

# Analisis Penggunaan Phase Failure Relay Terhadap Unbalance Voltage pada Instalasi Motor Tiga Fasa

Fikri Arifuddin<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Prodi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta,  
Jl Prof.Dr.G.A Siwabessy Kampus UI, Depok 16425  
E-mail: <sup>1,\*</sup>fikri.arifuddin.te22@mhs.w.pnj.ac.id

## Abstrak

Di dalam dunia industri banyak digunakan sistem kelistrikan 3 fasa. Namun, dalam kenyataannya masih sering ditemukan terjadi ketidakseimbangan tegangan antara fasa R-N, S-N, T-N. Ketidakseimbangan inilah yang menyebabkan motor induksi bisa mengalami *overheating* sehingga bisa mengganggu kinerja motor tersebut. Pada penelitian ini penulis mengambil topik tentang *Phase Failure Relay* yang bertujuan untuk lebih memahami dan mengetahui fungsi dari proteksi tersebut. Metode yang dilakukan yaitu observasi terhadap panel listrik motor pompa sumur bor BPKP Cimahi. Hasil dari penelitian ini bahwa fungsi *Phase Failure Relay* pada instalasi motor induksi sangat penting keberadaannya untuk memutus aliran listrik ketika terjadi ketidakseimbangan tegangan. Nilai ketidakseimbangan yang masih dibawah 5% dikatakan normal menurut ANSI dan EN-50160.

*Keywords:* ketidakseimbangan tegangan, *Phase Failure Relay*, sistem proteksi

## 1. Pendahuluan

Motor induksi tiga fasa yang sering digunakan adalah motor induksi rotor sangkar, motor jenis ini baik digunakan pada motor dengan daya besar dengan kecepatan konstan. Untuk menjaga kinerja motor induksi, perlu juga di perhatikan keamanan motor itu sendiri baik terhadap gangguan internal dari motor itu sendiri maupun gangguan eksternal dari luar motor itu sendiri, yaitu berupa gangguan beban lebih, gangguan hubung singkat dan gangguan tegangan kurang [1]. Motor induksi yang merupakan salah satu beban yang harus dilayani oleh daya yang terbatas tersebut harus pula dilengkapi dengan sistem pengaman, karena pada operasinya motor induksi tidak terlepas dari gangguan yang mungkin terjadi.

Salah satu sistem pengaman untuk motor listrik yaitu *Phase Failure Relay*. Komponen ini berfungsi sebagai proteksi kehilangan fasa, urutan fasa yang salah, drop tegangan, tegangan berlebih, dan frekuensi yang tidak stabil. Dengan fungsi yang sangat penting maka perlu diperhatikan untuk memasang komponen PFR dalam instalasi motor listrik 3 fasa. Dalam penelitian ini menjelaskan tentang fungsi dari PFR sebagai proteksi dari ketidakseimbangan tegangan. Dengan adanya penelitian ini bisa dijadikan sebagai acuan dalam pemasangan instalasi motor listrik 3 fasa.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Metode Penelitian

Dalam pengumpulan data untuk menyelesaikan penelitian ini ada beberapa metode yang digunakan yaitu:

- a. Metode Observasi  
Pengamatan langsung terhadap panel instalasi motor pompa sumur bor.
- b. Metode Wawancara  
Mendapatkan data dengan cara diskusi dengan penanggung jawab/penjaga rumah pompa sumur bor.
- c. Metode Studi Literatur  
Mendapatkan data dengan mencari referensi yang berkaitan dengan artikel ini.

### 2.2 Dasar Teori

#### 2.2.1 Gejala Kelistrikan

Permasalahan kualitas daya listrik disebabkan oleh gejala-gejala atau fenomena-fenomena elektroagnetik yang terjadi pada sistem tenaga listrik [2]. Gejala elektromagnetik yang menyebabkan permasalahan kualitas daya adalah:

- 1) Gejala Peralihan (Transient)
- 2) Gejala Perubahan Tegangan Durasi Pendek (*Short-Duration Variations*)
- 3) Gejala Perubahan Tegangan Durasi Panjang (*Long-Duration Variations*)
- 4) Ketidakseimbangan Tegangan

- 5) Distorsi gelombang
- 6) Gejala Perubahan Frekuensi Daya

### 2.2.2 Ketidakseimbangan Tegangan

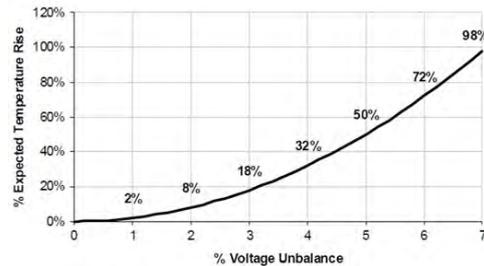
*Unbalance Voltage* merupakan besarnya ketidakseimbangan tegangan antar fasa, dimana tiap fasa mempunyai besar dan sudut tegangan yang tidak standar sehingga tegangan antar fasa menjadi tidak sama [3]. Penyebab ketidakseimbangan tegangan dan arus adalah distribusi beban pada tiap fasa tidak merata [4]. Ketidakseimbangan tegangan sangat mempengaruhi operasi beban tiga fasa, dimana menyebabkan timbulnya peningkatan temperature, konsumsi kWh dan penurunan kemampuan operasi.

Berdasarkan ANSI Standar C84, *unbalance voltage* tidak lebih dari 5% [5]. Sedangkan menurut EN-50160 nilai ketidakseimbangan tegangan maksimal adalah sebesar 2% [6]. Selain itu ada beberapa hal yang menyebabkan ketidakseimbangan tegangan, sebagai berikut:

- 1) *Unbalance* dari *power supply*
- 2) Taping di trafo tidak sama
- 3) Terdapat trafo *single phase* dalam sistem
- 4) Terdapat *open phase* di primer trafo distribusi
- 5) Terdapat *fault* atau *ground* di trafo power
- 6) Terdapat *open delta* di trafo bank
- 7) Terdapat *fuse-blown* di 3 phase di *capacitor bank* (capacitor untuk perbaikan power factor)
- 8) *Impedance* dari konduktor *power supply* tidak sama
- 9) *Unbalance* distribusi / *single phase load (lighting)*

Efek utama ketidakseimbangan yaitu bisa menyebabkan kerusakan pada motor akibat panas yang berlebihan. Ketidakseimbangan tegangan dapat membuat arus 6-10 kali besarnya ketidakseimbangan tegangan. Ketidakseimbangan arus menghasilkan panas pada belitan motor yang dan menyebabkan kerusakan.

Gambar 1 dibawah ini menunjukkan hubungan antara ketidakseimbangan tegangan dan kenaikan suhu, yang kira – kira meningkat 2 kali dari persentase ketidakseimbangan tegangan.



**Gambar 1** Grafik hubungan tegangan dan suhu

Untuk menghitung besarnya unbalance voltage dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ Unbalance.Volt} = \frac{\text{teg.max} - \text{teg.rata} - \text{rata}}{\text{teg.rata} - \text{rata}} \times 100\% \quad (1)$$

### 2.2.3 Proteksi Jaringan

Tujuan dari proteksi ialah untuk menjalankan circuit breaker secepat mungkin terhadap gangguan yang terjadi [7]. Proteksi yang digunakan pada jaringan distribusi adalah relay arus lebih dan relay gangguan tanah untuk mengatasi berbagai gangguan yang ada. Bila relai arus lebih mendeteksi adanya hubung singkat antar fasa, maka relai gangguan ke tanah mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah [8]. Perangkat atau komponen peralatan yang terdapat pada sistem proteksi diantaranya adalah:

- 1) Circuit Breaker/Pemutus Tenaga
- 2) Relay
- 3) Trafo arus (CT)
- 4) Trafo Tegangan (PT)
- 5) Kabel control dan baterai

### 2.2.4 Phase Failure Relay



**Gambar 2** Phase Failure Relay

*Phase Failure Relay* merupakan salah satu komponen untuk mendeteksi besaran tegangan 3 fasa. Prinsip dasar dari PFR sama halnya dengan proteksi lain yaitu sebagai proteksi motor listrik dari kemungkinan beban lebih. Gambar 2 menunjukkan PFR type GC1100. Relai GC1100 melindungi tiga saluran fasa, transformator, motor, generator, dan beban tiga fasa lainnya terhadap ketidakseimbangan fasa, kehilangan fasa, dan pembalikan fase [9].

Walaupun begitu PFR ini memiliki toleransinya, sehingga apabila ada satu fasa yang lepas maupun kurang kencang alat ini tidak akan langsung bekerja melainkan akan membaca seberapa besar drop tegangan atau selisih tegangan antara fasa satu dengan yang lainnya atau bisa disebut ada jangka waktunya [10].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Data Penelitian

Data komponen instalasi dan motor yang digunakan disesuaikan dengan data yang sebenarnya. Gambar 3 menunjukkan panel instalasi motor yang menggunakan proteksi *Phase Failure Relay* dengan merk GNE type GC1100. Gambar 5 menunjukkan motor yang digunakan dari merk Grundfos type SP 17-11.



**Gambar 3 Panel Instalasi Pompa Sumur Bor**



**Gambar 4 Motor Pompa**

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dari motor pompa yang digunakan.

**Tabel 1 Spesifikasi motor pompa**

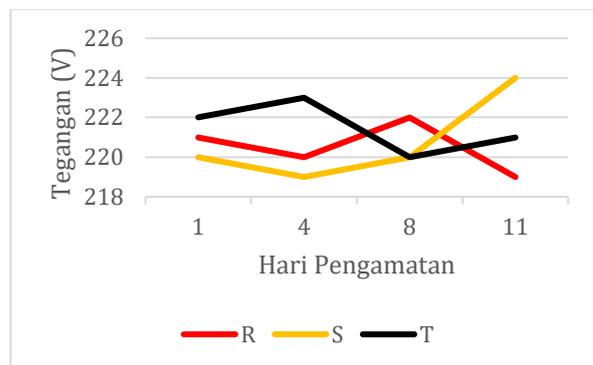
Phase	3 Phase
Voltage	380 V
Power	7.5 kW
Frequency	50 Hz
Speed	2900 rpm
Rated flow	17 m <sup>3</sup> /h
Max operating pressure	60 bar

#### 3.2 Hasil Penelitian

Pengamatan dilakukan 4 kali dalam waktu 2 minggu. Tabel 2 menunjukkan hasil pengamatan tegangan fasa dengan netral.

**Tabel 2 Hasil pengamatan**

Fasa	Hari pengamatan			
	1	4	8	11
R	221	220	222	219
S	220	219	220	224
T	222	223	220	221



**Gambar 5 Grafik Hasil pengamatan**

Dapat dilihat dalam Gambar 5 bahwa setiap fasa tegangannya berbeda, dan dapat dilihat rata-rata tegangannya pada Tabel 3.

**Tabel 3 Hasil rata-rata tegangan**

Fasa	Rata-rata tegangan (V)
R	220
S	220.75
T	221.5

#### 3.3 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data hasil pengamatan lalu diolah untuk menentukan tegangan tersebut dalam keadaan seimbang atau tidak.

1) Pengamatan Pertama

$$\begin{aligned} \text{Average Voltage} &= \\ &= ((221+220+222)/3) \\ &= 221 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max Deviation Average Voltage} &= \\ &= 222 - 221 \end{aligned}$$

$$= 1 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \text{Volt. Unbalance} &= 1/221 \\ &= 0.00452 \text{ atau} \end{aligned}$$

$$0.45 \%$$

2) Pengamatan Kedua

$$\begin{aligned} \text{Average Voltage} &= \\ &= ((220+219+223)/3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 220 \text{ V} \\
 \text{Max Deviation Average Voltage} &= 223 - 220 \\
 &= 3 \text{ V} \\
 \text{Volt. Unbalance} &= \frac{3}{220} \\
 &= 0.0136 \text{ atau} \\
 &1.36 \% \\
 3) \text{ Pengamatan Ketiga} \\
 \text{Average Voltage} &= \\
 &= \frac{(222+220+220)}{3} \\
 &= 220 \text{ V} \\
 \text{Max Deviation Average Voltage} &= 222 - 220 \\
 &= 2 \text{ V} \\
 \text{Volt. Unbalance} &= \frac{2}{220} \\
 &= 0.009 \text{ atau } 0.9 \% \\
 4) \text{ Pengamatan Keempat} \\
 \text{Average Voltage} &= \\
 &= \frac{(219+224+221)}{3} \\
 &= 221 \text{ V} \\
 \text{Max Deviation Average Voltage} &= 224 - 221 \\
 &= 3 \text{ V} \\
 \text{Volt. Unbalance} &= \frac{3}{221} \\
 &= 0.00135 \text{ atau} \\
 &1.35 \%
 \end{aligned}$$

### 3.4 Analisa

Setelah dilakukan pengolahan data maka didapatkan hasil:

**Tabel 4 Hasil pengolahan data**

Pengamatan	Unc.Volt (V)
Pertama	0.45%
Kedua	1.36%
Ketiga	0.9%
Keempat	1.35%

Terlihat hasil pada Tabel 4 bahwa setiap pengamatan memiliki nilai kesetidak seimbangan yang berbeda beda. Namun jika berpedoman kepada ANSI dan EN-50160, maka dengan nilai ketidakseimbangan yang telah dihitung bahwa instalasi tersebut masih dalam keadaan normal dikarenakan ketidakseimbangan masih dibawah 5% bahkan dibawah 2%. Dengan setting terendah pada PFR GC1100 5% yang berarti memiliki toleransi 5% pun instalasi tersebut masih dalam keadaan aman dan tidak akan berakibat fatal terhadap kinerja motor.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menganalisis penggunaan phase failure relay terhadap unbalance voltage pada motor pompa 3 fasa maka dapat di ambil kesimpulan bahwa :

- 1) *Phase Failure Relay* ini berfungsi sebagai kontrol pengaman atau proteksi untuk mengamankan kontrol dari sebuah keadaan kondisi tegangan yang tidak efisien, seperti salah satu, dua fasa, atau ketiga fasanya hilang, urutan fasa yang salah, *Under Voltage*, *Over Voltage*.
- 2) *Set Point* pada PFR GC1100 bernilai 5% - 25% dari tegangan normal.
- 3) Dengan hasil perhitungan bahwa ketidakseimbangan pada panel motor pompa masih dibawah 2% dan dapat dikatakan aman.

## Daftar Pustaka

- [1] N. Didik Purwanto, P. Wiyono, and D. Yusfiar, *Antisipasi Kerusakan Motor Listrik 3 Fasa pada Peralatan Laboratorium Pendidikan dan Unit Produksi Sabutret Menggunakan Pengaman Phase Failure Relay*. 2018.
- [2] Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, and H. Wayne Beaty, *Electrical Power Systems Quality*. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [3] A. A., "Studi Analisis dan Perancangan Mitigasi Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Sistem Kelistrikan serta Standarisasi Circuit Breaker Unit Spinning I/II di PT. Sri Rejeki Isman, Tbk," Universitas Diponegoro, Semarang, 2019.
- [4] M. D. T. Sogen, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong," *Elektro Luceat*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [5] ANSI Standard C84.1-1995, "Electric Power Systems and Equipment-Voltage Ratings," 2005
- [6] EN 50160 Standard, "Voltage Characteristics of Public Distribution Systems," 2004 [Online]. Available: [www.lpqi.org](http://www.lpqi.org).
- [7] I. G. Putu Arka, N. Mudiana, and I. G. Nyoman Sangka, "Analisis Pengaruh Pemasangan Sistem Proteksi Rele Terhadap Profil Tegangan Dan

- Keandalan Jaringan,” vol. 15, no. 3, Nov. 2015.
- [8] A. Azis, D. Irine, and K. Febrianti, “Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang,” *JURNAL AMPERE*, vol. 4, no. 2, 2019.
- [9] HABE TEC, “Phase Failure Relay PFR GC1100”
- [10] A. D. Dharmawan, L. Subiyanto, and A. T. Nugraha, “Implementasi Sistem Monitoring pada Panel Listrik,” *Elektriase*, vol. 12, no. 2, pp. 2830–3512, Oct. 2022.