat dilihat pada tabel dibawah ini

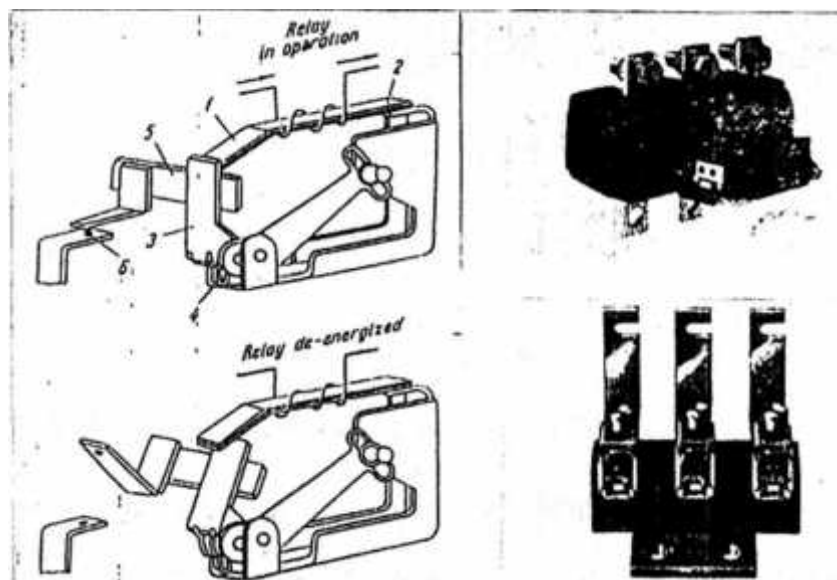
Tabel 2.3 Penentuan Rating Fuse

Jenis motor	Pemutus Daya	Pengaman Lebur
Motor rotor sangkar dengan start DOL / Y – A	250 %	Diazed fuse = 400 % CLF= 250%
Motor rotor sangkar dengan start auto trafo Motor rotor sangkar reaktansi tinggi	200%	Diazed fuse = 400 % CLF = 250%
Motor rotor belitan	150%	Diazed fuse = 400 % CLF=250%

2. Thermal Overload Relay

Umumnya relay dapat dibagi dua jenis, yaitu relay yang bekerja berdasarkan elektromagnetik dan relay yang bekerja berdasarkan panas (termis). Relay elektromagnetik adalah relay yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Relay ini terdiri dari koil yang dialiri oleh arus fasa dan inti besi yang menggerakkan kontakannya.

Thermal Overload Relay adalah jenis relay yang bekerja berdasarkan thermal atau panas. Relay ini mengandung elemen bimetal dengan koefisien suhu yang berbeda, sehingga jika elemen tersebut dialiri oleh arus (secara langsung maupun tidak langsung) melebihi arus setting-nya, maka elemen tersebut akan berdefleksi atau membengkok dan segera trip untuk memisahkan motor dari jaringan. Ini dapat dilihat pada gambar diagram dibawah ini.

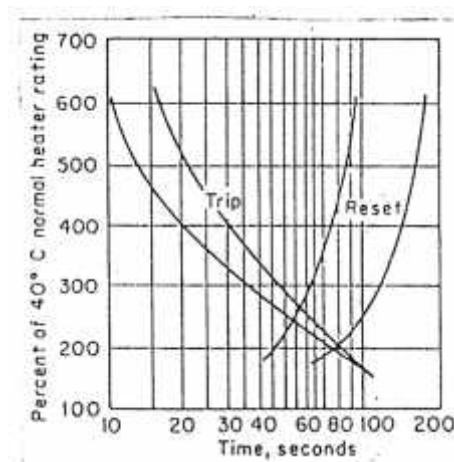


Gambar 2,9 Diagram Thermal Overload Relay

Ketika terjadi beban lebih, akan timbul panas pada koil (2). Bimetal (1) akan bengkok keatas pada sisi terluarnya dan melepas kontak (3). Sebuah pegas (4) memutar kontak pada sumbunya untuk menggerakkan alat tripping (5) dan segera pembuka kontak NC (6) (Normally close). Relay ini kemudian direset manual setelah trip melalui sebuah push button reset.

Fungsi TOR yang utama adalah melindungi motor dan panas yang berlebihan yang disebabkan oleh arus lebih pada saat terjadi overload, kegagalan starting, tegangan rendah maupun frekuensi rendah.

TOR memiliki karakteristik inverse time yang berarti bahwa semakin besar overload yang terjadi, semakin cepat reaksi TOR, seperti kurva berikut ini.



Gambar 2.10 Kurva TOR

Pada TOR dikenal istilah " self protected " TOR yang artinya adalah nilai arus maksimum yang dapat ditahan oleh TOR tanpa menyebabkan fungsinya menurun. Relay ini harus memiliki self protected 10 kali arus nominal motor.

Setting TOR yang dikeluarkan oleh NEC dipilih sama dengan setting kemampuan hantar arus kabel yang digunakan, dalam hal ini adalah 125 % dari arus beban penuh motor.

$$I_{\text{setting}} = 125\% \times I_n \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan demikian, TOR ini juga berfungsi melindungi kabel dari overheating.

NEMA telah menetapkan 3 kelas standar overload relay yaitu :

1. Kelas 10
2. Kelas 20
3. Kelas 30

Yang dimaksud kelas 10 adalah kelas overload yang memiliki waktu pemutusan 10 detik pada 6 kali arus beban penuh motor. Kelas 20 dengan waktu pemutusan 20 detik dan kelas 30 dengan waktu 30 detik.

3. Molded Case Circuit Breaker (MCCB)

Molded Case Circuit Breaker merupakan salah satu tipe dari Circuit Breaker dan digunakan untuk tegangan rendah (600 Volt atau kurang), biasa juga disebut dengan circuit breaker tuangan. MCCB akan memutuskan rangkaian secara otomatis jika dilalui arus lebih (over current) yang disebabkan oleh beban lebih atau arus hubung singkat (short circuit) tanpa menimbulkan kerusakan pada MCCB tersebut. Ini membuat MCCB dapat di-on-kan setelah MCCB itu trip karena gangguan, dengan tetap memiliki kemampuan proteksi yang sama seperti sebelumnya.

Dengan memperhatikan struktur dan karakteristik maka dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a. Tipe Penggerak Thermal – Elektromagnetik

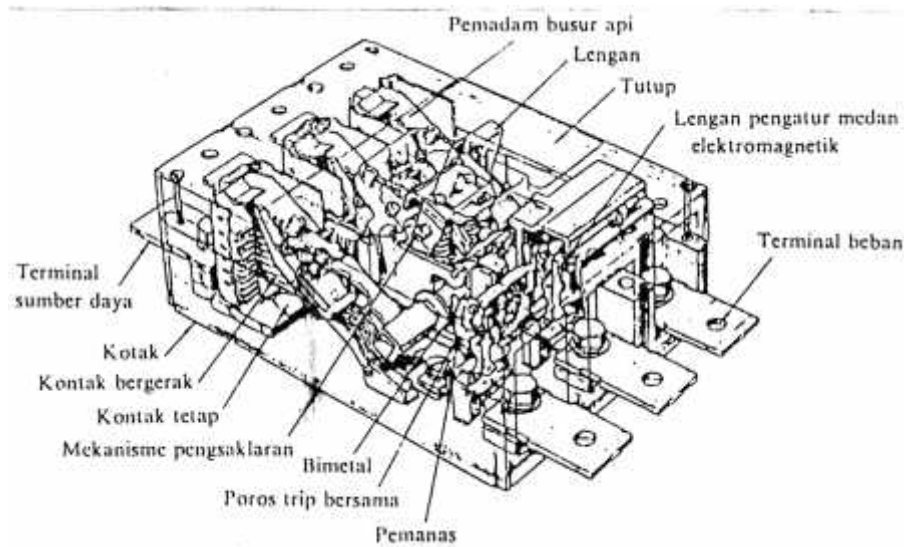
Tipe ini mempunyai dua bagian terpisah, yaitu bagian thermal trip yang akan berfungsi jika terjadi overload selama jangka waktu tertentu, dan bagian magnetic trip yang akan bekerja secara instantenous (sangat cepat) jika terjadi arus lebih atau arus gangguan yang sangat besar.

Bagian thermal MCCB berfungsi melindungi kabel dari pengaliran arus yang berlebihan selama jangka waktu tertentu yang dapat menyebabkan kabel mengalami panas yang berlebihan atau abnormal heating.

Komponen thermal trip terdiri dari sebuah elemen thermal bimetal yang memiliki tingkat ekspansi thermal yang berbeda. Jika dilalui arus yang besar komponen bimetal ini akan membengkok atau berdefleksi yang selanjutnya akan men-trip penguncinya dan membuka kontak-kontaknya. Komponen thermal melindungi motor dari gangguan overload. Karakteristik operasinya berbentuk inverse time, sehingga akan tersedia waktu tunda yang cukup bagi MCCB jika terjadi overload ringan dan respon yang sangat cepat pada overload yang besar akan melindungi motor dari gangguan overload.

Proteksi terhadap hubungan singkat akan dilakukan oleh komponen elektromagnetik. Jika arus yang melewati MCCB sangat besar akibat adanya hubungan singkat, maka komponen elektromagnetik tersebut akan menimbulkan dorongan magnetik yang cukup besar pada armatur dan melepaskan pengunci MCCB sehingga membuka kontak-kontak MCCB. Aksi ini bersifat sangat cepat atau "instantaneous".

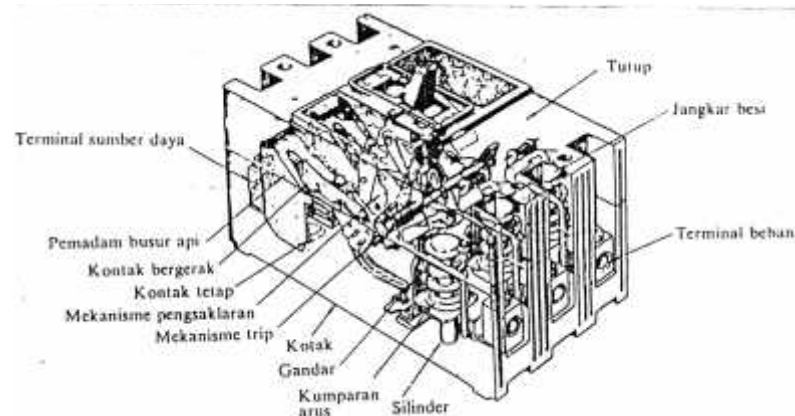
MCCB juga dilengkapi dengan pemadam busur api (de-ion arc quencher) yang terdiri dari pelat-pelat baja yang disusun paralel yang mengelilingi kontak-kontak dan ditutupi dengan lapisan keramik. Ketika kontak-kontak membuka, busur api yang timbul akan tertarik ke dalam pelat-pelat paralel tadis yang mengakibatkan busur api menjadi mengecil dan hilang.



Gambar 2.11 MCCB Penggerak Thermal - Elektromagnetik

b. Tipe Penggerak Elektromagnetik Penuh

Tipe MCCB ini memiliki penggerak magnetik saja (magnetic-trip or instantaneous MCCB) umumnya digunakan jika menjadi pertimbangan utama hanya untuk melindungi rangkaian dari gangguan hubung singkat atau gangguan ke tanah. Jika MCCB jenis ini digunakan pada rangkaian kontrol motor, maka harus dipilih sedemikian rupa sehingga untuk arus inrush tidak menyebabkannya trip, tetapi jika melebihi arus inrush MCCB harus trip. Berikut ini adalah gambar tipe penggerak elektromagnetik penuh.



Gambar 2.12 MCCB Penggerak Elektromagnetik Penuh

Rating arus MCCB dapat ditentukan berdasarkan kapasitas maksimum kontinyu yang dapat dipikul oleh MCCB atau yang biasa disebut dengan "frame size". Untuk breaker dengan perlambatan waktu yang lama, setting pick up-nya dapat diatur pada nilai 80, 100, 120, 140 dan 160 persen dari rating coil trippingnya.

Umumnya, MCCB di-set minimum 115% dari arus beban penuh motor. Untuk motor rotor belitan MCCB di-set pada nilai 150% dari arus beban penuh motor, sedang untuk rotor sangkar di-set pada 250% dari beban penuh motor.

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemakaian MCCB antara lain :

- a. MCCB didasarkan pada tegangan Kerja normalnya dan tegangan operasi maksimum sistem. Tegangan operasi maksimum tidak boleh melebihi tegangan kerja MCCB.
- b. Rating arus MCCB adalah arus kontinyu yang dapat dipikul oleh MCCB tanpa menyebabkan kenaikan temperatur di atas kenaikan temperate yang diizinkan.
- c. Temperatur disekitar MCCB berkisar antara -30° C sampai kurang lebih $+40^{\circ}$ C dan ditempatkan di daerah bersirkulasi udara yang baik dengan tujuan pendinginan MCCB.
- d. Kapasitas pemutusan MCCB adalah nilai rms arus maksimum yang dapat diputuskan oleh MCCB dengan aman pada tegangan kerja dan frekwensi kerja sistem.

Dari beberapa poin diatas, pemilihan MCCB pada pokoknya didasarkan pada dua hal, yaitu rating ampere dan frame size. Pemilihan frame size MCCB sangat tergantung pada arus hubung singkat yang mungkin timbul, arus kontinu dan

tegangan kerja sistem. Rating hubung singkat dan frame size MCCB dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel_2.5 Rating MCCB

100	200	225	Frame size, amp				
			400	600	800	1,000	1,200
15	125	70	200	300	300	600	700
20	150	100	225	350	350	700	800
30	175	125	250	400	400	800	1,000
40	200	150	300	500	500	1,000	1,200
50	...	175	350	600	600		
60	...	200	400	...	700		
70	...	225	800		
100							

SOURCE: Molded Case Circuit Breakers, NEMA AB1-1964.

Tipe MCCB dapat dibagi dua, yaitu :

a. Tipe S

Memiliki batas arus 3 - 1200 A dan kapasitas pemutusan hubung singkat 5,0 - 50 kA pada tegangan nominal 380 Volt.

b. Tipe E

Memiliki batas arus 3 - 800 A, dengan ukuran yang lebih kecil dari tipe S. Kapasitas pemutusan hubung singkat 1,5 - 30 kA pada tegangan nominal 380 Volt.

Pemilihan rating pemutusan breaker (MCCB) harus sama atau lebih besar dari arus hubung singkat maksimum yang mungkin terjadi.

4. Current Transformer (CT)

Current Transformer (CT) merupakan salah satu jenis dari transformator instrumen, tujuan penggunaan CT ini baik untuk pengukuran maupun untuk proteksi adalah untuk mentransformasikan besaran arus yang besar menjadi

besaran arus yang kecil sesuai dengan kebutuhan (rating) alat ukur dan proteksi. CT yang digunakan untuk kedua maksud tersebut sangat berbeda karakteristiknya, dimana arus yang diukur dalam pengukuran adalah arus normal (nominal) yang sebanding dengan beban, sedangkan untuk keperluan proteksi, arus yang harus dideteksi adalah arus gangguan yang besarnya kadang mencapai 5-10 kali arus beban nominal.

Kriteria utama dalam pemilihan ratio CT hampir tidak dapat dilepaskan dari arus beban maksimum. Arus sekunder CT pada beban maksimum seharusnya tidak melebihi kemampuan (rating) arus dari kumparan rele proteksi yang tersambung. Dengan demikian ratio CT sebaiknya dipilih untuk memberikan arus sekunder sekitar 5 A untuk arus beban maksimum.

Current Transformer dibedakan atas dua kelompok yaitu :

1. Current Transformer dengan reaktansi yang besar
2. Current Transformer dengan reaktansi yang kecil

CT dengan reaktansi yang besar mempunyai primer berupa belitan dan biasanya dianggap ada pemisahan magnetik antara primer dan sekunder yang menghasilkan reaktansi bocor internal sekunder yang cukup besar.

CT dengan reaktansi yang-kecil adalah CT yang dibelitkan secara toroidal dengan primer berbentuk batang. Dengan demikian reaktansinya sangat rendah. Jenis ini sangat umum digunakan dalam sistem daya.

Ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam pemilihan CT untuk keperluan proteksi :

a. Teraan arus primer (Rated Primary Current)

Nilai harus dipilih sedemikian hingga memadai untuk semua arus normal dan arus beban lebih yang diisinkan pada rangkaian primer.

Nilai - nilai patokan teraan arus primer antara lain : -

0,5 ; 1,0 ; 2,5 ; 5 ; 10 ; 12,5 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 75 ; 100 ; 125 ; 150 ;
200 ; 250 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 750 ; 800 ; 1000 ; 1250 ; 4000 ; 5000 ; 6000 ; 7500
; 10.000 Ampere

Nilai - nilai referensi teraan arus sekunder :

1 ; 2 ; 5 Ampere

Nilai - nilai referensi teraan keluaran CT :

2,5 ; 5 ; 7,5 ; 10 ; 15 ; 30 (VA)

b. Rated Short Time Current dan waktu yang diisinkan

750 A —————> 0,5 detik

525 A —————> 1,0 detik

300 A —————> 3,0 detik

c. Teraan keluaran

Pilihan tergantung pada beban yang tersambung , hal tersebut dimaksudkan untuk memilih teraan keluaran yang mendekati beban total yang dihitung, tetapi tidak lebih kecil. Pemilihan CT dengan teraan keluaran yang terlalu besar tidak ekonomis.

5. Resistant Temperatur Device (RTD)

RTD merupakan alat yang berfungsi sebagai penyensor atau pendeteksi (memonitor) terhadap panas atau temperatur yang tinggi yang dapat

membahayakan bahkan merusak motor. RTD digunakan untuk memonitor temperatur stator motor, juga bisa digunakan untuk memonitor temperatur disekitar motor bila temperatur disekitar motor sering berubah - ubah dan juga berfungsi untuk memonitor temperatur yang lain.

Temperatur yang tinggi pada motor adalah akibat atau hasil dari energi listrik yang berubah menjadi panas. Besar nilai temperatur yang ditimbulkan oleh motor maupun keadaan disekitar motor, oleh RTD diubah menjadi suatu nilai besar tahanan kemudian diteruskan ke MULTILIN 269 Plus Relay (akan dibahas pada bagian selanjutnya).

Berikut ini tabel hubungan antara besar nilai temperatur dan besar nilai tahanan RTD.

Tabel 2.6 Hubungan Temperatur dan Tahanan RTD

TEMP °C	OHMS 100 OHM Pt (DIN 43760)	OHMS 120 OHM Ni	OHMS 100 OHM Ni	OHMS 100 OHM Cu
0	100.00	120.00	100.00	9.04
10	103.90	127.17	105.97	9.42
20	107.79	134.52	112.10	9.81
30	111.67	142.06	118.38	10.19
40	115.54	149.79	124.82	10.58
50	119.39	157.74	131.45	10.97
60	123.24	165.90	138.25	11.35
70	127.07	174.25	145.20	11.74
80	130.89	182.84	152.37	12.12
90	134.70	191.64	159.70	12.51
100	138.50	200.64	167.20	12.90
110	142.29	209.85	174.87	13.28
120	146.06	219.29	182.75	13.67
130	149.82	228.96	190.80	14.06
140	153.58	238.85	199.04	14.44
150	157.32	248.95	207.45	14.83
160	161.04	259.30	216.08	15.22
170	164.76	269.91	224.92	15.61
180	168.47	280.77	233.97	16.00
190	172.46	291.96	243.30	16.39
200	175.84	303.46	252.88	16.78

7. Pemutus Beban

Pemutus beban digunakan bagi pemutus rangkaian yang ditujukan untuk pemakaian dengan nilai tegangan yang lebih besar dari 600 Volt. Media isolasi dari pemutus beban ini ada beberapa macam, antara lain : pemutus beban dengan udara magnetik, belerang heksa florida (SF₆) dan udara tekan hampa.

Pada pemutus beban dengan udara magnetik, arus diputuskan antara kontak yang dapat dipisahkan dalam udara dengan pertolongan kumparan peniup magnetik. Jika kontak pengalir arus utama berpisah selama pemutusan suatu gangguan, bunga api ditarik keluar dalam arah mendatar dan dipindahkan ke kontak bunga api. Pada saat bersamaan, kumparan tiup dihubungkan kedalam rangkaian untuk membangkitkan medan magnet untuk menarik bunga api. Bunga api melakukan percepatan keatas, dibantu oleh medan ,magnet dan pengaruh panas alami, kedalam selubung bunga api dimana ia direntang dan dibagi menjadi segmen-segmen kecil. Tahanan bunga api bertambah sampai ketika arus yang lewat bunga api pecah. setelah itu bunga api tidak membangun dirinya sendiri.

Pemutus beban dengan Belerang Heksaflorida menggunakan gas belerang heksaflorida (SF₆) sebagai media isolasi dan pemadam bunga api. Pada saat terjadi bunga api listrik, gas belerang heksaflorida akan berubah menjadi plasma dan memadamkan busur api dan setelah dingin kembali menjadi gas belerang heksaflorida. Mekanisme kerja pemutus beban SF₆ dioperasikan secara pneumatik. Pegas akan tertekan yang menyediakan energi untuk pembukaan pemutus.

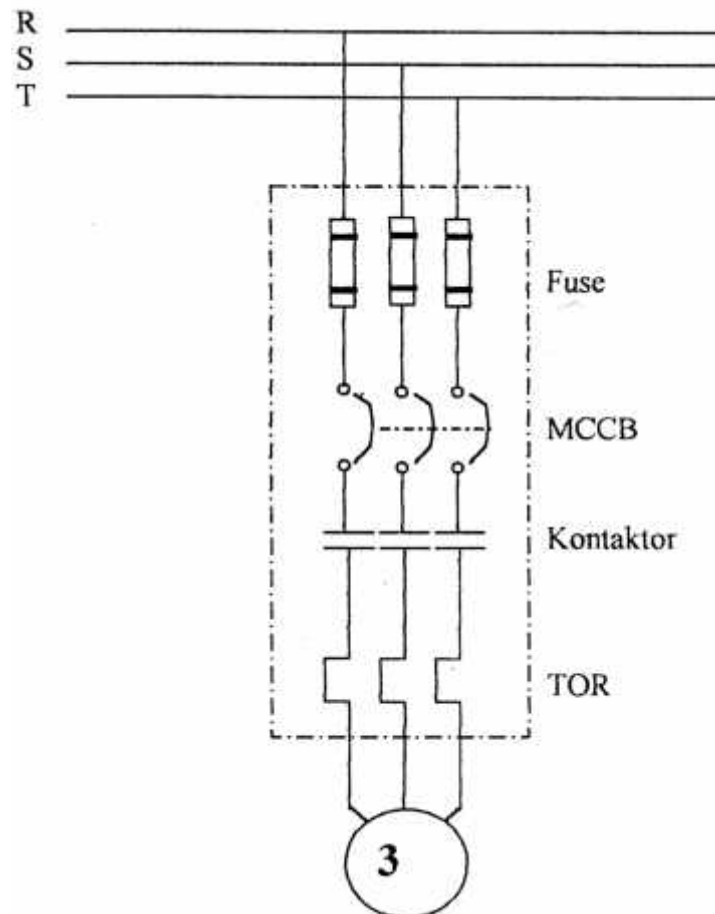
Pemutus beban dengan udara tekan hampa bergantung pada aliran udara tekan yang diarahkan ke kontak pemutus untuk memutuskan bunga api yang terbentuk ketika aliran listrik diputuskan.

F. Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa pada Departemen Utilities PT.

Vale Sorowako

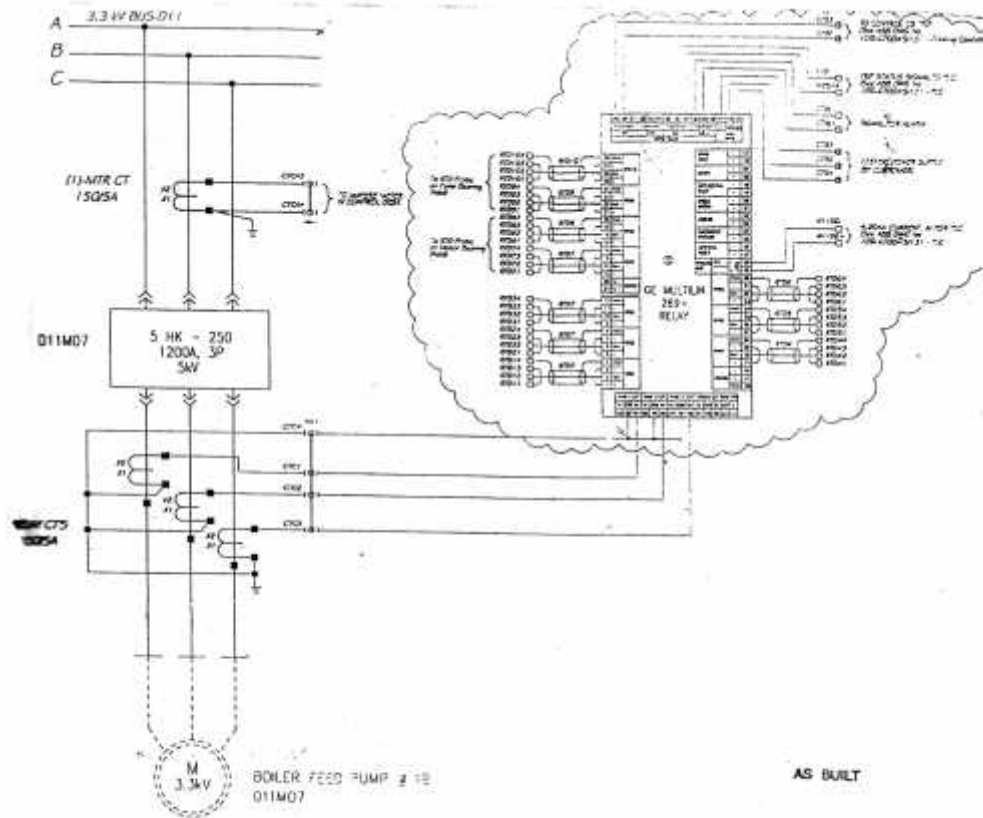
Berikut ini adalah gambar dari sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako :

1. Untuk motor induksi tiga fasa 380 Volt



Gambar 2.14 Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 380 Volt

2. Untuk motor induksi tiga fasa 3,3 KV



Gambar 2.15 Sistem Proteksi motor induksi tiga fasa 3,3 KV

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

a. Waktu

Pembuatan aplikasi ini akan dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan Agustus 2014 sampai dengan Desember 2014 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

b. Tempat

Penelitian dilaksanakan di PT. Vale Sorowako.

B. Metode Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir, metode yang digunakan adalah:

1. Penelitian Pustaka (Library Research)

Yaitu penelitian atau pengumpulan data-data dengan jalan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, tulisan-tulisan, dan bahan-bahan kuliah yang penulis peroleh selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berhubungan dengan materi yang menjadi pembahasan dalam penulisan tugas akhir.

2. Penelitian Lapangan (Field Research)

Yaitu penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap obyek penelitian, yaitu kajian pengaman terhadap motor dari berbagai gangguan sebagai penggerak utama peralatan produksi pada sistem proteksi motor induksi tiga fasa PT. Vale Sorowako

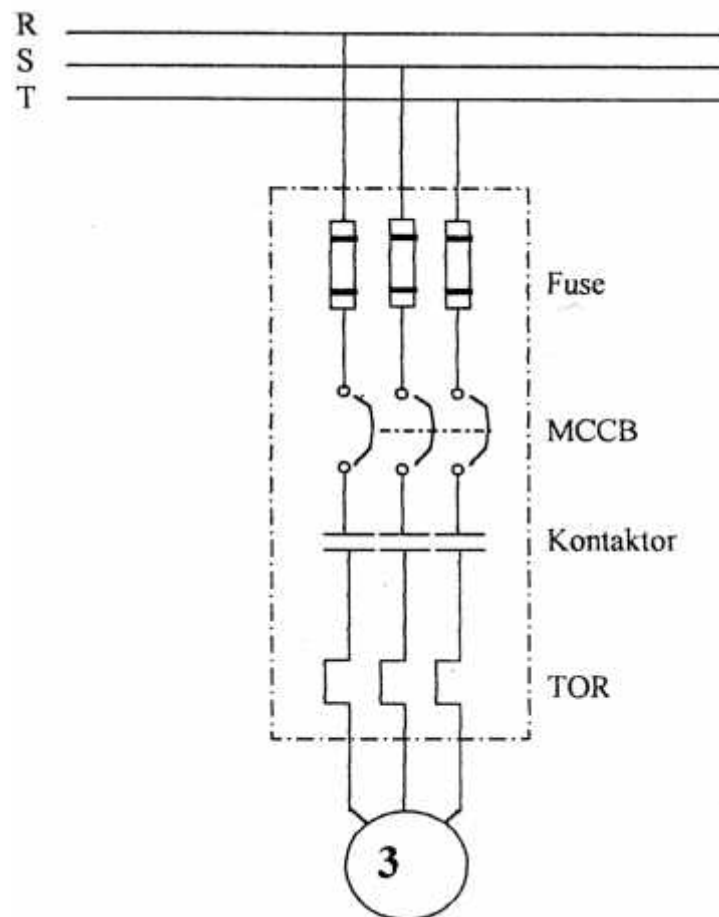
a. Observasi (Pengamatan Langsung)

Penulis mengadakan pengamatan langsung terhadap obyek yang diteliti guna mengumpulkan data-data,

b. Interview (Wawancara)

Penulis melakukan tanya jawab secara langsung untuk memperoleh data-data dengan pihak-pihak yang memahami permasalahan ini.

C. Gambar Rangkaian



Gambar 3.1 Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 380 Volt

Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa

Pemutus beban digunakan bagi pemutus rangkaian yang ditujukan untuk pemakaian dengan nilai tegangan yang lebih besar dari 600 Volt. Media isolasi dari pemutus beban ini ada beberapa macam, antara lain : pemutus beban dengan udara magnetik, belerang heksa florida (SF₆) dan udara tekan hampa.

Pada pemutus beban dengan udara magnetik, arus diputuskan antara kontak yang dapat dipisahkan dalam udara dengan pertolongan kumparan peniup magnetik. Jika kontak pengalir arus utama berpisah selama pemutusan suatu gangguan, bunga api ditarik keluar dalam arah mendatar dan dipindahkan ke kontak bunga api. Pada saat bersamaan, kumparan tiup dihubungkan kedalam rangkaian untuk membangkitkan medan magnet untuk menarik bunga api. Bunga api melakukan percepatan keatas, dibantu oleh medan ,magnet dan pengaruh panas alami, kedalam selubung bunga api dimana ia direntang dan dibagi menjadi segmen-segmen kecil. Tahanan bunga api bertambah sampai ketika arus yang lewat bunga api pecah. setelah itu bunga api tidak membangun dirinya sendiri.

Pemutus beban dengan Belerang Heksaflorida menggunakan gas belerang heksaflorida (SF₆) sebagai media isolasi dan pemadam bunga api. Pada saat terjadi bunga api listrik, gas belerang heksaflorida akan berubah menjadi plasma dan memadamkan busur api dan setelah dingin kembali menjadi gas belerang heksaflorida. Mekanisme kerja pemutus beban SF₆ dioperasikan secara pneumatik. Pegas akan tertekan yang menyediakan energi untuk pembukaan pemutus.

Pemutus beban dengan udara tekan hampa bergantung pada aliran udara tekan yang diarahkan ke kontak pemutus untuk memutuskan bunga api yang terbentuk ketika aliran listrik diputuskan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 380 V

1. DM Feed Pump

Berikut ini data dari DM Feed Pump :

- Daya : 11 KW
- Tegangan ; 380 Volt
- Faktor kerja : 0,8
- Kecepatan : 1450RPM
- Frekuensi : 50 Hz
- Kelas isolasi : B
- Jumlah kutub : 4
- Rating : Cont

a. Sistem Proteksi DM Feed Pump

1) Penggunaan fuse

Jenis Pengaman	Tipe	Rating Range (A)		
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya
Fuse	CLF	52,225	60	60

Analisa

Sesuai dengan ketentuan NEMA, pemilihan kapasitas fuse yang digunakan tergantung pada jenis motor yang diproteksi. Berdasarkan tabel 3.3 (hal. 20) terlihat bahwa kapasitas / rating fuse yang harus digunakan adalah 250 % dari In.

Besar arus nominal motor adalah:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}V \cdot \cos \phi}$$

$$I_n = \frac{11.000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8}$$

$$I_n = 20,89 \text{ A}$$

Jadi besar rating fuse yang harus digunakan adalah :

$$\text{Rating Fuse} = 250\% \times I_n$$

$$= 250\% \times 20,89$$

$$= 52,225 \text{ A}$$

Karena Current Limiting Fuse dengan rating arus 52,225 A tidak ada, maka digunakan CLF dengan rating nilai 60 A (hal. 17 tabel 3.1).

Berdasarkan pengamatan dilapangan fuse yang digunakan adalah :

Type fuse (CLF) = A6D (Ampere) R

Range rating = 1/10 - 600 A

Rating arus = 60 A

Dari data diatas terlihat bahwa penggunaan fuse dengan rating nilai 60 A pada DM Feed Pump sudah tepat.

2) Penggunaan TOR

Jenis Pengaman	Tipe	Rating Range (A)		
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya
TOR	TM-K20TA	26,12	Range 24 - 34 Rating 30	24-34 27

Analisa

Sesuai dengan aturan yang dikeluarkan oleh NEMA (National Electrical Manufactures Association) bahwa rating dari TOR adalah 125 % dari in. Ini dimaksudkan selain untuk melindungi motor dari bahaya overload, juga untuk melindungi kabel dari panas yang berlebihan akibat kelebihan arus yang mengalir pada kabel.

Arus nominal (I_n) = 20,89 A

Jadi besar rating TOR yang harus digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Rating TOR} &= 125\% \times I_n \\
 &= 125\% \times 20,89 \\
 &= 26,12 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan diperoleh bahwa tipe TOR yang digunakan adalah TH - K20 TA dengan spesifikasi sebagai berikut:

Daya motor yang dapat diproteksi	=	11 KW
Range Rating	=	24 - 34 A
Rating TOR	=	30 A

Dari data diatas terlihat bahwa rating TOR dengan nilai 30 A yang digunakan untuk arus 26,12 A (sesuai dengan perhitungan diatas) pada DM Feed Pump tidak tepat, sebaiknya digunakan TOR dengan rating 27 A.

3) Penggunaan MCCB

Jenis Pengaman	Frame Size	Arus Operasi I_e (A)			I_e (kA)
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya	
MCCB	225	52,225	125	60	35
	100				30

Analisa

Menurut ketentuan yang dikeluarkan oleh NEMA bahwa rating breaker untuk motor rotor sangkar dengan start DOL / Y - A adalah 250 % dari arus nominal (I_n) (hal 20 tabel 3.3).

Jadi besar rating MCCB yang harus digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 I_n &= 20,89 \text{ A Rating MCCB} = 250 \% \times I_n \\
 &= 250\% \times 20,89 \\
 &= 52,225 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan MCCB dengan rating 60 A. Dari data di lapangan diketahui bahwa breaker yang dipakai adalah MCCB tipe SA 203 B dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Frame size} &= 225 \text{ A} \\
 \text{Arus operasi } (I_e) &= 125 \text{ A} - 225 \text{ A} \\
 \text{Rating MCCB} &= 125 \text{ A} \\
 \text{Kapasitas pemutusan } (I_c) &= 30 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

Dengan membandingkan data yang diperoleh :

MCCB analisa 60 A

MCCB terpasang = 125 A

Dapat disimpulkan bahwa pemilihan MCCB ini tidak tepat karena rating yang digunakan terlalu besar. Seharusnya dipilih MCCB yang berada satu kelas

dibawah MCCB tipe SA 203 A. Dalam hal ini digunakan MCCB tipe SA 103 B karena tipe ini memiliki spesifikasi yang lebih sesuai untuk memproteksi motor ini.

MCCB tipe SA 103 B memiliki data teknis sebagai berikut:

Frame size	= 100 A
Arus operasi (Ie)	= 15 A - 100 A
Rating MCCB	= 60 A
Kapasitas pemutusan (Ic)	= 30 kA

2. Reserve Feedwater Transfer Pump

Dari hasil pengamatan di lapangan, motor ini memiliki data-data teknis sebagai berikut:

- Daya = 110 KW
- Tegangan = 380 V
- Faktor Kerja = 0,88
- Kecepatan = 1466Rpm
- Frekuensi = 50 Hz
- Kelas isolasi = F
- Jumlah kutub = 4
- Rating = continue
- Motor starting = tahanan Luar Rotor

a. Evaluasi Sistem Proteksi Reserve Feedwater Transfer Pump

1) Penggunaan Fuse

Jenis Pengaman	Tipe	Rating Range (A)		
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya
Fuse	CLF	474,8	500	500

Analisa

Sesuai dengan ketentuan NEMA, pemilihan kapasitas fuse yang digunakan tergantung pada jenis motor yang diproteksi. Bewiasarkan tabel 3.3 (hal 20) terlihat bahwa kapasitas/rating fuse yang harus digunakan adalah 250 % dari In. Besar arus nominal motor adalah :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}V \cdot \cos \phi}$$

$$I_n = \frac{110.000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88}$$

$$I_n = 189,92 \text{ A}$$

Jadi besar rating fuse yang harus digunakan adalah :

$$\text{Rating fuse} = 250\% \times I_n$$

$$= 250\% \times 189,92$$

$$= 474,8 \text{ A}$$

Karena Current Limiting Fuse dengan rating arus 474,8 A tidak ada. Maka digunakan CLF dengan rating nilai 500 A (hal. 17 tabel 3.1). Berdasarkan pengamatan di lapangan, diperoleh data bahwa tipe fuse yang digunakan adalah A6D (Amp) R dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\text{Type Fuse (CLF)} = \text{A 6 D (Amp)}$$

$$\text{R Range Rating} = 1/10 \text{ A} - 600 \text{ A}$$

Rating Arus = 500 A

Dari data di atas terlihat bahwa penggunaan fuse dengan rating 500 A pada Reserve Feedwater Transfer Pump sudah tepat.

2) Penggunaan TOR

Jenis Pengaman	Tipe	Rating Range (A)		
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya
TOR	TM - K220R	237,4	Range: 170 -250 Terpasang 23 8	170-250 (238)

Analisa

Sesuai dengan aturan yang dikeluarkan oleh NEMA (National Electrical Manufacturing Association) bahwa rating dari TOR yang harus digunakan pada motor adalah 125% dari In.

$I_n = 189,92 \text{ A}$

Jadi besar rating TOR yang harus digunakan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rating TOR} &= 125\% \times I_n \\ &= 125\% \times 189,92 \\ &= 237,4 \text{ A} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan diperoleh bahwa Tipe TOR yang digunakan adalah TH-K220R dengan spesifikasi sebagai berikut:

Daya motor yang dapat di proteksi = 110 KW

Range Rating = 170-250A

Rating TOR -238 A

Dari data di atas terlihat bahwa rating TOR dengan nilai 238 A yang digunakan untuk arus 237,4 A (sesuai dengan hasil perhitungan di atas) pada Reserve Feedwater Transfer Pump sudah tepat.

3) Penggunaan MCCB

Jenis Pengaman	Frame Size	Arus Operasi I_e (A)			I_c (kA)
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya	
MCCB	400	284,88	300	300	35

Analisa

Sesuai dengan ketentuan yang dikeluarkan oleh NEMA bahwa rating breaker untuk motor rotor belitan adalah 150 % dari arus nominal (hal 20 tabel 3.3).

Jadi besar rating MCCB yang harus digunakan adalah :

$$I_n = 189,92 \text{ A}$$

$$\text{Rating MCCB} = 150\% \times I_n$$

$$= 150\% \times 189,92$$

$$= 284,88 \text{ A}$$

Jadi digunakan MCCB dengan rating 300 A. Dari data di lapangan diketahui bahwa breaker yang dipakai adalah MCCB tipe SA 403 K dengan data sebagai berikut:

$$\text{Frame size} = 400 \text{ A}$$

$$\text{Arus operasi } (I_e) = 250 \text{ A} - 400 \text{ A}$$

Rating MCCB = 300 A

Kapasitas pemutusan (I_c) = 30 kA

Dengan membandingkan data yang diperoleh :

MCCB analisa = 300 A

MCCB terpasang = 300 A

Dapat disimpulkan bahwa pemilihan breaker untuk Reserve Feedwater Transfer Pump sudah tepat.

3. Desuperheater Motor

Dari hasil pengamatan di lapangan, motor ini memiliki data-data teknis sebagai berikut:

- Daya : 55 KW
- Tegangan : 380V
- Faktor kerja : 0,8
- Kecepatan ; 1470 rpm
- Frekuensi : 50 Hz
- Kelas isolasi : B
- Jumlah kutub : 4
- Rating : kontinyu
- Metode starting : Y - Δ

a. Fuse Penggunaan

Jenis Pengaman	Tipe	Rating range (A)		
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya
Fuse	CLF	261,13	300	300

Analisa

Sesuai dengan ketentuan NEMA, pemilihan kapasitas fuse yang akan digunakan tergantung pada jenis motor yang diproteksi. Berdasarkan tabel 3.3 (hal 20) terlihat bahwa kapasitas / rating fuse yang harus digunakan adalah 250 % dari I_n . Besar arus nominal motor adalah :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi}$$

$$I_n = \frac{55.000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88}$$

$$I_n = 104,45 \text{ A}$$

Jadi besar rating fuse yang harus digunakan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rating fuse} &= 250\% \times I_n \\ &= 250\% \times 104,45 \text{ A} \\ &= 261,13 \text{ A} \end{aligned}$$

Karena Current Limiting Fuse dengan rating arus 262,5 A tidak ada. Maka digunakan Current Limiting Fuse dengan rating nilai 300 A (hal 17 tabel 3.1).

Berdasarkan pengamatan di lapangan diperoleh data bahwa tipe fuse yang digunakan adalah A 4 J (Amp) dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\text{Tipe fuse (CLF)} = \text{A 4 J (Amp)}$$

Range rating = 1 A - 600 A

Rating arus = 300 A

Dari data diatas terlihat bahwa penggunaan fuse dengan rating nilai arus 300 A untuk Desuperheater Motor sudah tepat.

b. Penggunaan TOR

Jenis Pengaman	Tipe	Rating range (A)		
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya
TOR	TH-K120TA	130,57	Range 100-150 Terpasang 135	100- 150 (131)

Analisa

Sesuai dengan aturan yang dikeluarkan NEMA bahwa rating TOR adalah 125% dariln.

$I_n = 104,45 \text{ A}$

Jadi besar rating TOR yang harus digunakan adalah :

Rating TOR = 125 % x I_n

$$= 125 \% \times 104,45$$

$$= 130,57 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan diperoleh data bahwa tipe TOR yang digunakan adalah TH - K120 TA dengan spesifikasi sebagai berikut:

Daya motor yang dapat diproteksi = 55 KW

Range rating = 100 A-150 A

Terpasang = 135 A

Dari data diatas terlihat bahwa rating TOR dengan nilai 135 A yang digunakan untuk arus 131,25 A (sesuai dengan hasil perhitungan diatas) pada Desuperheater Motor kurang tepat, seharusnya dipilih TOR dengan rating nilai 132 A.

c. Penggunaan MCCB

Jenis Pengaman	Frame Size	Arus operasi I_e (A)			I_c (kA)
		Analisa	Terpasang	Sebaiknya	
MCCB	400	261,13	300	300	30

Analisa

Sesuai dengan ketentuan yang dikeluarkan NEMA bahwa rating breaker untuk motor rotor sangkar dengan start DOL /*T - A adalah 250 % dari I_n (hal 20 tabel 3.3).

Jadi besar rating MCCB yang harus digunakan adalah ;

$$I_n = 104,45 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Rating MCCB} &= 250 \% \times I_n \\ &= 250 \% \times 104,45 \text{ A} \\ &= 261,13 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi rating MCCB yang digunakan adalah 300A. Dari data yang diperoleh di lapangan diketahui bahwa MCCB yang digunakan adalah MCCB tipe SA 403 K dengan data sebagai berikut:

$$\text{Frame size} = 400 \text{ A}$$

$$\text{Arus operasi (Ie)} = 250 - 400 \text{ A}$$

$$\text{Setting MCCB} = 300 \text{ A}$$

Kapasitas pemutusan (I_c) = 30 kA

Dengan membandingkan data yang diperoleh :

MCCB analisa = 300 A

MCCB terpasang = 300 A

Dapat disimpulkan bahwa pemilihan MCCB untuk Desuperheater Motor sudah tepat.

B. Evaluasi Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa 3,3 kV

1. Circulating Water Pump

Dari hasil pengamatan di lapangan, motor ini memiliki data-data teknis sebagai berikut:

3 phase Induction Motor

Thosiba Tokyo Shibaura Electric. Co. LTD

- Tipe : TIKE
- Daya : 900 Up
- Servis faktor : 1,15
- Faktor kerja : 0,84
- Tegangan : 3300 Volt
- Frekuensi : 50 Hz
- Amb.Temp. : 40°C
- Kelas isolasi ; F
- Rating : Cont
- Arus . : 140 A
- Model No. : B900FFLF3 YOT

a. Evaluasi Sistem Proteksi Calculating Water Pump

1) Penggunaan Current Transformer (CT)

Jenis Pengaman	lifting CT (A)		
	Analisa	Terpasang	Sebaiknya
Current Transformer	140 A	200/5	150/5

Analisa

Besar arus nominal (I_n) motor berdasarkan name plate motor adalah 140

A, sedangkan berdasarkan perhitungan (rumus) adalah :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot Pf}$$

$$I_n = \frac{746.900}{\sqrt{3} \cdot 3300 \cdot 0.84}$$

$$I_n = 139,84 \text{ A}$$

$$I_n = 140 \text{ A}$$

Karena arus nominal motor 140 A maka digunakan Current Transformer) dengan rating 1 50 / 5 A.

Berdasarkan pengamatan di lapangan diperoleh data bahwa rating arus CT yang digunakan adalah 200 / 5 A (lampiran).

Walaupun rating arusnya besar (200 / 5 A), penggunaan CT ini pada sistim proteksi Circulating Water Pump tidak salah. Rating pada Multilin 269 Plus Relay untuk proteksi overload (trip time) adalah 1,09 x FLC (lampiran).

Jadi rating arus overloadnya adalah :

$$O/L = 1,05 \cdot FLC$$

$$= 1,05 \cdot 140$$

$$= 147 \text{ A}$$

Multilin 269 Plus Relay dengan rating 147 A untuk proteksi arus overload sudah tepat, walaupun sudah melebihi arus nominal motor namun masih dalam batas nilai toleransi arus motor. Besar arus sisi sekunder CT (arus relai) adalah

$$I_{\text{relai}} = \frac{5}{200} \times 147$$

$$= 3,68 \text{ A}$$

Walaupun penggunaan CT dengan rating 200 / 5 A tidak salah, namun lebih tepat jika digunakan CT dengan rating 150 / 5 A.

b. Penggunaan Resistant Temperature Device (RTD)

Jenis Pengaman	Tipe	Rating (°C)	
		Analisa	Terpasang
RTD	100 OHM Pt	no	120

Analisa

Berdasarkan manual book motor, besar temperatur nominal winding (kumparan) adalah 110°C .

Maka digunakan RTD tipe 100 OHM Pt, dapat juga digunakan tipe yang lain ; 120 OHM Ni, 100 OHM Ni, 10 OHM Cu, dengan rating (trip level) 110°C (pemilihan besar rating disesuaikan dengan besar temperatur nominal winding / Kumparan). Pada saat temperatur didalam kumparan 110°C maka Resistant Temperatur Device (RTD) akan merubah besaran temperatur menjadi suatu besaran tahanan yaitu sebesar 142,29 Ohm, dan mengirim data ke Multilin 269 Plus Relay. Multilin 269 Plus Relay akan membaca data tersebut (bekerja) dan menginstruksikan rangkaian koptrol untuk membuka breaker (pemutus) sehingga hubungan motor dengan line terputus.

Berdasarkan pengamatan dilapangan, diperoleh data bahwa penggunaan Resistant Temperatur Device (RTD) adalah tipe 100 OHM Pt dengan rating :

Alarm level = 100°C

Hi Alarm Level = 110°C

Trip Level = 120°C

Dapat disimpulkan bahwa RTD tipe 100 OHM Pt dengan rating (trip level) 120°C sudah benar. Walaupun dengan rating 120°C melebihi besar temperatur nominal winding / kumparan (110°C), namun belum melebihi batas besar maksimum temperatur winding / kumparan (nilai toleransi temperatur winding).

2. FD FAN Motor

Dari hasil pengamatan dilapangan, motor ini memiliki data - data teknis sebagai berikut:

Squirrelerri Cage Induction Motor

- Tipe : AMA4001 4A BAH
- Daya : 750 Hp
- Kecepatan : 1486 RPM
- Fasa : 3
- Frekuensi : 50 Hz
- Tegangan : 3300 volt
- Faktor kerja : 0,84
- Time : Continues
- Amb. : 40 °C
- Arus : 117 A
- Servis faktor : 1,1

a. Evaluasi Sistem Proleksi FD FAN MOTOR

1) Penggunaan Current Transformer (CT)

Jenis Pengaman	Rating CT (A)		
	Analisa	Terpasang	Sebaiknya
Current Transformer	117A	150/5A	125 75 A

Analisa

Besar arus nominal motor (I_n) motor berdasarkan name plate motor adalah 117 A, sedangkan berdasarkan perhitungan (rumus) adalah :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot Pf}$$

$$I_n = \frac{746.750}{\sqrt{3} \cdot 3300 \cdot 0.84}$$

$$I_n = 116,54 \text{ A}$$

$$I_n = 117 \text{ A}$$

Karena arus nominal motor 117 A, maka digunakan Current Transformer (CT) dengan rating 125 / 5 A.

Berdasarkan pengamatan di lapangan diperoleh data bahwa rating arus CT yang digunakan adalah 150 / 5 A (lampiran).

Walaupun rating arusnya besar (150 / 5 A), penggunaan CT ini pada sistim proteksi FD FAN MOTOR tidak salah. Rating pada Multilin 269 Plus Relay untuk proteksi overload (trip time) adalah 1,05 x FLC"t lampiran).

Jadi rating arus overloadnya adalah :

$$\begin{aligned} \text{O/L} &= 1,05 \cdot \text{FLC} \\ &= 1,05 \cdot 117 \\ &= 122,85 \text{ A} \end{aligned}$$

Multilin 269 Plus Relay dengan rating 122,85 A untuk proteksi arus overload sudah tepat, walaupun sudah melebihi arus nominal motor namun masih dalam batas nilai toleransi arus motor. Besar arus sisi sekunder CT (arus relai) adalah

$$\begin{aligned} I_{\text{relai}} &= \frac{5}{150} \times 122,85 \\ &= 4,095 \text{ A} \end{aligned}$$

Walaupun penggunaan CT dengan rating 150 / 5 A tidak salah, namun lebih tepat jika digunakan CT dengan rating 125 / 5 A.

2) Penggunaan Resistant Temperatur Device (RTD)

Jenis Pengaman	Tipe	Rating (UC)	
		Analisa	Terpasang
RTD	100 OHM Pt	150	155

Analisa

Berdasarkan manual book motor, besar temperatur nominal winding (kumparan) adalah 150 ° C.

Maka digunakan RTD tipe 100 OHM Pt, dapat juga digunakan tipe yang lain ; 120 OHM Ni, 100 OHM Ni, 10 OHM Cu, dengan rating (trip level) 150 ° C (pemilihan besar rating disesuaikan dengan besar temperatur nominal winding / Kumparan). Pada saat temperatur didalam kumparan 150 ° C, maka Resistant Temperatur Device (RTD) akan merubah besaran temperatur menjadi suatu besaran tahanan yaitu sebesar 157,32 Ohm, dan mengirim data ke Multilin 269 Plus Relay, multilin 269 Plus Relay akan membaca data tersebut (bekerja) dan menginstruksikan rangkaian kontrol untuk membuka breaker (pemutus) sehingga hubungan motor dengan line terputus.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, diperoleh data bahwa penggunaan Resistant Temperatur Device (RTD) adalah tipe 100 OH M Pt dengan rating:

Alarm Level = 135 °C

Hi Alarm Level = 145°C

Trip Level = 155 °C

Dapat disimpulkan bahwa RTD tipe 100 OHM Pt dengan rating (trip level) 155 ° C sudah benar. Walaupun dengan rating 155 ° C, melebihi besar temperatur nominal winding / kumparan (150 ° C), namun belum melebihi batas besar maksimum temperatur winding / kumparan (nilai toleransi temperatur winding).

3. Boiler Feed Pump

Dari hasil pengamatan di lapangan, motor ini memiliki data – data teknis sebagai berikut:

3 phase Induction Motor

Thosiba Tokyo Shibaura Electric. Co. LTD

- Tipe ; :T1KE
- Daya : 600 Hp
- Servis faktor : 1,15
- Faktor kerja ; 0,82
- Kelas isolasi : F
- Kecepatan : 2965 RPM
- STD. Speccs. No : NEMA. M6-1
- Model No : B 6003 FLF OT
- Tegangan : 3300 Volt
- Frekuensi : 50 Hz
- Amb. Temp. : 40°C
- Rating : Cont
- Arus : 96 A

- Jumlah kutub : 2
- Frame No : 450-1120

a. Evaluasi Sistem Proteksi Boiler Feed Pump

1) Penggunaan Current Transformer (CT)

Jenis Pengaman	Rating CT (A)		
	Analisa	Terpasang	Sebaiknya
Current Transformer	96	150/5A	100/5 A

Analisa

Besar arus nominal (I_n) motor berdasarkan name plate motor adalah 96 A, sedangkan berdasarkan perhitungan (rumus) adalah :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Pf}}$$

$$I_n = \frac{746.600}{\sqrt{3} \cdot 3300 \cdot 0.82}$$

$$I_n = 95,5\text{A}$$

$$I_n = 96\text{A}$$

Karena arus nominal motor (berdasarkan perhitungan) 96 A, maka digunakan Current Transformer (CT) dengan rating 100 / 5 A.

Berdasarkan pengamatan di lapangan diperoleh data bahwa rating arus CT yang digunakan adalah 150 / 5 A (lampiran).

Walaupun rating arusnya besar (150 / 5 A), penggunaan CT ini pada sistim proteksi Boiler Feed Pump tidak salah. Rating pada Multilin 269 Plus Relay untuk proteksi overload (trip time) adalah $1,05 \times I_{bC}$ (lampiran).

Jadi rating arus overloadnya adalah :

$$O/L = 3,05 \cdot FLC$$

$$= 1,05 \cdot 96$$

$$= 100,8A$$

Multilin 269 Plus Relay dengan rating 100,8 A untuk proteksi arus overload sudah tepat, walaupun sudah melebihi arus nominal motor namun masih dalam batas nilai toleransi arus motor. Besar arus sisi sekunder CT (arus relai) adalah

$$I \text{ relai} = \frac{5}{150} \times 96$$

$$= 3,2 A$$

Walaupun penggunaan CT dengan rating 150 / 5 A tidak salah, namun lebih tepat jika digunakan CT dengan rating 100 / 5 A,

2) Penggunaan Resistant Temperatur Device (RTD)

Jenis Pengaman	Tipe	Rating (° C)	
		Analisa	Terpasang
RTD	100 OHM Pt	110	120

Analisa

Berdasarkan manual book motor, besar temperatur nominal winding (kumparan) adalah 110 ° C.

Maka digunakan RTD tipe 100 OHM Pt, dapat juga digunakan tipe yang lain; 120 OHM Ni, 100 OHM Ni, 10 OHM Cu, dengan rating (trip level) 110 ° C (pemilihan besar rating disesuaikan dengan besar temperatur nominal winding / kumparan). Pada saat temperatur didalam kumparan 110 ° C maka Resistant Temperatur Device (RTD) akan merubah besaran temperatur menjadi suatu besaran tahanan yaitu sebesar 142,29 Ohm, dan mengirim data ke Multilin 269 Plus

Relay. Multilin 269 Plus Relay akan membaca data tersebut (bekerja) dan menginstruksikan rangkaian kontrol untuk membuka breaker (pemutus) sehingga hubungan motor dengan line terputus.

Berdasarkan pengamatan di lapangan , diperoleh data bahwa penggunaan Resistant Temperatur Device (RTD) adalah tipe 100 OH M Pt dengan rating :

Alarm Level = 100 °C

Hi Alarm Level = 110°C

Trip Level = 120°C

Dapat disimpulkan bahwa RTD tipe 100 OHM Pt dengan rating (trip level) 120 ° C sudah benar. Walaupun dengan rating 120 ° C melebihi besar temperatur nominal winding / kumparan (110 ° C), namun belum melebihi batas besar maksimum temperatur winding / kumparan (nilai toleransi temperatur winding).

BAB VI

PENUTUP

Dari uraian-uraian dan hasil evaluasi di atas maka penulis dapat memberikan beberapa kesimpulan dan saran.

A. Kesimpulan

1. Motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako ada dua jenis yaitu motor induksi rotor belitan (wound rotor) dan motor induksi rotor sangkar (squirrel cage). Penyebab kerusakannya yaitu tidak berfungsinya pengaman bila terjadi gangguan beban lebih.
2. Sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako ada dua macam yaitu untuk motor induksi tiga fasa 380 V menggunakan fuse, MCCB dan TOR dan motor induksi tiga Fasa 3,3 kV menggunakan CT, RTD, Multilin 269 Plus Relay dan pemutus beban.
3. Sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Departemen Utilities PT. Vale Sorowako untuk motor induksi tiga fasa 380 V pada DM FEED PUMP, rating TOR dan MCCB yang digunakan terlalu besar. Rating TOR yang digunakan (terpasang) adalah 30 A, dari hasil analisa yang dilakukan rating TOR yang tepat digunakan sebaiknya 27 A. untuk MCCB, tipe dan rating yang digunakan adalah SA 203 B dengan rating 125 A, dari hasil analisa yang dilakukan tipe dan rating MCCB yang tepat digunakan adalah tipe SA 103 B dengan rating 60 A.

4. Untuk motor induksi tiga fasa 3,3 kV, rating CT yang digunakan baik untuk Circulating Water Pump, FD Fan Motor dan Boiler Feed Pump tidak salah, namun kurang tepat karena rating CT yang digunakan terlalu besar. Rating CT yang digunakan (terpasang) untuk Circulating Water Pump adalah 200/5 A, dari hasil analisa yang dilakukan rating CT yang sebaiknya digunakan adalah 150/5 A. Untuk FD Fan Motor rating CT yang digunakan 150/5 A, sebaiknya rating CT-nya adalah 125/5 A. Untuk Boiler Feed Pump rating CT yang digunakan adalah 150/5 A, sebaiknya rating CT-nya adalah 100/5 A. Setting relay yaitu $1,05 \times \text{FLC}$ untuk over trip untuk Circulating Water Pump, FD Fan Motor dan Boiler Feed Pump sudah tepat, karena masih dalam batas nilai toleransi. Bagitupun dengan penggunaan Resistant Temperature Device (RTD) dan setting relay untuk proteksi overheating untuk Circulating Water Pump, FD Fan Motor dan Boiler Feed Pump sudah tepat.

B. Saran

Untuk mengoptimalkan fungsi peralatan proteksi sehingga betul-betul dapat memproteksi motor induksi tiga fasa dengan baik, ada beberapa hal yang dapat diajukan sebagai saran, yaitu :

1. Sebaiknya peralatan proteksi yang digunakan disesuaikan dengan kapasitas nominal motor, baik itu dalam hal tipe maupun penentuan rating.

2. Untuk mencegah peralatan proteksi mengalami penurunan fungsi, maka tindakan berupa pemeriksaan, pengujian, pembersihan dan kalibrasi ulang sangat perlu dilakukan dengan teratur.
3. Untuk peralatan proteksi yang sudah cukup tua sebaiknya diperbaharui (diganti), agar keandalan daripada sistem proteksi dapat terjaga dengan baik.
4. Melihat kondisi lingkungan dari Departemen Utilities khususnya dan PT. Vale Sorowako umumnya yang sangat berdebu sebaiknya penempatan motor maupun alat proteksinya perlu diperhatikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Edwin P. Anderson, "Electric Motors". Audel

General Electric Multilin Inc, 2010, "Plus Protection and Control Relay Instruction Manual" Canada.

NEMA, 2012 . "National Electrical Manufactures Association"

PLN 2010. "Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL)"

PT. Vale Sorowako, 2013, "Training Book". Training & H.R.D PT. International Nickel Indonesia

P. Van Harten dan E. Setiawan, 2012. "Instalasi Listrik Arus Kuat 3". Bina Cipta ; Bandung

Sumanto,2013. "Motor Arus Bolak Batik" ; Andi Offset, Yogyakarta

Zuhal, 1998. "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya". PT. Gramedia Jakarta