

STUDI TENTANG SISTEM PROTEKSI MOTOR INDUKSI 3 PHASA DIPT. PLN NUSANTARA POWER UPDK BELAWAN

Muhammad Aditya¹, Sintia Windayana Simbolon², M. Syahrudin³

Teknik Listrik^{1,2,3}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

muhammadaditya@students.polmed.ac.id¹, sintiawindayana@students.polmed.ac.id²,

m_syahrudin@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Motor induksi merupakan jenis motor yang tidak memiliki tegangan eksternal yang diberikan pada rotornya, tetapi arus pada stator menginduksikan tegangan pada celah udara dan pada lilitan rotor untuk menghasilkan arus sehingga dapat mengalir pada rotor. Akibat munculnya arus pada rotor dan adanya medan magnet pada stator maka rotor akan berputar mengikuti hukum Lorentz. Kecepatan putaran rotor tidak akan pernah mencapai kecepatan sinkron atau lebih, disebabkan karena apabila kecepatan sinkron dan rotor sama, maka tidak ada arus yang terinduksi pada rotor sehingga tidak ada gaya yang terjadi pada rotor sesuai dengan hukum Lorentz. Fungsi dari sistem proteksi adalah untuk memisahkan dengan seketika bagian-bagian dari suatu sistem tenaga listrik jika bagian-bagian tersebut mengalami gangguan atau peralatan mulai beroperasi tidak normal agar tidak menimbulkan kerusakan pada sistem tenaga listrik tersebut. Motor rotor sangkar paling banyak dipergunakan karena harga motor rotor sangkar lebih murah, kompak dan konstruksinya lebih sederhana.

Kata Kunci : Motor Induksi, Sistem Proteksi, Rotor Sangkar

PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan, Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator.

Lucky Pradigta pada tahun 2011 dengan judul penelitian tentang sistem pengaman motor induksi tiga fasa terhadap gangguan unbalance voltage dan over load. Penelitian ini bertujuan mengamankan motor induksi tiga fasa dari unbalance voltage dan over load, sistem pengaman bekerja dengan membandingkan nilai set point dengan parameter berupa tegangan serta arus yang diukur oleh sensor terhubung ke motor induksi.

Secara umum gangguan yang mungkin terjadi pada motor listrik 3 fasa antara lain, arus start yang besar (over load), arus hubung singkat (short circuit), ketidak-seimbangan antar fasa (unbalance), jatuh tegangan (under voltage). Untuk kerugian yang ditimbulkan akibat gangguan-gangguan tersebut, maka diperlukan suatu analisis sistem produksi yang harus dipasang pada motor. Untuk memilih alat pengaman yang digunakan harus direncanakan dengan perhitungan harus direncanakan dengan perhitungan yang tepat, karena kegagalan dari alat pengaman dapat mengakibatkan kefatalan. Sistem produksi ini diperlukan terutama pada motor-motor listrik yang penting atau vital yang mempunyai kapasitas besar, dimana harga pembelian dan biaya perbaikan jika terjadi kerusakan sangat mahal. Sehingga terjadi kerusakan pada motor tersebut membutuhkan waktu perbaikan yang lama dan biaya yang besar, sedangkan proses produksi terus dilakukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Uraian Teori

1. Motor Induksi

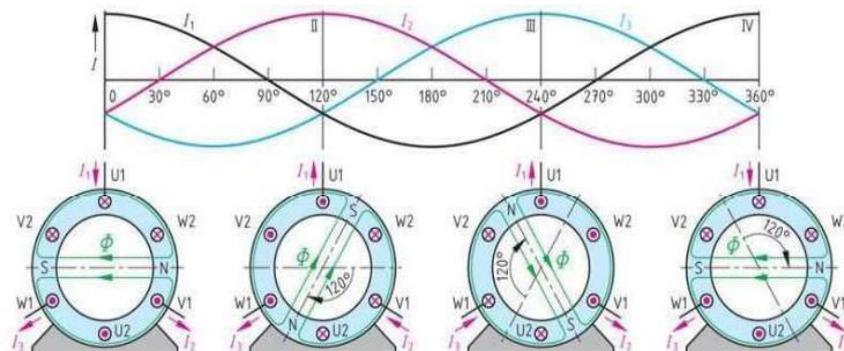
Motor induksi adalah motor listrik arus bolak-balik (AC) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan putar pada stator dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan pada stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Motor induksi adalah motor (AC) yang paling banyak digunakan dalam industri dengan skala besar dan kecil maupun dalam rumah tangga. (Sarjono et al., 2020)

Konstruksi motor induksi tiga fasa :

- a) Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya. Stator ini dihubungkan dengan suplai 3 fasa untuk memutar rotor.
- b) Rotor adalah bagian dari motor listrik atau generator listrik yang berputar pada sumbu rotor. Rotor dihubungkan dengan beban yang akan diputar dengan sebuah shaft yang terpasang pada pusat rotor. (Brier & lia dwi jayanti, 2020)

2. Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3-fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3-fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi. (Anthony, 2019)



Gambar 1. Bentuk gelombang sinusoidal dan timbulnya medan putar pada stator motor induksi

Sumber: (Soedjarwanto, Noer Zebua, Osea Lazuardy, 2019)

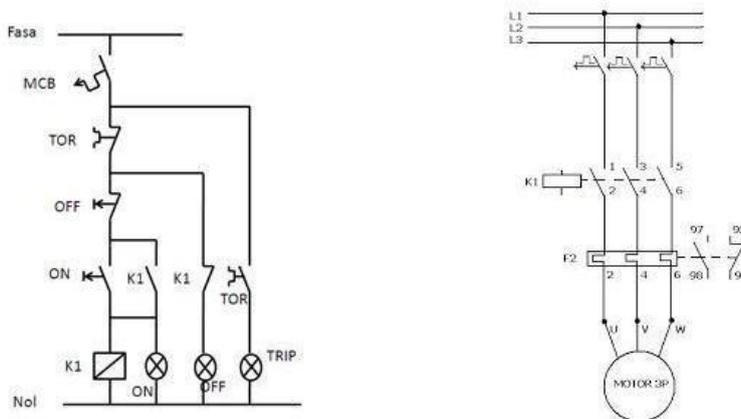
- 1) Saat sudut 0° . Arus I_1 bernilai positif dan arus I_2 dan arus I_3 bernilai negatif dalam hal ini belitan V_2 , U_1 dan W_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan V_1 , U_2 dan W_1 bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). terbentuk fluks magnet pada garis horizontal sudut 0° . kutub S (south=selatan) dan kutub N (north=utara).
- 2) Saat sudut 120° . Arus I_2 bernilai positif sedangkan arus I_1 dan arus I_3 bernilai negatif, dalam hal ini belitan W_2 , V_1 dan U_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat W_1 , V_2 dan U_1 bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi awal.
- 3) Saat sudut 240° . Arus I_3 bernilai positif dan I_1 dan I_2 bernilai negatif, belitan U_2 , W_1 dan V_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat U_1 , W_2 dan V_1 bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi kedua.
- 4) Saat sudut 360° . posisi ini sama dengan saat sudut 0° . dimana kutub S dan N kembali keposisi awal sekali. (Soedjarwanto, Noer Zebua, Osea Lazuardy, 2019)

Dari keempat gambar 2.1 kondisi diatas saat sudut 0° ; 120° ; 240° ; 360° , dapat dijelaskan terbentuknya medan putar pada stator, medan magnet putar stator akan memotong belitan rotor. Garis-garis gaya fluks dari stator tersebut yang berputar akan memotong penghantar-penghantar rotor yang berada di rongga stator sehingga pada penghantar rotor tersebut timbul Gaya Gerak Listrik (GGL) atau tegangan induksi. (Zalukhu, 2022)

3. Pengasutan Motor Induksi 3 phasa

a. DOL (Direct Online)

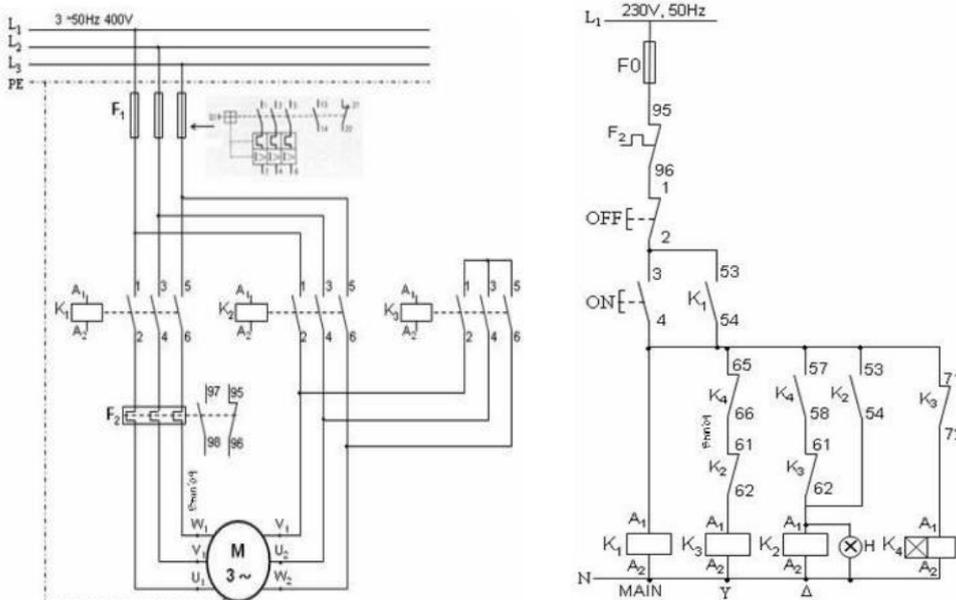
Rangkaian DOL atau Rangkaian *Direct Online* adalah sebuah rangkaian motor listrik yang terdiri dari satu buah kontaktor, motor listrik dan satu buah *Thermal Overload Relay* (TOR). Sistem kerja rangkaian starting dol pada motor mendapatkan supply tenaga sebesar 100% dari tegangan sumber 380.(Adjie & Dwi, 2022)



Gambar 2. Rangkaian DOL
Sumber : (Mala Putra et al., 2017)

b. Star Delta

Jenis *starter* ini mengurangi lonjakan arus dan torsi pada saat *start*. Tersusun atas 3 buah contactor yaitu *Main Contactor*, *Star Contactor* dan *Delta Contactor*, Timer untuk pengalihan dari *Star* ke *Delta* serta sebuah *overload relay*. Gulungan stator hanya menerima tegangan sekitar 0,578 (seper akar tiga) dari tegangan *line*. . Jadi arus dan torsi yang dihasilkan akan lebih kecil dari pada DOL *Starter* (Cahyo Edy Wibowo et al., 2014)



Gambar 3. Rangkaian Star Delta
Sumber : (Mala Putra et al., 2017)

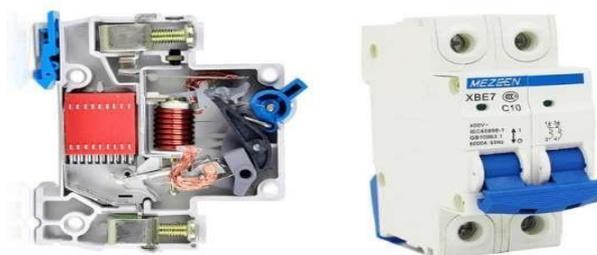
4. Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Sistem

proteksi merupakan pengaman listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik, transformator tenaga, transmisi tenaga listrik yang dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu. (Azis & Febrianti, 2019)

Ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan pemasangan sistem proteksi di sirkuit sistem tenaga listrik yaitu:

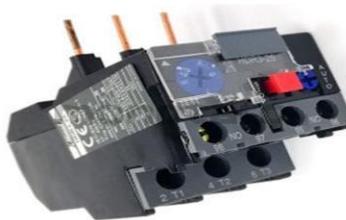
1. Sensitifitas
Sensitifitas adalah kepekaan proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlingkungannya. (ichsanul mahendra, rizki anada, lancar siahaan, 2022)
2. Kecepatan
Sistem proteksi perlu memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi.(Aryanto et al., 2013)
3. Selektifitas dan Deskriminatif
Selektif berarti sistem proteksi mampu memilih bagian mana yang perlu diisolir ketika terjadi gangguan. Syafii (2016) menjelaskan bahwa suatu sistem proteksi akan memiliki kemampuan selektivitas dan deskriminatif dapat tercapai dengan mengatur tingkat setting arus (current grade) tingkat waktu (time grade), ataupun keduanya.(Ariana, 2016)
4. Keandalan
Suatu sistem proteksi dikatakan andal apabila selalu berfungsi seperti yang diharapkan. Sistem proteksi dikatakan tidak andal jika gagal bekerja saat dibutuhkan dan bekerja padasaat proteksi itu tidak seharusnya bekerja. Rele dikatakan baik apabila memiliki nilai keandalan 90-99%. (Prameswari, 2022)
5. Peralatan Sistem Proteksi
 - a. Mini Circuit Breaker (MCB)
MCB adalah alat pengaman tegangan media yang beroperasi secara otomatis melawan beban lebih dan hubung singkat. Prinsip kerja MCB adalah keamanan thermic untuk gangguan arus lebih dan perlindungan magnet untuk gangguan hubung singkat. Pengaman termal ini menggunakan bimetal yang terdiri dari dua pelat logam terjebak bersama. Panas yang dihasilkan oleh gangguan tersebut arus berlebih akan menyebabkan bimetal ini melengkung dan dorong tuas pemutus sehingga MCB akan trip. (Syukur et al., 2021)



Gambar 4. Bentuk MCB
Sumber : (Syukur et al., 2021)

b. 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. TOR bekerja berdasarkan prinsip pemuaian dan benda bimetal. Apabila benda terkena arus yang tinggi, maka benda akan memuai sehingga akan melengkung dan memutuskan arus.(Pradika & Moediyono, 2015)



Gambar 5. Thermal Overload Relay
Sumber : (Pradika & Moediyono, 2015)

c. Sekering (*fuse*)

Sekering (*fuse*) adalah pengaman lebur yang fungsinya mengamankan peralatan listrik dari gangguan hubung singkat. Berdasarkan bentuknya sekering dapat di klasifikasikan menurut tipe atau jenisnya di antaranya tipe ulir, tipe tabung, dan tipe pisau. (Denny R. Pattiapon, 2017)

- a) Tipe Ulir terdiri dari sebuah silinder porselin, di dalamnya terdapat selain kawat perak (*smeldreed*), juga sebuah kawat tahanan.
- b) Tipe Tabung, pengaman lebur dengan kapasitas yang relatif mulai kapasitas pemutusan yang rendah hingga tinggi dan dapat dijumpai dalam rating tegangan extra rendah, tegangan rendah, tegangan menengah, ataupun tegangan tinggi.
- c) Tipe Pisau sering disebut pula HRC (*High Rupturing Capacity*). Sekring tipe ini merupakan jenis sekering pengaman dengan kapasitas pemutusan tinggi.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan untuk melakukan data sebagai berikut :

- 1) Identifikasi tujuan penelitian yang dilakukan
- 2) Menentukan desain dalam penelitian
- 3) Menentukan sampling penelitian
- 4) Pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian
- 5) Analisis data hasil yang diperoleh dengan membandingkan hasil dari teori yang peneliti gunakan
- 6) Menarik sebuah kesimpulan tentang hasil analisis data yang dilakukan

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada wilayah kerja PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan Unit Layanan PLTU Belawan, JL.Pulau Sicannang, SEI Mati, Medan Kota, 20252 Medan, Sumatera Utara.

Model Penelitian

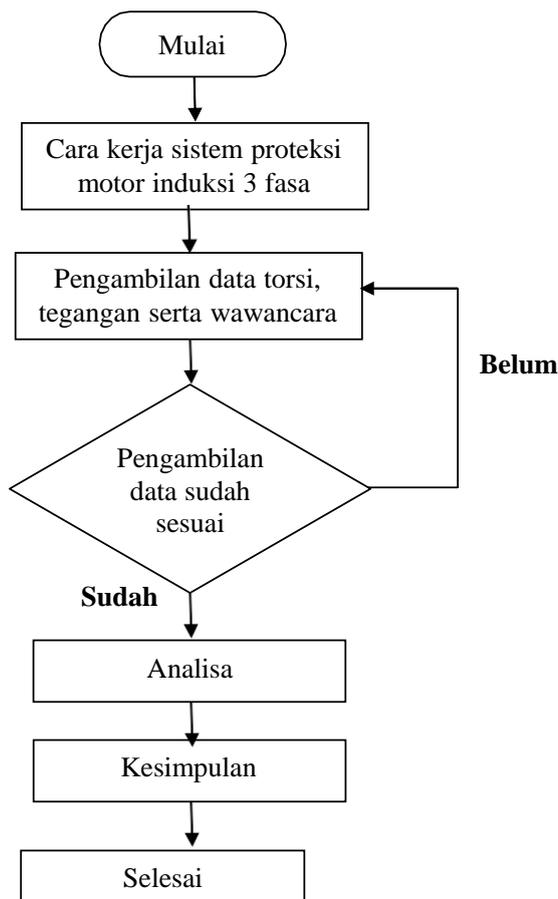
Metode Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dan kualitatif pada penelitian kualitatif data yang diperoleh peneliti didapatkan langsung dari wawancara melalui pertanyaan yang menyangkut pada masalah yang terjadi pada motor baik itu pada saat mengalami situasi darurat maupun dalam keadaan normal. Sedangkan jenis penelitian kuantitatif memperoleh data secara langsung pada pengecekan motor listrik untuk memastikan data yang diperoleh dengan akurat.

Objek Penelitian

Penelitian ini adalah hasil sistem proteksi motor induksi 3 Phasa tegangan 380 V dan mengetahui kesesuaian setting sistem proteksi, komponen, dan bagaimana spesifikasi yang digunakan untuk pengamanan motor induksi 3 phasa tegangan 380 V.

Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



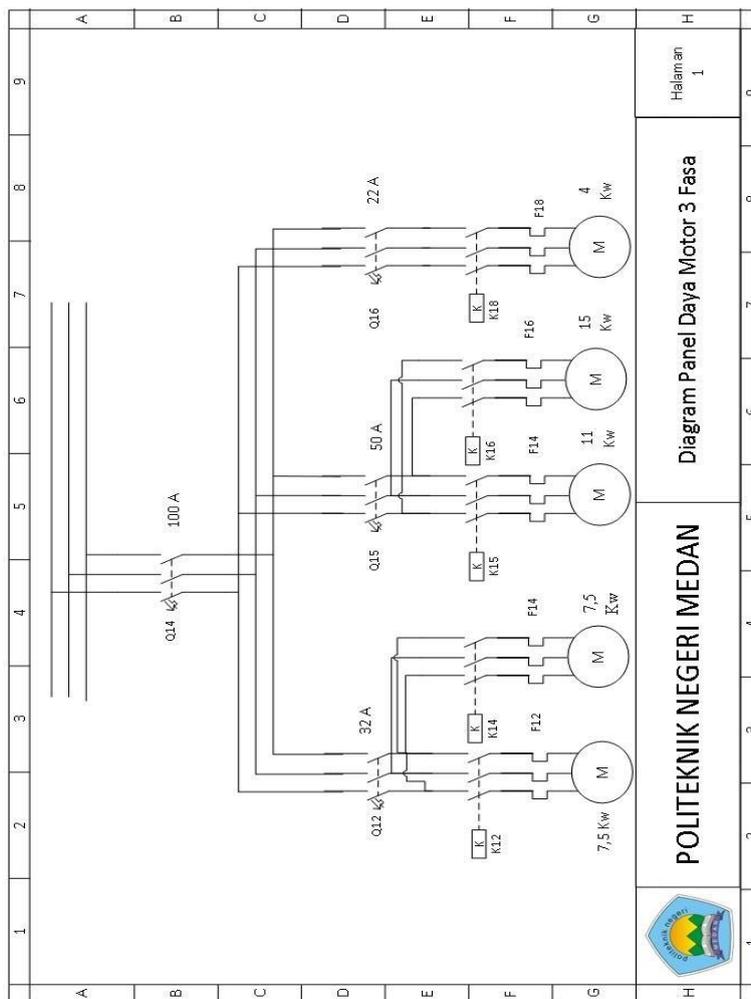
Gambar 6. Diagram Flowchart

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara langsung ke lapangan dengan memperhatikan semua name plate motor yang ada pada Water Threatment Plant PLTU UPDK Belawan. Berikut data yang didapatkan terdapat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data spesifikasi motor

No	Nama Motor	Daya (Kw)	Frekuensi(Hz)	Tegangan(V)	Arus Nominal (A)	Putaran (rpm)	cosφ
1	Motor Drinking Water Pump 1	7,5	50	380	14,5	2900	0,89
2	Motor Drinking Water Pump 2	7,5	50	380	14,5	2900	0,89
3	Motor Transfer Water Pump 1	11	50	380	22	2900	0,89
4	Motor Transfer Water Pump 2	15	50	380	29	2900	0,89
5	Service Motor Compressor	4	50	380	6,8	1440	0,89



Gambar 7. Rangkaian Daya Motor

Teknik Analisis Data

Menganalisis dan membahas data-data yang di dapat dari hasil penelitian. Analisis data dapat dilakukan dengan metode perhitungan secara manual sesuai dengan standar PUIL 2011 kemudian membandingkan dengan hasil yang ada dilapangan sesuai atau tidak dengan PUIL 2011.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Arus Operasi (In)

Secara matematis nilai arus nominal pada motor dapat dihitung jika daya dan faktor daya dari nameplate motor listrik diketahui. Arus nominal atau arus operasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

1. Menghitung In Motor drinking water pump 1 dan 2:

a. Diketahui : daya motor drinking pump 1 & 2P = 7500W

cos φ = 0,89

$$I_n = \frac{7500}{\sqrt{3} \times 380V \times 0,89}$$

$I_{n1} = 12,8 \text{ A}$

2. Menghitung In Motor transfer water pump 1 dan 2:

a. Diketahui daya motor 1 :

P = 11000W

cos φ = 0,89

$$I_n = \frac{11000}{\sqrt{3} \times 380V \times 0,89}$$

$$I_{n2} = 18,7 \text{ A}$$

b. Diketahui daya motor 2:

$$P = 15000W$$

$$\cos \phi = 0,89$$

$$I_n = \frac{15000}{\sqrt{3} \times 380V \times 0,89}$$

$$I_{n3} = 25,6 \text{ A}$$

3. Menghitung I_n Service Motor Compressor:

$$P = 4000W$$

$$\cos \phi = 0,89$$

$$I_n = \frac{4000}{\sqrt{3} \times 380V \times 0,89}$$

$$I_{n4} = 6,83 \text{ A}$$

Dapat dilihat dari tabel 2 bahwa nilai arus operasi masing-masing motor induksi sebagai berikut.

Tabel 2. Data Arus Operasi Motor

No	Nama Motor	Arus Operasi (A)
1	Motor Drinking Water Pump 1	12,8
2	Motor Drinking Water Pump 2	12,8
3	Motor Transfer Water Pump 1	18,7
4	Motor Transfer Water Pump 2	25,6
5	Service Motor Compressor	6,83

Kesesuaian Instalasi Proteksi Dengan PUIL

Untuk mengetahui bahwa instalasi yang sudah ada dilapangan sesuai dengan persyaratan umum instalasi listrik (PUIL) beberapa syarat sirkit motor yang harus dipenuhi adalah kapasitas MCB, Spesifikasi overload, dan kemampuan hantar harus.

Menghitung arus pengenalan untuk gawai proteksi arul Lebih (GPAL)

a. Motor Drinking Water Pump 1& 2 : $110\% \times 12,8 \text{ A} = 14,08 \text{ A}$

b. Motor Transfer Pump 1 : $110\% \times 18,7 \text{ A} = 20,57 \text{ A}$

c. Motor Transfer Pump 2 : $110\% \times 25,6 \text{ A} = 28,16 \text{ A}$

d. Service Motor Compressor : $110\% \times 6,83 \text{ A} = 7,51 \text{ A}$

Langkah selanjutnya adalah menghitung KHA untuk masing masing kabel sirkit akhir motor (I_z) yang sesuai dengan arus operasi masing masing motor saat operasi, karena kabel sirkit akhir yang digunakandi area Water Treatment Plant adalah jenis kabel NYY, maka KHA sirkit akhir yang sesuai dengan KHA kabel jenis NYY.

Menghitung KHA masing masing kabel sirkit akhir yang harus dipilih adalah:

- a. Motor Drinking Water Pump 1 & 2 : $125\% \times 12,8 \text{ A} = 16 \text{ A}$
- b. Motor Transfer Pump 1 : $125\% \times 18,7 \text{ A} = 23,37 \text{ A}$
- c. Motor Transfer Pump 2 : $125\% \times 25,6 \text{ A} = 32 \text{ A}$
- d. Service Motor Compressor : $125\% \times 6,83 \text{ A} = 8,53 \text{ A}$

Dari perhitungan KHA untuk masing masing motor listrik tersebut, maka dapat ditentukan luas penampang kabel yang sesuai untuk digunakan di sirkit akhir dan sirkit kendali tiap motor agar tidak terjadinya panas atau rugi-rugi daya pada kabel dan kerusakan lainnya. Dikarenakan sirkit akhir dilapangan menggunakan kabel tanah NYY, maka dapat ditentukan jenis kabel yang sesuai untuk tiap-tiap motor listrik adalah sebagai berikut :

1. Motor Drinking Water Pump 1 & 2 : $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$ (18,5 A)
2. Motor Transfer Pump 1 : $4 \times 2,5 \text{ mm}^2$ (25 A)
3. Motor Transfer Pump 2 : $4 \times 4 \text{ mm}^2$ (34 A)
4. Service Motor Compressor : $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$ (18,5 A)

Setelah luas penampang kabel sirkit akhir sudah ditentukan sesuai KHA, selanjutnya menentukan nilai arus untuk gawai proteksi hubung singkat (GPHP) $\leq I_z$ sebagai berikut :

1. Motor Drinking Water Pump 1 & 2 : 15 A
2. Motor Transfer Pump 1 : 21 A
3. Motor Transfer Pump 2 : 29 A
4. Service Motor Compressor : 8 A

Perhitungan KHA kabel untuk sirkit cabang harus sesuai dengan PUIL 510.5.3.2 untuk sirkit yang mensuplai dua motor atau lebih, tidak boleh mempunyai KHA kurang dari jumlah arus beban penuh semua motor ditambah 25% dari arus beban penuh motor yg terbesar dalam kelompok tersebut. Karena sirkit cabang tiap-tiap panel memiliki dua motor yang dibebani kecuali panel untuk service motor compressor, maka dapat dihitung KHA yang dibutuhkan untuk setiap sirkit cabang dengan cara sebagaiberikut:

$$\begin{aligned} \text{KHA sirkit cabang MDWP} &= I_{n1} + (1+0,25) I_{n2} \\ &= 12,8 + (1,25) 12,8 \\ &= 28,8 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KHA sirkit cabang MTWP} &= I_{n3} + (1+0,25) I_{n4} \\ &= 18,7 + (1,25) 25,6 \\ &= 50,7 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KHA sirkit cabang SMC} &= (1+0,25) I_{n5} \\ &= 1,25 (6,83) \\ &= 8,53 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari KHA untuk tiap sirkit cabang yang telah ditentukan maka dapat ditentukan luas penampang kabel jenis NYA dan besar gawai proteksi yang sesuai untuk diletakkan di panel hubung bagi sesuai dengan tabel 3 berikut :

Tabel 3. Luas Penampang dan kapasitas MCCB yang sesuai untuk sirkit cabang pada tiap tiap panel

No	Nama Panel Hubung Bagi	Luas penampang kabel (mm ²)	Kapasitas MCCB (A)
1	Panel MDWP	2,5	25
2	Panel MTWP	6	50
3	Panel SMC	1	8

Kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai KHA dari saluran utama yang dapat menampung arus yang mengalir ke motor jika motor dijalankan secara serentak,

$$= \text{KHA sirkit cabang MDWP} + \text{KHA sirkit cabang MTWP} + \text{KHA sirkit cabang SMC}$$

$$= 28,8 \text{ A} + 50,7 \text{ A} + 8,53 \text{ A}$$

$$= 88,03 \text{ A}$$

Kabel NYY yang sesuai dengan KHA saluran utama adalah kabel yang mempunyai luas penampang 25 mm² dengan kuat hantar arus kabel tersebut sebesar 106 A. Jadi kabel dengan luas penampang tersebut dapat menampung arus beban semua motor listrik jika dihidupkan secara serentak. Pemilihan sakelar utama juga harus mempunyai batas arus pengenal lebih kecil dari KHA kabel dan dapat dipilih MCB dengan batas 100 A sekaligus sebagai pengaman arus lebih ke rangkaian akhir.

Kesesuaian instalasi yang digunakan di lapangan menurut PUIL dapat dilihat dalam tabel 4 berikut :

Tabel 4. Kesesuaian parameter yang dihitung dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL)

No	Parameter ditinjau	Nilai di lapangan	Nilai seharusnya menurut PUIL	Keterangan
1.	MCCB saluran utama	100 A	100 A	Sesuai
2.	MCB sirkit cabang MDWP	22 A	25 A	Sesuai
3.	MCB sirkit cabang MTWP	50 A	50 A	Sesuai
4.	MCB sirkit cabang SMC	22 A	8 A	tidak sesuai
5.	Overload MDWP 1	15 A	15 A	Sesuai
6.	Overload MDWP 2	15 A	15 A	Sesuai
7.	Overload MTWP 1	19 A	21 A	Sesuai
8.	Overload MTWP 2	29 A	29 A	Sesuai
9.	Overload SMC	7,5 A	8 A	Sesuai
10.	Sirkit akhir MDWP 1	4x2,5 mm ²	4x1,5 mm ²	sesuai
11.	Sirkit akhir MDWP 2	4x2,5 mm ²	4x1,5 mm ²	sesuai
12.	Sirkit akhir MTWP 1	4x2,5 mm ²	4x2,5 mm ²	sesuai
13.	Sirkit akhir MTWP 2	4x4 mm ²	4x4 mm ²	sesuai
14.	Sirkit akhir SMC	4x1,5 mm ²	4x1,5 mm ²	sesuai
15.	Sirkit cabang panel MDWP	4 mm ²	2,5 mm ²	sesuai

No	Parameter ditinjau	Nilai di lapangan	Nilai seharusnya menurut PUIL	Keterangan
16.	Sirkuit cabang panel MTWP	2,5 mm ²	6 mm ²	tidak sesuai
17.	Sirkuit cabang panel SMC	1,5 mm ²	1 mm ²	sesuai
18.	Kabel Saluran Utama	16 mm ²	25 mm ²	tidak sesuai

Dari tabulasi pada tabel 4 dapat ditarik kesimpulan

1. Dari tabel no 4 MCB pada sirkuit cabang SMC dilapangan terlalu besar dan tidak sesuai dengan hasil perhitungan menurut PUIL 2011. Jika MCB terlalu besar maka MCCB tidak akan bekerja dengan efektif saat terjadi arus lebih atau hubung singkat. Akibatnya motor akan tetap terkena arus lebih atau hubung singkat yang menyebabkan motor bisa terbakar atau rusak.
2. Dari tabel no 16 sirkuit cabang MTWP dilapangan 2,5 mm² terlalu kecil dengan hasil perhitungan menurut PUIL 2011 yaitu 6 mm².

Ketika motor di operasikan secara serempak akan menyebabkan kabel tersebut menjadi panas dan menyebabkan rusaknya isolasi pada kabel yang bisa menyebabkan hubung singkat. Tapi kenyataan dilapangan motor di operasikan secara bergantian maka tidak akan menyebabkan kabel tersebut menjadi panas dan tidak akan menyebabkan rusaknya isolasi pada kabel.

Kesimpulan pada tabel no 16 adalah tetap aman digunakan luas penampang kabel 2,5 mm² di karenakan motor di operasikan secara bergantian. Sebaiknya agar memenuhi ketentuan PUIL sebaiknya kabel yang digunakan adalah kabek dengan luas penampang 6 mm².

3. Dari tabel no 18 kabel saluran utama dilapangan 16 mm² terlalu kecil dengan hasil perhitungan menurut PUIL 2011 yaitu 25 mm².

Ketika motor di operasikan secara keseluruhan akan menyebabkan kabel tersebut menjadi panas dan menyebabkan rusaknya isolasi pada kabel yang bisa menyebabkan hubung singkat. Tapi kenyataan dilapangan hanya 3 motor yang beroperasi secara terus menerus dan 2 motor merupakan *standby*. maka tidak akan menyebabkan kabel tersebut menjadi panas dan tidak akan menyebabkan rusaknya isolasi pada kabel.

Kesimpulan pada tabel no 18 adalah tetap aman digunakan luas penampang kabel 16 mm² di karenakan hanya 3 motor di operasikan secara terus menerus dan 2 motor lagi *standby*. Sebaiknya agar memenuhi ketentuan PUIL sebaiknya kabel yang digunakan adalah kabek dengan luas penampang 25 mm².

SIMPULAN

Sistem proteksi pada motor induksi 3 phasa tegangan 380V diantaranya adalah MCB sebagai pemutus ketika terjadi hubung singkat dan Thermal Overload Relay (TOR) sebagai proteksi jika terjadi arus lebih pada motor saat operasi. Kesesuaian setting sistem proteksi sesuai puil adalah menetapkan arus pengenal gawai arus lebih sebesar 110 – 115% dari arus operasi motor dengan KHA kabel sebesar 125% dari arus operasi motor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui pusat penelitian dan pengabdian kepada masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjie, M., & Dwi, A. (2022). *ANALISA SISTEM STARTING DOL (DIRECT ON LINE) PADA MOTOR LISTRIK PT . SEMEN BATURAJA Analisa Sistem Starting Dol (Direct On Line) Pada Motor ... penggunaannya , yaitu sebagai penggerak mesin-mesin yang difungsikan keuntungan yaitu konstruksi yang sederha.* 395–402.
- Anthony, Z. (2019). Motor Induksi. *Mesin Listrik Arus Bolak-Balik*, 1–184. <https://drive.google.com/file/d/1LhWupCcI2es1DbNUu6-jgf7G2UNzXK6p/view?usp=sharing>.
- Ariana, R. (2016). *Evaluasi Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Feeder GH Lubuk Buaya.* 2016, 1–23.
- Aryanto, T., Sutarno, & Sunardiyo, S. (2013). *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara.* 5(2), 107–115.
- Azis, A., & Febrianti, I. K. (2019). Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang. *Jurnal Ampere*, 4(2), 332. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i2.3468>.
- Brier, J., & lia dwi jayanti. (2020). *perancangan kumparan pada motor induksi tiga fasa.* 21(1), 1–9. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>.
- Cahyo Edy Wibowo, N., Handajadi, W., & Teknik Elektro, J. (2014). Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Program Di Pt Madubaru Yogyakarta. *Jurnal Elektrikal*, 1(1), 91–100. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2586/1994>.
- Denny R. Pattiapon, J. J. R. (2017). TINJAUAN PENGAMAN GARDU DISTRIBUSI 37A TERHADAP LEDAKAN TRAF0 DI SKIP DALAM PALDAM. *Jurnal Manajemen*, 7(2), 31–37. <https://doi.org/10.26460/jm.v7i2>.
- Ichsanul mahendra, rizki anada, lancar siahaan, J. (2022). *Analisa sistem proteksi relay arus lebih terarah di gardu induk asahan.* 11(1), 21–33.
- Juni, J., Risfendra, R., & Habibullah, H. (2020). Sistem Monitoring dan Protection Motor Induksi 3 Phasa dengan Labview. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.106748>.
- Mala Putra, J. S., Endramawan, P., & Hariwibowo, A. (2017). Pembuatan Trainer Instalasi Motor 3 Phase. *Jupiter (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, 1(2), 81. <https://doi.org/10.25273/jupiter.v1i2.1021>.
- Pradika, H., & Moediyono, M. (2015). Thermal Overload Relay Sebagai Pengaman Overload Pada Miniatur Gardu Induk Berbasis Programmable Logic Controller (Plc) Cp1E-E40Dr-a. *Gema Teknologi*, 17(2), 80–85. <https://doi.org/10.14710/gt.v17i2.8922>.
- Prameswari, D. N. (2022). *Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 Kv Padalarang Baru.* 1–106.
- Sarjono, Gianto, R., & Hiendro, A. (2020). Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 Hp / 75 Kw Pada Panel Star – Delta Di Pdam Tirta Raya Adi Sucipto. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1), 8. Vol. 2. No.2.pp. 142-151.
- Soedjarwanto, Noer Zebua, Osea Lazuardy, M. H. (2019). *Pengaturan Kecepatan Motor Induksi.* 03, 1–59.
- Syukur, A., Sultan, A., & Makassar, U. (2021). Studi Sistem Proteksi Motor Induksi Di Pabrik PT. Semen Bosowa Maros. *Product of Electrical Engginering, Faculty of Ennginering*, 9, Maret, 18–19. https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/14598-Full_Text.pdf.
- Tukananto, A., Junaidi, & Hardiansyah. (2015). Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor 3 Fasa Dengan Timer. *Urnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1), 1–8.