

# EVALUASI KOORDINASI *SETTING RELAY* PROTEKSI OCR PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 kV PT APAC INTI CORPORA SEMARANG DENGAN ETAP 12.6.0

Faisal Oktavian Suryaadmaja<sup>\*)</sup>, Susatyo Handoko, and Bambang Winardi

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>*E-mail: faisaloktavian12@gmail.com*

## Abstrak

Pada sistem kelistrikan industri, tingkat keandalan jaringan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan karena akan berefek secara langsung terhadap kelangsungan produksi. Sistem proteksi merupakan faktor penting yang mempengaruhi tingkat keandalan jaringan tersebut. Penelitian ini menggunakan program bantu ETAP 12.6.0 yang bertujuan untuk memastikan koordinasi sistem proteksi jaringan tegangan menengah PT Apac Inti Corpora telah memenuhi standar persyaratan sistem proteksi. Pada kondisi existing di jaringan tegangan menengah 20 kV PT Apac Inti Corpora, terdapat kesalahan pada koordinasi relay arus lebih. Terdapat relay arus lebih dengan time grading kurang dari 0,2 detik dan lebih dari 0,5 detik. Terdapat pula kurva koordinasi yang saling tumpang tindih. Setelah dilakukan penyetelan ulang, koordinasi relay arus lebih sudah bekerja sebagaimana mestinya. Relay bekerja dimulai dari titik terdekat gangguan diikuti relay back up nya. Pada koordinasi proteksi hasil resetting sudah tidak ditemukan lagi kurva yang saling tumpang tindih. Time grading sudah sesuai dengan standar IEEE 242-1986. Sehingga hasilnya adalah peningkatan keandalan pada jaringan tegangan menengah 20 kV PT Apac Inti Corpora Semarang.

*Kata kunci: jaringan tegangan menengah, relay arus lebih, koordinasi proteksi*

## Abstract

In industrial electrical systems, the level of network reliability is a major factor that must be considered because it will have an effect directly on the continuity of production. Protection system is an important factor affecting the level of network reliability. This research used ETAP 12.6.0 as auxiliary program to ensure the coordination of medium voltage network protection system in PT Apac Inti Corpora met the standard requirements of the protection system. In the existing condition in medium voltage network system 20 kV PT Apac Inti Corpora, there was an error on the coordination of overcurrent relays. There was OCR relay with a time grading less than 0.2 seconds and more than 0.5 seconds. There was also coordination curves overlap. After the resetting, OCR relay coordination was working properly. Relay worked from the nearest point of interruption then followed by its back up relay. In coordination resetting protection results was not found curves overlap anymore. That time grading were in accordance with the IEEE 242-1986. So the result was an increase in the reliability of the network of 20 kV medium voltage PT Apac Inti Corpora Semarang.

*Keywords: medium voltage network, overcurrent relay, protection coordination*

## 1. Pendahuluan

Industri tekstil merupakan salah satu penopang perekonomian sebuah negara. Dalam sebuah industri tekstil secara garis besar terdapat dua unit utama yaitu unit pemintalan (*spinning*) dan unit penennunan (*weaving*). Setiap unit terdiri dari mesin-mesin yang digunakan untuk menunjang proses produksi, yang selalu membutuhkan pasokan energi listrik dan diharapkan tidak terjadi gangguan maupun kegagalan. Menurut Arianto, salah satu gangguan pada sistem tenaga adalah gangguan hubung singkat. Gangguan ini menghasilkan arus yang sangat

tinggi melebihi nilai nominalnya, sehingga akan mengakibatkan kerusakan peralatan lain yang berada dalam sistem [1]. Setiajje dan Putra menyebutkan dalam tugas akhirnya, koordinasi antar *relay* juga menentukan keandalan suatu sistem tenaga listrik sehingga diperlukan evaluasi. Salah satu koordinasi yang harus selalu dievaluasi adalah koordinasi antar *relay* arus lebih. Sehingga energi listrik yang disalurkan ke jaringan dapat selalu terpenuhi [2][3].

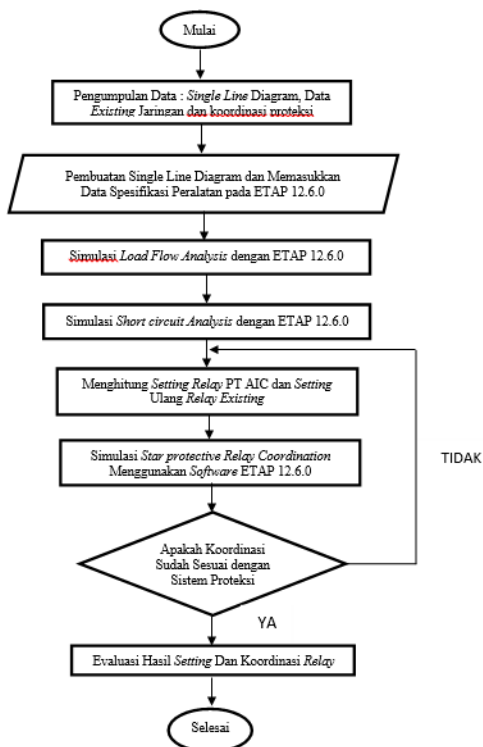
PT Apac Inti Corpora (AIC) memiliki 7 unit *spinning* dan 4 unit *weaving*. Setiap tahun di PT AIC terdapat perubahan besarnya beban menyesuaikan dengan kebutuhan produksi,

namun jaringan tegangan menengah 20 kV pada PT AIC sudah sejak tahun 2009 tidak dilakukan pengecekan ulang *setting* sistem proteksinya. Pengecekan kerja *relay* yang pernah dilakukan adalah pengujian *single test*, bukan berupa pengujian koordinasi *relay* nya. Sedangkan unit *weaving* 1 di bus MSA dan *spinning* 7 di bus MQA yang pada tahun 2009 berhenti beroperasi kini kembali dioperasikan kembali. Perubahan besar beban ini dikhawatirkan menyebabkan terjadinya kesalahan *setting* sistem proteksi karena minimnya pengecekan koordinasi *setting* proteksi selama 2009-2016. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi *setting* dan koordinasi *relay* proteksi OCR kondisi *existing* untuk mendapatkan koordinasi proteksi yang lebih baik [7].

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai evaluasi *setting relay* proteksi OCR pada jaringan tegangan menengah 20 kV PT AIC dengan menggunakan ETAP 12.6.0 karena *software* ini memiliki tampilan simulasi yang mudah dipahami. *Software* ETAP memiliki kemampuan untuk menyimulasikan aliran daya, gangguan hubung singkat dan koordinasi *setting relay* proteksi OCR [15].

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian



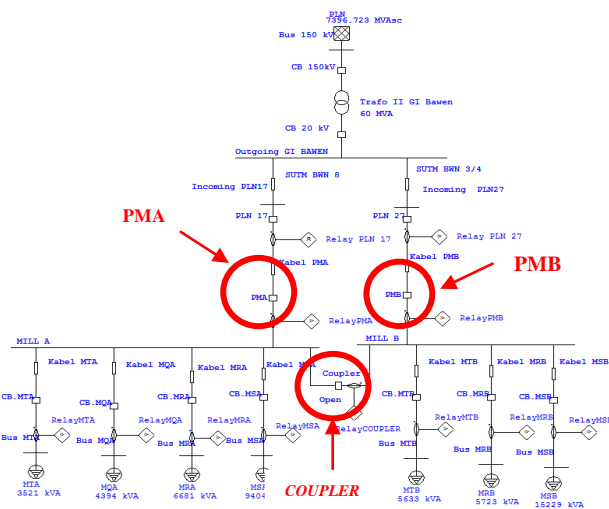
Gambar 1. Diagram Alir Langkah Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi koordinasi *setting relay* arus lebih pada PT Apac Inti Corpora setelah unit *weaving* 1 di bus MTA dan *spinning* 7 di bus MQA

beroperasi. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.

### 2.2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PT PLN APJ Salatiga, PT PLN APP Salatiga, dan PT AIC. Data-data tersebut meliputi data *power grid*, data spesifikasi *transformator*, data impedansi penghantar, data beban jaringan tegangan menengah PT AIC, dan data *setting relay* arus lebih di PT AIC. *Single line diagram* jaringan tegangan menengah 20 kV PT AIC ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Single Line Diagram

Ada tiga macam kondisi jaringan yang harus diakomodasi oleh *setting relay* arus lebih di PT AIC. Tiga kondisi jaringan ini dapat dibedakan berdasarkan variasi pada *circuit breaker* yang dapat dilihat pada tabel 1. Pada kondisi normal beban disuplai dari PMA dan PMB.

Tabel 1. Variasi kondisi jaringan

| Variasi         | Circuit Breaker |       |         |
|-----------------|-----------------|-------|---------|
|                 | PMA             | PMB   | COUPLER |
| Kondisi Pertama | CLOSE           | CLOSE | OPEN    |
| Kondisi Kedua   | OPEN            | CLOSE | CLOSE   |
| Kondisi Ketiga  | CLOSE           | OPEN  | CLOSE   |

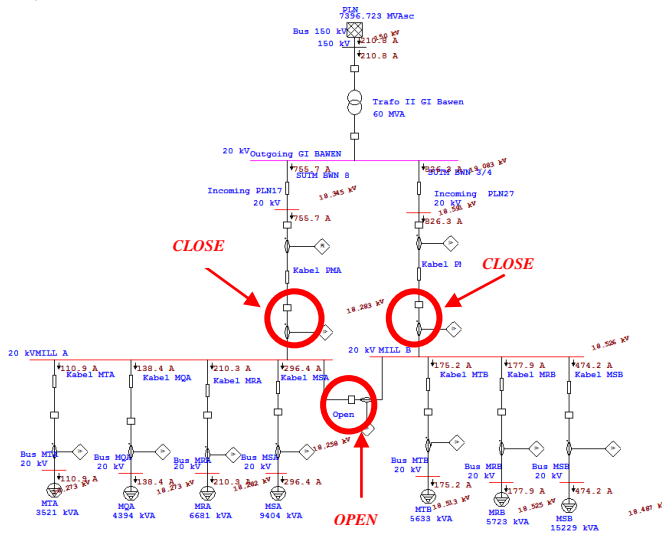
## 3. Hasil dan Analisis

### 3.1. Load Flow Analysis

Simulasi aliran daya dilakukan untuk mendapatkan nilai arus yang mengalir ketika beban beroperasi penuh. Simulasi dilakukan di ketiga kondisi jaringan. Nilai arus beban penuh akan digunakan untuk perhitungan nilai *setting* minimal arus *pickup* pada *relay*. Arus beban penuh yang akan digunakan pada perhitungan *resetting relay*

adalah arus beban penuh terbesar yang mengalir pada masing-masing *circuit breaker*.

Analisis *load flow* pada tugas akhir ini dilakukan dengan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0. Pada ETAP 12.6.0 pilih menu “*Load Flow Analysis*” lalu pilih “*run*”. Tampilan *load flow analysis* dapat dilihat pada Gambar 3. Sedangkan hasil simulasi *load flow* dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 3. Simulasi *load flow analysis* pada ETAP 12.6.0 kondisi I

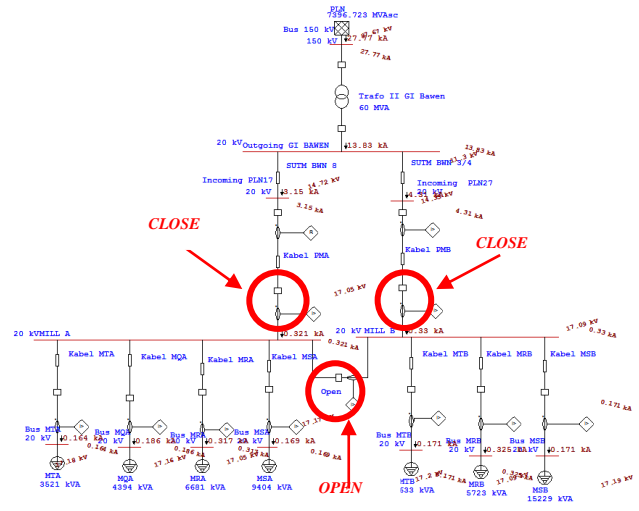
Tabel 2. Arus beban penuh terbesar hasil simulasi pada ETAP 12.6.0

| Circuit Breaker | Arus Beban Penuh (A) |
|-----------------|----------------------|
| PLN 17          | 1702                 |
| PLN 27          | 1630                 |
| PMA             | 1702                 |
| PMB             | 1630                 |
| COUPLER         | 894.8                |
| MTA             | 118,5                |
| MQA             | 147,9                |
| MRA             | 224,8                |
| MSA             | 316,9                |
| MTB             | 189,7                |
| MRB             | 192,6                |
| MSB             | 513,6                |

### 3.2. Analisis Gangguan Hubung Singkat

Simulasi arus hubung singkat dilakukan dengan ETAP 12.6.0 untuk mengetahui besarnya nilai arus gangguan. Analisis gangguan hubung singkat dilakukan dengan memberikan gangguan pada bus di *single line diagram* jaringan. Nilai arus hubung singkat ini akan digunakan sebagai batas maksimal untuk pemilihan nilai *setting* arus *pickup*. Nilai arus gangguan hubung singkat yang

digunakan dalam perhitungan *setting relay* arus lebih adalah arus hubung singkat 3-fasa. Simulasi dilakukan pada tiga kondisi jaringan, kemudian dipilih nilai arus gangguan hubung singkat terkecil (minimum).



Gambar 4. Simulasi arus gangguan hubung singkat pada ETAP 12.6.0 kondisi I

Hasil simulasi dari gambar 4 berupa laporan mengenai arus hubung singkat yang terjadi pada simulasi ETAP 12.6.0 terdapat pada *report manager*. Rekapitulasi arus gangguan hubung singkat 3-fasa minimum dari ketiga kondisi jaringan terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel arus gangguan hubung singkat minimum hasil simulasi ETAP 12.6.0

| Current Transformer | Arus Hubung Singkat Minimum pada Tiap CT (kA) |
|---------------------|---|
| PLN 27              | 8,37  |
| PLN 17              | 6,99  |
| PMA                 | 6,75  |
| PMB                 | 8,04  |
| MTA                 | 6,51  |
| MQA                 | 6,57  |
| MRA                 | 6,74  |
| MSA                 | 6,53  |
| MTB                 | 6,52  |
| MRB                 | 6,74  |
| MSB                 | 6,51  |
| COUPLER             | 6,74  |

### 3.3. Setting Existing Relay Proteksi OCR

Sebelum melakukan penyetelan ulang atau *resetting relay* proteksi OCR, terlebih dahulu melakukan analisis terhadap *setting existing* pada jaringan tegangan menengah 20 kV PT AIC. Pada penelitian ini *setting existing* digunakan untuk analisis kesesuaian koordinasi *relay* proteksi OCR

pada jaringan tegangan menengah PT AIC. Data *setting existing relay* OCR dapat dilihat pada tabel 4 untuk *setting low set* dan tabel 5 untuk *setting high set*.

**Tabel 4. Setting low set relay proteksi OCR existing**

| ID ETAP | CT Ratio | Setting Low Set Relay OCR |         |      |
|---------|----------|---------------------------|---------|------|
|         |          | Kurva                     | Pick up | TMS  |
| PLN 17  | 600/5    | Standard Inverse          | 0,83    | 1    |
| PLN 27  | 1000/5   | Standard Inverse          | 0,8     | 1    |
| PMA     | 600/1    | Extremely Inverse         | 0,9     | 0,05 |
| PMB     | 600/1    | Standard Inverse          | 1       | 0,05 |
| MTA     | 600/1    | Standard Inverse          | 0,96    | 0,05 |
| MQA     | 600/1    | Standard Inverse          | 0,96    | 0,05 |
| MRA     | 600/1    | Standard Inverse          | 0,96    | 0,05 |
| MSA     | 600/1    | Standard Inverse          | 0,96    | 0,05 |
| MTB     | 600/1    | Standard Inverse          | 0,96    | 0,05 |
| MRB     | 600/1    | Standard Inverse          | 0,96    | 0,05 |
| MSB     | 600/1    | Standard Inverse          | 0,96    | 0,05 |
| COUPLER | 2000/1   | Standard Inverse          | 0,5     | 0,1  |

**Tabel 5. Setting high set relay proteksi OCR existing**

| ID ETAP | CT Ratio | Kurva         | Setting Relay OCR |      |
|---------|----------|---------------|-------------------|------|
|         |          |               | Pick up           | TMS  |
| PLN 17  | 600/5    | Definite      | 3,33              | 0,1  |
| PLN 27  | 1000/5   | Definite      | 3,2               | 0,1  |
| PMA     | 600/1    | Instantaneous | 1,8               | 0,05 |
| PMB     | 600/1    | Instantaneous | 4                 | 0,04 |
| MTA     | 600/1    | Instantaneous | 3,4               | 0,04 |
| MQA     | 600/1    | Instantaneous | 3,4               | 0,04 |
| MRA     | 600/1    | Instantaneous | 3,4               | 0,04 |
| MSA     | 600/1    | Instantaneous | 3,4               | 0,04 |
| MTB     | 600/1    | Instantaneous | 3,4               | 0,04 |
| MRB     | 600/1    | Instantaneous | 3,4               | 0,04 |
| MSB     | 600/1    | Instantaneous | 3,4               | 0,04 |
| COUPLER | 2000/1   | Definite      | 4                 | 0,04 |

### 3.4. Resetting Relay Proteksi OCR

#### 3.4.1. Setting Low Set Relay Proteksi OCR

Penyetelan ulang (*resetting*) *relay* proteksi OCR membutuhkan arus beban penuh atau *Full Load Ampere* (FLA) pada tabel 2 dan arus hubung singkat terkecil (*Isc min*) pada tabel 3 untuk menentukan arus *setting* (*pick up*). Perhitungan arus *setting low set relay* menggunakan persamaan 1, lalu arus *pickup* dihitung dengan persamaan 2 berikut :

$$(1.05 \text{ s/d } 1.3) I_{FLA} \leq I_{set} \leq 0,8 I_{sc \text{ minimum}} \quad (1)$$

$$Pick \ up = \frac{I_{set}}{CT \ primer} \quad (2)$$

Sedangkan untuk menentukan TMS pada *relay* OCR tipe *standard inverse* menggunakan persamaan 3 berikut [7]:

$$t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1} \cdot TMS \quad (3)$$

Waktu operasi yang digunakan untuk *relay* OCR yang paling dekat dengan beban yaitu RelayMTA, RelayMQA, RelayMRA, RelayMSA, RelayMTB, RelayMRB, dan RelayMSB adalah yang tercepat. Kemudian diikuti *relay*

*back up* nya dengan jeda waktu 0,2-0,4 detik sesuai IEEE Standard 242-1986. Namun, jeda waktu 0,5 detik masih diijinkan untuk kondisi tertentu [17]. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk *setting relay* MTA :

#### RelayMTA

Dipilih kurva : *Standard Inverse*  
*Isc min* : 6510 A  
 Arus beban Penuh (FLA) : 118,5 A  
 CT Ratio : 600/1  
 Waktu Operasi : 0,4 detik

#### Arus Setting

$$1,25 * FLA \leq I_{set} \leq 0,8 * I_{sc \ min}$$

$$1,25 * 118,5 \text{ A} \leq I_{set} \leq 0,8 * 6510 \text{ A}$$

$$148,125 \text{ A} \leq I_{set} \leq 5208 \text{ A}$$

Dipilih  $I_{set}$  sebesar 148,125 A, maka nilai *pick up* dan TMS adalah sebagai berikut

$$Pick \ up = \frac{I_{set}}{CT \ primer} = \frac{148,125 \text{ A}}{600 \text{ A}} = 0,246 \quad (4)$$

$$TMS = \frac{t * \left(\frac{I_{sc \ Min}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} = \frac{0,4 \text{ s} * \left(\frac{6510 \text{ A}}{148,125 \text{ A}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} = 0,22 \quad (5)$$

#### 3.4.2. Setting High Set Relay Proteksi OCR

Menentukan *setting high set relay* berguna untuk melindungi peralatan seperti *circuit breaker* dan penghantar dari arus hubung singkat yang nilainya sangat besar. Nilai TMS *high set relay* OCR ditentukan berkisar antara 20 sampai 100 ms dengan *grading time* sebesar 0,1 s [16]. Lalu untuk menentukan arus *pickup setting high set relay* dengan melihat 50% dari arus gangguan maksimum [18]. Arus gangguan maksimum diasumsikan dari arus gangguan maksimum yang dapat ditanggung oleh *circuit breaker*. Contoh pada perhitungan *high set relay* MTA :

#### RelayMTA

Dipilih kurva : *Instantaneous*  
 $I_{set}$  : 7000 A  
 CT ratio : 600/1 A  
 TMS : 40 ms

$$Pick \ up = \frac{I_{set}}{CT \ Primer} = \frac{7000}{6} = 11,667 \quad (6)$$

#### 3.4.3. Rekapitulasi Perhitungan Resetting Relay Proteksi OCR

Setelah dilakukan penyetelan ulang/*resetting relay* OCR di PT AIC dengan cara yang sama pada perhitungan 4,5 dan 6, maka dapat dibuat rekapitulasi hasil perhitungan pada tabel 5 untuk *setting low set* dan tabel 6 untuk *setting high set*.

Tabel 6. Hasil perhitungan *low set resetting relay proteksi OCR*

| ID ETAP | CT ratio | Brands | Kurva       | Data Hasil Perhitungan |         |      |
|---------|----------|--------|-------------|------------------------|---------|------|
|         |          |        |             | $t_{op}$ (s)           | Pick up | TMS  |
| PLN 17  | 600/5    | MG     | Std Inverse | 1,2                    | 2,92    | 0,23 |
| PLN 27  | 1000/5   | ABB    | Std Inverse | 1,2                    | 1,67    | 0,27 |
| PMA     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,8                    | 2,92    | 0,15 |
| PMB     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,8                    | 2,79    | 0,18 |
| MTA     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,4                    | 0,24    | 0,22 |
| MQA     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,4                    | 0,30    | 0,21 |
| MRA     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,4                    | 0,46    | 0,19 |
| MSA     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,4                    | 0,66    | 0,16 |
| MTB     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,4                    | 0,39    | 0,19 |
| MRB     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,4                    | 0,40    | 0,19 |
| MSB     | 600/1    | ABB    | Std Inverse | 0,4                    | 1,07    | 0,13 |
| COUPLER | 2000/1   | ABB    | Std Inverse | 0,8                    | 0,5     | 0,22 |

Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa waktu *trip* ( $t_{op}$ ) dari *relay* MTA, MQA, MRA, MSA, MTB, MRB, MSB sama yaitu sebesar 0,4. Hal ini disebabkan *relay-relay* proteksi OCR tersebut terletak paling dekat dengan beban, sehingga harus memiliki waktu *trip* yang tercepat. Sedangkan waktu operasi dari *relay* COUPLER, PMA dan PMB sebesar 0,8 detik. Kemudian untuk waktu operasi dari *relay* PLN 17 dan PLN 27 sebesar 1,2 detik. Hal ini disebabkan *relay* COUPLER, PMA dan PMB merupakan *relay back up* pertama dari bus MILL A dan MILL B sehingga membutuhkan *grading time* sesuai standar IEEE 242, yaitu antara 0,2 – 0,4 detik. Sama halnya dengan *relay* PLN 17 dan PLN 27 yang diberi *grading time* sebesar 0,4 detik dari waktu operasi *relay* COUPLER, PMA dan PMB. Pada *relay* ABB SPAJ 140C range nilai *pick up* antara 0,5 sampai 2,5, sehingga hasil perhitungan nilai *pick up* yang dibawah 0,5 akan dimasukkan ke *setting pick up* pada ETAP 12.6.0 sebesar 0,5. Sedangkan nilai *pick up* hasil perhitungan yang melebihi 2,5 akan dimasukkan ke *setting pick up* pada ETAP 12.6.0 sebesar 2,5. Untuk *relay* PLN 17 yang merupakan buatan merin gerin range nilai *pick up* antara 0,5 sampai 2,4, sehingga hasil perhitungan nilai *pick up* yang melebihi 2,4 akan dimasukkan ke *setting pick up* pada ETAP 12.6.0 sebesar 2,4.

Tabel 7. Hasil perhitungan *high set resetting relay proteksi OCR*

| ID ETAP | CT ratio | Kurva         | Data Hasil Perhitungan |         |      |
|---------|----------|---------------|------------------------|---------|------|
|         |          |               | $I_{set}$              | Pick up | TMS  |
| PLN 17  | 600/5    | Definite      | 7000                   | 11,67   | 0,34 |
| PLN 27  | 1000/5   | Definite      | 8100                   | 8,1     | 0,34 |
| PMA     | 600/1    | Instantaneous | 7000                   | 11,67   | 0,24 |
| PMB     | 600/1    | Instantaneous | 8100                   | 13,5    | 0,24 |
| MTA     | 600/1    | Instantaneous | 7000                   | 11,67   | 0,04 |
| MQA     | 600/1    | Instantaneous | 7000                   | 11,67   | 0,04 |
| MRA     | 600/1    | Instantaneous | 7000                   | 11,67   | 0,04 |
| MSA     | 600/1    | Instantaneous | 7000                   | 11,67   | 0,04 |
| MTB     | 600/1    | Instantaneous | 7000                   | 11,67   | 0,04 |
| MRB     | 600/1    | Instantaneous | 7000                   | 11,67   | 0,04 |
| MSB     | 600/1    | Instantaneous | 7000                   | 11,67   | 0,04 |
| COUPLER | 2000/1   | Definite      | 7000                   | 3,5     | 0,14 |

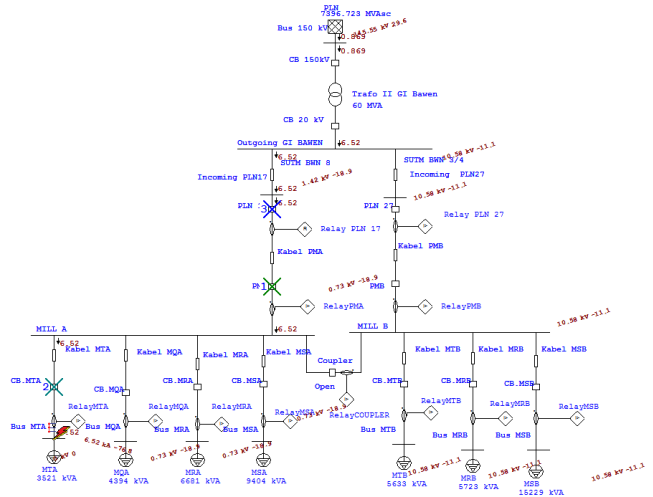
Dapat dilihat bahwa berdasarkan pada tabel 7 besar nilai TMS untuk *relay-relay* yang paling dekat dengan beban yaitu MTA, MQA, MRA, MSA, MTB, MRB, dan MSB dipilih waktu kerja minimal. Waktu kerja minimal dari karakteristik *relay instantaneous* pada *relay* ABB SPAJ 140C yaitu 40 ms.

### 3.4.4. Evaluasi Koordinasi Relay Proteksi OCR

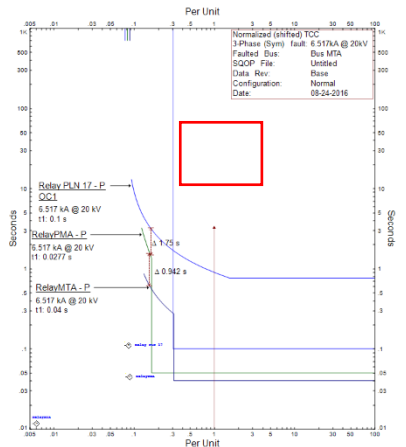
Setelah menentukan simulasi aliran daya dan arus gangguan hubung singkat, kemudian menghitung penyetelan ulang atau *resetting relay* OCR, selanjutnya adalah evaluasi koordinasi dengan cara membandingkan kurva koordinasi proteksi *existing* dengan hasil penyetelan ulang atau *resetting*. Koordinasi *relay* hasil *resetting* harus dapat mengakomodasi 3 kondisi jaringan.

#### 3.4.4.1. Evaluasi Koordinasi Relay OCR pada Kondisi I

Kondisi I adalah kondisi dimana *circuit breaker* PMA dan *circuit breaker* PMB dalam keadaan *close*. Sedangkan *circuit breaker* coupler dalam keadaan *open*. Sehingga beban pada bus MILL A disuplai melalui PMA dan beban pada bus MILL B disuplai melalui PMB. Dapat kita ambil satu contoh simulasi koordinasi *relay* OCR ketika ada gangguan pada bus MTA. Gangguan arus hubung singkat pada bus MTA seharusnya terlebih dahulu membuat RelayMTA bekerja untuk membuka *circuit breaker* MTA lalu diikuti dengan proteksi *back up*-nya. Koordinasi *existing* saat terjadi gangguan arus hubung singkat pada bus MTA dapat dilihat pada gambar 5.

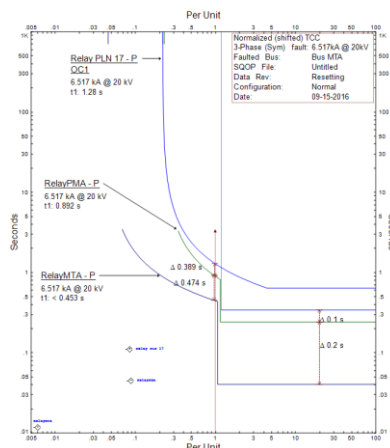


Gambar 5. Koordinasi *existing* saat gangguan arus hubung singkat pada bus MTA



Gambar 6. Kurva koordinasi existing saat gangguan arus hubung singkat pada bus MTA

Koordinasi existing yang ditunjukkan pada gambar 5 tidak sesuai, dimana jika kurva koordinasi pada relay-relay tersebut dianalisis, maka terlihat ketidaksesuaian koordinasi. Kesalahan pada kurva koordinasi existing ditunjukkan pada gambar 6, dimana kurva RelayMTA berpotongan dengan RelayPMA. Hal tersebut berbahaya jika arus gangguan yang terjadi lebih besar daripada perpotongan kedua kurva tersebut dan mengakibatkan relay back up RelayPMA bekerja lebih dahulu sebelum relay utama bekerja. Sehingga pada koordinasi existing dapat mengakibatkan sistem yang seharusnya tidak padam menjadi padam. Hal tersebut dapat mengurangi keandalan. Permasalahan kedua yaitu grading time antar kurva yang belum memenuhi standar IEEE 242, yaitu 0,2 detik – 0,4 detik [16]. Setelah dilakukan penyetelan ulang atau resetting, terdapat perbaikan kurva koordinasi antar relay proteksi OCR. Hasil resetting relay OCR saat gangguan arus hubung singkat pada bus MTA dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Kurva koordinasi resetting saat gangguan arus hubung singkat pada bus MTA

Gambar 7 menunjukkan hasil resetting kurva koordinasi. Saat gangguan arus hubung singkat terjadi pada bus MTA, sudah tidak ada kurva yang saling mendahului. Selain itu,

grading time antara kurva RelayMTA, RelayCoupler, RelayPMB dan RelayPLN27 sudah memenuhi standar IEEE 242, yaitu 0,2 detik – 0,4 detik [16].

### 3.4.5. Rekapitulasi Analisis Setting Existing Relay Proteksi OCR

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dengan ETAP 12.6.0, maka dapat dibuat rekapitulasi kesalahan pada setting existing relay OCR di PT AIC. Kesalahan yang terjadi dapat berupa kesalahan urutan trip CB maupun kesalahan besarnya grading time yang dianalisis dari kurva TCC. Rekapitulasi analisis setting existing relay OCR dapat dilihat pada tabel 8. Tanda “X” menunjukkan bahwa pada bus tersebut terdapat kesalahan, baik pada urutan trip CB nya maupun pada grading time antar kurva-kurva relay yang dapat dianalisis dari kurva TCC.

Tabel 8. Rekapitulasi analisis setting existing relay proteksi OCR

| Gangguan di BUS | Setting Relay Existing |     |             |     |             |     |
|-----------------|------------------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|                 | Kondisi I              |     | Kondisi II  |     | Kondisi III |     |
|                 | Urutan Trip            | TCC | Urutan Trip | TCC | Urutan Trip | TCC |
| MTA             | X                      | X   | X           | X   | X           | X   |
| MQA             | X                      | X   | X           | X   | X           | X   |
| MRA             | X                      | X   | X           | X   | X           | X   |
| MSA             | X                      | X   | X           | X   | X           | X   |
| MTB             | X                      | X   | X           | X   | X           | X   |
| MRB             | X                      | X   | X           | X   | X           | X   |
| MSB             | X                      | X   | X           | X   | X           | X   |

Pada tabel 8 tanda “X” menunjukkan bahwa pada bus tersebut terdapat kesalahan pada setting relay OCR. Dimana kesalahan ini dapat dianalisis baik pada urutan trip CB nya maupun pada grading time antar kurva-kurva relay yang dapat dianalisis dari kurva TCC. Untuk itu perlu dilakukan evaluasi dengan cara resetting relay proteksi OCR.

### 3.5. Rekapitulasi Setting Relay Proteksi OCR

Setelah dilakukan penyetelan ulang atau resetting relay proteksi OCR, terdapat perbedaan antara existing dan hasil resetting. Ringkasan perbandingan dari setting relay proteksi OCR existing dan hasil resetting dapat dilihat pada tabel 9 untuk setting low set relay dan tabel 10 untuk setting high set relay.

Pada tabel 9 menunjukkan nilai Time Multiple Setting (TMS) hasil resetting dari relay PLN 17 dan PLN 27 lebih cepat daripada nilai existing. Sedangkan besar TMS hasil resetting relay PMA, PMB, MTA, MQA, MRA, MSA, MTB, MRB, MSB, dan Coupler lebih lambat daripada nilai existing. Hal ini dikarenakan pada perhitungan resetting menggunakan waktu operasi sesuai standar IEEE 242-1986 yang lebih cepat daripada setting existing. Selain itu untuk mengakomodasi tiga kondisi jaringan, pengaturan jeda waktu ada yang melebihi standar dari IEEE 242-1986. Penentuan besarnya nilai TMS hasil resetting selain

menggunakan perhitungan juga melalui kurva TCC (*Tripping Curve Characteristic*) dari ETAP 12.6.0. Hal ini berguna untuk memastikan tidak ada kurva antar *relay* yang saling memotong maupun berimpit. Sehingga urutan *trip* antara *relay back up* dan *relay* yang terdekat dengan gangguan tidak terbalik. Kurva untuk *relay* PMA pada hasil *resetting* diubah dari *extremely inverse* menjadi *standard inverse* untuk dapat mendapatkan jeda waktu yang sesuai dengan standar.

Pada tabel 10 menunjukkan perbedaan nilai *pickup existing* dan *resetting*. Hal ini dikarenakan pada perhitungan *resetting* dipilih nilai *setting* yang lebih besar dari nilai arus hubung singkat minimum atau kurang lebih 50% dari arus hubung singkat maksimum yang mengalir pada masing-masing *current transformer*. Nilai *setting high set* pada *relay* dipilih lebih besar dari arus hubung singkat minimum. Apabila dipilih arus *setting* sebesar arus gangguan minimum maka *relay* akan langsung memberi perintah *trip* CB dan akan mengurangi keandalan apabila gangguan bersifat sementara akibat munculnya lonjakan arus. Nilai *Time Multiple Setting (TMS)* hasil *resetting* dari *relay* PLN 17 dan PLN 27 lebih cepat daripada nilai *existing*. Sedangkan besar TMS hasil *resetting relay* PMA, PMB, dan Coupler lebih lambat dari nilai *existing*. Sedangkan TMS hasil *resetting* pada *relay* MTA, MQA, MRA, MSA, MTB, MRB dan MSB sama dengan nilai *existing* sebesar 0,4 detik.

Tabel 9. Rekapitulasi setting low set relay proteksi OCR

| Relay   | Setting Low Set |           |          |           |
|---------|-----------------|-----------|----------|-----------|
|         | Pick up         |           | TMS      |           |
|         | Existing        | Resetting | Existing | Resetting |
| PLN 17  | 0,84            | 2,4       | 1        | 0,28      |
| PLN 27  | 0,8             | 2,5       | 1        | 0,17      |
| PMA     | 0,9             | 2,5       | 0,05     | 0,19      |
| PMB     | 1               | 2,5       | 0,05     | 0,19      |
| MTA     | 0,96            | 0,5       | 0,05     | 0,20      |
| MQA     | 0,96            | 0,5       | 0,05     | 0,20      |
| MRA     | 0,96            | 0,5       | 0,05     | 0,20      |
| MSA     | 0,96            | 0,66      | 0,05     | 0,17      |
| MTB     | 0,96            | 0,5       | 0,05     | 0,20      |
| MRB     | 0,96            | 0,5       | 0,05     | 0,20      |
| MSB     | 0,96            | 1,07      | 0,05     | 0,14      |
| COUPLER | 0,5             | 0,5       | 0,1      | 0,18      |

Tabel 10. Rekapitulasi setting high set relay proteksi OCR

| Relay   | Setting High Set |           |          |           |
|---------|------------------|-----------|----------|-----------|
|         | Pick up          |           | TMS      |           |
|         | Existing         | Resetting | Existing | Resetting |
| PLN 17  | 3,33             | 12,9      | 0,1      | 0,34      |
| PLN 27  | 3,2              | 8,1       | 0,1      | 0,34      |
| PMA     | 1,8              | 12,6      | 0,05     | 0,24      |
| PMB     | 4                | 13,5      | 0,04     | 0,24      |
| MTA     | 3,4              | 11,67     | 0,04     | 0,04      |
| MQA     | 3,4              | 11,67     | 0,04     | 0,04      |
| MRA     | 3,4              | 11,67     | 0,04     | 0,04      |
| MSA     | 3,4              | 11,67     | 0,04     | 0,04      |
| MTB     | 3,4              | 11,67     | 0,04     | 0,04      |
| MRB     | 3,4              | 11,67     | 0,04     | 0,04      |
| MSB     | 3,4              | 11,67     | 0,04     | 0,04      |
| COUPLER | 4                | 3,7       | 0,04     | 0,14      |

#### 4. Kesimpulan

Hasil analisis koordinasi *relay* OCR menggunakan ETAP 12.6.0 menunjukkan terdapat kesalahan koordinasi. Berdasarkan analisis pada kurva TCC juga dapat ditemukan kurva yang saling tumpang tindih dan berpotongan. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi pada *setting relay* OCR di PT AIC. Setelah dilakukan *resetting relay* OCR dengan ETAP 12.6.0 koordinasi *relay* di PT AIC sudah sesuai, dimana CB *trip* dimulai dari yang terdekat dengan gangguan diikuti CB *back up* nya. Selain itu, sudah tidak ada kurva yang saling tumpang tindih dan berpotongan, Jeda waktu kerja antar *relay* sudah sesuai dengan standar IEEE Standard 242-1986, yaitu 0,2–0,4 detik. Untuk *relay* yang memiliki jeda waktu melebihi 0,4 detik, jeda waktu ini masih diijinkan karena pada kondisi khusus jeda waktu 0,5 detik masih termasuk jeda waktu yang normal.

#### Referensi

- [1]. Arianto, Novi. "Koordinasi Rele Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan PT. Pertamina UBEP Tanjung Setelah Penambahan Beban Dan Pembangkit Baru". Teknik Elektro Institut Teknologi Bandung. 2012.
- [2]. Setiajje, Prayoga. "Evaluasi Setting Relay Arus Lebih dan Setting Relay Gangguan Tanah pada Gardu Induk Sronдол". Teknik Elektro Universitas Diponegoro. 2015.
- [3]. Adi Putra, Rino. "Koordinasi Relay Arus Lebih dan Recloser pada Jaringan Tegangan Menengah Gardu Induk Sronдол". Teknik Elektro Universitas Diponegoro. 2015.
- [4]. Sarimun, Wahyudi. "Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Garamod. 2012.
- [5]. Saadat, Hadi. "Power System Analysis". McGraw Hill. 1999.
- [6]. Stevenson, William D. "Analisis Sistem Tenaga Listrik". Erlangga. 1996
- [7]. Hewitson, L.G. "Practical Power System Protection". Elsevier. Oxford. 2004.
- [8]. IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis (Brown Book), IEEE Std 399-1997.
- [9]. Bayliss, C. R. (Colin R). "Transmission and Distribution Electrical Engineering". Newnes. Great Britain. 2007.
- [10]. AREVA. "Network Protection & Automation Guide". Cayfosa, Barcelona, Spanyol. 2002.
- [11]. Mason, C.Ruseel. "The art and science of protective Relaying", Wiley. 1996
- [12]. Christophe Preve, Protecton of Electrical Network, ISTE Ltd, Great Britain and the United States. 2006.
- [13]. Putra Pratama, Rudianto. "Perancangan Sistem Proteksi (Over Current dan Ground Fault Relay) Untuk Koordinasi Pengaman Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban IV". Institut Teknik Sepuluh November. 2011.
- [14]. Kadir, Abdul. "Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik". Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. 2000.
- [15]. ETAP PowerStation 4.0 Chapter 13 Short-Circuit Analysis, Operation Technology, Inc., SC. 2001.

- [16]. IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System, IEEE Standart 242- 1986.
- [17]. Alstom, “*Network Protection and Application Guide*”, Stafford, England, 1987.
- [18]. M.Gers, Juan dan J.Holmes, Edward “*Protection of Electricity Distribution Networks*”. United Kingdom. 1998.