

## PENGGUNAAN METODE PHASE FAILURE RELAY UNTUK GANGGUAN VOLTAGE UNBALANCE PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASA

**Mochammad Arif Wicaksono<sup>1</sup>, Penulis<sup>2</sup>**

*Program studi teknik kelitrikan kapal*

*Jurusan teknik kelistrikan kapal*

*Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*

*E-mail: abcd@gmail.com*

### ABSTRAK

*Gangguan voltage unbalance sangatlah mengganggu pada proses produksi, karena gangguan voltage unbalance berdampak besar pada motor induksi 3 phasa yang merupakan jenis motor paling sering digunakan pada proses produksi di industri. Voltage Unbalance menyebabkan ketidakseimbangan arus yang mengalir menuju belitan stator motor. Gangguan tersebut mempunyai dampak yang sangat berbahaya pada motor, bila dibiarkan berlarut-larut akan mengakibatkan peningkatan suhu dan dapat mengakibatkan motor induksi 3 phasa terbakar dikarenakan arus yang mengalir sangat besar. Penggunaan PFR (Phase Failure Relay) merupakan solusi yang cepat, fleksibel, dan efisien untuk mengatasi masalah gangguan voltage unbalance. PFR berfungsi untuk menjaga tegangan alternator agar tetap konstan, maka alternator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu konstan pada harga nominalnya dalam keadaan beban yang berubah-ubah dan diusahakan selalu berputar pada kecepatan nominalnya. Penggunaan Thermal Overload juga dapat digunakan, namun tidaklah semaksimal PFR dalam cara kerjanya, karena hanya mendeteksi tegangan lebih saja. Sehingga Thermal Overload bukanlah alat proteksi yang utama. Dengan menggunakan metode analisa data yang diperoleh dari perusahaan masalah penanganan gangguan voltage unbalance yang terjadi pada motor induksi 3 phasa bisa dilakukan dengan hasil : pada bulan ke-1 sampai bulan ke-4 dan bulan ke-6 besar tegangannya relatif stabil mendekati angka nominalnya 380V, dengan besar tegangan antar phasanya pada bulan ke-1 (364V, 357V, 371V) dan arus nominal tiap phasanya (15,66A, 16,2A, 15,8A). Pada bulan ke-5 besar tegangan antar phasa jauh mendekati angka nominalnya (264 V, 283V, 375V) dengan besar arus (0,4A, 17,7A, 40A), lalu terjadilah gangguan unbalance voltage dengan besar tegangan antar phasa. %Unbalance Voltage sebesar 12,06% (Standart perusahaan sebesar 10%) untuk pencegahan terjadinya voltage unbalance dilakukan dengan cara memasang alat proteksi berupa Phase Failure Relay (PFR) pada supply tegangan masuk.*

**Kata Kunci :** *Voltage Unbalance, Motor induksi 3 phasa, PFR, Thermal overload, Motrol Control Center*

## **PENDAHULUAN**

Dalam kalangan industri terdapat banyak gangguan seperti voltage unbalance, dimana voltage unbalance merupakan masalah yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik di industri terutama pada motor, dan berakibat buruk pada hasil industri, dikarenakan motor induksi 3 pasha yang terkena voltage unbalance, akibatnya tegangan pada motor tidak konstan. Gangguan unbalance ini sering kali muncul tidak terduga dan berlangsung sangat cepat dan dapat menyebabkan kerusakan, tentu saja hal ini sangat membahayakan karena dapat mengganggu sistem kerja motor dan hasil industri yang menyebabkan kerugian yang sangat besar. PFR dibutuhkan sebagai alat untuk mengamankan jika terjadinya voltage unbalance.

Untuk mengamankan dan juga melakukan perawatan motor agar tidak terbakar karena tegangan yang tidak stabil, ketika motor terbakar maka produksi akan terhenti atau tidak memenuhi keinginan para konsumen, karena kondisi produksi yang tidak sempurna akibat motor induksi 3 fasa mengalami gangguan voltage unbalance. Sehingga konsumen akan merasa kecewa karena hasil pesanan yang tidak sesuai keinginan.

Dalam analisis penanganan ini, penulis dapat memberikan perawatan motor agar tidak terjadi lagi gangguan voltage unbalance pada panel MCC, sehingga memunculkan sebuah judul analisis penanganan gangguan voltage unbalance di motor induksi 3 fasa pada panel motor control center di PT. Semesta Eltrindo Pura Gresik, maka untuk hasil yang nantinya didapatkan akan berupa kesimpulan dan saran rekomendasi yang memungkinkan untuk kekurangan yang ada. Dari latar belakan tersebut penulis membuat penelitian dengan judul "ANALISIS PENANGANAN GANGGUAN VOLTAGE UNBALANCE DI MOTOR INDUKSI 3 PHASA PADA PANEL MOTOR CONTROL CENTER MENGGUNAKAN PFR DI PT. SEMESTA ELTRINDO PURA GRESIK"

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, tujuan mengetahui cara identifikasi terhadap gangguan ketidak seimbangan suplai tegangan listrik pada motor induksi 3 fasa, mengetahui penyebab terjadinya gangguan ketidak seimbangan suplai tenaga listrik pada motor induksi 3 fasa, mengetahui dan memahami cara mengatasi gangguan ketidak seimbangan suplai tenaga listrik pada motor induksi 3 fasa.

Berdasarkan penulisan penelitian ini diharapkan memberi manfaat bagi mahasiswa yaitu Menambah ilmu pengetahuan dan wawasan lebih antara materi di bangku kuliah dengan keadaan nyata di industri dan dapat menggambarkan tentang kondisi nyata di dunia industri pada umumnya tidak hanya sekedar teori. Penelitian ini diharapkan mampu mengurangi kerugian dan memaksimalkan pengamanan untuk perusahaan yang bersangkutan dan investasi jangka panjang.

Dalam sebuah penelitian hendaknya memiliki sebuah batasan penelitian. Supaya pembahasan tidak terlalu jauh dari topik yang dibahas maka pembahasan topik ini dibatasi, yaitu hanya membahas sistem Proteksi PT. SEMESTA ELTRINDO PURA GRESIK, membandingkan kondisi dengan kondisi nyata di industri dengan standar (SNI PUIL 2000).

## **KAJIAN PUSTAKA**

### **a. Voltage unbalance**

Voltage unbalance (Tegangan tidak seimbang) adalah tegangan yang tersedia di ketiga phase nya tidak sama, ini dapat terjadi di sistem distribusi dimana saja. Keadaan ini menimbulkan masalah gangguan serius pada motor dan peralatan – peralatan listrik dengan sistem induksi tiga phase. Kondisi tegangan yang konstan secara sempurna tidak akan pernah tercapai, namun harus tetap diminimalkan.

Kondisi unbalance lebih sering disebabkan oleh variasi beban. Ketika beban satu phase dengan phase lain berbeda, maka saat itulah kondisi unbalance terjadi. Hal ini

mungkin disebabkan oleh impedansi, type beban, atau jumlah beban berbeda satu phase dengan phase yang lain. Misal satu phase dengan motor, phase lainnya dengan heater, lalu phase lainnya lagi dengan lampu atau kapasitor. Sebab lain voltage unbalance :

- Unbalance dari power Supply
- Adanya Trafo single phase dalam system
- Adanya open phase di primer trafo distribusi
- Adanya fault atau ground di trafo power
- Adanya open delta di trafo – bank
- Adanya fuse blown di 3 phase di capacitor bank
- Impedance dari konduktor power supply tidak Sama
- Unbalance distribusi/single phase load

Kondisi voltage unbalance yang paling umum mempunyai efek merusak pada motor listrik. Efek ini juga dapat disebabkan power supply wiring, transformer, dan generator. Voltage unbalance pada terminal motor mengakibatkan unbalance arus phase sebesar 6 – 10 kali persen voltage unbalance pada motor dengan beban penuh atau full load.

Cara menghitung unbalance :

$V \% \text{ Unbalance} = 100\% \times \frac{\text{Selisih maximum voltage dengan voltage rata - rata}}{\text{voltage rata - rata}}$

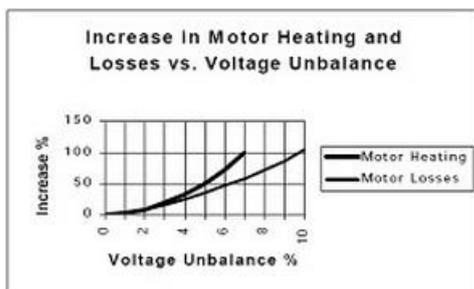
Contoh perhitungan : Misal

Phase : X = 380V Y= 400V Z = 390 V

$\text{Voltage rata2} = (380 + 400 + 390) : 3 = 390 \text{ Volt}$

$\% \text{ Unbalance} = 100\% \times \frac{(400 - 390) : 390}{1} = 2,56 \%$

Dibawah ini Gambar 2.1 Gambar grafik ilustrasi voltage unbalance ini merupakan grafik ilustrasi kenaikan % kerugian dan panas di motor sehubungan dengan % voltage unbalance.

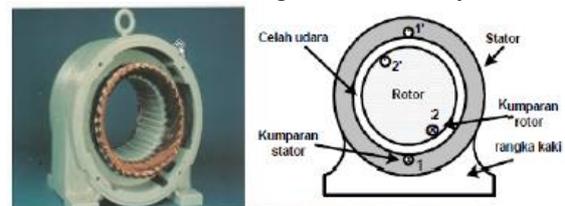


Gambar 1 grafik ilustrasi voltage unbalance

Gambar 2.1 merupakan grafik ilustrasi voltage unbalance yang dapat dilihat bahwa jika voltage unbalance sebesar 5%, berakibat panas meningkat 50% dan losses dalam motor meningkat 37%.

#### b. Bagian-bagian motor

Stator pada motor induksi adalah sama dengan yang dimiliki oleh motor sinkron dan generator sinkron. Konstruksi stator terbuat dari laminasi-laminasi dari bahan besi silikon dengan ketebalan (4 s/d 5) mm dengan dibuat alur sebagai tempat meletakkan belitan/kumparan, Gambar 2 berikut adalah konstruksi stator dengan alur-alurnya.

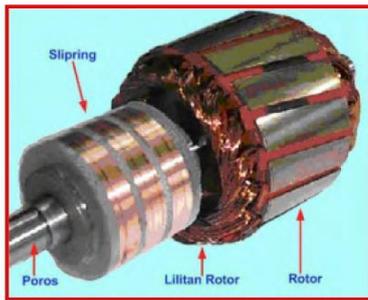


Gambar 2 Konstruksi stator dengan alur-alurnya

Rotor adalah bagian yang berputar dari motor. Seperti dengan stator atas, rotor terdiri dari satu set laminasi baja beralur ditekan bersama dalam bentuk jalurmagnetik silinder dan sirkuit listrik. Menurut jenis rotor pada motor induksi dibagi menjadi 2 bagian, yaitu Rotor sangkar tupai seperti pada Gambar 3 dan Rotor Belitan seperti pada Gambar 4.



Gambar 3 Rotor sangkar Tupai



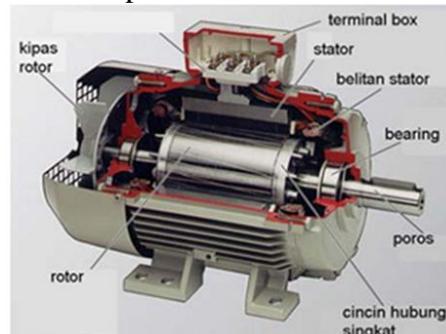
Gambar 4 Rotor Belitan

### C. Prinsip kerja Motor Induksi

- 1) Bila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, maka pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan,  $n_s = 120f/P$ ,  $n_s$  = kecepatan sinkron,  $f$  = frekuensi sumber, jumlah kutub.
- 2) Medan putar stator akan memotong konduktor yang terdapat pada sisi rotor, akibatnya pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi ( ggl ) sebesar  $E_{2s} = 44,4fn\Phi$  . Keterangan :  $E$  = tegangan induksi ggl,  $f$  = frekuensi,  $N$  = banyak lilitan,  $Q$  = fluks.
- 3) Karena kumparan rotor merupakan kumparan rangkaian tertutup, maka tegangan induksi akan menghasilkan arus (  $I$  ).
- 4) Adanya arus dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (  $F$  ) pada rotor.
- 5) Bila torsi awal yang dihasilkan oleh gaya  $F$  pada rotor cukup besar untuk memikul torsi beban, maka rotor akan berputar searah dengan arah medan putar stator.
- 6) Untuk membangkitkan tegangan induksi  $E_{2s}$  agar tetap ada, maka diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan putar rotor ( $n_r$ ).
- 7) Perbedaan antara kecepatan  $n_r$  dengan  $n_s$  disebut dengan slip (  $S$  ) yang dinyatakan dengan Persamaan  $S = (n_s - n_r) / n_s$  (100%).
- 8) Jika  $n_s = n_r$  tegangan akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada rotor, dengan demikian tidak ada torsi yang dapat dihasilkan. Torsi suatu motor akan timbul apabila  $n_s > n_r$ .
- 9) Dilihat dari cara kerjanya motor tiga fasa disebut juga dengan motor tak serempak atau asinkron.

### c. Motor Induksi 3 fasa

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandingan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Bentuk gambaran motor induksi 3 fasa diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6, dan contoh penerapan motor induksi ini di industri diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 5 Bentuk fisik motor



Gambar 6 motor induksi dilihat ke dalam



Gambar 7 penerapan motor induksi di dunia industri

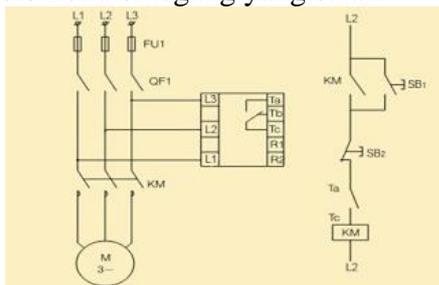
Panel MCC (Motor Control Center) adalah pusat pengontrolan operasi motor listrik. Sebagai pusat pengontrolan, artinya suatu MCC mampu mengontrol operasi beberapa motor secara bersamaan. Secara lengkap, yang dimaksud dengan MCC adalah kumpulan beberapa komponen, yaitu

motor starter, bus bar dan peralatan kontrol, yang kesemuanya berfungsi untuk melakukan pengontrolan operasi motor listrik dan menempatkan komponen-komponen tersebut di dalam suatu panel-panel yang terintegrasi yang terbuat dari lempengan campuran besi metal dan besi carbon. Satu unit motor starter akan diletakkan di dalam satu unit panel.

Jenis-jenis MCC ditinjau dari tegangan yang menyuplainya dan berdasarkan jenis-jenis pengoperasian motornya dapat dibagi sebagai berikut:

- MCC berdasarkan tingkat tegangan pensuplai dibedakan menjadi 2 yaitu MCC bersistem tegangan rendah, dan MCC bersistem tegangan menengah.
- MCC berdasarkan jenis pengoperasiannya dapat dibedakan menjadi 4 bagian yaitu Gabungan dari beberapa komponen, pengoperasian secara manual, pengaturan kecepatan kontrol, dan motor starter.

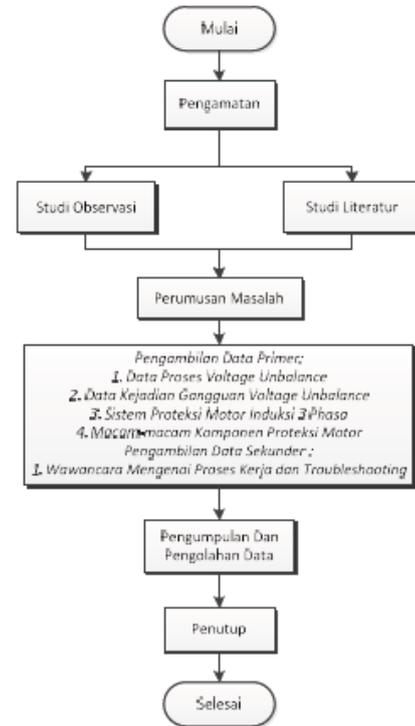
PFR (Phase Failure Relay) adalah alat kontrol yang berfungsi untuk memonitor kondisi tegangan 3 phase yang mengalir di dalam sistem kontrol. Adapun fungsi utamanya adalah sebagai kontrol pengaman untuk mengamankan kontrol dari sebuah situasi / kondisi tegang yang salah.



Gambar 8 Contoh cara pemasangan PFR

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap dengan metode studi kasus. Tahap berikut disusun untuk mempermudah pengerjaan penelitian, yang dapat dilihat pada diagram alir seperti pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8 Diagram alir pelaksanaan penelitian

## PEMBAHASAN

- PT. Semesta Eltrindo Pura

Produk dan layanan di PT. Semesta Eltrindo Pura ada beberapa jenis barang yang diproduksi. Semuanya dibagi menjadi 2 kategori:

- Medium Voltage Switchgear yang terdiri dari Primary Distribution dan Secondary Distribution.

- Low Voltage yang terdiri dari Motor Control Center dan Distribution Board

Selain produk-produk yang sudah disebutkan diatas, PT Semesta Eltrindo Pura juga menyediakan berbagai layanan jasa seperti

- Vacuum Circuit Breaker Retrofit
- Testing and Comissioning
- Purifying Transformer Oil.

PT. Semesta Eltrindo Pura menggunakan motor listrik yaitu motor induksi 3 phase sebagai alat penggerak utama mesin produksi. Motor listrik merupakan peralatan listrik yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energy mekanik tersebut berupa tenaga putar yang mampu digunakan untuk membantu berbagai macam kegiatan

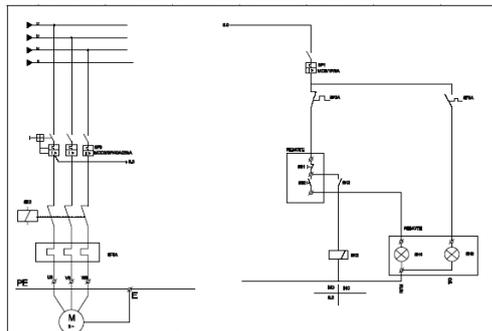
manusia. Motor induksi 3 fase dipilih dalam analisa ini. Tenaga dari motor induksi 3 fase ini di gunakan dalam produksi pembuatan panel dan trafo, Motor induksi 3 fase ini mempunyai daya sebesar 15KW. Adapun data untuk motor yang digunakan dalam sistem ini memiliki spesifikasi, dan dapat dilihat pada Tabel 1 untuk melihat Spesifikasi Motor Induksi.

Tabel 1 Spesifikasi motor induksi

<i>Frekuensi</i>	50 Hz
<i>Daya</i>	15 Kw
<i>Arus</i>	27 A
<i>Ingress Protection</i>	Ip 55
<i>Horse Power</i>	50 Hp
<i>RPM</i>	589 r/min
<i>Suhu Normal</i>	15° C
<i>Merk</i>	Isoni electric motor

#### b. Rangkaian Kontrol

Setiap panel memiliki sebuah rangkaian yang menyatukannya. Gambar 9 Berikut adalah gambar rangkaian kontrol panel MCC PT. Semesta Eltrindo Pura.



Gambar 9 Rangkaian kontrol panel MCC PT. Semesta Eltrindo Pura

#### c. Macam-macam Gangguan pada Motor

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan sebuah motor bisa mengalami kerusakan, dapat berasal dari beberapa sebab seperti dari alat yang digerakkan, jaringan supply yang termasuk di dalam sistem kerja motor maupun keadaan lingkungan sekitar yang mempengaruhi sebuah motor tidak menjalankan fungsinya secara normal, seperti pengaruh suhu dan pengaruh mekanis lainnya, maupun hal-hal yang tidak terduga yang mampu mempengaruhi keadaan dan kestabilan motor. Kerusakan pada motor dapat disebabkan oleh :

1. Alat yang digerakkan dapat menimbulkan kerusakan pada motor karena :

- a. Kopel yang terlalu besar
- b. Kopel yang naik turun

c. Pengasutan dan pengereman yang terlalu sering dan terlalu lama

2. Jaringan supply dapat menimbulkan kerusakan pada motor karena :

- a. Tegangan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi
- b. Tegangan fasa yang tidak sama (untuk motor fasa-tiga)
- c. Putusnya salah satu fasa (untuk motor fasa-tiga)

3. Keadaan sekeliling dapat mengganggu karena :

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

#### d. Proses Kerja Motor Induksi 3 Fase

Proses kerja motor induksi 3 fase ini seperti biasa, namun industri pada PT.SEP mempunyai rangkaian aplikasi tersendiri untuk mengoperasi-kannya yaitu menggunakan panel motor control center yang langsung mendapatkan supply dari PLN lalu dinyalakan dan menghidupkan motor induksi 3 fase tersebut, setelah itu beban motor pun bekerja, beban motor sendiri berupa mesin produksi yang terdiri dari beberapa bagian seperti mesin pembuat rumah panel.

Proses kerja ini harus benar – benar di lakukan pengecekan dan perhatikan kerana setiap waktu harus dilakukan pengukuran guna mengecek apakah terjadi gangguan atau tidak, karena jika sampai pengukuran tidak dilakukan maka akan terjadi gangguan yang merugikan proses produksi, dan gangguan yang paling sering terjadi yaitu gangguan listrik atau biasa disebut voltage unbalance.

#### e. Gangguan Voltage Unbalance

Kondisi unbalance lebih sering disebabkan oleh variasi beban. Ketika beban satu phase dengan phase lain berbeda, maka saat itulah kondisi unbalance terjadi. Hal ini mungkin disebabkan oleh impedansi, type beban, atau jumlah beban berbeda satu phase dengan phase yang lain. Misal satu phase dengan motor, phase lainnya dengan heater, lalu phase lainnya lagi dengan lampu atau kapasitor.

Cara melihat atau pengukuran Voltage Unbalance di pabrik yang terdapat pada motor induksi 3 phase dilakukan dengan cara manual menggunakan Voltmeter yang di cek setiap tegangan masing – masing phasanya R-S, S-T, dan R-T. Setelah itu diambil data rata – ratanya dan mengerti apakah terjadi gangguan atau tidak pada motor induksi 3 phase tersebut.

Dari data yang telah diketahui selanjutnya dilakukan perhitungan voltage unbalance untuk mengetahui besarnya perbandingan antar phase. Berikut di bawah ini di jelaskan mengenai perhitungan voltage unbalance.

PT.SEP memberikan cara menghitung unbalance :

$V \% \text{ Unbalance} = 100\% \times \frac{\text{Selisih maximum voltage dengan voltage rata – rata}}{\text{voltage rata – rata}}$

Contoh perhitungan : Misal

Phase : X= 380V Y= 400V Z= 390 V

Voltage rata2 =  $( 380 + 400 + 390 ) : 3 = 390$

Volt % Unbalance =  $100\% \times \frac{(400 - 390)}{390} = 2,56 \%$

Dari perhitungan diatas menunjukkan bahwa supply pada motor induksi 3 phase tidak mengalami voltage unbalance karena tidak melebihi standart yang telah ditentukan oleh perusahaan, yaitu standart perusahaan yang hanya mengizinkan voltage unbalance tidak lebih dari 10%.

Timbulnya Voltage Unbalance pada sistem distribusi untuk supply motor induksi 3 phase disini dapat menyebabkan terjadinya terbakarnya motor induksi 3 phase. Dari gangguan yang di akibatkan adanya voltage unbalance maka perlu dilakukan pemasangan sistem proteksi berupa pemasangan Phase Failure Relay (PFR), PFR adalah alat kontrol yang berfungsi untuk memonitor kondisi tegangan 3 phase yang mengalir di dalam sistem kontrol.

Adapun fungsi utamanya adalah sebagai kontrol pengaman untuk mengamankan kontrol dari sebuah situasi / kondisi tegang yang salah. Jadi apabila terjadi situasi yang tidak normal, dalam jangka waktu settingan, maka otomatis kontak relay kontrol PFR akan berubah

seperti perubahan pada alat kontrol lain, maksudnya yang semula NO menjadi NC, begitupun sebaliknya.

Waktu haruslah di setting, karna waktu perubahan kontak setelah situasi abnormal tersebut bisa kita setting.logikanya apabila settingan toleransi kita settingan 30 detik, maka apabila situasi abnormal tersebut tetap terjadi dalam rentang waktu 30 menit, baru kemudian kontak relay berubah. apabila dalam rentang waktu tersebut situasi kembali menjadi normal, maka kontak relay tidak akan berubah. Range Setting PFR dengan Under Voltage 75% yaitu 285 V dan Over Voltage 105% yaitu sebesar 400V, dari rate voltage atau input tengannya yaitu sebesar 380V.

#### f. Data Pengukuran Tegangan

Data pengukuran tegangan ini di ambil pada saat penulis melakukan study lapangan di PT.Semesta Eltrindo Pura selama 3 bulan. Pada data ini akan diketahui saat proses di lakukannya pengukuran tangan pada motor induksi 3 phase. Kerana setiap waktu yang ditentukan oleh PT.SEP harus dilakukan pengukuran guna mengecek apakah terjadi gangguan atau tidak, dapat dilihat pada Tabel .2. yang merupakan tabel pengukuran tegangan. Dan berikut Tabel 3 yang berisi tentang hasil pengukuran arus dengan beban dari bulan ke-1 sampai dengan ke-6.

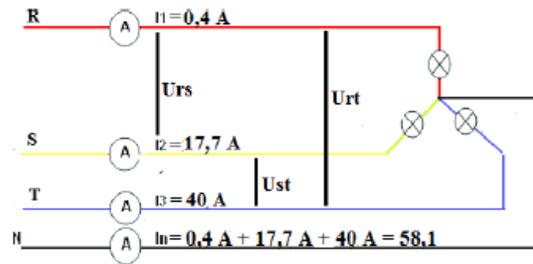
Tabel 2 Pengukuran Tegangan

BULAN	Pengukuran Tegangan (Tanpa Beban)				BULAN	Pengukuran Tegangan (Tanpa Beban)			
1	R-S	S-T	R-T		2	R-S	S-T	R-T	
	372	364	363			370	365	367	
	RATA - RATA TEGANGAN (%)			2,19%		RATA - RATA TEGANGAN (%)			1,00%
	RATA - RATA TEGANGAN (V)			366 V		RATA - RATA TEGANGAN (V)			367 V
	Pengukuran Tegangan (Dengan Beban)					Pengukuran Tegangan (Dengan Beban)			
R-S	S-T	R-T		R-S	S-T	R-T			
364	357	371		362	358	369			
RATA - RATA TEGANGAN (%)			1,92%	RATA - RATA TEGANGAN (%)			1,65%		
RATA - RATA TEGANGAN (V)			364 V	RATA - RATA TEGANGAN (V)			363 V		
3	Pengukuran Tegangan (Tanpa Beban)				4	Pengukuran Tegangan (Tanpa Beban)			
	R-S	S-T	R-T			R-S	S-T	R-T	
	372	365	365			371	367	368	
	RATA - RATA TEGANGAN (%)			1,36%		RATA - RATA TEGANGAN (%)			1,10%
	RATA - RATA TEGANGAN (V)			367 V		RATA - RATA TEGANGAN (V)			368 V
Pengukuran Tegangan (Dengan Beban)				Pengukuran Tegangan (Dengan Beban)					
R-S	S-T	R-T		R-S	S-T	R-T			
363	357	370		365	359	371			
RATA - RATA TEGANGAN (%)			2,00%	RATA - RATA TEGANGAN (%)			1,64%		
RATA - RATA TEGANGAN (V)			363 V	RATA - RATA TEGANGAN (V)			365 V		
5	Pengukuran Tegangan (Tanpa Beban)				6	Pengukuran Tegangan (Tanpa Beban)			
	R-S	S-T	R-T			R-S	S-T	R-T	
	377	365	369			370	366	370	
	RATA - RATA TEGANGAN (%)			1,89%		RATA - RATA TEGANGAN (%)			0,50%
	RATA - RATA TEGANGAN (V)			370 V		RATA - RATA TEGANGAN (V)			368 V
Pengukuran Tegangan (Dengan Beban)				Pengukuran Tegangan (Dengan Beban)					
R-S	S-T	R-T		R-S	S-T	R-T			
264	283	325		364	357	368			
RATA - RATA TEGANGAN (%)			12,06%	RATA - RATA TEGANGAN (%)			1,37%		
RATA - RATA TEGANGAN (V)			290 V	RATA - RATA TEGANGAN (V)			363 V		

Tabel 3 hasil pengukuran arus

Bulan	Dilakukan Pengukuran Arus (Dengan
-------	-----------------------------------

Beban)	
1	Arus antar Phase (A)
	I1            I2            I3
	15,66        16,2        15,8
Bulan	Dilakukan Pengukuran Arus (Dengan Beban)
2	Arus antar Phase (A)
	I1            I2            I3
	15,79        16            16,3
Bulan	Dilakukan Pengukuran Arus (Dengan Beban)
3	Arus antar Phase (A)
	I1            I2            I3
	16,1        15,55        15,71
Bulan	Dilakukan Pengukuran Arus (Dengan Beban)
4	Arus antar Phase (A)
	I1            I2            I3
	15,93        15,8        16,24
Bulan	Dilakukan Pengukuran Arus (Dengan Beban)
5	Arus antar Phase (A)
	I1            I2            I3
	0,4            17,7        40
Bulan	Dilakukan Pengukuran Arus (Dengan Beban)
6	Arus antar Phase (A)
	I1            I2            I3
	15,61        15,78        16,13



Gambar 10 Hubungan bintang tegangan tidak seimbang

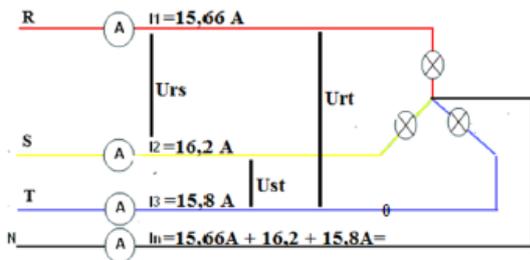
**KETERANGAN :**

Urs = 264 V

Urt = 283 V

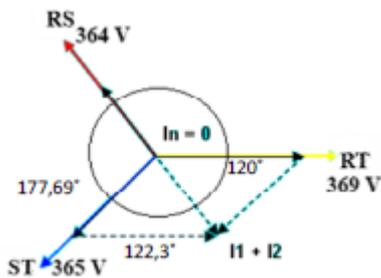
Ust = 325 V

Pada Gambar 8 terjadi Voltage unbalance dikarenakan tegangan yang tak seimbang. Hal tersebut diketahui dari persentase voltage unbalance yang diambil di dasari oleh standart pabrik yaitu hanya sebesar 10%, namun pada bulan ke-5 lebih dari 10%. Bila sirkuit tak seimbang, penghantar Netral dilalui arus, Dalam hal ini penghantar netral tidak boleh dihilangkan. Ketiga arus phase tidak sama besarnya. Jumlah vektoris dari ketiga arus, sama dengan arus yang mengalir pada penghantar Netral. Dapat dilihat pada Gambar 11 Vektor tegangan tidak seimbang pada bulan ke- 5.

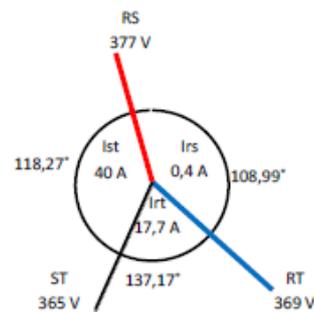


Gambar 10 Hubungan bintang tegangan seimbang

Dari gambar 10 diatas dapat dilihat bahwa hasil pengukuran pada bulan pertama tegangannya masih seimbang jika dilihat dari standart pabrik itu sendiri. Dan dapat dilihat pada Gambar 11 bahwa vektor tegangan seimbang dari data pada bulan ke-1.



Gambar 11 Vektor arus seimbang



Gambar 11 vektor tegangan tidak seimbang

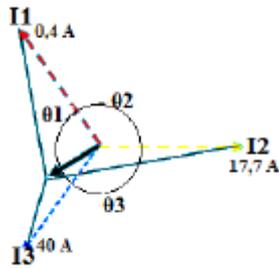
Dapat dilihat pada Gambar 4.12. Vektor Arus tidak seimbang yang diambil dari hasil data pada bulan ke - 5 yang menunjukkan voltage unbalance.

**Keterangan Gambar12 :**

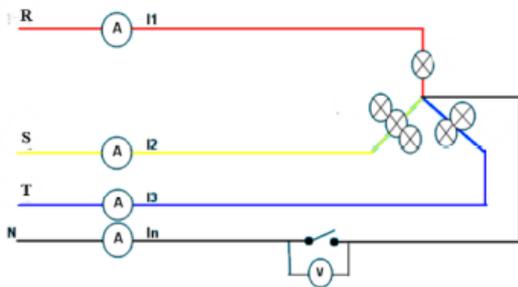
$\theta_1 = 108,99^\circ$

$\theta_2 = 137,17^\circ$

$\theta_3 = 118,27^\circ$



Gambar 12 vektor arus tidak seimbang  
 Dapat dilihat pada Gambar 4.13. Hubungan bintang netral putus pada tegangan tidak seimbang. Gambar 4.13. menunjukkan bahwa Bila kawat Netral suatu sambungan bintang diputus/ditiadakan.



Gambar 13 Hubungan bintang netral putus pada tegangan tidak seimbang

Akibat netral putus pada hubungan bintang tegangan tidak seimbang adalah sebagai berikut :

- Alat pemakai pada phase 1 dengan beban yang terkecil bertegangan diatas nominal.
- Alat pemakai pada phase 2 dengan beban lebih besar, bertentangan dibawah nominal.
- Tegangan titik bersama selalu bergeser kearah tegangan dari phase yang paling besar bebannya.
- Tegangan phase-phase tetap sama dengan tegangan normal.

Pada perhitungan diatas merupakan hasil pengukuran pada bulan ke 5 terjadi Voltage unbalance di PT. Semesta Eltrindo Pura, dapat dilihat perhitungan %Unbalance dengan beban hasil 12,06 % melebihi dari persentase unbalance Gambar 4.13. Hubungan bintang netral putus pada tegangan tidak seimbang voltage PT.SEP yang hanya sebesar 10% yang merupakan standart pabrik akan di perbaiki oleh PFR.

Dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus sebagai berikut :

Perhitungan bulan ke 5 (Tanpa beban)

Phase: R= 377, S= 365, T=369

Voltage rata – rata:  $(377+365+369) : 3 = 370$  V

% Unbalance:  $100\% \times (377-370) : 370 = 1,8\%$

Perhitungan bulan ke 5 (Dengan beban)

Phase: R=264, S=283, T=325

Voltage rata – rata:  $(264+283+325) : 3 = 290$  V

% Unbalance:  $100\% \times (325-290) : 290 = 12,06\%$

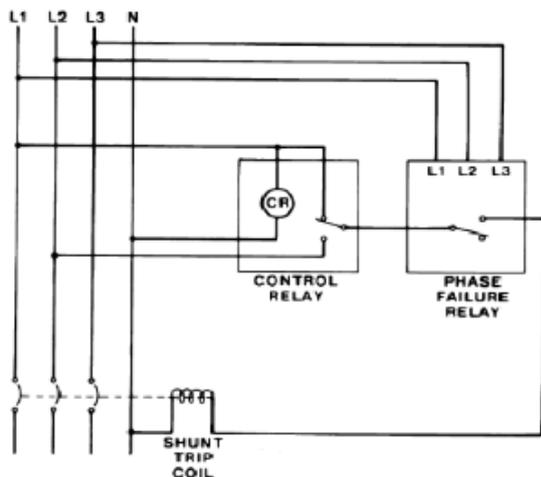
Dapat dilihat pada Tabel 1 Tabel Rekap Data keseluruhan adalah tabel yang merupakan keseluruhan dari hasil analisa data yang ada dari bulan pertama sampai bulan terakhir yang diambil dari data PT. Semesta Eltrindo Pura.

Tabel 4 Rekap data keseluruhan

BULAN	ARUS (A)			KETERANGAN
1	I1	I2	I3	Tidak mengalami voltage unbalance
	15,66	16,2	15,8	
	TEGANGAN (V)			
	R-S	S-T	R-T	
	364	357	371	
	SUDUT θ			
	θ1	θ2	θ3	
120°	122,3°	177,9°		
BULAN	ARUS (A)			KETERANGAN
2	I1	I2	I3	Tidak mengalami voltage unbalance
	15,79	16	16,3	
	TEGANGAN (V)			
	R-S	S-T	R-T	
	362	358	369	
	SUDUT θ			
	θ1	θ2	θ3	
119°	122°	176,5°		
BULAN	ARUS (A)			KETERANGAN
3	I1	I2	I3	Tidak mengalami voltage unbalance
	16,1	15,55	15,71	
	TEGANGAN (V)			
	R-S	S-T	R-T	
	363	357	370	
	SUDUT θ			
	θ1	θ2	θ3	
120°	122,3°	177,3°		

BULAN	ARUS (A)			KETERANGAN
4	I1	I2	I3	Tidak mengalami voltage unbalance
	15,93	15,8	16,24	
	TEGANGAN (V)			
	R-S	S-T	R-T	
	365	359	371	
	SUDUT θ			
θ1	θ2	θ3	Mengalami voltage unbalance	
120,5°	122,9°	177,9°		
TEGANGAN (V)				
R-S	S-T	R-T		
264	283	325		
SUDUT θ				
θ1	θ2	θ3	Tidak mengalami voltage unbalance	
108,99°	137,17°	118,27°		
TEGANGAN (V)				
R-S	S-T	R-T		
364	357	368		
SUDUT θ				
θ1	θ2	θ3	Tidak mengalami voltage unbalance	
120°	122,3°	176°		

Gambar 15 dibawah ini adalah gambar desain rangkaian kontrol untuk phase failure relay yang di jelaskan memalalui gambar single line diagram.



Gambar 15 Rangkaian kontrol PFR

## KESIMPULAN

Dari perhitungan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan maka dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Proses identifikasi dilakukan dengan cara melakukan pengukuran tegangan antar fasa dan arus setiap fasa, setiap hari, setiap bulan saat berbeban diperoleh hasil sebagai berikut :
  - a. Pada bulan ke -1 sampai dengan bulan ke -4 dan bulan ke -6 besar tegangan antar fasa relative mendekati angka

nominalnya 380 V (pada bulan ke -1 : 364 V, 357 V, 371V). Demikian juga besar arus setiap phasanya relatif mendekati angka nominalnya (pada bulan ke-1 masing – masing sebesar 15,66A, 16,2A, 15,8A)

- b. Pada bulan ke -5 besar tegangan antar fasa terlihat lumayan jauh bedanya dari tegangan nominalnya 380 V, yaitu : 264 V, 283 V, 325 V. Demikian juga besar arus setiap phasanya lumayan jauh bedanya, yaitu : 0,4 A, 17,7 A, 40 A.
2. Dari hasil pengukuran tegangan antar fasa maupun arus setiap fasa pada proses identifikasi menunjukkan terjadi unbalance voltage (ketidak seimbangan tegangan) pada bulan ke – 5 dengan rata – rata % Unbalance voltage sebesar 12,06 % melebihi standart maksimum yang ditetapkan oleh perusahaan (10%). Penyebab terjadinya kegagalan fasa pada beban motor induksi 3 fasa, kumparan motor menjadi panas dan terbakar.
  3. Untuk mengatasi gangguan unbalance voltage dipasang alat proteksi berupa Phase Failure Relay (PFR) pada supply tegangan masuk.

## JUDUL PUSTAKA

N. Pothirasan and M. P. Rajasekaran, "Automatic vehicle to vehicle communication and vehicle to infrastructure communication using NRF24L01 module," 2016 Int. Conf. Control Instrum. Commun. Comput. Technol. ICCICCT 2016, pp. 400–405, 2017.

S. Silvirianti, A. S. R. Krisna, A. Rusdinar, S. Yuwono, and R. Nugraha, "Speed control system design using fuzzy-pid for load variation of automated guided vehicle (agv)," Proc. 2017 2nd Int. Conf. Front. Sensors Technol. ICFST 2017, vol. 2017–Janua, pp. 426–430, 2017.

R. K. A. Sakir, A. Rusdinar, S. Yuwono, A. S. Wibowo, Silvirianti, and N. T. Jayanti, "Movement control algorithm of weighted automated guided vehicle using

fuzzy inference system,” 2017 2nd International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE). IEEE, pp. 135–139, Apr-2017.

P. Ghosh, J. A. Tran, and B. Krishnamachari, “ARREST: A RSSI Based Approach for Mobile Sensing and Tracking of a Moving Object,” 2017.

V. Jaiganesh, J. Dhileep Kumar, and J. Girijadevi, “Automated guided vehicle with robotic logistics system,” *Procedia Eng.*, vol. 97, no. December, pp. 2011–2021, 2014.

S. Barai, D. Biswas, and B. Sau, Estimate distance measurement using NodeMCU ESP8266 based on RSSI technique, vol. 2018–Janua. 2018.

A. De Angelis *et al.*, “Design and Characterization of a Portable Ultrasonic Indoor 3-D Positioning System,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 64, no. 10, pp. 2616–2625, 2015.