

ANALISIS PENGGANTIAN DISTANCE RELAY DENGAN LINE CURRENT DIFFERENTIAL RELAY PADA PENGHANTAR SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 kV

Iriandi Ilyas¹, Muhammad Fahmi Setiawan², Ucok Mulyo Sugeng³
Teknik Elektro S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jl.Moh. Kahfi II, Bumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12630
E-mail : iriandi@istn.ac.id, mfahmisetiawan97@gmail.com,ucok@istn.ac.id

ABSTRAK

Sistem transmisi merupakan penghubung antara pembangkit dan distribusi, salah satu bentuk transmisi dapat dikatakan handal yaitu dengan melihat sistem proteksi yang terpasang. Sistem proteksi yang baik harus dapat mengamankan seluruh sistem transmisi yang beroperasi. Pada penghantar 150 kV Cibinong- Semenbaru sistem proteksi yang digunakan adalah distance relay. Namun, jarak penghantar Cibinong-Sembaru adalah kurang dari 10 Km. Dengan menghitung Source Impedance Ratio pada saluran udara tegangan tinggi ini dengan hasil 6,383 tidak sesuai standart SPLN T5.002-1:2010 yang menyatakan apabila SIR lebih dari 4 pada penghantar pendek tidak disarankan untuk menggunakan distance relay agar menggunakan line current differential karena jaraknya yang terlalu dekat. Distance relay bila diletakkan pada penghantar yang jaraknya dekat dapat membuat relay tersebut menjadi mudah mala kerja. Line current differential merupakan relay yang dapat bekerja lebih selektif pada jarak yang lebih dekat. Pergantian relay diperlukan pada penghantar tersebut agar sistem proteksi dapat bekerja dengan kehandalan tinggi.

Kata Kunci : *Distance Relay, Line Current Differential Relay, jarak penghantar*

ABSTRACT

Transmission system is a link between generator and distribution, one form of transmission can be said to be reliable, namely by looking at the protection system installed. A good protection system must be able to secure the entire operating transmission system. At the 150 kV Cibinong-Semenbaru conductor, the protection system used is a distance relay. However, the distance between Cibinong-Sembaru is less than 10 km. By calculating the Source Impedance Ratio on this high-voltage overhead line with a result of 6.383, it does not match the SPLN T5.002-1: 2010 standard which states that if the SIR is more than 4 on a short carrier it is not recommended to use a distance relay to use line current differential because the distance is too close. If the distance relay is placed on a conductor that is a short distance away, it can make the relay easy at work. Line current differential is a relay that can work more selectively at closer distances. Replacement of relays is required on the conductor so that the protection system can work with high reliability.

Keywords : *Distance Relay, Line Current Differential Relay, distance of conductor*

I. 1. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Saluran transmisi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga hingga saluran distribusi listrik, sehingga dapat disalurkan ke konsumen pengguna listrik. Energi listrik dari *output trafo step up* sudah dinaikkan berkali lipat. Gangguan pada jaringan distribusi dan jaringan transmisi dapat mengganggu mekanisme kerja penggunaan energi listrik. Maka untuk memperoleh kontinuitas pelayanan tersebut, penerapan dan penggunaan peralatan proteksi dalam mengatasi gangguan yang mempunyai peranan yang sangat penting. Sistem proteksi jaringan transmisi terpasang di setiap Gardu Induk untuk meminimalkan efek gangguan terhadap peralatan dan pelanggan. Semua peralatan pengamanan yang terpasang harus selektif dan handal untuk menghindarkan dari kerusakan akibat gangguan.. Untuk sistem jaringan berupa saluran udara biasanya

dipasang pengamanan yakni *Distance relay* yang dapat memproteksi saluran transmisi terhadap bahaya gangguan hubung singkat. *Distance Relay* adalah alat proteksi yang apabila dipasang dilokasi yang tepat di sepanjang saluran transmisi. Relay ini dilengkapi dengan berbagai fasilitas otomatis yang apabila disetting secara tepat akan memperbaiki selektifitas dan memperpendek waktu pemulihan. Pada penghantar 150 kV Cibinong-Semenbaru relay yang saat ini digunakan adalah *Distance relay*. Namun jarak penghantar Cibinong- Sembaru adalah kurang dari 10 Km. Pada saluran pendek tidak disarankan untuk menggunakan *Distance relay* karena jaraknya yang terlalu dekat.

I.2 Pokok Permasalahan

1. Bagaimana klasifikasi gangguan yang telah terjadi pada penghantar Cibinong - Semenbaru 150 kV ?
2. Sistem proteksi apa yang saat ini terpasang pada

saluran udara tegangan tinggi Cibinong - Semenbaru 150 kV ?

3. Berapa hasil dari proses perhitungan SIR pada *Distance Relay* dan Cibinong - Semenbaru 150 Kv ?

1.3 Batasan Masalah

1. Membahas mengenai perhitungan impedansi serta SIR pada *Distance Relay bay* Cibinong - Semenbaru 150 kV.
2. Lokasi sampel yang diperoleh berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Unit Pelayanan Transmisi Bogor.

II. Tinjauan Puskata

II .1. *Distance Relay*

Distance relay adalah relay penghantar yang prinsip kerjanya berdasarkan pengukuran impedansi penghantar. Impedansi penghantar yang dirasakan oleh relay adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari sebuah sirkit. Relay ini mempunyai ketergantungan terhadap besarnya SIR dan keterbatasan sensitivitas untuk gangguan satu fasa ke tanah. Relay ini mempunyai beberapa karakteristik seperti *mho*, *quadrilateral*, *reaktans*, *adaptive mho* dan lain-lain. Sebagai unit proteksi relay ini dilengkapi dengan pola teleproteksi seperti PUTT, POTT dan *blocking*. Jika tidak terdapat teleproteksi maka relay ini berupa *step distance* saja. (SPLN T5.002- 2:2010)

a. Pemilihan zone-1

Sebagai proteksi utama, jangkauan zone-1 harus mencakup seluruh saluran yang di proteksi. Namun dengan mempertimbangkan adanya kesalahan-kesalahan dari data konstanta saluran, CT, PT dan peralatan-peralatan lainnya sebesar 20 %, maka zone-1 relay diset 80 % dari panjang saluran yang diamankan.

$$Z1 = 0.8 * ZL1 \dots \dots \dots (2.2)$$

Waktu kerja relay adalah seketika, sehingga tidak dilakukan penyetingan waktu.

b. Pemilihan zone-2

Jangkauan zone-2 harus mencakup hingga busbar didepannya (*near end bus*) namun tidak boleh *overlap* dengan zone-2 relay jarak di seksi berikutnya. Dengan mengasumsikan kesalahan-kesalahan seperti pada penyetingan zone-1 sekitar 20 %, maka didapat penyetingan minimum dan maksimum untuk zone-2 sebagai berikut:

$$Z2 \text{ min} = 1.2 ZL1 \dots \dots \dots (2.3)$$

$$Z2 \text{ max} = 0.8 * (ZL1 + (0.5 ZL2) * K)$$

dimana:

ZL1= impedansi saluran yang di amankan.

ZL2= impedansi saluran berikutnya yang terpendek (dalam Ω).

K = infed factor (K = 1 s.d 2)

II .2 Line Current Differential

Line Current Differential bekerja dengan menjumlahkan arus yang masuk dan arus keluar pada daerah yang diproteksi. Relay differensial dapat diaplikasikan pada setiap seksi rangkaian dan secara meluas digunakan untuk mendeteksi dan memisahkan rangkaian saat terjadi gangguan internal pada motor, generator, saluran udara atau saluran kabel, transformator dan busbar. Relay ini mendeteksi gangguan dengan cepat dan tidak dipengaruhi oleh beban lebih atau gangguan diluar wilayah proteksinya.

Berikut tipikal seting relay differensial penghantar di lingkup PT PLN P3B Jawa Bali:

a. Seting Relay Diferensial Arus

a) Seting arus *pickup*

Seting arus *pickup* atau I_{diff} merupakan elemen seting relay differensial yang menentukan arus kerja minimum (*pickup*).

b) Seting arus *pickup* untuk gangguan fasa – fasa :

Arus setting elemen differensial harus lebih kecil dari arus gangguan minimum yang mungkin terjadi, tetapi harus lebih besar dari arus *charging*. Dalam implementasi seting umumnya seting I_{diff} sebagai berikut:

$$I_c < I_{diff} < I_{f \text{ min}}$$

$$I_{diff} = (I_c + I_{f \text{ min}}) / 2$$

$$I_{diff} = (0,2 - 0,3) I_n$$

Dimana,

I_c : Arus charging (Amp)

I_{diff} : Arus pickup differensial (Amp)

$I_{f \text{ min}}$: Arus gangguan minimum (Amp)

I_n : Arus nominal relay (Amp)

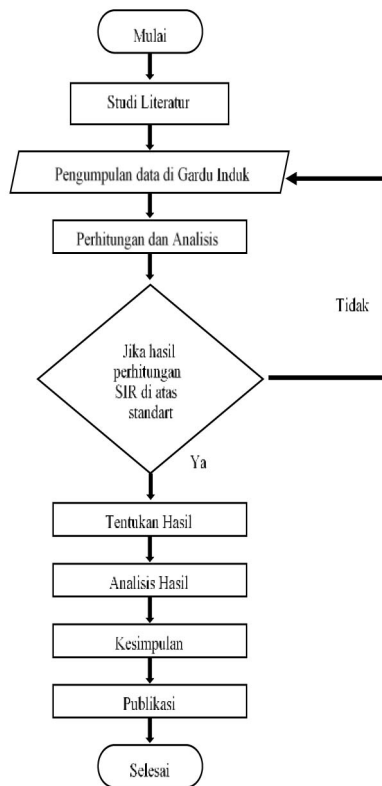
III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Gambaran Umum

Pengaman utama Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV memiliki peran yang sangat penting, mengingat adanya SUTT untuk konsumen pada Gardu Induk Semenbaru yang mensuplai daya yang cukup besar untuk Konsumen Tingkat Tinggi (KTT) PT. Holcim, sehingga perlu adanya pemantauan yang cukup intens agar tetap menjaga pasokan listrik sampai kepada konsumen. Kondisi eksisting saat ini pada relay Cibinong - Semenbaru menggunakan *Distance Relay*, secara perangkat keras (*hardware*) kemampuan peralatan ini tentunya masih baik, namun secara fungsi terdapat beberapa hal yang menjadi pertimbangan untuk penggantian *relay distance*, yaitu:

- a. Jarak antar GI satu ke GI lawan berdekatan
- b. Terjadi kasus malakerja
- c. Kehandalan sistem proteksi

III. .2 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Sistem

III.3 Source Impedance Ratio

Proteksi utama pada saluran transmisi memiliki faktor yang dapat mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi tersebut salah satunya adalah panjang saluran transmisi yang didasarkan pada perbandingan impedansi sumber terhadap impedansi saluran yang diproteksi. Istilah tersebut dapat dikatakan *source impedance ratio* (SIR). SIR menunjukkan kekuatan sistem yang akan diproteksi, semakin kecil SIR maka semakin kuat sumber yang memasok saluran transmisi tersebut. Pengelompokan SIR lebih sederhananya adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Source Impedance Ratio

PANJANG SALURAN	SIR
Saluran Pendek	$SIR \geq 4$
Saluran Sedang	$0.5 \text{ohm} \geq SIR \geq 4$
Saluran Panjang	$SIR \leq 0.5$

III.4 Penentuan Source Impedance Ratio

Saat ini relay yang terpasang pada arah Cibinong 2 pada gardu induk Semenbaru menggunakan Distance relay dengan tipe relay GE Multilin/D60.

$$Z_{S_{3PH}} = \frac{V_{drop}}{I_{relay}} = \frac{V_{base L-N} - V_{relay}}{I_{relay}}$$

$$Z_{1L} = Z_{kabel} \times Z_{saluran}$$

$$SIR = \frac{Z_{S_{3PH}}}{Z_{1L}} \dots(3.1)$$

Dengan :

$Z_{S_{3PH}}$ = Impedansi saluran 3Phasa

V_{drop} = Tegangan Drop

$V_{base L-N}$ = Tegangan Fasa Tanah

I_{relay} = Arus Relay

V_{relay} = Tegangan Relay

Z_{kabel} = Impedansi Kabel

SIR = Souce Impedance Ratio

III.5 Relay Yang Terpasang Pada Gardu Induk Cibinong

Saat ini relay yang terpasang pada arah Cibinong 1 pada gardu induk Semenbaru menggunakan *Distance relay* dengan tipe relay GE Multilin/D60.

Untuk relay yang terpasang arah Cibinong 1 adalah *Distance relay type Areva/ Micom P442*



Gambar 2 . Micom P442 arah Cibinong 1

Untuk relay yang terpasang arah Cibinong 2 adalah *Distance relay type Areva/ Micom P442*



Gambar 3 . Micom P442 arah Cibinong 2

III.6 Relay Yang Terpasang Pada Gardu Induk Semenbaru

Untuk relay yang terpasang arah Cibinong 1 adalah *Distance relay type Areva/ Micom P442*



Gambar 4 . Micom P442 arah Cibinong 1

Untuk relay yang terpasang arah Cibinong 2 adalah *Distance relay type Areval/ Micom P442*



Gambar 5 . Micom P442 arah Cibinong 2

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISIS

IV.1.Gambaran Umum

Seperti yang telah dijelaskan pada BAB I Pada penghantar 150 kV Cibinong-Semenbaru relay yang saat ini digunakan adalah distance relay. Namun jarak penghantar Cibinong-Semenbaru adalah kurang dari 10 km. Pada saluran pendek tidak disarankan untuk menggunakan *distance relay*, karena jaraknya yang terlalu dekat. Serta banyaknya gangguan yg terjadi pada pada saluran udara tegangan tinggi Cibinong – Semenbaru.

IV.2.Riwayat Gangguan

Tabel 2. Tabel Riwayat Gangguan

Nama Bay	Tanggal Kejadian	Jam Keluar	Relay Yang Bekerja	Kondisi
GI CBNG BAY PHT 150 KV SMNBRU	20-10-2018	23.26	Three pole discrepancy	Trip Permanen
GI CBNG BAY PHT 150 KV SMNBRU	21-04-2010	10.02	Tidak ada yang bekerja	Trip Permanen
GI CBNG BAY PHT 150 KV SMNBRU	21-04-2010	20.35	Tidak ada yang bekerja	Trip Permanen
GI CBNG BAY PHT 150 KV SMNBRU	19-12-2012	11.01	Buspro A Z1,Z2,Z3 (Proteksi Salah)	Trip malakerja Relay buspro B90
GI SMNBRU BAY PHT 150 KV CBNG	01-03-2017	15.10	Distance relay Zone 1	Reclose Sukses
GI CBNG BAY PHT 150 KV SMNBRU	01-03-2017	15.10	Distance relay Zone 1	Final Trip
GI SMNBRU BAY PHT 150 KV CBNG	05-05-2017	20.15	Distance relay Zone 3 (Proteksi Salah)	Trip

Berdasarkan tabel 2 diatas, terkait gangguan yang pernah terjadi di UPT Bogor, dapat terlihat bahwasanya pada penghantar Cibinong - Semenbaru sering terjadi gangguan. Bahkan pada bulan april 2010 teindikasi tidak ada relay yang bekerja. Terlihat pula pada tabel 2, bahwa pada bulan mei 2017 terlihat telah terjadi gangguan dengan relay yang bekerja adalah *distance relay* zone 3. Ini dapat dikatakan bahwa relay tersebut bekerja kurang selektif dan handal. Hal lain yang dapat dikatakan kurang selektif adalah distance relay memiliki resistansi yang rendah terhadap

gangguan. Dimana saat terjadi gangguan distance terkadang salah menunjukkan letak gangguan tersebut. Hal ini membuat *recovery* menjadi lebih lama dan nilai *saving* menjadi rendah

IV.3. Perhitungan dan Analisis

Perhitungan Sebelum Penggantian Pada Distance Relay

Hasil dari penelitian sistem transmisi Cibinong Semenbaru ini berupa nilai impedansi pada zona 1, zona 2, dan zona 3. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari UPT Bogor yaitu:

a. Data rasio CT dan PT

$$CT = 1000:1$$

$$PT = 150,000:100$$

b. Panjang penghantar saluran transmisi GI Cibinong -GI Semenbaru = 4.11 km

Nilai impedansi panjang saluran sistem transmisi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2, 2.3, 2.4 dan 2.5 sebagai berikut: Impedansi saluran GI Cibinong - GI Semenbaru :

$$ZL1 = 4,11 \times (1,3178 + J 0,5762) \Omega$$

$$ZL1 = 1,30615 + J 2,3677 \Omega$$

Zona 1

$$Z1 = 0,8 \times (3.14744 + J 2,3677) \Omega$$

$$Z1 = 1,0880 + J 1,8941 \Omega$$

Dengan jangkauan perlindungan zona1 adalah $0.8 \times 4,11 = 3,2$ km

Zona menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengaman utama $t = 0$ s.

Zona 2

$$Z2 = 0,8 \left((1,306 + J 2,3667) + (0,8 \times (3,8167 + J 6,9168)) \right)$$

$$Z2 = 0,8 (4,551 + J 7,9018)$$

$$Z2 = 3,6114 + J 7,2144 \Omega$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 2 adalah

$$= 0,8 (4,11 + (0,8 \times 12,01))$$

$$= 12,89 \text{ km}$$

Waktu kerja pada zona 2 lebih lama dari zona 1 yaitu $t = 0,4$ s

Zona 3

$$Z3 = 1.6 \left((1,306 + J 2,3677) + (3,8167 + J 6,9189) \right)$$

$$Z3 = 8,1957 + 14,957 \Omega$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 3 adalah

$$= 1.6 (4,11 + 12,01)$$

$$= 25,792 \text{ km}$$

Waktu kerja pada zona 3 dengan mempertimbangkan panjang perlindungan yang lebih dari zona 1 dan zona 2, maka waktu setting zona 3 yaitu $t = 1,6$ s

Nilai impedansi yang dapat dilihat oleh relay didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

Rasio CT = 1000:1 A
 Rasio PT = 150.000 : 100 V
 $Z = (CT / PT) \times \text{Zona}$
 Rasio CT = 1000:1 A
 Rasio PT = 150.000 : 100 V
 $n = (100 / 150000) / (1/1000)$
 $n = 0,66$
 Penghitungan pada zona 1 yang dilihat relay:
 $= 0,66 (1,0880 + J 1,8941)$
 $= 0,7180 + J 1,2501 \Omega$
 Penghitungan pada zona 2 yang dilihat relay:
 $= 0,66 (3,6110 + J 7,214)$
 $= 2,376 + J 4,7612 \Omega$
 Penghitungan pada zona 3 yang dilihat relay:
 $= 0,66 (15,671 + J 27,625)$
 $= 10,342 + J 18,232 \Omega$

Analisa

Nilai impedansi yang didapat dari perhitungan penghantar cibinong - semenbaru sebesar 0,7180 + J 1,2501 Ω, kemampuan distance relay dalam melindungi sistem transmisi sangatlah baik karena jarak sistem transmisi biasanya sangatlah jauh antar gardu induknya. Tetapi *distance relay* yang tidak terlalu jauh, impedansi yang terbaca pada relay jarak sangatlah kecil (antara 0,71 – 4,7 ohm) karena itulah pada jarak yang tidak terlalu jauh biasanya dibawah 10 Km. *Distance relay* di khawatirkan tidak selektif dalam membaca gangguan .

Perhitungan Sesudah Penggantian Line Current Differential

Line Length (Ln)	: 4,1km
Tegangan Nominal (KV)	: 150000
CT Ratio (CT)	: 2000/1 A
CT Remote Ratio (CTr)	: 1600/1 A
PT Ratio (PT)	: 150000/100 V
Frequency (F)	: 50 Hz
Line Impedance	
Line Resistance (Rl)	: 0.0662 Ω/km
Line Reactance (Xl)	: 0.2807 Ω/km

Perhitungan arus pick up atau I diff

Syarat : $I_c < I_{diff} < I_{f \min}$

Menghitung Nilai I_c (Charging Current)

$$I_c = KV / (\sqrt{3} \times X_c)$$

$$Bt = B \times Ln$$

$$Bt = (4,023 \times 10 \times 0,000001) \times 4,1$$

$$Bt = 1,6 \times 10 \times 0,00001$$

$$X_c = 1 / (Bt) = 1 / (1,6 \times 10 \times 0,00001)$$

$$I_c = (150 \times 1000) / (\sqrt{3} \times 1,6 \times 10 \times 0,00001)$$

$$I_c = 1,38n \text{ Ampere}$$

$$I_{cs} = I_{CT} / CT = 1,38 / 2000 = 6,9 \times 0,0001$$

Setting I_{diff} menjadi $I_{diff} = (I_c + (I_{f \min} / 2))$. sehingga diperoleh $I_{diff} = 811,38$ Ampere (*primary*), serta $I_{diff} = (811,38 / 200) = 0,4$ Ampere (*secondary*).

Rekomendasi setting $I_{diff} = 0.2 - 0.3$ A, sehingga dipilih nilai maksimum 0.40 A (*secondary*).

Waktu kerja $t = 0$ ms (*instantaneous*)

Karakteristik relay

Slope 1 = Error CT + akurasi relay+ Faktor keamanan

$$\text{Slope 1} = 10 \% + 5 \% + 5 \% = 20 \%$$

Rekomendasi *setting slope* disesuaikan dengan rekomendasi pabrikan relay dengan *setting typical* = 20 – 30 %.

Slope 2 = arus hubung singkat maksimum
 Slope 2 = 70 %.

Rekomendasi *setting slope* disesuaikan dengan rekomendasi pabrikan relay dengan *setting typical* = 40 – 80 %

Setting Autoreclose

1P *trip Mode* = 1-3

1P *Dead Time* 1 = 1 sec

Reclaim Time = 40 sec

Pulse Time = 0.2 sec

Analisa

Relay line current differential lebih disarankan pemasangannya pada penghantar saluran udara tegangan Cibinong - Semenbaru dari pada *distance relay*, karena relay ini tidak berpengaruh terhadap impedansi, hanya menghitung arus pada gardu induk didepannya. Tetapi yang menjadi kendala adalah permasalahan biaya yang lebih mahal dibandingkan pemasangan *distance relay*. Karena pada *line current differential* membutuhkan fiber optic. Semakin panjang *fiber optic* yang dipasang semakin besar pula biaya yang di akumulasikan untuk pemasangan *fiber optic* pada system.

IV.4. Penentuan Source Impedance Ratio

Penghantar yang akan di analisis adalah penghantar Cibinong - Semen Baru. Data untuk penghantar tersebut adalah sebagai berikut :

$$V_{base \ L-N} = 86,6 \text{ kV}$$

$$V_{relay} = 46,415 \text{ kV}$$

$$I_{relay} = 23,226 \text{ kA}$$

$$Z_{kabel} = 0,0662 \text{ ohm/km}$$

$$L_{saluran} = 4,1 \text{ km}$$

Dengan ,

$$V_{base \ L-N} = \text{Tegangan fasa - tanah}$$

$$V_{relay} = \text{Tegangan relay}$$

$$I_{relay} = \text{Arus relay}$$

$$Z_{kabel} = \text{Impedansi penghantar}$$

$$L_{saluran} = \text{panjang penghantar}$$

Dengan menggunakan persamaan (3.1) menghasilkan nilai sebagai berikut sebagai berikut :

$$Z_{S_{3PH}} = \frac{V_{drop}}{I_{relay}} = \frac{V_{base} L - N - V_{relay}}{I_{relay}}$$

$$Z_{S_{3PH}} = \frac{86,6 - 46,415}{23,226} = \frac{40,185}{23,226} = 1,730$$

$$Z_{1L} = Z_{kabel} \times L_{saluran}$$

$$Z_{1L} = 0,0662 \times 4,1 = 0,271$$

$$SIR = \frac{Z_{S_{3PH}}}{Z_{1L}}$$

$$SIR = \frac{1,730}{0,271} = 6,383$$

Dari hasil perhitungan *Source Impedance Ratio* (SIR) pada penghantar Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Cibinong- Semenbaru dengan panjang penghantar 4.1 km dihasilkan nilai SIR sebesar 6.383 ohm. Dalam hal ini sesuai dengan proteksi penghantar 150 kV (TT) SPLN T5.002-1:2010 yang menyatakan bahwasanya jika nilai $SIR \geq 4$ lebih baik digunakan relay *line current differential* sebagai pengaman penghantar tersebut.

Selain itu, menurut aturan jaringan CCA 2.3.1 untuk menentukan parameter penentuan panjang penghantar pada sistem 150 kV adalah sebagai berikut:

- Penghantar pendek ($p < 6$ km)
- Penghantar sedang (6 km - 50 km)
- Penghantar panjang ($p > 50$ km)

Dari pernyataan diatas, maka penghantar Cibinong-Semenbaru dapat dikatakan penghantar pendek, karena panjang saluran tersebut adalah 4,1 km.

1) Saving

Saving merupakan biaya yang bisa dihemat apabila solusi penggantian relay di implementasikan. Untuk menghitung total biaya yang bisa dihemat bila terjadi gangguan di penghantar, maka diberikan asumsi data sebagai berikut:

Tabel 3 Tarif Tenaga Listrik

Tarif Tenaga Listrik	Rp 1467,28 kWh
Jumlah daya yang mengalir di Penghantar Cibinong - Semenbaru	114 MW

Dari asumsi data pada tabel , maka biaya yang berhasil dihemat jam adalah sebagai berikut:

$$114 \text{ MW} \times 1000 \times \frac{1467,28}{\text{kWh}} \times 1 \text{ jam} = \text{Rp. } 167,269,920$$

Kemudian bisa didapat nilai gain, yaitu sebesar:

$$\text{Rp. } 167,269,920 \times 48 \text{ jam} = \text{Rp. } 8,028,956,160$$

2) Gain

Gain merupakan pendapatan yang bisa diperoleh apabila solusi penggantian relay dilaksanakan.

Untuk menghitung gain, maka perlu dilakukan perhitungan pengeluaran terlebih dahulu, dengan asumsi data sebagai berikut :

Tabel 4 Harga Penghantar

Harga Penghantar	USD 100 / Meter
Panjang Penghantar Cibinong - Semenbaru	4,1 km
Kurs USD ke IDR	USD 1 = Rp. 14,689

Dari asumsi data pada tabel 4, maka dapat dilakukan perhitungan pengeluaran bila dilakukan, yaitu sebagai berikut :

$$4,1 \text{ km} \times 1000 \times 100 \times 14,689 = \text{Rp. } 6,022,490,000$$

Kemudian bisa didapat nilai gain, yaitu sebesar:

$$\text{Rp. } 8,028,956,160 - \text{Rp. } 6,022,490,000 = \text{Rp. } 2,006,466,160$$

3) Benefit

Benefit adalah kemudahan atau manfaat lain yang dihasilkan. Benefit yang bisa diperoleh setelah dilakukan penggantian relay pada penghantar antara lain:

- a. Potensi pemadaman beban akibat gangguan di penghantar semakin berkurang
- b. Mempercepat waktu untuk menemukan penyebab gangguan.
- c. Meningkatnya kepercayaan konsumen karena keandalan sistem tenaga listrik yang semakin membaik.

V. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa pada BAB IV sehingga dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Source Impedance Ratio (SIR) yang didapatkan pada penghantar cibinong-semenbaru adalah 6,383. Menurut SPLN T5.002-1.2010 pada penghantar pendek apabila hasil SIR lebih besar dari < 4 selektifitas sulit dicapai apabila menggunakan relay jenis impedansi, maka sebagai solusi dipilih relay jenis differential maka dapat dikatakan penghantar pendek dan untuk sistem proteksinya lebih baik menggunakan Line Current Differential relay.
2. Perhitungan impedansi pada distance relay pada saluran udara tegangan tinggi Cibinong-Semenbaru didapat hasil sangatlah kecil $0,7180 + j 1,2501 \Omega$,di khawatirkan relay tidak selektif dalam membaca gangguan.

Daftar Pustaka

- [1] Tim Penyusun. Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali. PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali. 2013
- [2] Pusdiklat. Materi Diklat Profesi Perhitungan Setting Relay Proteksi Penghantar. PT. PLN (Persero). 2009
- [3] Tim Penyusun. Pelatihan O&M Relay Proteksi Jaringan. PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali. 2006
- [4] Jamaah, A. (2014). Evaluasi Setting Relay Jarak Gardu Induk Ungaram Jaringan 150kV Arah Krapyak-2. Tugas Akhir. Politeknik negeri semarang. Semarang.

- [5] Sumaryadi. (2015). Workshop Setting dan Scanning Sistem Proteksi 2015 Bidang Transmisi-P3B JB. Gandul: PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa Bali