

Evaluasi Koordinasi
PBO dengan PMT Feeder 20 Kv Palur 01 APJ Surakarta

Dodi lukman¹, Ir. Tedjosukmadi M.T², Ir. Bambang Winardi.³
Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Abstraksi. Dalam jaringan distribusi tegangan menengah gangguan yang sering terjadi adalah gangguan temporer. Untuk mengatasi hal ini, pada jaringan biasanya dipasang PBO (Pemutus Balik Otomatis) yang kontak-kontaknya dapat menutup kembali secara otomatis agar kontinyuitas penyaluran tenaga listrik tetap terjaga. PBO ini harus dapat dikordinasikan dengan peralatan pengaman lain yang terdapat pada jaringan misalnya Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah agar selektifitasnya tercapai.

Makalah ini membahas perlunya evaluasi koordinasi *setting* PBO dengan PMT sebagai peralatan pengaman khususnya pada *feeder* PLR 01, GI Palur, APJ Surakarta yang pada *feeder* tersebut terdapat kesalahan kerja pengaman yaitu PMT akan trip jika terjadi gangguan di sebelah hilir PBO. Hal ini dalam sistem koordinasi pengaman tidak diperbolehkan karena saat PBO bekerja menangani gangguan di ujung *feeder* maka rele diharuskan tidak bekerja. Dari data gangguan hubung singkat yang terjadi pada *feeder* PLR 01 dapat terlihat kesalahan selektifitas antara Rele Arus Lebih atau Rele Gangguan Tanah dengan PBO. Untuk itu diperlukan perubahan *setting* yaitu dengan menaikkan *setting* arus *instantaneous* Rele Arus Lebih pada PMT *feeder* PLR 01 dan penambahan *setting* urutan waktu buka-cepat pada PBO.

Kata Kunci : Selektifitas, Rele arus lebih, Rele gangguan tanah, dan Pemutus balik otomatis

Abstract. *At the middle voltage distribution networks temporary disturbance often most happen. For overcome this problem, at the network usually have been pair Automatic Reclose which that contacts can automatically reclose in order that continuity electrical power distributions constant preserve. This Automatic Reclose must be can coordination with protection devices else for example Over Current Relay and Ground Fault Relay so that selectivity have reached.*

This paper analyses evaluation protection devices setting coordination change specifically for PLR 01 feeder, Palur Substations, APJ Surakarta where this feeder be able mal functions protection device that is Circuit Breaker will break if disturb happen on beside downstream Automatic Reclose. This case in the protection coordination system is not permitted because when Automatic Reclose take in hand disturb happen in feeder end then the relay not be have to work. From short circuit disturb date have happened at the Palur 1 feeder we can see work unselectively between Over-Current Relay and Ground-Fault Relay with Automatic Reclose. For this case need change setting that is with instantaneous current setting Over-Current Relay on the Circuit Breaker is raised and fast-open time sequent on the Automatic Reclose is added.

Key Words: *Selectivity, Over-current Relay, Ground-fault Relay and Automatic Recloser*

¹ Penulis, Mahasiswa S-1 Jurusan Teknik Elektro UNDIP

² Dosen Pembimbing I. Staf Pengajar di Jurusan Teknik Elektro UNDIP

³ Dosen Pembimbing II. Staf Pengajar di Jurusan Teknik Elektro UNDIP

I. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang terdekat dengan pelanggan atau beban yang jumlah gangguannya lebih banyak dibandingkan dengan jaringan transmisi. Untuk meminimalkan efek gangguan terhadap pelanggan semua piranti pengamannya harus selektif dan andal. PT PLN (persero) APJ Surakarta membawahi beberapa GI se-Karisidenan Surakarta, diantaranya adalah GI Palur. GI Palur mempunyai 3 unit trafo 3 \emptyset 150/20 kV 60 MVA dengan beberapa *feeder*-nya. Salah satu *feeder*-nya adalah *feeder* PLR 01 yang menghubungkan GI Palur dengan wilayah kerja GI Jajar sepanjang \pm 12 km. Beban pada *feeder* ini meliputi daerah pemukiman Palur Kota, kompleks pertokoan swalayan dan kantor UPJ Palur yang diharapkan tidak terjadi pemadaman yang terlalu lama atau kontinuitas listrik tetap terjaga. *Feeder* PLR 01 memiliki pengaman arus-lebih berupa PMT (Pemutus) dan PBO, tetapi pengaman arus-lebih pada *feeder* PLR 01 ini mengalami kesalahan selektifitas kerja dalam menangani gangguan yang terjadi, yaitu jika terjadi gangguan di ujung *feeder* maka kontak PBO dan PMT *feeder* PLR 01 akan langsung sama-sama membuka. Hal ini dalam sistem koordinasi pengaman tidak diperbolehkan karena saat PBO bekerja menangani gangguan di ujung *feeder* PLR 01 ini maka PMT diharuskan tidak bekerja. Untuk itu perlu adanya evaluasi koordinasi peralatan-peralatan pengaman *feeder* PLR 01 sehingga masalah selektifitas pengaman ini dapat diatasi.

II. SISTEM PENGAMAN JTM

Tujuan utama dari sistem distribusi jaringan tegangan menengah adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari GI hingga ke konsumen yang membutuhkan dengan standard mutu yang baik. Perhatian khusus diperlukan dalam memilih (*selection*) dan menyetel (*setting*)

peralatan pemutus arus gangguan untuk mencapai dua tujuan utama, yaitu proteksi dan koordinasi.

Pada tegangan normal gangguan terjadi karena adanya kegagalan isolasi dan gangguan karena arus lebih terjadi karena hubung singkat dan petir. Pada saluran udara (*overhead lines*) kebanyakan gangguan bersifat temporer dan tipe gangguan yang sering terjadi adalah satu fasa ke tanah (*single line to ground*).

Beberapa perlengkapan listrik yang digunakan pada jaringan distribusi tegangan menengah diantaranya adalah Kubikel, Pemisah, ABSW, Pemutus, Rele OCR, Rele GFR, Rele Penutup Balik dan PBO.

1. Pemutus (PMT)

PMT atau *Circuit Breaker* (CB) adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk melakukan *switching* (*switch on/off*) sekali atau berulang beberapa kali pada berbagai bagian rangkaian listrik baik dalam keadaan normal maupun abnormal.

2. Rele OCR (*Over-Current Relay*)

Rele OCR atau rele arus lebih adalah rele yang bekerja terhadap arus lebih dan akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya (I_{set}). Berbagai macam karakteristik rele arus lebih, diantaranya :

- Rele waktu seketika (*Instantaneous relay*)
Rele waktu seketika (*instantaneous relay*) adalah rele yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, rele akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10–20 ms).
- Rele arus lebih waktu tertentu (*Definite-time relay*)

Rele ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja rele mulai *pick-up* sampai kerja rele diperpanjang dengan waktu tertentu

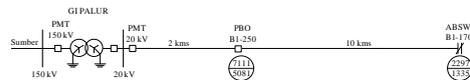
tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan rele.

- c. Rele arus lebih waktu terbalik
Rele ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya.

3. Pemutus Balik Otomatis (PBO)

PBO atau *Automatic Circuit Recloser* adalah sebuah pengaman arus lebih yang dapat menutup kembali secara otomatis beberapa kali dan dapat membuka-terkunci (*locked out*) tanpa menutup kembali. Alat ini berfungsi untuk mengatasi gangguan temporer agar pemakai listrik tidak menderita pemadaman-tetap oleh gangguan yang sifatnya temporer.

III. EVALUASI & PEMBAHASAN KOORDINASI PBO DENGAN PMT SEBAGAI PENGAMAN FEEDER PLR 01



Gambar 4.1 Diagram satu garis feeder PLR 01

1. Perhitungan arus hubung singkat maksimum

Arus hubung singkat yang terjadi di dekat rel 20 kV GI

$$I_{hs\ 3\ \Phi} = E / Z_1 = 11904,129\ A$$

$$I_{hs\ 2\ \Phi} = \sqrt{3} E / (Z_1 + Z_2) = 10309,278\ A$$

$$I_{hs\ 1\ \Phi} = 3E / (Z_1 + Z_2 + Z_0) = I_{hs\ 3\ \Phi} = 11904,129\ A$$

Arus hubung singkat yang terjadi di PBO B1-250

$$I_{hs\ 3\ \Phi} = E / Z_1 = 7111,67\ A$$

$$I_{hs\ 2\ \Phi} = \sqrt{3} E / (Z_1 + Z_2) = 6158,88\ A$$

$$I_{hs\ 1\ \Phi} = 3E / (Z_1 + Z_2 + Z_0) = 5081,85\ A$$

2. Perhitungan arus hubung singkat minimum

Arus hubung singkat yang terjadi dari PBO B1-250 sampai ujung feeder PLR 01

$$I_{hs\ 3\ \Phi} = E / Z_1 = 2297,73\ A$$

$$I_{hs\ 2\ \Phi} = \sqrt{3} E / (Z_1 + Z_2) = 1989,89\ A$$

$$I_{hs\ 1\ \Phi} = 3E / (Z_1 + Z_2 + Z_0) = 1335,05\ A$$

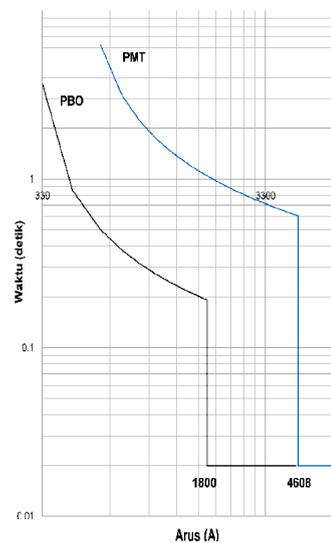
Tabel 1. Arus hubung singkat yang terjadi pada feeder PLR 01

| Lokasi | Jarak (kms) | I _{hs} 3Φ (A) | I _{hs} 2Φ (A) | I _{hs} 1Φ (A) |
|------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Bus 20 kV | 0 | 11904,129 | 10309,278 | 11904,129 |
| PBO B1-250 | 2 | 7111,67 | 6158,8869 | 5081,8456 |
| Ujung JTM | 10 | 2297,7286 | 1989,891 | 1335,0544 |

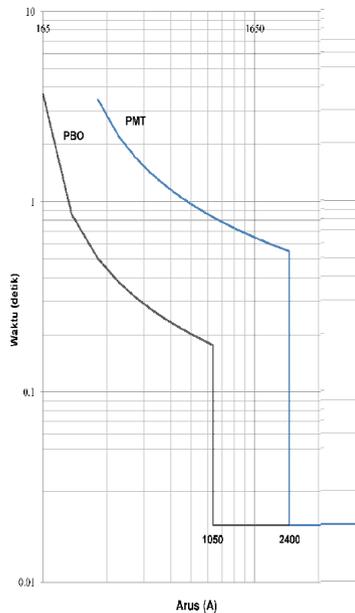
Tabel 2. Setting pengaman feeder PLR 01

| Setting | PMT PLR 01 | PBO B1-250 |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| I _{set} fase | 480 A | 300 A |
| TMS | 0,2 | 0,05 |
| I _{instan} fase | 9,6 x I _{set} fase | 6 x I _{set} fase |
| Kurva | Standard Inverse (SI) | Standard Inverse (SI) |
| I _{set} ground | 200 A | 150 A |
| I _{instan} ground | 12 x I _{set} ground | 7 x I _{set} ground |
| Urutan kerja | - | 2 C (2 delayed) |
| Reclosing interval | - | 10 detik |

Berdasarkan tabel diatas dapat digambarkan kurva waktu-kerjanya, yaitu :



Gambar 4.2 Kurva waktu-kerja OCR



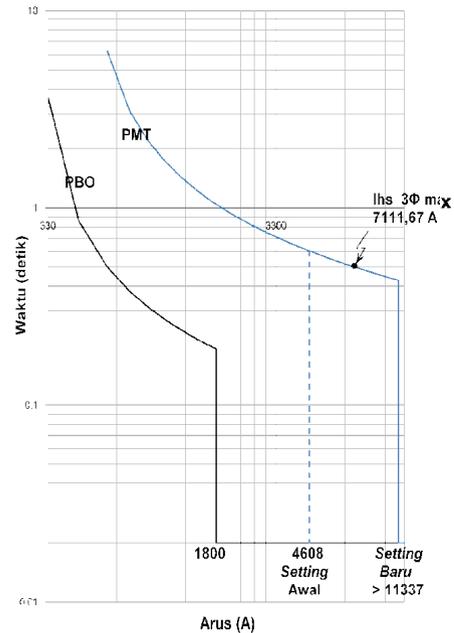
Gambar 4.3 Kurva waktu-kerja GFR

Dari data gangguan hubung singkat antar fasa diketahui bahwa $I_{\text{instant fasa PMT}}$ adalah sebesar $9,6 \times I_{\text{set fasa}} = 9,6 \times 480 \text{ A} = 4608 \text{ A}$ dan untuk $I_{\text{instant fasa PBO}}$ adalah sebesar $6 \times I_{\text{set fasa}} = 9,6 \times 300 \text{ A} = 1800 \text{ A}$. Arus hubung singkat yang terjadi lebih besar dari $I_{\text{instant fasa PMT}}$ ($> 4608 \text{ A}$) atau berada pada waktu kerja *instantaneous* PBO dan PMT sehingga tidak ada tundaan waktu kerja (*time delay*) oleh PMT karena waktu kerja yang berhimpit dengan waktu kerja PBO. Meskipun gangguan terjadi berada disebelah hilir PBO, tetapi gangguan ini juga dirasakan sebagai gangguan *instant* oleh PMT sehingga pada saat PBO akan *me-reclose* untuk urutan waktu kerja berikutnya, bersamaan itu pula PMT trip terlebih dahulu dan PBO *lockout* akibat terjadi pemadaman.

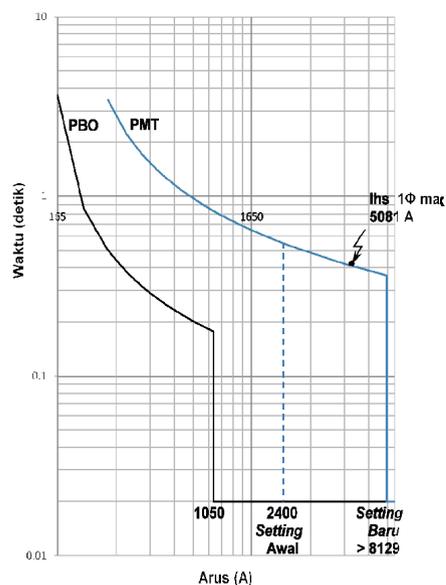
Demikian juga jika terjadi gangguan fasa-tanah arus hubung singkat yang terjadi pada saluran lebih besar dari $I_{\text{instant fasa PMT}}$ ($> 4608 \text{ A}$) atau berada pada waktu kerja *instantaneous* (0,02 detik) PBO dan PMT sehingga PMT ikut membuka *fast* bersama dengan PBO. Meskipun

gangguan berada disebelah hilir PBO dan tidak diketahui penyebabnya atau dapat dikatakan gangguan temporer.

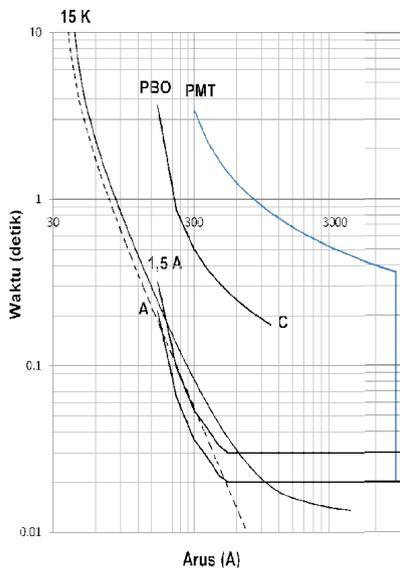
Dengan melihat data gangguan yang terjadi maka dilakukan perubahan *setting* pada rele OCR dan GFR PMT PLR 01, yaitu :



Gambar 4.4 Perubahan kurva waktu-kerja rele OCR PMT PLR 01



Gambar 4.5 Perubahan kurva waktu-kerja rele GFR PMT PLR 01



Gambar 4.6 Perubahan kurva waktu-kerja PBO B1-250

Perubahan kurva waktu-kerja PBO diatas terdapat penambahan urutan operasi kerja PBO yaitu 2 x waktu-kerja cepat dengan mempertimbangkan bahwa waktu lebur minimum sekering (*minimum melting*) harus lebih besar dari waktu pembukaan-cepat (kurva *instantaneous*) PBO dengan batas maksimum koordinasi sebesar 480 A. Hal ini dimaksudkan agar pada saat terjadi gangguan temporer maka sekering tersebut tidak melebur dahulu tetapi terselamatkan oleh waktu pembukaan-cepat PBO. Urutan waktu-kerja PBO menjadi 2 x cepat 2 x tunda (*2 fast 2 delayed*) dengan *reclosing* interval waktu-pembukaan I = *instant*, waktu-pembukaan II = 2 detik, dan waktu-pembukaan III = 15 detik.

Dengan urutan waktu-kerja *2 fast 2 delayed*, kira-kira 90 % gangguan temporer dapat diatasi, yakni 80 % pada buka-cepat yang pertama dan 10 % pada buka-cepat yang kedua.

KESIMPULAN

1. I_{set} fasa rele OCR PMT feeder PLR 01 di-*setting* sebesar 480 A dan PBO B1-250 di-*setting* sebesar 300 A. Arus *instantaneous setting* rele OCR

PMT PLR 01 di-*setting* sebesar 4608 A dan PBO B1-250 di-*setting* sebesar 1800 A.

2. I_{set} ground rele GFR PMT feeder PLR 01 di-*setting* sebesar 200 A dan PBO B1-250 di-*setting* sebesar 150 A. Arus *instantaneous setting* rele GFR PMT PLR 01 di-*setting* sebesar 2400 A dan PBO B1-250 di-*setting* sebesar 1050 A.
3. Kurva IEC *Standard Inverse* (SI) digunakan pada kurva waktu-kerja PMT dan PBO feeder PLR 01, tetapi koordinasinya kedua peralatan pengaman tersebut dibedakan TMS-nya (*Time Multiplier Setting*). TMS rele PMT feeder PLR 01 di-*setting* dengan TMS 0,2 dan PBO B1-250 di-*setting* dengan TMS 0,05. Urutan waktu-kerja PBO B1-250 ini hanya di-*setting* dengan 2 x waktu tunda dan *reclosing interval*-nya hanya di-*setting* selama 10 detik.
4. Terjadi kesalahan selektifitas kerja antara PMT dan PBO feeder PLR 01 yang dapat diketahui dari data gangguan pada feeder PLR 01. Besar arus gangguan fasa-fasa yang terjadi melebihi arus *instantaneous setting* rele OCR PMT PLR 01 (> 4605 A), begitu pula besar arus gangguan fasa-tanah melebihi arus *instantaneous setting* rele GFR PMT PLR 01 (> 2400 A). Hal ini memungkinkan PMT PLR 01 untuk trip karena waktu-kerja *instant* yang berhimpit dengan waktu-kerja *instant* PBO B1-250 meskipun gangguan yang terjadi di sebelah hilir PBO.

SARAN

1. *Setting* rele arus-lebih PMT PLR 01 perlu diubah dengan mengacu besar arus gangguan maksimal dan arus *transien* dc yang terjadi pada PBO B1-250. Perubahan yang dilakukan yaitu arus *instantaneous setting* kurva waktu-kerja rele OCR dinaikkan dari 4608 A menjadi > 11337 A dan arus *instantaneous setting* rele GFR dinaikkan dari 2400 A menjadi > 8129 A.
2. Pada *setting* urutan waktu-kerja PBO B1-250 perlu dilakukan perubahan dengan urutan waktu-kerja 2 *fast* 2 *delayed*. *Setting reclosing interval* dapat dipilih, yaitu *instant* pada pembukaan pertama, 2 detik pada pembukaan kedua dan 15 detik pada pembukaan ketiga. Hal tersebut dimaksudkan agar gangguan temporer dapat diatasi pada pembukaan-cepat yang pertama.
3. Penelitian ini perlu dilakukan kelanjutan studi evaluasinya karena penulis hanya menggunakan *setting* yang telah ada pada pengaman *feeder* PLR 01. Kelanjutan penelitian ini diharapkan *setting* pengaman *feeder* PLR 01 akan lebih akurat dengan mengacu parameter-parameter lain pada *setting* PBO *Nu-lec Automatic Circuit Recloser* tipe N-24.

DAFTAR PUSTAKA

EDSA. Power System Analysis Software
<http://www.globetrotter.com/>.
San Diego
Fuse Cut Out, Product Catalog. 28th Feb
2008. [http://www.sandc.com/
products/fuselink/](http://www.sandc.com/products/fuselink/). S&C Electric
Company

Hutauruk, Ir, M.E.E. *Pengetahuan
Netral Sistem Tenaga dan
Pengetahuan Peralatan*. Institut
Teknologi Bandung dan Universitas
Trisakti

Nugroho A.D., Susatyo H. 2006. *Analisa
Koordinasi OCR – Recloser
Penyulang Kaliwungu03*. Semarang :
Teknik Elektro Undip.

Nurdin, Muhammad. Nanang haryanto,
msc. *Analisis Sistem Tenaga*.
Teknik Elektro ITB

PLN, Tim Penyusun. *Teori Pelatihan
Operasi dan Pemeliharaan Relai
Proteksi Penghantar No. P3B/OM/PRO
T/01/TDSR Edisi Kedua*. PT. PLN
(Persero) P3B dan PT PLN (Persero)
Udiklat Semarang.

Sulasno, Ir. *Teknik dan Sistem Distribusi
Tenaga Listrik*. Universitas
Diponegoro. Semarang 2001

Technical Manual Nu Lec Industries.
1999. *N12/N24/N36 Pole Mounted
Recloser*. Schneider Electric.



Penulis:
Dodi lukman
L2F306024
Teknik Elektro
Universitas Diponegoro Semarang

Mengetahui dan Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Tejo Sukmadi, M.T.
NIP. 131 764 876

Ir. Bambang Winardi
NIP. 132 046 701

