

TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM PROTEKSI MOTOR 6 kV (MEDIUM VOLTAGE) PADA BOILER FEED WATER PUMP DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP LABUHAN ANGIN POWER GENERATION UNIT

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

ADE TRINANDA
1907220073



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ade Trinanda

NPM : 1907220073

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV (*Medium Voltage*) Pada
Boiler Feed Water Pump Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap
Labuhan Angin Power Generation Unit.

Bidang ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



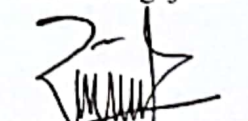
Partaon Harahap, S.T., M.T

Dosen Penguji I



Muhammad Adam, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Rohana, S.T., M.T

Ketua Program Studi

Teknik Elektro,



Faisal Pasaribu, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa skripsi yang berjudul di bawah ini:

Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV (*Medium Voltage*) Pada *Boiler Feed Water Pump* Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin *Power Generation Unit*.

Ditulis oleh Mahasiswa/i yang bernama: Ade Trinanda (NPM:1907220073) untuk kemudian disebut sebagai Pihak ke-1,

adalah benar merupakan sebagian hasil dari penelitian Dosen yang melibatkan Mahasiswa/i (Pihak ke-1) di bawah ini:

Judul penelitian : Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV (*Medium Voltage*) Pada *Boiler Feed Water Pump* Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin *Power Generation Unit*.

Nama dosen : Partaonan Harahap, S.T., M.T
Jenis penelitian : Dikti; UMSU; Mandiri; Hibah lainnya. (coret yang tidak perlu)
Nomor kontrak : (tidak diisi untuk Penelitian Mandiri)
untuk kemudian disebut sebagai Pihak ke-2.

Untuk itu Pihak ke-2 berhak mempublikasikan isi Skripsi seluruhnya tanpa harus meminta izin dari Pihak ke-1. Sedangkan Pihak ke-1 wajib meminta izin terlebih dahulu kepada Pihak ke-2 bila ingin mempublikasikan isi Skripsi ini.

Demikian Surat Pernyataan dan Persetujuan ini dibuat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Medan, September 2024

Yang membuat pernyataan dan persetujuan:

Pihak ke-2 (Dosen)

(Partaonan Harahap, S.T., M.T)

Pihak ke-1 (Mahasiswa/i)

(Ade Trinanda)
NPM: 1907220073

Diketahui oleh:

Ketua Program Studi Teknik Elektro



(Faisal Irsan Basaribu, S.T., M.T)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ade Trinanda
Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 02 Oktober 2001
NPM : 1907220073
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV (Medium Voltage) Pada Boiler Feed Water Pump Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin Power Generation Unit”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2024

Saya yang menyatakan,



Ade Trinanda

ABSTRAK

Salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mampu menyuplai tenaga listrik yang cukup besar adalah PLTU Labuhan Angin PGU yang terletak di Kabupaten Tapanuli Tengah yang dikelola oleh PT. PLN Indonesia Power. Motor listrik yang digunakan dalam pengoperasian pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) adalah motor 6 kV (tegangan menengah). Sebuah PLTU harus memiliki sistem proteksi yang handal agar kerja motor Listrik dapat berjalan baik sehingga dapat mengolah dan menghasilkan energi Listrik yang berkualitas. Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Sistem proteksi bertujuan untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada alat yang terganggu. Proteksi yang dilakukan dengan cara memutuskan atau memisahkan daerah yang terganggu secepat mungkin sehingga sistem lainnya dapat beroperasi secara normal. Adapun analisis ini dibuat dikarenakan pada PLTU Labuhan Angin sering mengalami gangguan pada motor 6 kV yang ada di *Boiler Feed Water Pump* (BFWP). *Thermal Overload Relay* (TOR) merupakan salah satu sistem proteksi yang digunakan di PLTU Labuhan Angin yang di fungsikan ketika adanya beban berlebih pada motor 6 kV di BFWP agar dapat mencegah dari kerusakan pada motor. Dari hasil analisis yang di lakukan dalam penelitian ini, sistem proteksi bekerja dengan sistem overload yang dilihat dari nilai parameter pada motor. Jika parameter sudah 354 A, maka akan memerintahkan OLR pada MMRP (*Miniatur Microcontroler Protection Relay*) Breaker untuk bekerja. Setelah itu relay akan memerintahkan kontraktor untuk open, kontraktor akan memberi sinyal stop pada CCR (monitor) dan motor akan trip (stop) pada saat terjadi beban berlebih pada motor.

Kata Kunci : PLTU, Boiler, Motor, Sistem Proteksi, *Thermal Overload Relay*

ABSTRACT

One of the Steam Power Plants (PLTU) that is able to supply quite a large amount of electricity is the Labuhan Angin PGU PLTU located in Central Tapanuli Regency which is managed by PT. PLN Indonesia Power. The electric motor used in the operation of the Boiler Feed Water Pump (BFWP) is a 6 kV motor (medium voltage). A PLTU must have a reliable protection system so that the electric motor can work properly so that it can process and produce quality electrical energy. The protection system is a security system for electrical equipment, which is caused by technical disturbances, natural disturbances, operational errors, and other causes. The protection system aims to avoid or reduce damage due to disturbances to the disturbed equipment. Protection is carried out by disconnecting or separating the disturbed area as quickly as possible so that other systems can operate normally. This analysis was made because the Labuhan Angin PLTU often experiences disturbances in the 6 kV motor in the Boiler Feed Water Pump (BFWP). Thermal Overload Relay (TOR) is one of the protection systems used in the Labuhan Angin PLTU which is used when there is an excessive load on the 6 kV motor in BFWP to prevent damage to the motor. From the results of the analysis carried out in this study, the protection system works with an overload system which is seen from the parameter value on the motor. If the parameter is already 354 A, it will order the OLR on the MMPR (Miniature Microcontroller Protection Relay) Breaker to work. After that the relay will order the contractor to open, the contractor will give a stop signal to the CCR (monitor) and the motor will trip (stop) when there is an excessive load on the motor.

Keywords: *PLTU, Boiler, Motor, Protection System, Thermal Overload Relay*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV (Medium Voltage) Pada Boiler Feed Water Pump Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin Power Generation Unit”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada kami semua sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi S.T., M.T., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Ibu Elvy Sahnur Nasution S.T., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Partaonan Harahap S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing saya dalam penulisan laporan Tugas Akhir.

9. Muhammad Adam S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I yang memberikan arahan dan masukan dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
10. Rohana S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang memberikan arahan dan masukan dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
11. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2019.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang akan datang. Akhirnya kami mengharapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi dan para pembaca terkhusus bagi dunia kontruksi Teknik Elektro serta kepada Allah SWT , kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya. Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, September 2024
Penulis

Ade Trinanda

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN	
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
ABSTRAK	i
ABSTRACK	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	7
2.2 Landasan Teori.....	10
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1 Jenis Penelitian.....	34
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	35
3.4 Jenis dan Sumber Data	36
3.5 Prosedur Penelitian.....	37
3.6 Diagram Alir Penelitian	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Cara Kerja Sistem Proteksi pada Motor 6 kV (Medium Voltage) di Boiler Feed Water Pump (BFWP) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU	41

4.1.1 Sistem Proteksi Motor 6 kV (Medium Voltage) di Boiler Feed Water Pump (BFWP) PLTU Labuhan Angin	42
4.1.2 Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV dengan Thermal Overload Relay (TOR)	46
4.2 Dampak pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU, apabila motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) berhenti berfungsi	49
4.3 Cara mencegah kerusakan pada motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU	50
BAB 5 PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 PLTU Labuhan Angin.....	1
Gambar 2.1 Proses Konversi Energi di PLTU	11
Gambar 2.2 Motor Listrik	13
Gambar 2.3 Kontruksi Motor Induksi.....	14
Gambar 2.4 Kontruksi Motor Induksi 3 Fasa.....	15
Gambar 2.5 One-time dan Dual Element Fuse	19
Gambar 2.6 Diazed Fuse	20
Gambar 2.7 Bentuk Fisik Thermal Overload Relay (TOR).....	21
Gambar 2.8 Kondisi Kerja Thermal Overload Relay	22
Gambar 2.9 Pengaturan Thermal Overload Relay	23
Gambar 2.10 MCCB Penggerak Thermal – Elektromagnetik	25
Gambar 2.11 MCCB Penggerak Elektromagnetik Penuh.....	26
Gambar 3.1 Diagram alur analisa data penelitian	40
Gambar 4.1 Diagram Alur Cara Kerja Sistem Proteksi	41
Gambar 4.2 Motor 6 kV BFWP PLTU Labuhan Angin	42
Gambar 4.3 Stasiun Oli Boiler Feed Water Pump	43
Gambar 4.4 Pressure Gauge	43
Gambar 4.5 Tempat Penyaluran Oli ke Bearing Motor 6 kV	44
Gambar 4.6 Panel Motor 6 kV (1B) Boiler Feed Water Pump.....	44
Gambar 4.7 Panel Motor 6 kV (1A) Boiler Feed Water Pump.....	45
Gambar 4.8 Breaker dalam Panel.....	45
Gambar 4.9 Microcontroller Motor Protection Relay	46
Gambar 4.10 Namplate Motor 6 kV di BFWP PLTU LBA	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kode Warna Arus Diazed Fuse.....	20
Tabel 2.2 Penentuan Rating Fuse.....	21
Tabel 4.1 Arus Nominal Pada BFWP	47
Tabel 4.2 Arus Motor Pada BFWP	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan masyarakat akan kebutuhan listrik semakin hari semakin besar, hal tersebut terjadi karena energi listrik merupakan energi yang dibutuhkan untuk mempermudah segala aktivitas manusia [1]. Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang dan memiliki peningkatan kebutuhan akan listrik. Dalam pemenuhan kebutuhan tersebut pemerintah senantiasa memfasilitasi dan membangun pusat-pusat pembangkitan listrik untuk menjamin tercukupinya kebutuhan energi listrik.

Pembangkit energi listrik merupakan faktor penting dalam pemenuhan akan energi listrik yang semakin bertambah. Terdapat beberapa jenis pembangkit listrik yang berkembang saat ini, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Salah satu PLTU yang mampu memasok tenaga listrik yang cukup besar adalah PLTU Labuhan Angin PGU yang terletak di desa Tapian Nauli, Kecamatan Tapian Nauli I, Kabupaten Tapanuli Tengah, Sumatera Utara-Indonesia yang dikelola oleh PT. PLN Indonesia Power. Pembangkitan yang dikelola oleh PT. Indonesia Power ini memiliki 2 unit yang masing-masing memiliki kapasitas daya 115 MW yang mana 20 MW nya didistribusikan ke wilayah sektor pembangkitan tersebut.



Gambar 1.1 PLTU Labuhan Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan sebuah pembangkit yang menghasilkan energi listrik dari hasil konversi energi kinetik uap, menggunakan panas untuk mengubah air menjadi uap untuk berbagai aplikasi [2]. Biasanya, rangkaian pembangkit listrik tenaga uap terdiri dari komponen utama yaitu boiler, turbin, dan generator [3]. Dalam pengoperasiannya, pembangkit listrik tenaga uap memiliki alat penggerak utama yang sangat penting yakni motor listrik. Motor listrik pada pembangkit listrik tenaga uap memiliki fungsi sebagai *condensate extraction pump* dalam pembangkit listrik tenaga uap yang digunakan untuk mendorong bahan produksi pembangkit listrik tenaga uap yakni air laut menuju generator untuk menjadi sebuah pembangkit listrik. Motor listrik merupakan mesin listrik yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, energi tersebut berupa putaran dari motor [4].

Pada PLTU Labuhan Angin PGU, salah satu motor listrik yang digunakan dalam pengoperasiannya adalah motor 6 kV (medium voltage). Ada beberapa motor 6 kV (medium voltage) yang digunakan di PLTU Labuhan Angin PGU diantaranya, Id Fan, *Condensate Extraction Pump* (CEP), *Main Circulating Water Pump* (MCWP), *Primary Air Fan* (PAF), *Secondary Air Fan* (SAF), dan *Boiler Feed Water Pump* (BFWP). Pada penelitian ini, penulis berfokus pada motor 6 kV (medium voltage) pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) yang ada di PLTU Labuhan Angin PGU yang difungsikan sebagai pensirkulasi air dari Deairator menuju Boiler Drum dengan tekanan 100 Bar. Deairator itu sendiri merupakan sebuah wadah yang berbentuk tabung yang berisi air bertekanan yang di injeksi hidrazine dan posfat untuk menghilangkan kadar oksigen dalam air sehingga air yang dipompa menuju boiler tidak ada yang mengandung udara yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan boiler seperti boiler dan tube boiler.

Dalam pengoperasiannya, sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Uap tentunya harus memiliki sistem proteksi yang handal agar kerja motor Listrik dapat berjalan baik sehingga dapat mengolah dan menghasilkan energi Listrik yang berkualitas. Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Sistem proteksi bertujuan untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada sebuah alat atau mesin. Sistem

proteksi yang dilakukan dengan cara memutuskan atau memisahkan daerah yang terganggu secepat mungkin sehingga sistem lainnya dapat beroperasi secara normal [5].

Salah satu kelemahan pada motor 6 kV pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) yaitu adanya gangguan pada arus atau beban temperatur yang jika berlebih dapat mempengaruhi kerja motor pada BFWP mengalami trip atau berhenti berfungsi. Salah satu sistem proteksi yang digunakan untuk mendeteksi arus atau beban berlebih pada motor adalah *Thermal Overload Relay* (TOR). *Thermal Overload Relay* (TOR) merupakan salah satu peralatan proteksi yang bekerja berdasarkan pengaruh suhu panas (temperature) dimana arus yang mengalir akan dikonversi menjadi panas untuk mempengaruhi bimetal. Bimetal inilah yang kemudian akan menggerakkan tuas untuk menghentikan aliran arus ketika terjadi over current (beban berlebih) [6].

Berdasarkan pemaparan diatas maka diperlukan adanya suatu penelitian untuk mengetahui sistem proteksi pada motor 6 kV (medium voltage) pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin dan penulis akan membahas lebih rinci tentang sistem proteksi motor 6 kV dalam penelitian ini dengan judul “Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV (*Medium Voltage*) Pada *Boiler Feed Water Pump* Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin *Power Generation Unit*”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara kerja sistem proteksi pada motor 6 kV (medium voltage) di Boiler Feed Water Pump (BFWP) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU?
2. Bagaimana dampak pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU, apabila motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) berhenti berfungsi?
3. Bagaimana cara mencegah kerusakan pada motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian Berdasarkan rumusan masalah yang telah disajikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis sistem proteksi dan cara kerja motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU.
2. Menganalisis dampak pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU, apabila motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) berhenti berfungsi.
3. Menganalisis cara mengatasi kerusakan pada motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan tercapainya tujuan penelitian diatas, peneliti mengharapkan manfaat yang didapat dari pelaksanaan penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi Penulis

Penelitian dapat menambah pengetahuan, memperluas wawasan, dan meningkatkan kredibilitas peneliti. Penelitian juga dapat membantu peneliti untuk mengasah ketajaman berpikir, mengenal ide-ide baru, dan memecahkan masalah mengenai sistem proteksi motor 6 kV (medium voltage) pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU

2. Manfaat Terhadap Universitas

Penelitian ini dapat digunakan sebagai kontribusi untuk menambah minat dan motivasi mahasiswa mengenai sistem proteksi pada motor. Penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian mengenai (menganalisis sistem proteksi motor 6 kV (medium voltage) pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU) dan juga dapat menjadi sumbangan pengetahuan bagi kalangan akademisi.

3. Manfaat Terhadap Perusahaan

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan pada perusahaan, khususnya kebijakan yang berhubungan dengan (analisis sistem proteksi motor 6 kV (medium voltage) pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU).

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah membahas mengenai (analisis sistem proteksi motor 6 kV (medium voltage) pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU). Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer yaitu pengambilan data yang diambil sesuai dengan kondisi lapangan, sedangkan data sekunder di dapatkan dari studi literatur baik berupa buku, jurnal-jurnal, dan data-data yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memahami lebih jelas penelitian, maka materi-materi yang tertera pada skripsi ini dikelompokkan menjadi beberapa sub bab dengan sistematika penyampaian sebagai berikut :

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang pembahasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori yang berupa pengertian dan defenisi yang di ambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan penyusunan skripsi serta beberapa literatur review yang berhubungan dengan penelitian

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan bagaimana kajian dilakukan, bagaimana mencari fakta, teknik-teknik pengujian kebenaran.

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan laporan rinci pelaksanaan kegiatan dalam mencapai hasil-hasil penelitian, serta menjelaskan analisa sistem yang diusulkan dengan menggunakan flow chart dengan sistem yang di implementasikan, serta pembahasan secara detail elisitasi yang ada di bab sebelumnya, dijabarkan satu persatu.

5. BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan analisa dan optimalisasi sistem berdasarkan yang telah di uraikan pada bab-bab sebelumnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

7. LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya oleh beberapa peneliti di bidang teknik elektro, yakni :

Boiler Feed Water Pump (BFWP) merupakan salah satu komponen penting pada sistem pembangkit listrik di PLTU sebagai suplier air ke boiler. Peran motor sangat penting pada proses pembangkitan listrik, maka motor tersebut harus diberikan proteksi agar dapat terhindar dari kerusakan saat terjadi gangguan. Pada motor 6 KV 800 KW yang digunakan untuk menggerakkan BFWP unit 2 PLTU Air Anyir Bangka ini digunakan relai sistem proteksi vamp V52 untuk memproteksi motor dari gangguan overcurrent. Hasil pengujian yang telah dilakukan tersebut, menunjukkan bahwa sistem proteksi pada motor 6KV berdaya 800 KW masih dalam keadaan normal. Hal ini ditunjukkan oleh waktu kerja relai hasil pengujian untuk setiap delay value masih berada di bawah waktu kerja relai yang disetting [7].

Boiler Feed Water Pump merupakan salah satu aplikasi penggunaan pompa sentrifugal berukuran besar pada industri pembangkit listrik tenaga uap. Pompa ini berfungsi sebagai pengontrol dan penyuplai air pada jumlah tertentu yang berasal dari tangki air (*Feed Water Tank*) menuju boiler dengan spesifikasi tekanan tertentu. Satu unit BFWP di PLTU terdiri dari dua pompa yaitu satu booster pump dan satu main pump, keduanya menggunakan penggerak tunggal. Penggerak yang digunakan bisa berupa motor listrik atau juga turbin uap berukuran kecil yang sumbunya di-couple dengan atau tanpa sistem transmisi tergantung desainnya. [8]

Dalam sebuah pembangkit listrik tenaga uap tentu memiliki alat penggerak utama yang sangat penting yakni motor listrik namun motor listrik digunakan dalam berbagai macam fungsinya salah satu peran utama dalam motor listrik ini sebagai condensate extraction pump dalam pembangkit listrik tenaga uap yang berfungsi untuk mendorong bahan produksi pembangkit listrik tenaga uap yakni air laut menuju generator untuk menjadi sebuah pembangkit listrik. Dalam peneltian sistem motor Listrik 6 kV *Condensate Extraction Pump* di PT Indonesia Power PLTU Suralaya (PGU) dengan menggunakan Metode kualitatif dan berdasarkan teknik

observasi, wawancara dan studi literatur. Motor listrik *condensate extraction pump* (CEP) ini dapat dioperasikan secara otomatis dan manual untuk pemeliharaannya dilakukan secara rutin dan mendapatkan hasil pemeriksaan yang baik [9].

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, energi tersebut berupa putaran dari motor. Secara umum, mekanisme kerja motor hampir sama, diantaranya arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya, jika kawat pembawa arus ditekuk menjadi sebuah loop, kedua sisi loop, mis. Tegak lurus terhadap medan magnet, mengalami gaya dalam arah yang berlawanan. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/torsi untuk memutar kumparanya, pasangan daya menciptakan antorsi/torsi untuk memutar kumparan, Motor memiliki banyak loop di angker untuk menghasilkan torsi yang lebih halus, dan medan dibuat oleh rakitan elektromagnetik yang disebut kumparan medan [10].

Motor Induksi adalah motor yang paling banyak digunakan saat ini, karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, lebih ringan dan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan kecepatan dan torsi motor induksi bukanlah suatu permasalahan yang mudah untuk dilakukan, jika motor diam, frekuensi arus rotor sama seperti frekuensi penyedia tapi apabila rotor start atau mulai jalan, maka frekuensi tergantung kecepatan relative atau kecepatan slip.

Perkembangan penggerak motor induksi ini didasari atas keinginan untuk menandingi bahkan melebihi kehandalan penggerak motor DC, seperti respon torsi yang cepat dan ketelitian pengaturan kecepatan, di samping itu juga dapat memanfaatkan ke unggulan motor induksi ini menggunakan pulse width modulation untuk memberikan frekuensi arus sinusoidal yang dapat di ubah kepada stator motor induksi. Tetapi dengan cara ini tidak mampu mengatur torsi secara langsung perubahan motor induksi 3 phasa dengan menggunakan programmable logic controller dan menemukan bahwasannya dengan menggunakan PLC kecepatan putar motor induksi berbanding lurus dengan perubahan frekuensi, semakin besar frekuensi yang diberikan maka semakin cepat pula putaran motor induksi. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi tersebut di antaranya dengan kendali tegangan dan frekuensi

yang dikenal dengan kendali V/f konstan. Kendali V/f konstan adalah salah satu cara untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi dengan merubah tegangan dan frekuensi, tetapi menjaga konstan rasio keduanya [19].

Seiring dengan perkembangan jaringan sistem tenaga yang dari waktu ke waktu semakin besar maka diperlukan cara-cara yang lebih efektif yang bisa digunakan untuk memproteksi sistem dari gangguan. Secara umum pengertian dari proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan. Sistem proteksi pertama yang dilakukan untuk mengamankan sistem adalah dengan menggunakan sekering. Kemudian disusul dengan menggunakan rele beban lebih ataupun tegangan kurang yang kemudian diikuti oleh berkembangnya sistem proteksi dengan rele arus lebih. Berdasarkan hasil penelitiannya dengan menggunakan *Over Current Relay* sebagai proteksi terhadap trafo, sistem proteksi tersebut membuat tenaga Listrik pada trafo 1600 kVa yang disuplai dari PLN untuk PT. Charoen Pokphand Indonesia KIM 2 Medan yang ada dilapangan memiliki kondisi baik dan berjalan tanpa ada gangguan [11].

Dalam pengoprasiannya motor induksi sering terjadi beban lebih dan meyebabkan trip pada thermal overload relay. Seringnya terjadi trip ini yang dapat mengganggu proses produksi. Uji coba dilakukuan dengan menggunakan *Thermal Overload Relay* (TOR) agar mendapatkan setting terbaik dengan melakukan simulasi menggunakan alat ukur SVERKEL 780 dimana thermal overload relay akan di setting dengan nilai 2,5 A, 3 A, 3,5 A, dan 4 A. setiap nilai setting pada thermal overload relay dilakukan uji coba dengan member arus beban ($I_L = 1,5 \times I_{set}$), ($I_L = 2 \times I_{set}$), ($I_L = 2,5 \times I_{set}$), dan ($I_L = 3 \times I_{set}$). Hasil uji coba yang di dapat, Makin besar arus beban yang melalui Relay makin cepat pula waktu trip yang terjadi [23].

Agar dapat bekerja secara optimal, motor listrik membutuhkan suatu sistem proteksi yang dapat melindunginya dari berbagai ancaman. Sistem proteksi yang digunakan yaitu *Thermal Overload Relay* (TOR) yang berfungsi sebagai pengontrol beban berlebih agar motor listrik tidak mudah terbakar maupun mengalami kerusakan ketika beroperasi. Dalam hal ini, TOR harus di setting sesuai dengan kapasitas masing masing motor induksi agar pada saat terjadi beban berlebih, TOR

akan otomatis memutuskan arus yang mengalir pada motor sehingga kerusakan dapat dihindari[12].

2.2 Landasan Teori

Landasan teori dalam penelitian ini disusun secara sistematis dan memuat teori-teori dan hasil penelitian yang relevan dengan penelitian Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV (*Medium Voltage*) Pada *Boiler Feed Water Pump* Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin *Power Generation Unit*. Berikut landasan teori pada penelitian ini :

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

PLTU adalah pembangkit listrik yang mengubah energi kinetik dari uap panas bertekanan tinggi menjadi energi listrik. PLTU membutuhkan panas yang cukup untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi yang dapat memutar turbin sehingga menghasilkan listrik. Sehingga, secara prinsip PLTU adalah alat yang diciptakan dengan memanfaatkan panas yang dapat diubah menjadi uap bertekanan tinggi untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik.

PLTU merupakan salah satu teknologi dasar bagi pembangkitan listrik. Teknologi PLTU hampir dipakai oleh semua pembangkit berbasis thermal (suhu tinggi). Bahkan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang katanya salah satu energi baru terbarukan juga memanfaatkan teknologi PLTU. Pembangkit yang tidak menggunakan teknologi PLTU adalah : Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), sebagian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Ombak (PLTO), dan beberapa pembangkit lainnya. Energi primer atau bahan bakar yang dapat digunakan untuk proses pembentukan uap adalah sebagai berikut:

1. Gas (gas alam, hidrogen, biogas dan gas lainnya)
2. Minyak bumi dan produk turunannya
3. Biomassa
4. Nuklir
5. Geothermal (panas bumi)
6. Batu bara

Ada 4 Proses utama dalam proses konversi energi di PLTU, yaitu:

1. Proses menghasilkan uap

Air yang telah melalui proses demineralisasi dan kondensasi akan disuplai ke steam drum yang ada di boiler. Kemudian dilakukan proses pemanasan dengan energi primer yang dipilih, bisa batubara atau energi primer lainnya. Pemanasan dilakukan untuk menghasilkan uap yang diinginkan.

2. Proses konversi energi panas menjadi energi kinetic

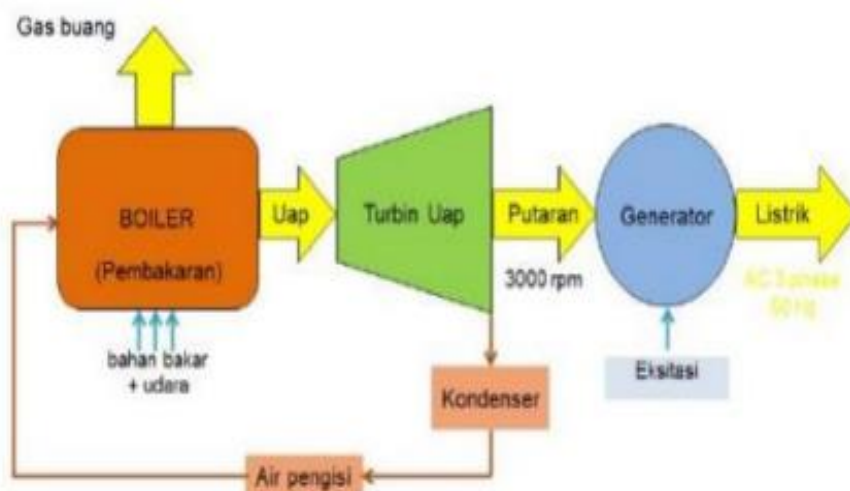
Uap hasil dari proses produksi uap, dengan tekanan dan temperatur tertentu dialirkan ke turbin. Uap terus dialirkan sehingga mampu menggerakkan turbin. Disinilah terjadi proses konversi energi panas menjadi energi kinetik.

3. Proses konversi energi kinetik menjadi energi listrik

Poros generator yang dikopel langsung dengan poros turbin akan berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan, yang kemudian energi listrik tersebut dialirkan ke terminal output generator.

4. Proses kondensasi Uap

Bekas penggerak turbin masuk ke pendingin atau kondensor untuk dijadikan menjadi air kembali yang disebut air kondensat. Pendinginan dapat menggunakan air dingin yang didapat dari air laut, air danau, atau waduk. Dibutuhkan air dalam jumlah besar agar proses pendinginan dapat terjadi secara efektif. Air kondensat ini kemudian digunakan lagi untuk mengisi steam drum boiler.



Gambar 2.1 Proses Konversi Energi di PLTU

2.2.2 Boiler Feed Water Pump (BFWP)

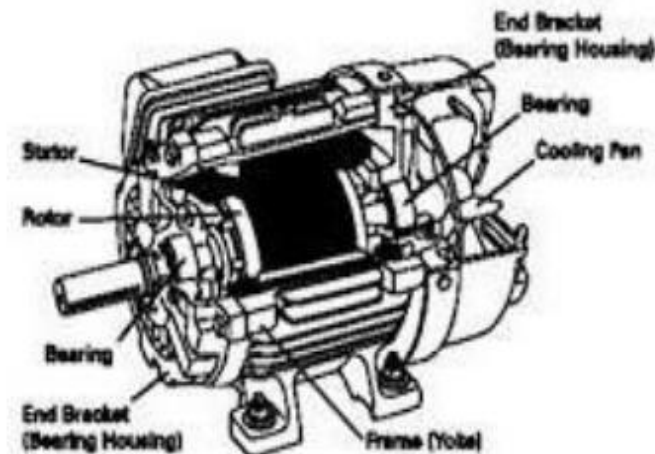
Boiler Feed Water Pump (BFWP) merupakan salah satu aplikasi penggunaan pompa sentrifugal berukuran besar pada industri pembangkit listrik tenaga uap [1]. Pompa ini berfungsi untuk mengontrol dan mensupply air pada jumlah tertentu yang berasal dari tanki air (Feed Water Tank) menuju boiler dengan spesifikasi tekanan tertentu. Air tersebut sebelum masuk ke boiler biasanya mengalami pemanasan awal (pre-heating). Sehingga air yang dipompa oleh BFWP juga memiliki temperatur tertentu yang cukup panas.

Satu unit BFWP di PLTU terdiri dari dua pompa yaitu satu booster pump dan satu main pump /pompa utama. Keduanya menggunakan penggerak tunggal (turbin uap atau motor), yang sumbunya di-couple dengan atau tanpa sistem transmisi tergantung desainnya. Penggerak yang digunakan bisa berupa motor listrik atau juga turbin uap berukuran kecil yang sumbunya di-couple dengan atau tanpa sistem transmisi tergantung desainnya.

Booster pump memiliki spesifikasi pompa sentrifugal, single flow dan hanya satu stage pompa. Menggunakan mechanical seal serta thrust dan journal bearing untuk menahan gaya-gaya yang terjadi. Sedangkan main pump berspesifikasi pompa sentrifugal, multi-stage, dan single flow. Juga menggunakan mechanical seal serta thrust dan journal bearing. Untuk menahan gaya aksial yang besar, digunakan balance drum yang mengambil sebagian kecil air dari sisi outlet pompa untuk dimasukkan ke bagian inlet untuk melawan gaya aksial yang timbul.

2.2.3 Motor Listrik

Motor listrik adalah sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energy listrik menjadi energi gerak (mekanik [13]). Energi mekanik ini digunakan untuk kebutuhan beban seperti, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat beban, dan lain-lain. Motor listrik merupakan motor yang paling banyak dijumpai dalam industri. Motor listrik sering disebut sebagai “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan motor listrik ini digunakan hingga 70% beban listrik total di industri.



Gambar 2.2 Motor Listrik

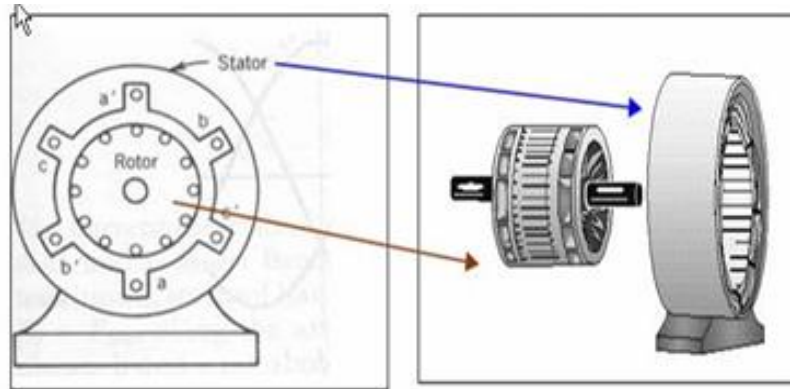
Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama, arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran (loop) maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan. Pasangan gaya tersebut menghasilkan tenaga putar (torque) untuk memutar kumparan. Motor listrik mempunyai beberapa jenis yang secara garis besar dibagi menjadi motor listrik arus searah (DC) dan motor listrik arus bolak balik (AC).

2.2.4 Motor Induksi

Motor induksi merupakan suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan menggunakan gandingan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi 3 fasa dioperasikan pada sistem tenaga 3 fasa dan banyak digunakan dalam dunia industry [14]. Motor induksi 3 fasa mempunyai beberapa kelebihan diantaranya adalah handal, tidak ada kontak antara rotor dan stator kecuali bearing, tenaga yang besar, daya listrik yang rendah, dan hampir tidak ada perawatan. Namun motor induksi 3 fasa juga mempunyai kelemahan yaitu tidak mampu mempertahankan kecepatannya dengan konstan jika terjadi perubahan beban. Motor induksi 3 fasa terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor.[15]

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak-balik (AC) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan putar pada stator, dengan kata lain

putaran rotor dengan putaran medan pada stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Dinamakan motor induksi karena pada kenyataannya arus rotor motor ini bukan diperoleh dari suatu sumber listrik, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh arus stator [16].



Gambar 2.3 Kontruksi Motor Induksi

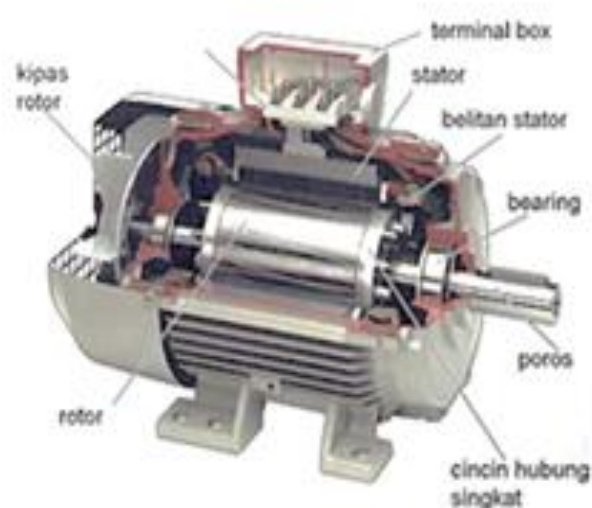
Motor induksi ini memiliki dua bagian utama, yaitu : stator yang merupakan bagian yang diam, dan rotor sebagai bagian yang berputar sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.3. Antara bagian stator dan rotor dipisahkan oleh celah udara yang sempit, dengan jarak berkisar dari 0,4 mm sampai 4 mm. Prinsip kerja Motor Induksi sesuai dengan Hukum Lenz yang berbunyi arus induksi elektromagnetik dan gaya akan selalu berusaha untuk saling meniadakan (gaya aksi dan reaksi), Pada saat belitan stator dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fase maka akan mengalir arus pada konduktor di tiap belitan fase stator dan akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan rotor pun akan ikut berputar mengikuti medan putar stator [17]. Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slotnya yang dililitkan dan membentuk sejumlah kutup tertentu. Jumlah kutup ini menentukan kecepatan berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan ke rotornya. Makin besar jumlah kutup akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan putar medan stator dan sebaliknya [23].

Motor induksi merupakan motor yang memiliki konstruksi yang baik, harganya lebih murah dan mudah dalam pengaturan kecepatan, stabil ketika berbeban dan mempunyai efisiensi tinggi [18]. Motor induksi adalah motor (AC)

yang paling banyak digunakan dalam industry dengan skala besar maupun kecil, dan dalam rumah tangga. Motor induksi ini pada umumnya hanya memiliki satu suplai tenaga yang mengeksitasi belitan stator. Belitan rotornya tidak terhubung langsung dengan sumber tenaga listrik, melainkan belitan ini dieksitasi oleh induksi dari perubahan medan magnetic yang disebabkan oleh arus pada belitan stator.

Motor induksi pada dasarnya merupakan suatu perangkat elektromagnetik yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Hasil konversi atau energi mekanik yang diperoleh nantinya dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti menggerakkan konveyor pada mesin, memompa suatu cairan dari satu tempat ke tempat lainnya pada mesin pompa, meniup udara pada blower dan keperluan-keperluan lainnya. Umumnya motor induksi ini terbagi ke dalam dua jenis yaitu motor induksi 1 fasa dan motor induksi 3 fasa [19].

Motor induksi 3 fasa memiliki kontruksi yang hampir sama dengan motor listrik jenis lainnya. Motor ini memiliki dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang dipisahkan oleh celah udara yang sempit dengan jarak berkisar dari 0,4 mm sampai 4 mm. Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Pada dasarnya motor induksi tiga fasa memiliki dua pengendalian, yakni hubungan bintang dan hubungan delta [20].



Gambar 2.4 Kontruksi Motor Induksi 3 Fasa

Jika pada belitan stator diberi tegangan tiga fasa, maka pada belitan stator akan mengalir arus tiga fasa, arus ini menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron (n_s). Medan magnet ini akan memotong belitan rotor, sehingga pada belitan rotor akan diinduksikan tegangan seperti halnya tegangan yang diinduksikan dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi yang dihasilkan arus pada belitan primer. Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung atau tahanan luar. Tegangan induksi pada rotor akan menghasilkan arus yang mengalir pada belitan rotor. Arus yang mengalir pada belitan rotor berada dalam medan magnet yang dihasilkan stator, sehingga pada belitan rotor akan dihasilkan gaya (F). gaya ini akan menghasilkan torsi (v) dan jika torsi yang dihasilkan lebih besar dari torsi beban, maka rotor akan berputar dengan kecepatan n_r yang searah dengan medan putar stator.

Macam-macam gangguan pada motor induksi yaitu kenaikan suhu, tegangan tidak seimbang, gulungan terbakar, kerusakan bearing pada motor induksi 3 fasa yang dikarenakan terjadinya arus lebih. Maka dari itu, perlu ada pengamanan terhadap arus lebih dengan menggunakan over current relay pada motor induksi 3 fasa.

2.2.5 Sistem Proteksi

Sistem proteksi bertujuan untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada alat yang terganggu. Proteksi yang dilakukan dengan cara memutuskan atau memisahkan daerah yang terganggu secepat mungkin sehingga sistem lainnya dapat beroperasi secara normal [13].

Adapun persyaratan untuk suatu sistem proteksi adalah sebagai berikut:

- 1) Kepekaan (Sensitivity)
- 2) Keandalan (Reliability)
- 3) Selektivitas (Selectivity)
- 4) Kecepatan (Speed)
- 5) Ekonomis

Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya memiliki nilai seekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya [21].

Dalam menjalankan proses produksi, motor induksi akan digunakan secara terus menerus sehingga rawan mengalami gangguan. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan suatu sistem proteksi yang dapat melindunginya dari berbagai

ancaman. Secara umum proteksi didefinisikan sebagai pengamanan atau perlindungan suatu sistem tertentu untuk mencegah kerusakan atau hal-hal yang tidak diharapkan dan berpotensi merugikan sistem tersebut [22].

Tujuan lain dari sistem proteksi pada motor induksi yaitu untuk mencegah timbulnya beberapa kerugian seperti kerugian panas internal motor listrik, dimana panas pada motor listrik ditimbulkan oleh adanya rugi-rugi daya yang dihasilkan oleh motor listrik itu sendiri. Untuk mengatasi beberapa kerugian dan gangguan yang sering terjadi pada motor induksi, maka sistem proteksi memiliki peran yang sangat penting. [23].

2.2.6 Syarat Sistem Proteksi

Untuk suatu sistem proteksi motor harus memenuhi beberapa syarat, antara lain sebagai berikut :

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*)

Sistem 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*)

Sistem 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 sistem proteksi tidak bekerja mungkin berbulan-bulan atau bertahun- tahun. Tetapi bila suatu saat ada gangguan, maka sistem proteksi harus bekerja.

4. Cepat (*Speed*)

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

2.2.7 Peralatan Proteksi

Peralatan proteksi adalah alat yang berfungsi untuk melindungi peralatan dari gangguan, sehingga dapat mengurangi atau menghindari kerusakan peralatan listrik. Berikut beberapa peralatan pada sistem 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 memanas 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.

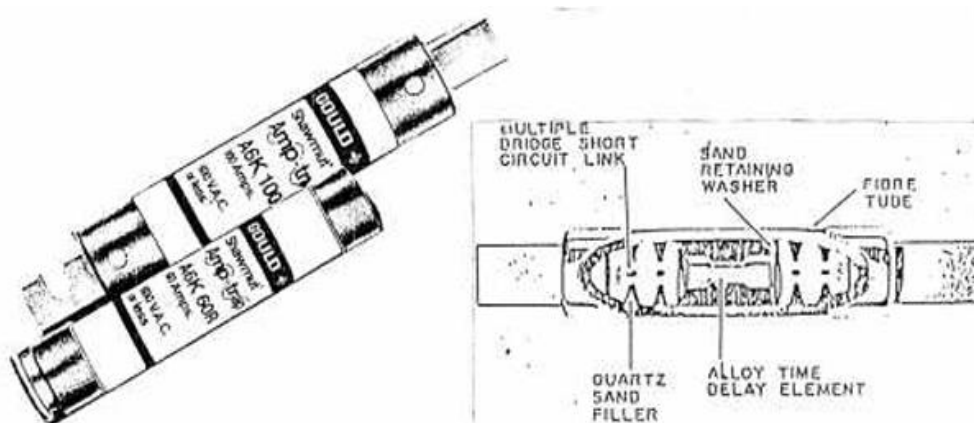
1) Current Limiting Fuse

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 kuarsa 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.

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 Dual Element Fuse.



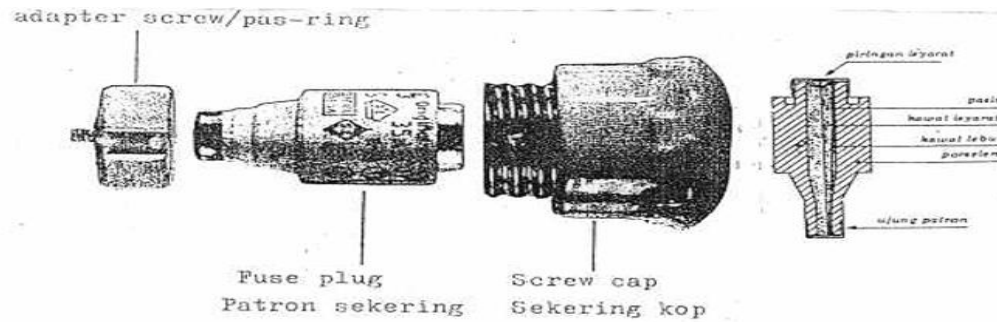
Gambar 2.5 One-time dan Dual Element Fuse

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 2.6 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 2.1 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. Penentuan rating fuse sebagai pengamanan dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2.2 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%

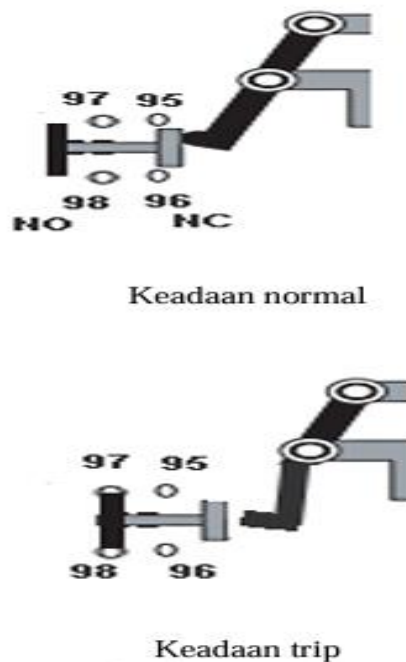
2. Thermal Overload Relay

Thermal Overload Relay (TOR) merupakan salah satu peralatan proteksi yang bekerja berdasarkan pengaruh suhu panas (temperature) dimana arus yang mengalir akan dikonversi menjadi panas untuk mempengaruhi bimetal. Bimetal inilah yang kemudian akan menggerakkan tuas untuk menghentikan aliran arus ketika terjadi over current [23].



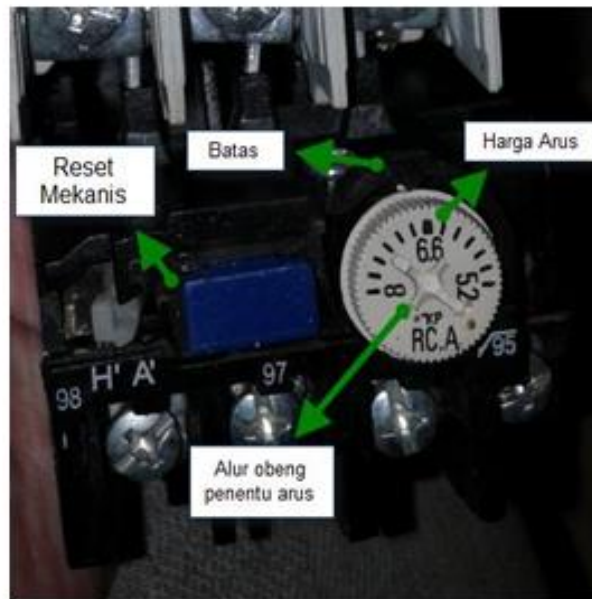
Gambar 2.7 Bentuk Fisik Thermal Overload Relay (TOR)

Thermal Overload Relay Thermal relay atau overload relay adalah peralatan switching yang peka terhadap suhu dan akan membuka atau menutup kontaktor pada saat suhu yang terjadi melebihi batas yang ditentukan atau peralatan kontrol listrik yang berfungsi untuk memutuskan jaringan listrik jika terjadi beban lebih. Arus yang terlalu besar yang timbul pada beban motor listrik akan mengalir pada belitan motor listrik yang dapat menyebabkan kerusakan dan terbakarnya belitan motor listrik. Untuk menghindari hal itu dipasang termal beban lebih pada alat pengontrol. Prinsip kerja thermal beban lebih berdasarkan panas (temperatur) yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui elemen-elemen pemanas bimetal. Dan sifatnya pelengkungan bimetal akibat panas yang ditimbulkan, bimetal akan menggerakkan kontak kontak mekanis pemutus rangkaian listrik (Kontak 95-96 membuka) [23].



Gambar 2.8 Kondisi Kerja Thermal Overload Relay

TOR bekerja berdasarkan prinsip pemuaihan dan benda bimetal. Apabila benda terkena arus yang tinggi, maka benda akan memuai sehingga akan melengkung dan memutuskan arus. Untuk mengatur besarnya arus maksimum yang dapat melewati TOR, dapat diatur dengan memutar penentu arus dengan menggunakan obeng sampai didapat harga yang diinginkan.



Gambar 2.9 Pengaturan 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.

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.

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.

$$I \text{ setting} = 125\% \times I_n$$

Keterangan :

I setting : Arus Setting

I_n : Arus Normal

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.

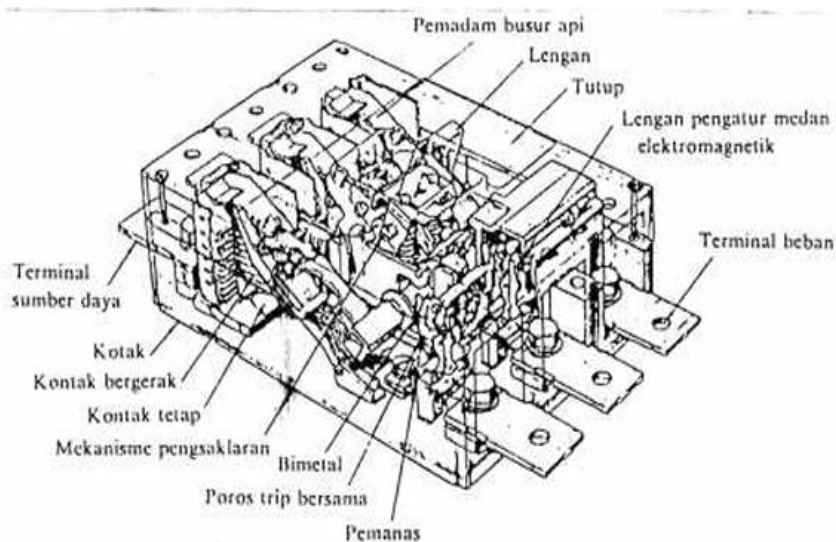
Dengan memperhatikan struktur dan karakteristik maka dapat dikelompokkan sebagai berikut:

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.

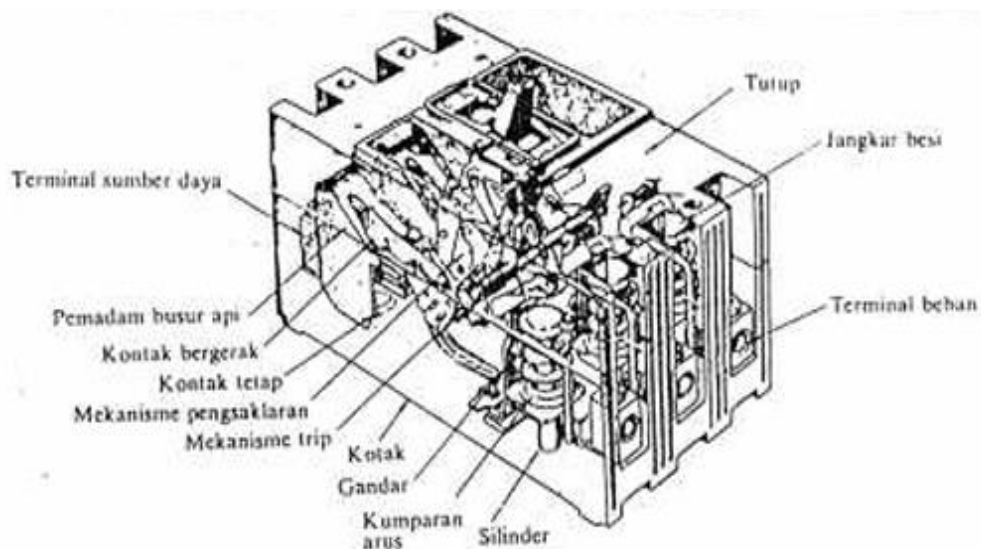
Jika arus yang melewati MCCB sangat besar akibat adanya hubungan singkat, maka komponen elektromagnetik tersebut akan menimbulkan dorongan magnetik yang cukup besar pada armatur dan melepaskan pengunci MCCB sehingga membuka kontak-kontak MCCB. Aksi ini bersifat sangat cepat atau "instantaneous". MCCB 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 2.10 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 2.11 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.

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 sari tipe S. Kapasitas pemutusan hubung singkat 1,5- 30 kA pada tegangan nominal 380 Volt.
- c. 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 anis 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

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.

2. Current Transformer dengan reaktansi yang kecil

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

0,5 detik 1,0 detik 3,0 detik 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.

6. Multilin 269 Plus Relay

Multilin model 269 plus adalah sebuah relay proteksi yang berbasis mikrokomputer modern yang didesain secara lengkap, baik itu digunakan untuk akurasi proteksi pada motor-motor induksi itu sendiri maupun bagian dari suatu mesin, misalnya temperatur bearing.

Multilin 269 Plus Relay merupakan perangkat penghubung dengan rangkaian kontrol yang bertugas sebagai tangan, mata dan alat pendengar dengan tugas pokok mengumpulkan (membaca, menangkap) data / sinyal tentang status rangkaian proses. Data / sinyal tentang status rangkaian proses berasal dari alat pendeteksi atau penyensor (CT dan RTD). Data / sinyal yang berasal dari alat pendeteksi / penyensor merupakan data analog, yang oleh Multilin 269 Plus Relay diubah menjadi bilangan digital.

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.

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.

2.2.8 Gangguan-gangguan yang terjadi pada motor induksi 3 fasa

Secara luas proteksi diartikan sebagai perlindungan atau pengamanan suatu sistem tertentu untuk mencegah terjadinya hal-hal yang tidak di harapkan atau bahkan merugikan sistem tersebut. Sistem proteksi motor 3 fasa merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengamankan dan mencegah motor induksi 3 fasa mengalami kerusakan [24]. Ada beberapa alat proteksi motor listrik 3 fasa seperti Motor Circuit Breaker, Thermal Over Load Relay (TOR) dll.

Berikut merupakan beberapa gangguan yang terdapat khusus pada motor induksi 3 fasa:

1) Gangguan beban lebih

Motor listrik, dalam pembuatannya telah direncanakan sedemikian rupa untuk bekerja pada batas-batas sesuai dengan rating yang telah ditentukan. Dengan bekerjanya motor pada beban lebih, berarti motor harus memberikan daya pada beban melebihi daya kemampuannya sendiri. Keadaan ini sama dengan semakin besarnya motor menarik arus dari sumber daya listrik melebihi rating arusnya. Rating arus ini sebanding dengan penampang konduktor yang digunakan pada kumparannya. Jadi, apabila kapasitas arus yang telah ditentukan pada konduktor dilampaui, maka akan mengakibatkan kerusakan pada kumparan motor.

Beberapa hal yang menyebabkan beban lebih :

- a. Beban mekanik pada motor Listrik terlalu besar
- b. Arus start terlalu besar dan terlalu lama putaran nominal tercapai atau motor Listrik berhenti secara mendadak
- c. Terjadi hubung singkat pada motor Listrik (antara fasa dengan fasa atau antara fasa dengan body)
- d. Motor Listrik bekerja hanya dengan 2 fasa atau terbukanya salah satu fasa dari motor Listrik 3 fasa

2) **Gangguan terputusnya salah satu fasa**

Gangguan ini biasanya disebabkan oleh keadaan cuaca buruk seperti hujan, badai, salju, angin kencang, dan sebagainya. Keadaan cuaca tersebut dapat menimbulkan terputusnya salah satu fasa sehingga menyebabkan arus pada fasa lainnya akan naik menjadi $\sqrt{3}$ kali. Kenaikan arus dapat merusak isolasi kumparan, karena suatu isolasi mempunyai batas arus tertentu. Hal ini dapat memungkinkan isolasi menjadi kontak satu sama lain sehingga menyebabkan hubung singkat pada kumparan.

3) **Gangguan hubung singkat**

Gangguan ini dapat terjadi karena kerusakan isolasi pada kumparan seperti yang telah diuraikan diatas. Gangguan hubungan singkat akan menimbulkan arus yang besar pada konduktor kumparan yang dapat merusak kumparan tersebut. Oleh karena itu, umumnya pada motor-motor listrik, gangguan ini harus dicegah sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan atau menimbulkan kerusakan pada motor. [25]

2.2.9 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 :

1. Putusnya salah satu pengaman lebur (fuse)
2. Rangkaian terbuka (opened circuit)
3. 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 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

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini peneliti menguraikan metodologi penelitian yang digunakan untuk menganalisis sistem proteksi motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU. Bab tiga ini dimulai dari jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, prosedur penelitian, jenis dan sumber data, dan diagram alir penelitian untuk analisa data penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian lapangan (*field research*) dan berdasarkan sifat permasalahannya, maka jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan metode kualitatif. Deskriptif merupakan penelitian dengan menggambarkan dan menginterpretasikan suatu objek sesuai dengan data yang ada di lapangan. Sedangkan kualitatif adalah data yang diperoleh dari informan untuk memperoleh sebuah kesimpulan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU. Pembangkit listrik ini memiliki kapasitas 2 X 115 MW yang terletak di desa Tapian Nauli, Kecamatan Tapian Nauli I, Kabupaten Tapanuli Tengah, Sumatera Utara-Indonesia yang dikelola oleh PT. PLN Indonesia Power.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam waktu kurang lebih 6 bulan lamanya, disesuaikan dengan kebutuhan penelitian yang dimana kegiatannya meliputi; persiapan (pengajuan proposal penelitian), pelaksanaan (pengumpulan data), pengolahan data (analisis data) dan penyusunan hasil penelitian.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

1. Multi Meter

Multi Meter digunakan untuk Mengukur besarnya arus, tegangan dan hambatan dari motor 6 kV pada Boiler Feed Water Pump yang di analisis.

2. Megger (Mega Ohm Meter)

Dalam penelitian ini megger digunakan untuk mengukur tingkat resistensi isolasi pada sebuah Instalasi Listrik pada motor 6 kV di Boiler Feed Water Pump. Selain itu, megger test ini juga memiliki fungsi untuk memeriksa konduktor Motor 6 kV pada Boiler Feed Water Pump yang memiliki konektivitas langsung atau tidak.

3. Tang Ampere

Penelitian ini juga membutuhkan tang ampere yang berbentuk jepitan disekitar wire hidup dan digunakan untuk mengukur arus yg dibawa oleh motor 6 kV pada Boiler Feed Water Pump

4. Laptop

Dalam penelitian ini Laptop digunakan sebagai alat untuk pengolahan data, penyimpanan file dan lain lain, dan banyak lagi yang dapat digunakan.

5. Handphone

Dalam penelitian ini Handphone digunakan sebagai media foto, perhitungan, dan banyak lagi yang digunakan pada alat ini.

6. Flashdisk

Alat ini digunakan untuk menyimpan data/file guna mempermudah pembuatan tugas akhir.

7. Tespen

Dalam penelitian ini tespen sangat diperlukan untuk mengetahui apakah ada tegangan yang masuk pada panel motor 6 kV di Boiler Feed Water Pump.

8. Alat Pelindung Diri (Safety)

Alat Pelindung Diri (Safety) yang digunakan untuk melindungi diri dalam bekerja yang terdiri dari Sepatu Safety (Safety Shoes), WearPack (Safety Jacket), Helm Safety, Kacamata Safety, Sarung Tangan, Pelindung Telinga (Ear Plug).

3.4 Jenis dan Sumber Data

Sumber data adalah semua keterangan yang diperoleh dari responden maupun yang berasal dari responden maupun yang berasal dari dokumen-dokumen baik dalam bentuk statistic atau dalam bentuk lainnya guna keperluan penelitian tersebut.[26] Sumber data dalam penelitian ini disesuaikan dengan fokus dan tujuan penelitian. Dalam metode kualitatif peneliti tidak dapat memaksakan kehendaknya untuk mendapatkan data yang diinginkan. Jika menggunakan wawancara maka sumber data disebut informan dan jika menggunakan teknik observasi, maka sumber datanya bisa berupa benda bergerak atau proses sesuatu [27].

Sumber data dalam penelitian adalah sumber dari mana data diperoleh. Berdasarkan kepada fokus dan tujuan kegunaan penelitian maka sumber data dalam penelitian ini menggunakan dua sumber data, yaitu :

3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang didapat langsung dari objek yang diteliti. Data primer merupakan jenis data yang diperoleh dari hasil wawancara, dokumentasi, dan observasi, data yang diteliti terkait dengan dengan sistem proteksi motor listik 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) yang ada di PLTU Labuhan Angin PGU. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Teknik Wawancara, yaitu dilakukannya tanya jawab dengan pihak-pihak yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti, dimana dalam hal ini adalah Team Leader HAR Listrik
- b. Metode Observasi atau pengamatan, dilakukan langsung terhadap objek penelitian yaitu motor listik 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) yang ada di PLTU Labuhan Angin PGU .
- c. Teknik dokumentasi, yaitu pengumpulan data yang penyelidikannya ditunjukkan pada penjelasan dan pemaparan melalui berbagai sumber dokumen.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan jenis data yang diperoleh dari hasil pengolahan pihak kedua [28]. Data sekunder adalah data yang mencakup dokumen-dokumen resmi yang didapat dari berbagai literature dan dokumen yang terkait dengan maintenance yang mendukung terbentuknya suatu landasan teori dalam penelitian ini.

3.5 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa prosedur dalam melakukan penelitian mengenai sistem proteksi pada motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU. Adapun prosedur penelitiannya meliputi:

3.5.1 Menentukan Rumusan Masalah

- a. Cara kerja sistem proteksi pada motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU.
- b. Dampak pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU, apabila motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) berhenti berfungsi.
- c. Cara mencegah kerusakan pada motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU

3.5.2 Menentukan Tujuan Penelitian

Setelah berhasil menentukan rumusan masalah, tahapan penelitian selanjutnya adalah menentukan tujuan penelitian. Tujuan Penelitian Berdasarkan rumusan masalah yang telah disajikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis sistem proteksi dan cara kerja motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU.
- b. Menganalisis dampak pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU, apabila motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) berhenti berfungsi.
- c. Menganalisis cara mengatasi kerusakan pada motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU.

3.5.3 Studi Literatur

Tahapan penelitian berikutnya adalah studi literatur. Studi literature merupakan kegiatan mengumpulkan sejumlah literatur buku-buku dan majalah yang berhubungan dengan masalah dan tujuan penelitian.

3.5.4 Pengambilan dan Pengumpulan Data Sampling

Pengambilan dan Pengumpulan data sampling adalah tahapan penelitian yang harus dilakukan setelah melakukan studi literatur. Pengambilan data sampling merupakan proses yang dilakukan untuk memilih dan mengambil sampel secara benar dari suatu populasi sehingga sampel tersebut dapat mewakili populasinya.

3.5.5 Analisis Data

Tahapan penelitian selanjutnya adalah analisis data. Analisis data yaitu adalah sebuah usaha mencari dan menata secara sistematis data-data yang didapatkan dari lapangan, baik hasil observasi, wawancara dan lainnya.

3.5.6 Kesimpulan

Kesimpulan adalah pernyataan singkat, jelas dan sistematis dari hasil analisis, pembahasan dan hasil uji hipotesis dalam sebuah penelitian.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sistem proteksi yang ada di motor 6 kV (medium foltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) yang difungsikan sebagai pensirkulasi air dari Deairator menuju Boiler Drum yang ada di PLTU Labuhan Angin PGU.

3.6.1. Studi Literature

Dalam Studi Literature ini dilakukan Pencarian Informasi atau bahan berupa materi baik dari jurnal maupun dari internet dan sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini.

3.6.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer didapat dari hasil wawancara, dokumentasi, dan observasi terhadap objek yang diteliti. Sedangkan Data sekunder diperoleh dari berbagai literature dan dokumen yang terkait dengan objek penelitian ini.

3.6.3 Analisa dan Pengelolaan Data

Setelah dilakukan pengukuran tegangan, arus dan daya yang dihasilkan atau yang didapat dari hasil analisis sistem proteksi pada motor 6 kV yang ada di boiler

feed water pump, kemudian dilakukan pengolahan data sehingga dapat diketahui bagaimana sistem proteksi pada motor 6 kV bekerja di boiler feed water pump dan berapa besar tegangan, arus dan daya motor 6 kV pada boiler feed water pump di PLTU Labuhan Angin PGU.

Untuk menganalisis nilai ukur besaran beban pada motor 6 kV di Boiler Feed Water Pump menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a) \text{ TOR} = i + 10\% \cdot (i)$$

Keterangan :

TOR : Thermal Overload Relay

i : Arus Motor

Rumus ini digunakan untuk menghitung besaran beban berlebih pada motor 6 kV di Boiler Feed Water Pump

$$b) \text{ ST}_2 = \frac{\text{ST}_1 \times I_s}{I_N}$$

Keterangan :

I_N : Arus Normal

I_s : Arus Setelah

ST_1 : Steam (Uap) awal

ST_2 : Steam (Uap) setelah terjadi

Rumus ini digunakan untuk menghitung steam (uap) pada pembangkit listrik apabila terjadi beban berlebih pada motor 6 kV di Boiler Feed Water Pump sehingga menyebabkan pembangkit listrik mengalami trip.

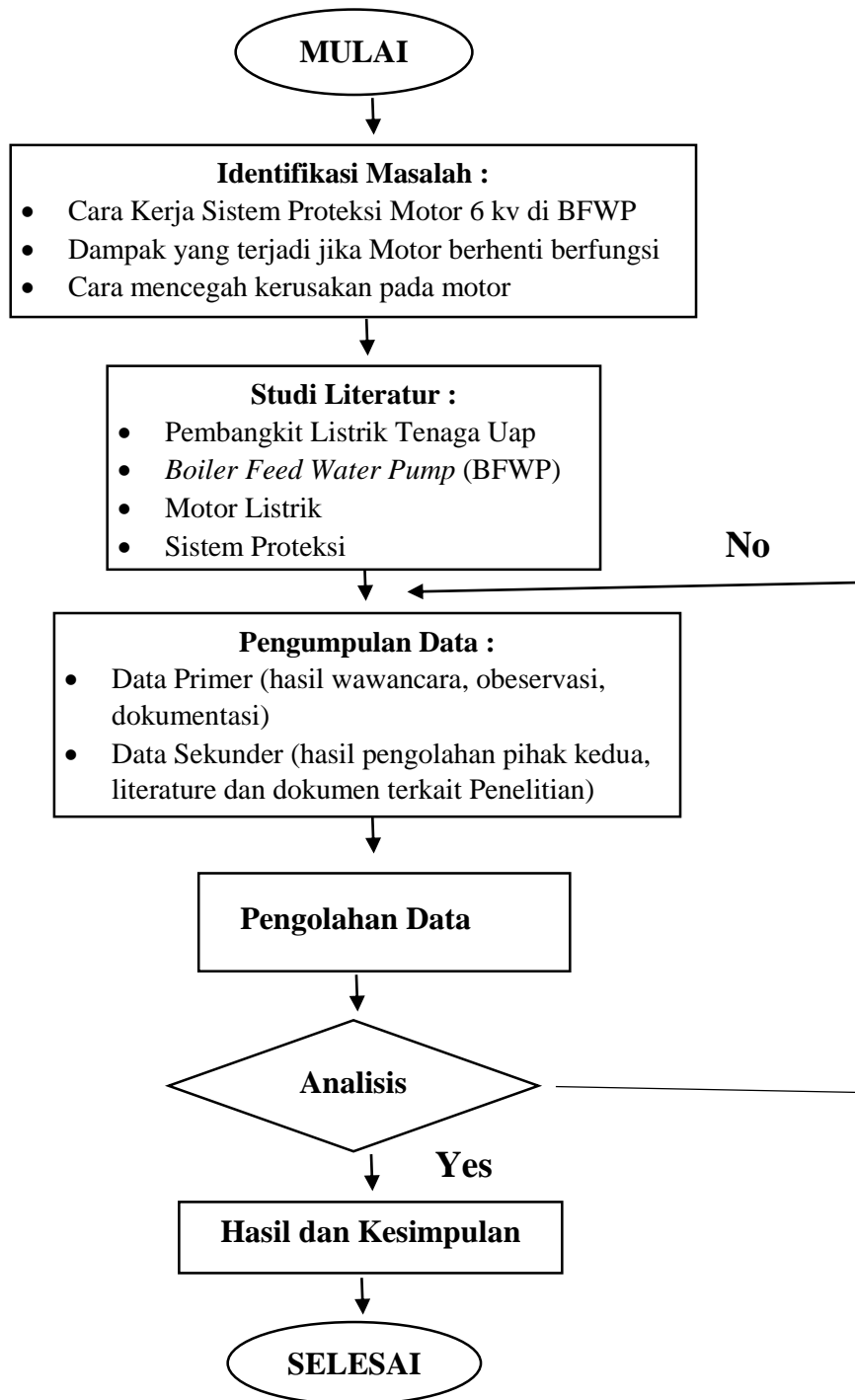
3.6.4. Hasil Percobaan

Setelah mendapatkan hasil analisa data tersebut kemudian dimasukan kedalam lembar kerja berupa table data dan grafik perbandingan sehingga memudahkan dalam membuat suatu kesimpulan.

3.6.5. Kesimpulan

Dari data yang sudah diperoleh dan diolah dalam bentuk table dapat diambil beberapa kesimpulan. Seperti bagaimana sistem proteksi yang ada di motor 6 kV bekerja dalam melindungi pergerakan dan pengoperasian motor pada boiler feed water pum dan berapa tegangan, arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh motor 6 kV pada boiler feed waterpump tersebut. Maka dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan.

Adapun proses berlangsungnya analisa data ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alur analisa data penelitian

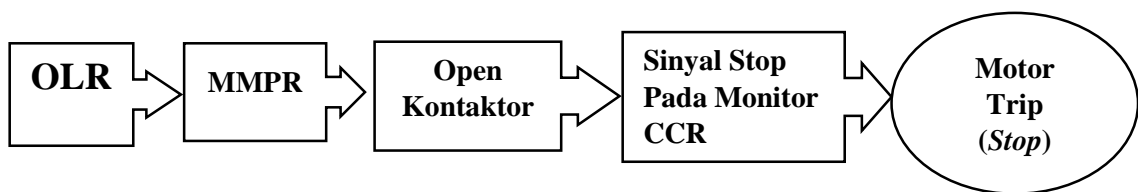
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem proteksi pada motor 6 kV (medium voltage) yang ada di Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin dalam penelitian yang menjadi fokus utamanya adalah sistem proteksi yang menggunakan perhitungan Thermal Overload Relay (TOR).

4.1 Cara kerja sistem proteksi pada motor 6 kV (medium voltage) di Boiler Feed Water Pump (BFWP) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU

Cara kerja dari sistem proteksi pada motor 6 kV (medium voltage) di Boiler Feed Water Pump (BFWP) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU menggunakan sistem *overload* yang dilihat dari nilai parameter pada motor. Jika parameter sudah 354 A, maka akan memerintahkan OLR pada MMPR (*Miniatur Microcontroler Protection Relay*) Breaker untuk bekerja. Setelah itu relay akan memerintahkan kontraktor untuk open. Kontraktor akan memberi sinyal stop pada CCR (monitor) dan motor akan trip (*stop*). Berikut diagram alur cara kerja sistem proteksi pada motor 6 kV (medium voltage) yang ada di Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin :



Gambar 4.1 Diagram Alur Cara Kerja Sistem Proteksi

Keterangan :

OLR : *Overload Relay*

MMPR : *Miniatur Microcontroler Protection Relay*

CCR : *Central Control Room*

4.1.1 Sistem Proteksi Motor 6 kV (medium voltage) di Boiler Feed Water Pump (BFWP) PLTU Labuhan Angin

Berikut ini adalah gambar dari sistem proteksi motor 6 kV yang digunakan pada Boiler Feed Water Pump yang ada di PLTU Labuhan Angin Power Generation Unit :

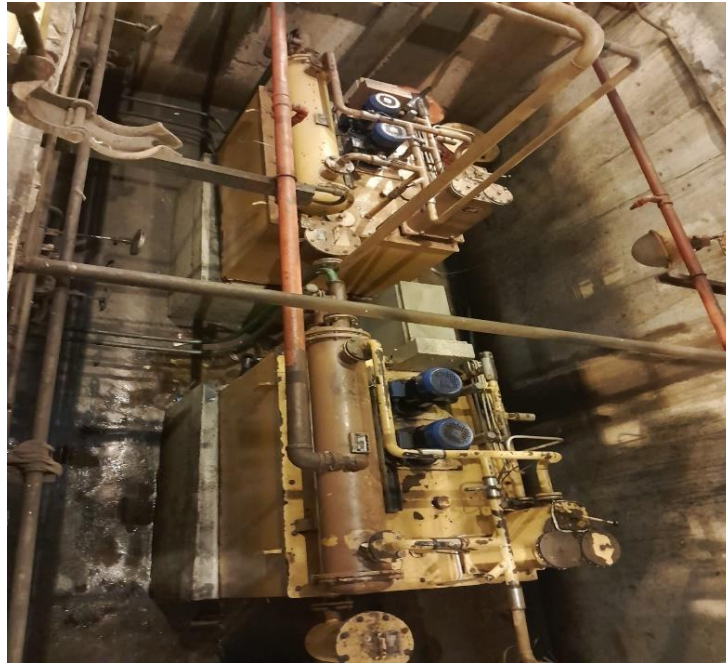


Gambar 4.2 Motor 6 kv BFWP PLTU Labuhan Angin

Berdasarkan gambar 4.2, Motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) yang ada di PLTU Labuhan Angin PGU berfungsi sebagai pensirkulasi air dari Deairator menuju Boiler Drum dengan tekanan 100 Bar.

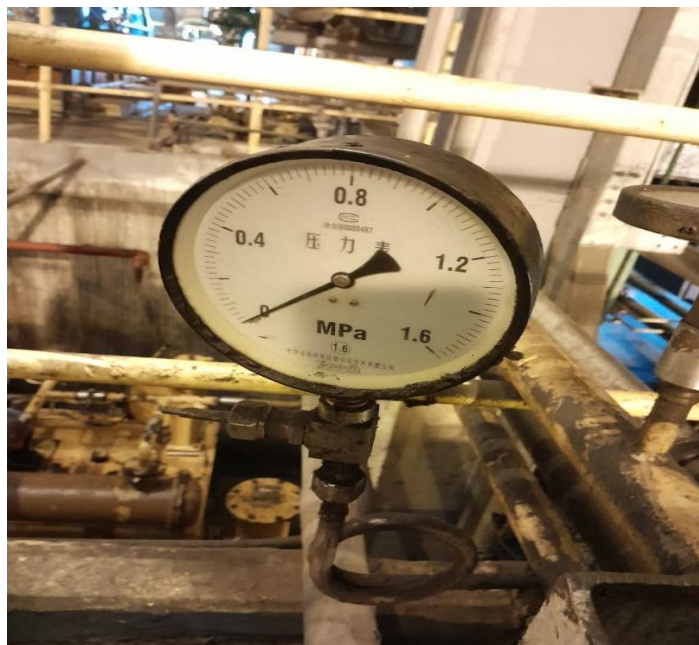
Dari hasil pengamatan di lapangan, motor 6 kv yang ada di BFWP PLTU Labuhan Angin memiliki data-data teknis sebagai berikut:

- Tipe : Y 710-2THW
- Daya : 3000 kW
- Factor kerja : 0,86
- Kecepatan : 2980 RPM
- Standard No : Q/NF137-2002
- Tegangan : 6000 Volt
- Frekuensi : 50 Hz
- Rating : S
- Arus : 349,7 A
- Serial No : 6K6172-2



Gambar 4.3 Stasiun Oli Boiler Feed Water Pump

Stasiun oli pada boiler feed water pump merupakan suatu tempat penyimpanan oli yang digunakan untuk untuk menghidupkan motor 6kV atau sebagai pembuka jalur pada bearing yang tertutup.



Gambar 4.4 Pressure Gauge

Pressure Gauge merupakan sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tingkat tekanan oli pada motor 6 kv yang ada di BFWP Labuhan Angin.

Selain mengukur, Pressure Gauge juga membantu mengontrol oli dalam batas yang di perlukan. Besaran tekanan yang diperlukan pada Pressure Gauge adalah senilai 0.2 Mpa atau sebesar 2 bar, hal ini agar motor dapat beroperasi dengan normal.



Gambar 4.5 Tempat Penyaluran Oli ke Bearing Motor 6 kV

Tempat penyaluran Oli berfungsi sebagai penggerak bearing. Oli yang disalurkan membuat jalur bearing yang sebelumnya tertutup menjadi terbuka sehingga motor dapat beroperasi dengan baik.



Gambar 4.6 Panel Motor 6kv (1B) Boiler Feed Water Pump

Pada Gambar 4.6 memaparkan panel motor 6 kv yang sedang beroperasi di Boiler Feed Water Pump yang ada di PLTU Labuhan Angin. Panel motor 6 kv tersebut berfungsi sebagai media untuk menghidup dan mematikan motor 6kv pada boiler feed water pump.

Terdapat 2 Panel Motor pada Boiler Feed Water Pump di PLTU Labuhan Angin. Satu diantaranya yaitu panel motor (1 A) Boiler Feed Water Pump yang hanya difungsikan untuk standby, dan hanya akan digunakan jika terjadi beban berlebih pada motor. Berikut gambar panel motor (1A) pada Boiler Feed Water Pump PLTU Labuhan Angin.



Gambar 4.7 Panel Motor 6kv (1A) Boiler Feed Water Pump



Gambar 4.8 Breaker dalam Panel

Pada Gambar 4.8 merupakan bentuk breaker yang terdapat di dalam panel motor yang ada di Boiler Feed Water Pump. Komponen tersebut sering disebut sebagai CB atau disebut dengan Circuit Breaker yang berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus pada rangkaian motor Listrik, circuit breaker memiliki sistem proteksi motor listrik yang akan memutuskan arus Listrik jika terjadi hubung singkat pada motor Listrik.



Gambar 4.9 *Microcontroller Motor Protection Relay*

Microcontroller Motor Protection Relay digunakan sebagai kontroler dari semua sistem dalam mendeteksi gangguan pada motor 6 kV yang ada di boiler feed water pump PLTU Labuhan Angin. Range settings arus dan trip time di program menggunakan bahasa C (memori penyimpanan data yang nilainya dapat diubah) yang dioperasikan dengan keypad dan di tampilkan ke LCD. Sebagai sensing arus dan tegangan menggunakan trafo arus dan trafo tegangan.

4.1.2 Analisis Sistem Proteksi Motor 6 kV dengan Thermal Overload Relay (TOR)

Untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada setiap motor induksi yang terdapat pada motor 6 Kv (medium voltage) yang ada di Boiler Feed Water Pump (BFWP). Maka digunakan sistem proteksi yang akan berperan sebagai pengaman untuk mencegah sistem atau perlengkapan pada mesin dari kerusakan akibat gangguan beban berlebih (overload). Adapun data yang di peroleh dari motor 6 kv pada boiler feed water pump adalah:

Tabel 4.1 Arus Nominal Pada BFWP

	Current BFWP	Flow Feed Water Pump	BFWP Pressure	Flow Mainsteam	Kemampuan Pembangkit
Nilai	314,74	338,44	15,78	339,17	83,28
Satuan	A	Mpa	kpa	T/h	MW

Tabel 4.1 merupakan hasil data yang di ambil dari monitor Central Control Room (CCR) pada tanggal 08 Mei 2024 yang menggambarkan kondisi arus normal pada Boiler Feed Water Pump. Arus tersebut dinyatakan normal karena nilai-nilai yang ada pada motor tersebut berada pada range angka keadaan normal, seperti Curret BFWP dengan nilai 314,74 A dengan batas kenormalan hingga nilai 10% diatas 349,47 A.

Dengan kapasitas motor 349,47 A maka SOP pada keadaan i normal pada BFWP yaitu di angka 250-300. Jika beban atau arus mencapai 354 A pada monitor CCR maka motor akan mengalami trip. Berikut tabel batas kenormalan arus motor pada BFWP di PLTU Labuhan Angin:

Tabel 4.2 Arus Motor Pada BFWP

Normal	Alarm	Satuan
250 - 300	354	A

Cara kerja dari sistem proteksi menggunakan sistem overload dilihat dari nilai parameter pada motor. Jika parameter sudah 354 A, maka akan memerintahkan OLR pada MMPR (*Miniatur Microcontroler Protection Relay*) Breaker untuk bekerja. Setelah itu relay akan memerintahkan kontraktor untuk open. Kontraktor akan memberi sinyal stop pada CCR (monitor) dan motor akan trip (stop). Keunggulan sistem proteksi dengan menggunakan OL adalah untuk mengatasi beban berlebih pada motor dan dapat mencegah kerusakan parah pada motor.

Overload memiliki fungsi yang sangat penting untuk motor 6 kv pada BFWP dan tidak hanya di motor 6 kv di BFWP bahkan untuk seluruh motor yang menggunakan Overload Relay dikarenakan Overload Relay berfungsi untuk menghadapi beban berlebih sehingga dapat mencegah dari kerusakan pada motor.

Sebuah motor jika tidak menggunakan sistem proteksi overload pada motor, maka beban berlebih pada motor sulit untuk terdeteksi. Motor akan terus berputar sampai motor tersebut mengalami rusak yang parah bahkan bisa terbakar dan akan

mengeluarkan biaya yang lebih besar. Penggunaan sistem proteksi pada overload selain meminimalisir kerusakan pada motor namun juga dapat memperpanjang masa pakai motor sehingga hanya butuh biaya perawatan dan servis bulanan saja.



Gambar 4.10 Namplate Motor 6 Kv di BFWP PLTU LBA

Untuk mengetahui batas beban berlebih pada motor dapat menggunakan perhitungan TOR (Thermal Overload Relay) dengan rumus sebagai berikut :

Rumus :

$$\text{TOR} = i + 10\% \cdot (i)$$

Keterangan :

TOR : Thermal Overload Relay

i : Arus Motor

Uji analisa dilakukan pada motor 6 kv yang ada di BFWP PLTU Labuhan Angin. Berdasarkan nilai pada nameplate motor, motor tersebut memiliki kapasitas sebesar 349,7 A.

Perhitungan menggunakan TOR adalah sebagai berikut :

TOR : Thermal Overload Relay

i : Arus Motor (349, 7 A)

$$\begin{aligned} \text{TOR} &= i + 10\% (i) \\ &= 349,7 + 10\% \cdot (349,7) \\ &= 349,7 + 34,97 \\ &= 384,67 \end{aligned}$$

Beban berlebih motor 384,67 untuk arus normal atau I normal menurut SOP perusahaan adalah 250-300 A dan jika I mencapai 354 A, maka alarm pada motor tersebut akan berbunyi dan menandakan bahwasanya beban pada motor naik mencapai 354 A yang dapat diketahui melalui layar monitor Central Control Room (CCR) PLTU Labuhan Angin dan di anjurkan untuk memeriksa keadaan motor (Corrective Maintenance). Apabila Corrective Maintenance (CR) tidak dilakukan pada saat nilai arus sebesar 384,67 A maka motor tersebut akan mengalami trip.

Penyebab motor mengalami beban berlebih karena katub valve atau positioner valve rusak sehingga air pada valve tertahan pada katub valve sehingga motor bekerja lebih keras dan menyebabkan beban berlebih pada motor. Selain itu beban berlebih pada motor dapat terjadi karena kurangnya Minyak atau pelumas pada motor dan kurangnya kebersihan pada motor. Oleh karena itu selain sistem proteksi sebagai pengawas agar tidak terjadi kerusakan namun perawatan terhadap motor juga sangatlah penting.

4.2 Dampak pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU, apabila motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) berhenti berfungsi

Motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) memiliki peran yang sangat penting di PLTU Labuhan Angin PGU. Motor 6 kV (medium voltage) di BFWP berfungsi sebagai pensirkulasi air dari Deairator menuju Boiler Drum dengan tekanan 100 Bar. Deairator itu sendiri merupakan sebuah wadah yang berbentuk tabung yang berisi air bertekanan yang di injeksi hydrazine dan posfat untuk menghilangkan kadar oksigen dalam air sehingga air yang dipompa menuju boiler tidak ada yang mengandung udara yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan boiler seperti boiler dan tube boiler. Jika motor mengalami trip (berhenti berfungsi) maka unit pembangkit juga akan trip karena tekanan dari air yang di salurkan menuju boiler tank akan berkurang dan tenaga uap penghasil Listrik (steam) juga akan berkurang. Cara mengukur Steam pada PLTU Labuhan Angin adalah sebagai berikut:

Rumus :

$$ST_2 = \frac{ST_1 \times I_s}{I_N}$$

Keterangan :

I_A : Arus Actual
 F_N : Flow Awal
 F_S : Flow Setelah
 I_N : Arus Normal
 I_S : Arus Setelah
 ST_1 : Steam (Uap) awal
 ST_2 : Steam (Uap) setelah terjadi

Perhitungan steam pada motor 6 kV di BFWP PLTU Labuhan Angin :

I_A : 400 A
 I_N : 314,74 Ton/h
 I_S : 40 Ton/h
 ST_1 : 339,17 Ton/h
 ST_2 : Steam (Uap) setelah terjadi

$$\begin{aligned}
 ST_2 &= \frac{ST_1 \times I_S}{I_N} \\
 &= \frac{339,17 \text{ Ton/h} \times 40 \text{ Ton/h}}{314,74 \text{ Ton/h}} \\
 &= 43 \text{ Ton/h}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka di dapat Arus Actualnya naik dari 315 ke 400 A hal ini melebihi i normal motor 384,67 A dengan batas overload 384,67 A maka overload trip membuat motor juga trip. Ketika motor mengalami trip, maka Listrik yang di hasilkan oleh PLTU akan berkurang atau tidak menghasilkan Listrik, sehingga menyebabkan banyak kerugian pada PLTU. Hal tersebut karena untuk menghidupkan 1 unit pembangkit membutuhkan dana ratusan hingga milyaran rupiah untuk pembelian bahan bakar serta dengan adanya trip maka PLTU harus mengeluarkan dana perbaikan atas kerusakan motor.

4.3 Cara mencegah kerusakan pada motor 6 kV (medium voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU

Kerusakan pada motor 6 kV di Boiler Feed Water Pump biasanya terjadi pada saat motor mengalami beban berlebih. Hal tersebut terjadi karena katub valve atau positioner valve mengalami kerusakan, sehingga air pada valve tertahan pada katub valve dan membuat motor bekerja lebih keras sehingga menyebabkan beban

berlebih pada motor. Beban berlebih pada motor juga dapat terjadi karena kurangnya Minyak atau pelumas pada motor dan kurangnya kebersihan pada motor. Oleh karena itu selain sistem proteksi sebagai pengawas agar tidak terjadi kerusakan namun perawatan terhadap motor juga sangatlah penting.

Perawatan motor pada Boiler Feed Water Pump dapat dilakukan dengan cara pengecekan berkala pada setiap komponen motor Boiler Feed Water Pump penggantian komponen yang sudah melebihi batas lifetime penggantian komponen yang rusak.

Perawatan motor Boiler Feed Water Pump yang dilakukan secara teratur dapat mengurangi resiko kerusakan, mengurangi down time, meningkatkan kinerja mesin, meningkatkan Keandalan unit.

Beberapa komponen yang perlu diperhatikan dalam perawatan motor Boiler Feed Water Pump adalah :

1. Bearing,
2. Impeller,
3. Shaft/Poros,
4. Busing

Jenis pemeliharaan yang umumnya dilakukan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) untuk melaksanakan fungsi pemeliharaan dan perawatan (maintenance) atas motor 6 kv yang ada di Boiler Feed Water Pump adalah:

1. Pemeliharaan Preventive

Pekerjaan pemeliharaan preventive bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan Boiler Feed Water Pump (BFWP) dan dilaksanakan sejak awal sebelum terjadinya kerusakan pada peralatan. Pemeliharaan preventive dimaksudkan untuk mengefektifkan pekerjaan inpeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi dapat terhindar dari kerusakan.

2. Pemeliharaan Corrective

Pemeliharaan Corrective merupakan pekerjaan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas sehingga dapat terjadinya standar yang telah ditetapkan. Pemeliharaan corrective termasuk dalam jenis dan cara pemeliharaan yang direncanakan untuk perbaikan. Dalam

pemeliharaan corrective dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan peralatan agar lebih baik. Pemeliharaan corrective ini juga bertujuan untuk menghilangkan masalah (problem) yang diindikasikan dapat merugikan untuk mencapai kondisi operasi yang lebih ekonomis, sehingga dapat merugikan perusahaan dalam jangka panjang.

3. Pemeliharaan Predictive

Pemeliharaan predictive dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Biasanya pemeliharaan predictive dilakukan dengan menggunakan bantuan panca indera atau alat-alat monitor yang canggih. Teknik-teknik dan alat bantu yang digunakan dalam monitoring pada kondisi tersebut berfungsi untuk meningkatkan efisiensi kinerja fasilitas dan peralatan agar kelainan yang terjadi dapat diketahui dengan cepat dan tepat serta dapat dilakukan tanpa melakukan pembongkaran total untuk melakukan analisa perbaikan.

4. Pemeliharaan Breakdown

Pemeliharaan secara Breakdown merupakan jenis cara pemeliharaan yang direncanakan ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan yang terjadi. Pekerjaan pemeliharaan breakdown ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan, dan untuk memperbaikinya harus dilakukan persiapan suku cadang, material, alat-alat yang dibutuhkan, dan tenaga kerja ahli.

BAB 5

PENUTUP

Dari uraian-uraian dan hasil evaluasi di atas maka penulis dapat memberikan beberapa kesimpulan dan saran yang di uraikan pada penjelasan berikut:

5.1 Kesimpulan

1. Motor 6 kV (medium Voltage) pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) yang ada di PLTU Labuhan Angin PGU berfungsi sebagai pensirkulasi air dari Deairator menuju Boiler Drum dengan besaran tekanan 100 Bar. Deairator itu sendiri merupakan sebuah wadah yang berbentuk tabung yang berisi air bertekanan yang di injeksi hydrazine dan posfat utuk menghilangkan kadar oksigen dalam air sehingga air yang dipompa menuju boiler tidak ada yang mengandung udara yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan boiler seperti boiler dan tube boiler.
2. Motor 6 kv pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) yang ada di PLTU Labuhan Angin memiliki beberapa jenis sistem proteksi. Sistem proteksi yang lebih dominan digunakan adalah Thermal Overload Relay yang di fungsikan ketika adanya beban berlebih pada motor 6 kV di BFWP sehingga dapat mencegah dari kerusakan pada motor.
3. Cara kerja dari sistem proteksi menggunakan sistem overload dilihat dari nilai parameter pada motor. Jika parameter sudah 354 A, maka akan memerintahkan OLR pada MMPR (*Miniatur Microcontroler Protection Relay*) Breaker untuk bekerja. Setelah itu relay akan memerintahkan kontraktor untuk open. Kontraktor akan memberi sinyal stop pada CCR (monitor) dan motor akan trip (stop).
4. Dampak yang terjadi ketika motor 6 kV di Boiler Feed Water Pump (BFWP) tidak berfungsi maka unit pembangkit akan mengalami trip karena tekanan dari air yang di salurkan menuju boiler tank akan berkurang dan tenaga uap penghasil Listrik (steam) juga akan berkurang.
5. Cara mencegah kerusakan pada motor 6 kV di Boiler Feed Water Pump yaitu dengan melakukan perawatan pada motor di Boiler Feed Water Pump yang

dilakukan dengan cara pengecekan berkala pada setiap komponen motor Boiler Feed Water Pump, penggantian komponen yang sudah melebihi batas lifetime, dan penggantian komponen yang rusak. Perawatan motor Boiler Feed Water Pump yang dilakukan secara teratur dapat mengurangi resiko kerusakan, mengurangi down time, meningkatkan kinerja mesin, meningkatkan Keandalan unit.

5.2 Saran

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

1. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menambah luas penelitian dan waktu penelitian sehingga akan diperoleh hasil penelitian yang lebih akurat. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan mengambil sampel dari perusahaan lain agar dapat membandingkan apakah hasil penelitian ini berlaku diperusahaan lain.
2. Peneliti selanjutnya juga bisa menambahkan data Penelitian ini dapat digunakan sebagai kontribusi untuk menambah minat dan motivasi mahasiswa mengenai sistem proteksi pada motor. Penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian mengenai (menganalisis sistem proteksi motor 6 kV (medium voltage) pada *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan Angin PGU) dan juga dapat menjadi sumbangan pengetahuan bagi kalangan akademisi.
3. Peneliti selanjutnya juga dapat menambahkan analisis sistem proteksi pada motor lainnya diluar penelitian analisis sistem proteksi motor 6 Kv (Medium Voltage) pada Boiler Feed Water Pump di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Maulana, A. H. dkk (2015). Analisis Catu Daya Sistem Transformator Pemakaian Sendiri Pada SST dan UST. *Jurnal Teknik*, Volume 4, No. 1.
- [2]. Prasetya, F. A. (2016). Studi Mekanisme Kegagalan Las pada Riser Wall Tube Nomor 2 ASTM A210 Grade A-1 pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 2 PT X. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18321>
- [3]. Pamungkas, I., & Irawan, H. T. (2020). Strategi Pengurangan Risiko Kerusakan Pada Komponen Kritis Boiler di Industri Pembangkit Listrik. *Jurnal Optimalisasi*, 6(1), 86–95.
- [4]. Umam, F., Budiarto., & Dafid, A. (2017). *Motor Listrik*. Malang: Media Nusa Creative
- [5]. S. Aiyub, Y. and A. Kasyfi, "Penggunaan Relai Arus Lebih Tipe Sel-351A Sebagai Proteksi Pada Motor Induksi 3 Phasa," *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 2, no. 1, pp. 287- 298, 2018
- [6]. Naim, Muhammad. (2021). *Sistem Control Dan Kelistrikan Mesin*. Jawa Tengah : NEM IKAPI.
- [7]. Wardoyo, S. Marlrohan, Munarto, 2022. Sistem Proteksi Motor 6 KV 800 KW Menggunakan Boiler Feed Water Pump Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Jurnal Teknik Elektro*.
- [8]. Theraja, A *Textbook Electrical Technology*, New Delhi: S.Chand, 1994.
- [9]. Syah, 2023. Sistem Motor Listrik 6 KV Condensate Extraction Pump di PT Indonesia Power PLTU Suralaya (PGU). *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika (JTMEI)* Vol.2, No.2 Juni 2023.
- [10]. Wendri, N., et al.2012.Alat Pencatat Temperatur Otomatis Menggunakan Termokopel Berbasis Mikrokontroler AT89S51. *Buletin Fisika.No,13 Vol,1*, 29–33.
- [11]. Elvy Sahnur Nasution, Faisal Irsan Pasaribu, & M. Habib Hidayat. (2021). Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 kVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3. *Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil)*, Vol. 2, No.2, Desember 2021, Hal 28 – 39.

- [12]. Puspita and Akbar Darmawan., 2023. *Thermal Overload Relay (TOR) Sebagai Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Molding Biofuel Pelletizer di PT. Sejin Lestari Furniture*. Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektrik dan Informatika (JTMEI) Vol.2, No.2.
- [13]. Tasiam, F.J. Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Teknosain. Yogyakarta. 2017
- [14]. S. Darma, "SISTEM PROTEKSI PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASE 200 KW SEBAGAI PENGGERAK POMPA HYDRAN (ELECTRIC FIRE PUMP)," E-Jurnal Elektro, vol. I, pp. 61-69, 2017
- [15]. A. Saputra, Sistem Proteksi Pada Motor 6KV 1500KW BFWP (Boiler Feed Water Pump) Unit 2 PT.PLN (PERSERO) Unit Pembangkitan Bukit Asam, Bengkulu: Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, 2019.
- [16]. Wibowo Pangestu,. 2015, TOR (Thermal Overload Relay) di <https://www.academia.edu/>
- [17]. Zuhail, 1992, Dasar teknik tenaga listrik dan elektronika daya, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [18]. Didit Very Kuswoyo, Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa dari Gangguan Tidak Seimbang dan Temperatur Lebih Menggunakan Mikrokontroler, Universitas Lampung, 2016, hal 6-7
- [19]. Darmadi, I. P. Y., Wijaya, I. W. A., & Rinas, I. W. (2021). *Pengaruh Filter Pasif Untuk Menekan Harmonisa (THD) Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Phase Menggunakan Matlab*. Jurnal SPEKTRUM, 8, 216-221
- [20]. Pratama, gusti. (2021). *Aplikasi Matlab Sebagai Simulasi Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan VSD (Variable Speed Drive) Acs 800*. Electro national conference (ENACO) politeknik negeri sriwijaya, , 42-48.
- [21]. Tiyono, "Perancangan Setting Relai Proteksi Arus Lebih Pada Motor Listrik Industri," TRANSMISI, vol. I, no. 15, pp. 40-46, 2013.
- [22]. Aulia, S. L., Toto, T., & Kartono, W. (2021). Simulasi Aplikasi PLC Sebagai Sistem Proteksi Arus Dan Temperatur Lebih Pada Motor Induksi Tiga Fasa. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*, 18-23.

- [23]. Hendy Pradika, Moediyono, 2013. *Thermal Overload Relay Sebagai Pengamanan Overload Pada Miniatur Gardu Induk Berbasis Programmabel Logic Controller (PLC) CP1E-E40DR-A*. Jurnal Gema Teknologi Vol. 17 No. 2.
- [24]. Darma Surya, 2015, *Sistem Proteksi Pada Motor Induksi 3 Phase 200 Kw Sebagai Penggerak Pompa Hydran (Electric Fire Pump)*. Palembang : Universitas Palembang.
- [25]. Pandjaitan, *Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Andi Offset, 2012.
- [26]. Joko Subagyo, *Metode penelitian (dalam teori ke praktek)*. Jakarta: Rineck Cipta 2006.
- [27]. Sugiyono, *Memahami Penelitian Kualitatif* (Cet. IV; (Bandung Alfabeta, 2008), h. 87.
- [28]. Sujono Soekanto, *Pengantar Penelitian Hukum* (Jakarta: UI Press. 1986) h. 12
- [29] Hartono., Praharto YB., & Fitrizawati. (2020). *Analisa Thermal Overload Relay (TOR) Type Lrd08c Pada Sistem Proteksi Motor 3 Fasa Belt Conveyor (L3B1C1) 37 KW*. Jurnal ITEKS, 12, 79-90.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PENELITIAN





Nomor : 0674/STH.01.04/PLNIP350000/2024
Lampiran : -
Sifat : Segera - Biasa
Hal : Persetujuan Pengambilan Data

4 November 2024

Kepada

Yth. Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara
Fakultas Teknik
Jl. Mukhtar Basri No. 3
Medan - 20238

Yth. Dekan

Menindaklanjuti surat dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara No. 2004/II.3.AU/UMSU-07/B/2024 tanggal 28 Oktober 2024 perihal Permohonan Pengambilan Data untuk penulisan Tugas Akhir, dengan ini disampaikan bahwa PT PLN Indonesia Power UBP Labuhan Angin pada prinsipnya bersedia menerima Permohonan Pengambilan Data Mahasiswa/i Bapak bina sebanyak 1 (Satu) orang atas nama :

Nama	Ade Trinanda
Npm	1907220073
Jurusan	Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir	Analisis Sistem Proteksi Motor 6 KV (Medium Voltage) Pada Boiler Feed Waterpump di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin Power Generation Unit

Demikian disampaikan untuk dapat diketahui, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.



PLN INDONESIA POWER
MANAGER,
BERLISON HALOHO



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XI/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id>

fatek@umsu.ac.id

[umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.twitter.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

Nomor : 2004 / II.3.AU/UMSU-07/B/2024
Lamp : -
Hal : Pengambilan Data

Medan, 28 Oktober 2024 M
25 Rabiul Akhir 1446 H

Kepada Yth. : **Bapak / Ibu Pimpinan**
PT. PLN Indonesia Power
PLTU Labuhan Angin

Di -
Tempat

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan hormat,

Kami memohon kesediaan Bapak untuk menerima dan memberikan izin bagi Mahasiswa kami yang akan melakukan Pengambilan data di **PT. PLN Indonesia Power PLTU Labuhan Angin** untuk penulisan Tugas Akhir, guna menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S-1) di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun nama mahasiswa kami tersebut adalah :

Nama : Ade Trinanda
Npm : 1907220073
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : **Analisis Sistem Proteksi Motor 6 KV (Medium Voltage) Pada Boiler Feed Waterpump di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuhan Angin Power Generation Unit**

Pembimbing I: **Partaonan Harahap, ST., MT.**

Data yang di cari :

1. Sistem Proteksi Pada Motor 6 KV di Pembangkit
2. Perawatan Sistem Proteksi
3. Cara Kerja Sistem Proteksi

Demikianlah harapan kami atas bantuan dan kerjasama yang bapak/ibu berikan kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT.
NIDN : 0101017202

Cc. File





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Muehtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Ade Trinanda
Npm : 1907220073
Judul Tugas Akhir : "ANALISIS SISTEM PROTEKSI MOTOR 6 KV (MEDIUM VOLTAGE) PADA BOILER FEED WATER PUMP DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP LABUHAN ANGIN POWER GENERATION UNIT"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	6/6-2024	pada Bab 2 perbanyan teori ttt proteksi	
2.	15/7-2024	Rapikan Tulisan pada BAB 2.	
3.	17/7-2024	pd Metodel Rancang apun yg akan dikerjakan.	
4.	8/8/2024	Lengkap Bab 4 tsrt/ deskrib.	
5.	15/8/2024	sejente, data dipelajari dan pulitis	
6.	29/8/2024	Buat Abstrak dan kripsi	
7.	5/9/2024	Ace seminar tsrt.	

Dosen Pembimbing

PARTAONAN HARAHAP, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Ade Trinanda
Npm : 1907220073
Judul Tugas Akhir : **"ANALISIS SISTEM PROTEKSI MOTOR 6Kv (MEDIUM VOLTAGE) PADA BOILER FEED WATER PUMP DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP LABUHAN ANGIN POWER GENERATION UNIT"**

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	13/09-2024	Perbaiki sesuai arahan dari penguji 1 dan 2	
2.	14/09-2024	Ace untuk disidangkan	
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

Dosen Pembimbing

PARTAONAN HARAHAP, S.T., M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Ade Trinanda
Alamat : Jl. Marelan V Pasar 2 Barat LK 16
NPM : 1907220073
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 02 oktober 2001
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Agama : Islam
Status : Belum Kawin
No. Telepon / Whatsapp : 082180607160
Tinggi / Berat Badan : 175 cm / 85 kg
Kewarganegaraan : Indonesia

ORANG TUA

Nama Ayah : Irmanto Ananda
Agama : Islam
Nama Ibu : Fujiani
Agama : Islam
Alamat : Jl. Marelan V Pasar 2 Barat LK 16

RIWAYAT PENDIDIKAN

2006 – 2007 : TK. WAHIDIN SUDIROHUSODO
2007 – 2013 : SD. WAHIDIN SUDIROHUSODO
2013 – 2016 : SMP. BRIGJEND KATAMSO II
2016 – 2019 : SMA. BRIGJEND KATAMSO II
2019 – 2024 : S1 TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA