



ANALISIS KOORDINASI SETTING PROTEKSI OCR PADA KUBIKEL INCOMING DENGAN OUTGOING 20 kV DI GARDU INDUK LANNA MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP

Indah Safirah^{1*}, Ruslan², Al Imran³

¹Electrical Engineering Education, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

^{2,3}Electrical Engineering, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

indahsafirah9@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received :

Revised :

Accepted :



ABSTRACT

Peningkatan kebutuhan akan energi listrik menuntut sistem distribusi yang andal, selektif, dan aman dari gangguan. Salah satu komponen penting dalam sistem proteksi adalah *Over Current Relay* (OCR), yang berfungsi untuk mendeteksi dan memutuskan aliran arus lebih akibat gangguan hubung singkat. Pada Gardu Induk Lanna 150 kV, koordinasi OCR antara kubikel *incoming* dan *outgoing* 20 kV belum menunjukkan kinerja yang optimal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menjawab dua rumusan masalah: bagaimana koordinasi proteksi OCR saat terjadi gangguan hubung singkat, dan bagaimana menentukan nilai *resetting* yang tepat agar sistem proteksi bekerja secara selektif. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan arus gangguan 3 fasa, penentuan *setting* OCR menggunakan karakteristik kurva *Standard Inverse*, dan simulasi *fault insertion* dengan *software* ETAP 19.0.1. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kondisi *existing*, seluruh nilai Δt berada di atas standar minimum selektivitas (0,2 detik), dengan nilai terkecil 0,605 detik. Meskipun sudah memenuhi syarat selektivitas, nilai Δt pada kondisi *existing* dianggap kurang optimal karena menunjukkan variasi yang tidak seragam dan waktu kerja cadangan yang relatif lambat pada beberapa titik (melebihi 1 detik), sehingga mengurangi efisiensi proteksi. Setelah dilakukan *resetting*, diperoleh nilai Δt antara 0,709 hingga 0,829 detik, dengan pola waktu kerja yang lebih seimbang antar titik gangguan. Hal ini membuktikan bahwa *resetting setting* OCR dapat meningkatkan selektivitas, efisiensi waktu, dan keandalan sistem proteksi sesuai dengan standar IEEE 242-1986 dan IEC 60255.

Keywords: *Over Current Relay*, koordinasi proteksi, gangguan hubung singkat, *fault insertion*, ETAP, selektivitas, *resetting*.

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok yang sangat penting bagi kehidupan manusia modern. Peningkatan jumlah pelanggan dan beban listrik menuntut sistem distribusi yang andal, selektif, dan mampu menghadapi gangguan secara cepat [1]. Namun, dalam praktiknya, gangguan pada jaringan distribusi, khususnya pada penyulang 20 kV, masih sering terjadi. Gangguan hubung singkat menjadi salah satu permasalahan utama karena dapat menimbulkan arus lebih yang berpotensi merusak peralatan dan menyebabkan pemadaman meluas apabila tidak segera diisolasi [2].

Untuk mencegah kerusakan yang lebih besar, sistem distribusi memerlukan proteksi yang cepat, selektif, dan andal. Salah satu perangkat proteksi utama adalah *Over Current Relay* (OCR) yang berfungsi mendeteksi arus lebih akibat gangguan. Prinsip koordinasi kerja OCR adalah memberikan prioritas pada relay yang paling dekat dengan lokasi gangguan, sementara relay di sisi hulu berfungsi sebagai cadangan [2]. Agar koordinasi ini berjalan optimal, diperlukan perbedaan waktu operasi (Δt) yang sesuai antara relay *outgoing* dan *incoming*. Standar IEEE 242-1986 dan IEC 60255 merekomendasikan selisih waktu minimal 0,2–0,5 detik agar selektivitas proteksi tercapai [3].

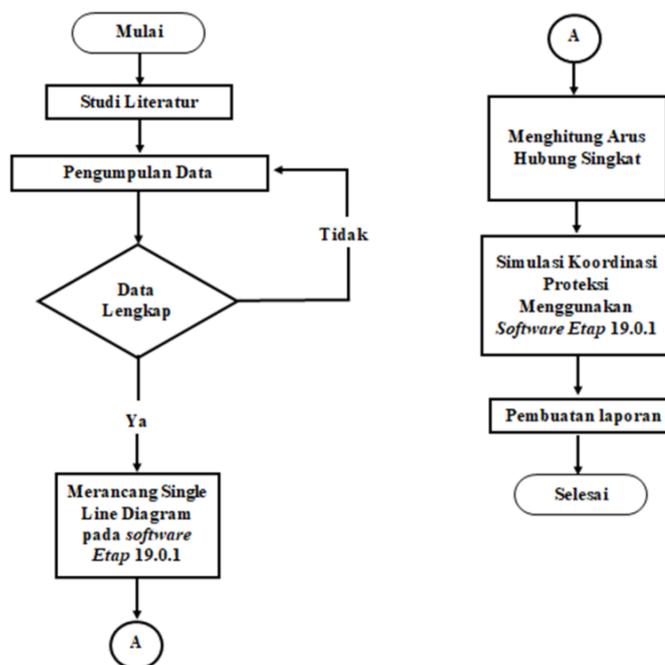
Permasalahan muncul ketika pengaturan relay di lapangan belum sepenuhnya optimal. Pada Gardu Induk Lanna 150 kV, koordinasi OCR antara kubikel incoming dan outgoing 20 kV menunjukkan bahwa meskipun nilai Δt sudah memenuhi standar minimum selektivitas, variasinya cukup lebar dan waktu operasi cadangan cenderung lambat pada beberapa titik. Kondisi ini dapat menurunkan efisiensi proteksi karena memperbesar risiko relay cadangan bekerja hampir bersamaan dengan relay utama, atau sebaliknya terlambat merespons gangguan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis koordinasi setting OCR pada kubikel incoming dan outgoing 20 kV di GI Lanna dengan menggunakan perhitungan manual dan simulasi ETAP. Tujuannya adalah untuk mengetahui kondisi eksisting sistem proteksi, serta melakukan perbaikan setting (*resetting*) agar sistem dapat bekerja lebih selektif, efisien, dan andal dalam mengatasi gangguan hubung singkat.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pengumpulan data melalui studi literatur, observasi, dokumentasi, dan wawancara dengan pihak yang berkaitan langsung dengan sistem proteksi di ULTG Panakkukang, bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi arus hubung singkat terkait koordinasi proteksi OCR.

Penelitian ini menggunakan prosedur yang dirancang untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Berikut adalah desain prosedur penelitian yang digunakan:



Gambar 1 Bagan prosedur penelitian

3. Hasil Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada perhitungan gangguan hubung singkat serta *setting over current relay* (ocr) pada kubikel *incoming* dengan *outgoing* 20 kV di gardu induk Lanna 150 kV menggunakan perhitungan manual kemudian melakukan simulasi di *software* ETAP 19.0.1 sebagai perbandingan atas hasil perhitungan.

3.1 Data penelitian

Tabel 1 Spesifikasi Trafo #1 GI Lanna

| Data Trafo Tenaga | |
|-------------------|--------|
| Merk | UNINDO |
| Daya | 30 MVA |
| Impedansi | 12,5% |
| Rasio CT | 1200/1 |

Tabel 2 Spesifikasi Setting OCR dan GFR

| Spesifikasi | Kubikel F. Parangloe | Kubikel F. Markisa | Kubikel F. Tinggi Moncong | Kubikel F. Inhutani |
|---------------|----------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|
| Merk | SCHNEIDER | SCHNEIDER | SCHNEIDER | SCHNEIDER |
| Type | MICOM P142 | MICOM P142 | MICOM P142 | MICOM P142 |
| Karakteristik | SI | SI | SI | SI |
| Isetting OCR | 40A | 40A | 40A | 40A |
| Inominal | 240A | 240A | 240A | 240A |
| Rasio CT | 600/1 | 600/1 | 600/1 | 600/1 |
| TMS OCR | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

Tabel 3 Data Penyulang

| Spesifikasi | Penyulang Parangloe | Penyulang Markisa | Penyulang Tinggi Moncong | Penyulang Inhutani |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| Jenis Kawat | AAAC | AAAC | AAAC | AAAC |
| Luas Penampang | 240 mm ² | 240 mm ² | 240 mm ² | 240 mm ² |
| Panjang Penghantar | 850m | 33km | 26km | 28km |
| Impedansi Urutan positif (Ω/km) | 0,1344+j0,3158 | 0,1344+j0,3158 | 0,1344+j0,3158 | 0,1344+j0,3158 |

Tabel 4 Name Plate PMT dan CT

| Spesifikasi | PMT | CT |
|----------------|-----------------|----------|
| Type | HVX24-25-06E210 | CTB-24-D |
| Ir | 630 A | 600 A |
| Ic | 31,5 A | 300 A |
| Tegangan Kerja | 24 kV-125 kV | 24 V |

3.2 Analisis Arus Hubung Singkat

Dalam menentukan setting koordinasi OCR antara kubikel penyulang, dibutuhkan perhitungan nilai impedansi jaringan dalam menentukan impedansi total sistem, yang selanjutnya digunakan untuk memperoleh nilai arus gangguan hubung singkat secara akurat. Adapun nilai yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 5 Nilai Impedansi jaringan

| Impedansi Jaringan | Nilai diperoleh |
|--|-------------------|
| Impedansi sumber sisi primer | 25,981 Ω |
| Impedansi sumber sisi sekunder | 0,461 Ω |
| Reaktansi Transformator | 1,6 Ω |
| Impedansi hubung singkat | 2,061 Ω |
| Impedansi Ekuivalen pada Semua Penyulang | 0,105 + j0,248 Ω |
| Nilai Impedansi total dari jaringan | 0,0836 + j0,2165Ω |

Untuk menentukan nilai *setting relay* OCR pada setiap kubikel penyulang, maka perlu untuk dihitung besar nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa untuk melihat dan mengetahui koordinasi antara *main protection* dan *back up protection* apakah sesuai dengan standar atau tidak, serta menjadi dasar dalam perumusan setting relai. Dihitung menggunakan rumus [4] berikut:

$$I_{3fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

I_{3fasa} : Arus hubung singkat (Ampere)

V_{ph} : Tegangan fasa - netral sistem 20 kV $= \frac{20000}{\sqrt{3}}$ (V)

Z_{1eq} : Impedensi ekuivalen urutan positif (Ohm)

$$\begin{aligned} I_{SC3fasa} &= \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \\ &= \frac{11547}{\sqrt{0,0836^2 + j0,2165^2}} \\ &= 49754 \text{ A} \end{aligned}$$

3.3 Penyetelan *Setting Over Current Relay (OCR)*

Koordinasi kinerja OCR antar kubikel penyulang sangat bergantung pada *setting* relai nya, untuk menentukan *setting* relai nya menggunakan arus beban maksimum. Jenis kurva karakteristik relai yang digunakan yaitu *standard inverse* dimana biasanya di *setting* dengan 1,05 – 1,2 kali arus beban maksimum. Maka dilakukan perhitungan dengan rumus [5]:

$$t = TMS \left(\frac{0,14}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

t : waktu operasi (detik)

TMS : *Time Multiple Setting*

I_{fault} : Arus gangguan (ampere)

I_{set} : Arus setelan primer (ampere)

a) *Setting* OCR pada Sisi *Incoming* Penyulang 20 kV

Nilai setelan arus

$$\begin{aligned} I_{set \text{ Primer}} &= 1,2 \times I_n \\ &= 1,2 \times 600 \\ &= 720 \end{aligned}$$

Nilai setelan tersebut adalah nilai primer. Untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat di set kan pada nilai arus lebih, maka harus dihitung dengan menggunakan data trafo arus yang terpasang di incoming 20 kV tersebut sebagai berikut:

$$Iset\ Sekunder = I\ set\ primer \frac{1}{Ratio\ CT}$$

$$= 720 \times \frac{1}{600} = 1,2\ A$$

Untuk itu, nilai TMS yang akan di set kan pada rele arus lebih di incoming 20 kV dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$tms = t \times \left(\frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \right)$$

$$= (0,3 + 0,4) \times \left(\frac{0,14}{\left(\frac{49754}{1,2}\right)^{0,02} - 1} \right)$$

$$= 0,413\ detik$$

b) *Setting* OCR pada setiap penyulang

Berdasarkan data yang diperoleh, arus beban maksimum (In) dari setiap penyulang di Gardu Induk Lanna yaitu 600 A. Maka untuk mengetahui nilai arus *setting* nya sebagai berikut:

$$Iset\ Primer = 1,2 \times In$$

$$= 1,2 \times 600$$

$$= 720\ A$$

Arus *setting* sekunder pada setiap penyulang di Gardu Induk Lanna adalah sebagai berikut.

$$Iset\ Sekunder = I\ set\ primer \frac{1}{600/1}$$

$$= 720 \times \frac{1}{600}$$

$$= 1,2\ A$$

Berikut merupakan perhitungan nilai tms.

$$tms = t \times \left(\frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \right)$$

$$= 0,3 \times \left(\frac{0,14}{\left(\frac{49574}{1,2}\right)^{0,02} - 1} \right) = 0,177\ detik$$

Tabel 6 Perbandingan antara data *setting* existing dari PLN dengan hasil *resetting*

| No. | <i>Setting</i> OCR | PLN | | <i>Resetting</i> | |
|-----|---------------------|-----------------|------|------------------|-------|
| 1. | <i>Incoming</i> | <i>Isetting</i> | 0,87 | <i>Isetting</i> | 1,2 |
| | | TMS | 0,24 | TMS | 0,413 |
| 2. | Penyulang Parangloe | <i>Isetting</i> | 0,2 | <i>Isetting</i> | 1,2 |
| | | TMS | 0,17 | TMS | 0,177 |

| No. | Setting OCR | PLN | | Resetting | |
|-----|----------------------|----------|------|-----------|-------|
| 3. | Penyulang Markisa | Isetting | 0,2 | Isetting | 1,2 |
| | | TMS | 0,17 | TMS | 0,177 |
| 4. | Penyulang T. Moncong | Isetting | 0,2 | Isetting | 1,2 |
| | | TMS | 0,17 | TMS | 0,177 |
| 5. | Penyulang Inhutani | Isetting | 0,2 | Isetting | 1,2 |
| | | TMS | 0,17 | TMS | 0,177 |

3.4 Analisis Koordinasi OCR

Analisis Koordinasi OCR dilakukan untuk menguji selektifitas *Setting* OCR berdasarkan titik arus gangguan hubung singkat. Untuk memastikan selektifitas OCR nya, apakah sesuai dengan standar bahwa selisih waktu kerja relai *main protection* dengan *Back up protection* adalah 0,2-0,5 detik. Maka dari itu, digunakan alat untuk menguji selektifitasnya adalah dengan menggunakan persamaan *standard inverse* dan simulasi ETAP 19.0.1.

Tabel 7 Perbandingan Setting Existing dengan Hasil Resetting Koordinasi OCR menggunakan perhitungan Standard Inverse

| Jenis Gangguan | Setting Existing PLN (detik) | | | | | | Hasil Resetting (detik) | | | | | |
|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | a | b | c | d | e | Δt | a | b | c | d | e | Δt |
| OCR | 0,137 | 0,084 | 0,084 | 0,084 | 0,084 | 0,053 | 0,244 | 0,104 | 0,104 | 0,104 | 0,104 | 0,104 |

Tabel 8 Perbandingan setting existing dengan hasil resetting koordinasi OCR menggunakan simulasi fault insertion di software ETAP 19.0.1

| Titik gangguan | Setting Existing PLN (detik) | | | | Hasil Resetting (detik) | | | |
|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | a | b | c | d | a | b | c | d |
| OCR Incoming | 1,39 | 1,12 | 1,71 | 1,73 | 1,24 | 1,31 | 1,38 | 1,45 |
| OCR penyulang | 0,593 | 0,515 | 0,667 | 0,672 | 0,531 | 0,561 | 0,591 | 0,621 |
| Δt | 0,792 | 0,605 | 1,043 | 1,058 | 0,709 | 0,794 | 0,789 | 0,829 |

4 Pembahasan

Over Current Relay (OCR) berfungsi mendeteksi arus lebih yang timbul akibat gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi. Jika tidak terkoordinasi dengan baik, kondisi ini dapat menyebabkan pemutusan proteksi yang meluas hingga mengganggu kontinuitas penyaluran energi listrik. Simulasi di Gardu Induk Lanna memperlihatkan bahwa pada kondisi *existing*, meskipun seluruh nilai Δt sudah berada di atas standar minimum selektivitas (0,2 detik), namun waktu kerja cadangan pada beberapa titik masih relatif lambat dengan variasi yang tidak seragam. Dalam kondisi tersebut, OCR memang bekerja sesuai fungsinya, tetapi belum optimal dalam hal efisiensi waktu proteksi.

Hasil simulasi ETAP memperlihatkan bahwa setelah dilakukan resetting, koordinasi OCR menjadi lebih seimbang. Nilai Δt berada pada rentang 0,709–0,829 detik, sehingga selain tetap memenuhi standar selektivitas, waktu kerja cadangan juga menjadi lebih efisien dan konsisten di seluruh titik gangguan. Mekanisme ini memastikan proteksi bekerja cukup cepat untuk menghentikan gangguan tanpa mengorbankan selektivitas, sekaligus menghindari pelepasan proteksi yang tidak diperlukan.

Pengelompokan koordinasi OCR juga memperhatikan prioritas kerja, di mana *relay outgoing*

harus bekerja lebih dahulu sebelum *relay incoming*, sehingga area gangguan dapat terisolasi tanpa memutus suplai ke bagian lain yang masih normal. Simulasi berbasis ETAP terbukti efektif dalam merancang, menguji, dan memverifikasi pengaturan OCR, sekaligus memastikan bahwa proteksi tetap relevan dengan kondisi sistem yang dapat berubah seiring waktu.

Hasil penelitian ini memiliki kesamaan temuan dengan penelitian sebelumnya, yakni adanya koordinasi OCR yang kurang baik pada kondisi existing sehingga *back up relay* tidak bekerja optimal. Namun, setelah dilakukan *resetting*, penelitian ini menunjukkan peningkatan selektivitas dan efisiensi waktu yang lebih baik.

Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini tidak hanya menyoroti efektivitas koordinasi OCR secara teoritis, tetapi juga menampilkan kinerja nyata berdasarkan simulasi ETAP 19.0.1 yang sudah memenuhi standar IEEE 242-1986 dan IEC 60255. Informasi yang diperoleh lebih rinci dibandingkan penelitian sebelumnya, karena menunjukkan perbandingan langsung antara kondisi *existing* dan hasil *resetting*, sehingga dapat menjadi rujukan dalam meningkatkan keandalan sistem proteksi di jaringan distribusi.

5 Kesimpulan

Koordinasi proteksi OCR antara kubikel *incoming* dan *outgoing* 20 kV di Gardu Induk Lanna pada kondisi *existing* PLN belum menunjukkan kinerja yang optimal. Hal ini ditunjukkan oleh variasi nilai waktu kerja *relay* yang cukup besar serta nilai selisih waktu kerja antar relay (Δt) yang tidak seragam, meskipun berada di atas batas minimum selektivitas. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem proteksi belum sepenuhnya efisien dan berpotensi menyebabkan keterlambatan isolasi gangguan apabila *relay* utama gagal bekerja.

Nilai *resetting* proteksi OCR ditentukan melalui perhitungan arus gangguan dan simulasi *fault insertion* menggunakan *software* ETAP 19.0.1. Hasil *resetting* menunjukkan perbaikan signifikan pada waktu kerja relay dan nilai Δt yang lebih seragam. Seluruh nilai Δt berada di atas standar minimum selektivitas ($\geq 0,2$ detik) sesuai dengan rekomendasi IEEE Std 242-1986 dan IEC 60255, yang menandakan bahwa sistem proteksi hasil *resetting* lebih selektif, efisien, dan responsif terhadap kondisi gangguan.

Daftar Pustaka

- [1] Liliana, L. (2014). Simulasi Dinamika dan Stabilitas Tegangan Sistem Tenaga Listrik dengan Menggunakan Power System Stabilizer (PSS)(Aplikasi Pada Sistem 11 Bus IEEE). *Jurnal Sains Dan Teknologi Industri*, 10(1), 29–35.
- [2] Martino, J., Saputro, W., Winardi, B., & Handoko, S. (2018). Analisis Koordinasi Proteksi Relay Ocr Dan Recloser Pada Penyulang Sgn 04 Sanggrahan Menggunakan Etap 12.6.0. *Jurnal TRANSIET*, 7(2), 1–6.
- [3] Sanderson, J. V. H. (1989). IEEE Recommended Practice for Protection and Co-ordination of Industrial and Commercial Power Systems. In *Power Engineering Journal* (Vol. 3, Issue 2). <https://doi.org/10.1049/pe:19890012>
- [4] Affandi, I. (2009). Analisa Setting Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di Gi Cawang Skripsi. *Universitas Indonesia*, 15–18.
- [5] Nova, T. (2013). *Perhitungan Setting Rele OCR dan GFR pada Sistem Interkoneksi Diesel Generator di Perusahaan “ X “*. 1(1), 76–85.