

Setting Koordinasi Relai Arus Lebih Pada Tranformator Daya 60 MVA 150 KV dan Penyulang 20 KV

Overcurrent Relay Coordination Setting On Power Transformer 60 MVA 150 KV and Feeder 20 KV

Oleh

Humaira Sari

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Medan
Jl. Almamater No.1 Kampus USU 20155 Medan
humairasari@students.polmed.ac.id

Gunoro

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Medan
Jl. Almamater No.1 Kampus USU 20155 Medan
Gunoro.19601218@polmed.ac.id

Abstract

Fault that may occur in the electric power transmission line can cause damage to equipment and electrical loads if the fault is not isolated immediately. The purpose of this research was to determine the value of the overcurrent relay protection setting on a 60 MVA power transformer and a 20 KV feeder and how the relay coordinates. This research method uses observation and data collection methods to then analyze the settings and coordination between relays. Location of data collection is done at PT. PLN ULTG Paya Pasir, GI Labuhan Medan City, North Sumatera on 09 December 2019 to 22 May 2020. From the results of the research, the setting current on the 150 kV side is 277 A and on the 20 kV side it is 2078 A, while on the feeder side it is 960 A. The overcurrent relay at the Labuhan Substation works at a maximum short circuit current of 12430.75 A with a working time of 0.29 seconds on the feeder side, 0.92 seconds on the 20 kV side, and 1.38 seconds on the 150kV side. it should be checked on the substation equipment, it must always be checked, especially on the installed relays and it is also necessary to check and evaluate the relay settings at other substations.

Keywords: relay, coordination, OCR, setting

Abstrak

Gangguan yang mungkin terjadi di sebuah jaringan transmisi tenaga listrik dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan maupun beban-beban listrik apabila gangguan tersebut tidak segera diisolir. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan besarnya nilai setting proteksi relai arus lebih pada transformator Daya 60 MVA dan penyulang 20 KV dan bagaimana koordinasi antara relay tersebut. Metode penelitian ini menggunakan metode observasi dan pengambilan data untuk kemudian melakukan analisa setting dan koordinasi antara relay. Tempat pengambilan data dilakukan di PT.PLN ULTG Paya Pasir, GI Labuhan Kota Medan, Sumatera Utara pada tanggal 09 Desember 2019 s/d 22 Mei 2020. Dari hasil penelitian diperoleh arus setting pada sisi 150 kV sebesar 277 A dan pada sisi 20 kV sebesar 2078 A, sedangkan pada sisi penyulang 960 A. Relai arus lebih di GI Labuhan bekerja pada gangguan arus hubung singkat maksimum 12430,75 A dengan waktu kerja 0,29 detik pada sisi penyulang, 0,92 detik pada sisi 20 kV, dan 1,38 detik pada sisi 150kV. sebaiknya pengecekan peralatan gardu induk hendaknya selalu di periksa, terutama pada relai-relai yang terpasang dan hendaknya juga perlu dilakukan pengecekan dan evaluasi setting relai pada gardu induk lainnya.

Kata Kunci : relay, koordinasi, OCR, penyetelan

1. PENDAHULUAN

Secara umum sistem tenaga listrik terdiri atas komponen tenaga listrik yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian ini merupakan bagian utama pada suatu rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat - pusat

beban. Tujuan utama dari sistem tenaga listrik adalah penyaluran daya listrik yang mempunyai mutu dan keandalan yang tinggi dan pengamanan terhadap peralatan listrik yang digunakan dari segala macam bentuk gangguan yang mungkin terjadi pada jaringan transmisi tenaga listrik yang dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan maupun beban-beban listrik apabila gangguan tersebut tidak segera diisolir oleh perangkat proteksi. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat. Dan untuk mengatasi gangguan tersebut, jaringan akan diisolir oleh salah satu perangkat proteksi berupa relai arus lebih. Pemilihan setting relai yang tepat sebagai proteksi arus lebih harus mempertimbangkan beberapa persyaratan mengenai sensitivitas, selektivitas, reliabilitas dan kecepatan (Dewangga, 2018). Setiap relai arus lebih memiliki jenis dan karakteristik yang dibuat sesuai dengan grading waktu dan arus. Perhitungan koordinasi antara relai merupakan perhitungan yang kompleks dengan mempertimbangkan nilai arus gangguan dan waktu operasi relai. Sangat mungkin untuk dilakukan perhitungan di suatu titik dimana terdapat beberapa relai arus lebih. Untuk menentukan nilai setting relai arus lebih yang terletak di beberapa titik, harus mempertimbangkan beberapa faktor agar terbentuk suatu koordinasi proteksi yang terkontrol dan tidak tumpang tindih antara relai satu dengan yang lainnya, sehingga antara relai utama dengan relai cadangan terdapat perbedaan keterlambatan yang telah ditentukan.

2. TINJAUAN TEORITIS

Peralatan proteksi trafo tenaga terdiri dari Relai Proteksi, Trafo Arus (CT), Trafo Tegangan (PT/CVT), PMT, Catu daya AC/DC yang terintegrasi dalam suatu rangkaian, sehingga satu sama lainnya saling keterkaitan. Fungsi peralatan proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar (PLN,2013). Relai proteksi merupakan perlengkapan/ alat untuk mendeteksi gangguan atau kondisi ketidaknormalan pada sistem tenaga listrik, dalam rangka untuk membebaskan/ mengisolasi gangguan, menghilangkan kondisi tidak normal, dan untuk menghasilkan sinyal atau indikasi (PLN,2014). Koordinasi yang baik untuk pengaman cadangan transformator sangat diperlukan untuk memperoleh selektivitas yang tepat dengan daerah berikutnya yang terkait (PLN,2005). Untuk membatasi luasnya sistem tenaga listrik yang terputus akibat adanya gangguan maka sistem proteksi dibagi dalam zona-zona proteksi, yaitu: Sistem proteksi terdiri dari beberapa peralatan pengaman yang merupakan komponen utama dalam pengamanan sistem proteksi. Komponen utama dalam sistem proteksi, antara lain Trafo Tegangan, Trafo Arus (CT), Pemutus Tenaga (PMT), Relai Proteksi, Baterai, Pengawatan (wiring). Relai proteksi sendiri merupakan alat perasa yang bertugas untuk menerima/ mendeteksi apabila terdapat gangguan dan segera memberi perintah buka pada pemutus tenaga (PMT) agar dapat memisahkan peralatan atau sistem yang terkena gangguan dari peralatan yang masih normal. Pengaman sistem tenaga berkemungkinan mengalami kegagalan pada saat bekerja, maka sistem pengamanan dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu:

a. Pengaman utama (main protection), terdiri dari:

1) Relai jarak (*distance relay*)

Relai jarak merupakan salah satu relai proteksi yang digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi karena kemampuannya yang cocok digunakan dalam jarak jauh dan dapat menghilangkan gangguan dengan cepat. Dalam relai jarak terdapat keseimbangan antara tegangan dan arus, perbandingannya dinyatakan dalam impedansi yang merupakan ukuran listrik untuk jarak suatu saluran transmisi. Pada prinsip kerjanya, relai jarak mengukur dan membandingkan nilai arus dan tegangan pada suatu titik tertentu.

2) Relai diferensial (*differential relay*)

Relai diferensial merupakan suatu alat proteksi yang waktu kerjanya sangat cepat dan selektif. Relai diferensial merupakan relai yang prinsip kerjanya berdasarkan keseimbangan (balance), yaitu dengan membandingkan arus-arus sekunder pada transformator arus (CT) yang terpasang pada terminal-terminal peralatan yang diamankan. Fungsi relai diferensial pada trafo tenaga adalah sebagai pengaman trafo dari gangguan hubung singkat. Relai ini harus bekerja jika terjadi gangguan pada daerah pengaman dan tidak boleh bekerja dalam keadaan normal.

b. Pengaman cadangan (*back up protection*), terdiri dari:

1) Relai Tegangan

Relai tegangan adalah relai yang bekerja untuk mendeteksi tegangan, relai akan bekerja apabila tegangan lebih besar atau lebih kecil dari batas setingnya. Oleh karena itu, relai tegangan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu relai tegangan lebih / *over voltage current* (OVR) dan relai tegangan kurang / *under voltage current* (UVR). Prinsip dasar OVR dan UVR adalah bekerja apabila mencapai titik setingannya. OVR akan bekerja jika tegangan naik, melebihi dari setingannya, sedangkan UVR bekerja jika tegangan turun, kurang dari nilai setingannya.

2) Relai Gangguan Tanah / GFR (*Ground Fault Relay*)

Relai gangguan tanah atau disebut GFR (*ground fault relay*) ini pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama dengan rele arus lebih, tetapi mempunyai fungsi yang berbeda. Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan akibat adanya gangguan pada fasa ke tanah. Gangguan satu fasa ke tanah merupakan gangguan yang paling banyak terjadi. Gangguan satu fasa ke tanah sangat tergantung dari jenis pentanahan dan sistemnya. Pada kondisi beban seimbang Ir, Is, It adalah sama besar sehingga kawat netral dan relai gangguan tanah tidak dialiri oleh arus. Jika terjadi ketidakseimbangan arus atau hubung singkat ke tanah maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga relai gangguan tanah akan bekerja. Untuk setting rele gangguan ke tanah adalah:

$$5- 10\% \times I_{NGR} \leq I_{set} \leq 50\% \times I_{NGR} \dots\dots\dots(1)$$

3) Relai Arus Lebih / OCR (*Over Current Relay*)

Relai arus lebih merupakan pengaman yang bekerja berdasarkan pengukuran arus, yaitu relai akan bekerja apabila nilai arus berada diatas nilai setingnya. Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan akibat adanya gangguan fasa-fasa. Relai ini dirancang sebagai pengaman cadangan trafo jika terjadi gangguan hubung singkat baik dalam trafo (*internal fault*) maupun gangguan eksternal (*external fault*). Oleh karena itu, setting arus OCR harus lebih besar dari kemampuan arus nominal trafo yang diamankan (110 – 120% dari nominal), sehingga tidak bekerja pada saat trafo dibebani nominal, akan tetapi harus dipastikan bahwa setting arus relai masih tetap bekerja pada arus hubung singkat fasa-fasa minimum.

Prinsip kerja dan karakteristik relai arus lebih

Pada prinsipnya, OCR bekerja berdasarkan besaran arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat dan memberikan trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktu sehingga kerusakan peralatan dapat dihindari. Relai arus lebih ini dibagi menjadi 3 jenis karakteristik waktu, antara lain:

a. Relai arus lebih seketika (*instantaneous*)

Relai ini akan bekerja seketika jika ada arus lebih yang mengalir melebihi batas setingnya. Untuk menentukan seting *pick up* dari relai arus lebih seketika dengan menggunakan nilai I_s min atau nilai arus hubung singkat antar fasa (I_{hs}). Relai ini bekerja berdasarkan besarnya arus gangguan hubung singkat dan membuka pemutus tenaga dalam waktu yang sangat cepat sekitar 80 ms.

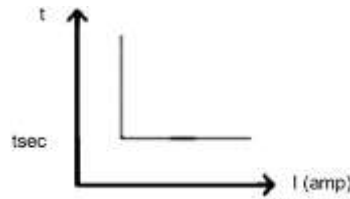


Gambar 1. kurva karakteristik seketika (*Instantaneous*)

b. Relai arus lebih waktu tertentu (*definite time*)

Relai ini akan memberikan perintah trip pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besar arus gangguannya mencapai setting (I_s) dan jangka waktu kerja relai mulai

pick up sampai relai kerja diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relai.



Gambar 2.1 karakteristik waktu tertentu (*devinite time*)

c. Relai arus lebih berbanding terbalik (*inverse*)
 Relai arus lebih waktu terbalik tidak boleh bekerja saat beban maksimum, sehingga seting arus dari relai ini harus lebih besar dari arus beban penuh dari peralatan yang akan diamankan. Pada relai ini terdiri dari dua bagian seting yaitu seting *pick up* dan seting *time dial*. Jangka waktu relai jenis ini mulai dari *pick up* sampai selesai kerja relai tergantung pada besar arus yang melewati relainya. Semakin besar arus gangguan maka waktu beroperasinya akan semakin cepat, dan juga berlaku sebaliknya jika arus gangguan kecil maka waktu operasi rele akan lebih lambat. Adapun karakteristik operasi relai jenis ini dapat dikelompokkan lagi menjadi:

a. *Standard Inverse*

$$t = TMS \times \frac{0,14}{(I)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots(2)$$

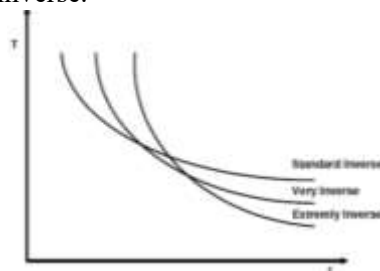
b. *Very Inverse*

$$t = TMS \times \frac{13,5}{(I) - 1} \dots\dots\dots(3)$$

c. *Extremely Inverse*

$$t = TMS \times \frac{80}{(I)^2 - 1} \dots\dots\dots(4)$$

Karakteristik tersebut dapat dilihat pada gambar kurva berikut. Sesuai dengan namanya, karakteristik standart inverse mempunyai waktu operasinya paling besar, diikuti very inverse dan extremely inverse.



Gambar 3 karakteristik standard, very dan extremely inverse

Tujuan dari koordinasi proteksi sistem kelistrikan adalah untuk menentukan karateristik, rating, dan setting dari peralatan pengaman arus lebih yang berfungsi untuk meminimalisasi kerusakan perangkat serta melokalisir hubung singkat sesegera mungkin. Peralatan pengaman arus lebih bekerja dengan bagian primer dan backup. Bagian primer merupakan barisan pertama dalam menanggulangi kerusakan akibat gangguan. Tentu saja pada bagian primer, diperlukan peralatan yang bekerja lebih cepat dan apabila gagal akan ditanggulangi oleh peralatan backup. Pada peralatan proteksi, pickup memiliki arti nilai minimum arus yang mengalir sebelum perangkat memulai tindakan. Dengan kata lain, logika berpikir yang digunakan dalam relai arus lebih ini adalah jika $IF \geq IP$, maka relay mengirimkan sinyal trip dan jika $IF < IP$, maka relay tidak melakukan apa-apa (IF adalah arus gangguan dan IP adalah arus pickup)

Menurut British Standard BS 142, batas dalam menentukan arus *pickup* pada relai sebagai pelindung dari beban lebih adalah:

$$1,05 \text{ FLA} < IP < 1,4 \text{ FLA} \dots\dots\dots(5)$$

Sementara untuk batas penentuan arus *pickup* pada relai sebagai pelindung kejadian hubung singkat adalah:

$$1,6 \text{ FLA} < IP < 0,8 \text{ ISC MIN} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana FLA adalah *Full Load Ampere* yang berarti arus yang mengalir pada beban sesuai daya maksimum dan ISC MIN adalah arus hubung singkat minimum (ISC 2) dalam durasi *steady state* (30 cycle).

Untuk melakukan penyetelan nilai setting pada relai arus lebih (OCR), diperlukan parameter-parameter seperti, arus nominal, arus setting, dan waktu setting kerja relai.

- a. Arus nominal

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots(7)$$

- b. Arus setting relai arus lebih

$$I_{set} = 1,2 \times I_n \dots\dots\dots(8)$$

Sehingga didapat rumus dalam besaran sekunder:

$$I_{set} = \left(I_s \times \frac{I_n}{CT} \right) \dots\dots\dots(9)$$

- c. Waktu setting relai arus lebih

Untuk menentukan waktu dan karakteristik kerja pada relai ini menggunakan kurva *standard inverse* (SI), dapat menggunakan rumus:

$$TMS = t \times \frac{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1}{k} \dots\dots\dots(10)$$

$$t = TMS \times \frac{k}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

I_{hs} = Arus hubung singkat

I_{set} = *Setting* arus kerja dalam primer

t = Waktu kerja relai, yaitu 0,2 – 0,5 detik

Tabel 1. Nilai k dan α

Karakteristik Relai	k	α
<i>Standard Inverse</i>	0,02	0,14
<i>Very Inverse</i>	1	13,5
<i>Longtime Inverse</i>	1	120
<i>Extremely Inverse</i>	2	80

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

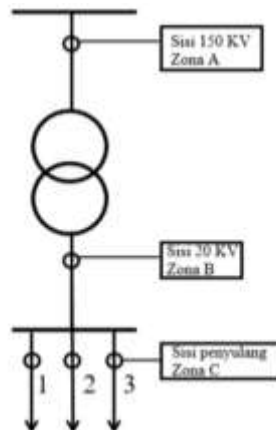
Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Paya Pasir memiliki 5 gardu induk, yaitu GI Belawan, GI Lamhotma, GI Labuhan, GI Paya Pasir, dan GI KIM. Gardu Induk labuhan merupakan gardu induk dengan type pemasangan luar/ konvensional dengan 1 busbar. Terdapat 2 unit trafo daya, 60 MVA dan 20 MVA, untuk mendukung fungsi gardu induk ini sebagai penyaluran tenaga listrik bagi konsumen. Dengan type pemasangan luar, gardu induk labuhan memiliki peluang gangguan yang besar, sehingga untuk menunjang sistem keandalan gardu induk ini, sistem proteksi harus diperhatikan. Transformator daya (TD1) GI Labuhan merupakan peralatan pada gardu induk yang berfungsi menstransformasikan daya listrik pada tegangan 150kV menjadi 20kV untuk dapat digunakan bagi konsumen tegangan menengah. Untuk memproteksi kedua sisi tersebut dari adanya gangguan arus lebih, digunakan alat proteksi relai arus lebih (OCR) yang akan berkoordinasi pada 2 sisi tersebut. Rangkaian dari relai arus lebih yang terpasang pada GI Labuhan 150kV. Data relai arus lebih untuk sistem pengamanan yang digunakan pada PT. PLN (Persero) GI Labuhan 150 kV

Tabel 2. Data Relai OCR

Merk	Schneider
Type	P141
Kurva	Standard Inverse
TMS sisi 150 kV	0,36 s
TMS sisi 20 kV	0,24 s
TMS sisi penyulang	0,11 s
Faktor k	0,14
Faktor α	0,02

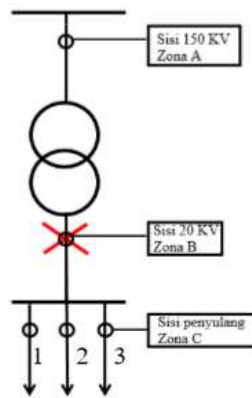
Proteksi OCR TD 1 Labuhan

Relai arus lebih yang terdapat pada trafo daya 1 GI Labuhan terdapat 3 zona, masing-masing zona tersebut yaitu:



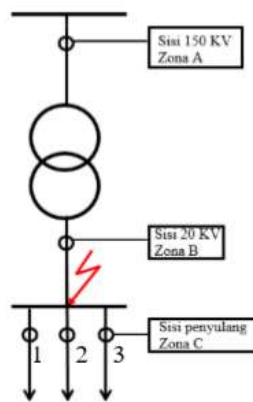
Gambar 6. Zona - Zona Relai OCR

Berdasarkan pada gambar 6, Zona C sebagai relai arus lebih utama, Zona B relai arus lebih cadangan pertama dan Zona A sebagai cadangan kedua. Fungsi ketiga relai tersebut yaitu ketika relai tersebut tidak bisa membaca gangguan, maka salah satu rele yang sebagai cadangan akan bekerja untuk mengamankan trafo. Faktor tersebut bisa dikarenakan kerusakan rele arus lebih dan bisa juga karena letak gangguan yang tidak pasti lokasinya. Berdasarkan gambar berikut, cara kerja relai tersebut adalah apabila Zona B mengalami kerusakan maka Zona A akan menggantikan kerja Zona B tersebut, dan Zona C tetap membaca keadaan normal atau tidak bekerja.



Gambar 7. Relai OCR pada sisi 20kV Rusak

Berdasarkan gambar 7, gangguan terjadi pada sisi penyulang Zona C, ketika gangguan terjadi diantara Zona C dan Zona B, maka yang akan bekerja adalah Zona B karena terjadinya gangguan arus lebih di busbar setelah Zona B.



Gambar 8. Gangguan OCR pada sisi penyulang

Perhitungan matematis ini dilakukan untuk mencari arus nominal, arus setting dan waktu setting tiap sisi, dan kemudian menentukan perhitungan relai arus lebih agar mengetahui hasil tersebut melebihi atau tidaknya dari nilai setting yang telah ditentukan. Data trafo yang digunakan pada PT. PLN (Persero) GI Labuhan 150 kV yaitu:

Kapasitas Trafo (S)	: 60 MVA
Tegangan Trafo	: 150 kV
Ratio CT sisi 150 kV	: 400 / 5
Ratio CT sisi 20 kV	: 2000 / 5
Ratio CT sisi penyulang	: 800 / 5
CCC Penyulang	: 800

Arus nominal adalah besaran arus yang mendasari kerja suatu peralatan. Perhitungan arus nominal untuk kerja relai arus lebih ini diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

a. Arus nominal sisi 150 kV

$$I_n = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 150 \text{ kV}} = 230,94 \text{ A}$$

b. Arus nominal sisi 20 kV

$$I_n = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 1732,05 \text{ A}$$

c. Arus nominal sisi penyulang

$$\begin{aligned} I_n &= \text{ICCC} \\ &= 800 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus setting OCR

Berdasarkan besaran arus nominal, dapat diperoleh arus setting baik disisi primer maupun sekunder transformator. Perhitungan arus setting relai arus lebih sebagai berikut:

a. Arus setting sisi 150 kV

$$\begin{aligned} I_{set} &= 1,2 \times I_n \\ &= 1,2 \times 230,94 \\ &= 277 \text{ A} \end{aligned}$$

b. Arus setting sisi 20 kV

$$\begin{aligned} I_{set} &= 1,2 \times I_n \\ &= 1,2 \times 1732,05 \\ &= 2078 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Arus setting sisi penyulang

Untuk menentukan besarnya nilai setting pada sisi penyulang harus dihitung menggunakan rasio trafo arus.

$$\begin{aligned} I_{set} &= 1,2 \times I_{CCC} \\ &= 1,2 \times 800 \\ &= 960 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan waktu setting OCR

Untuk mendapatkan pengamanan yang selektif, maka setting waktu dibuat secara bertingkat. Perhitungan waktu setting relai arus lebih berikut ditujukan untuk mengetahui ada atau tidaknya gangguan, jika hasil perhitungan melebihi setting maka dapat disimpulkan adanya gangguan pada saluran tersebut. Perhitungan analisa gangguan dilakukan pada sisi 20 kV dengan adanya arus gangguan sebesar 12.430,75 A.

$$\begin{aligned} t &= TMS \times \frac{k}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}} \\ t &= 0,24 \times \frac{0,14}{\left(\frac{12.430,75}{2078}\right)^{0,02-1}} \\ t &= 0,93 \text{ s} = 930 \text{ ms} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, saat $t = 930 \text{ ms}$ maka arus lebih pada sisi 20 kV bekerja karena hasil tersebut melebihi setting.

Perhitungan analisa gangguan dilakukan pada sisi penyulang dengan adanya arus gangguan sebesar 12.430,75 A.

$$\begin{aligned} t &= TMS \times \frac{k}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}} \\ t &= 0,11 \times \frac{0,14}{\left(\frac{12.430,75}{960}\right)^{0,02-1}} \\ t &= 0,296 \text{ s} = 296 \text{ ms} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, saat $t = 296 \text{ ms}$ maka arus lebih pada sisi penyulang bekerja karena hasil tersebut melebihi setting. Perhitungan analisa gangguan dilakukan pada sisi 150 kV. Adanya arus gangguan sebesar 12.430,75 A pada penyulang maka pada sisi 150kV terdeteksi arus sebesar 1657,43 A

$$\begin{aligned} t &= TMS \times \frac{k}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}} \\ t &= 0,36 \times \frac{0,14}{\left(\frac{1657,43}{277}\right)^{0,02-1}} \end{aligned}$$

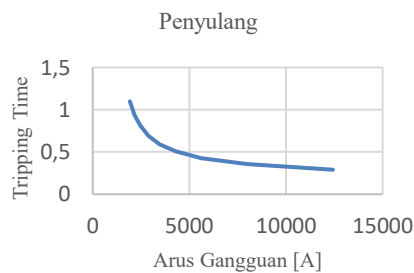
$$t = 1,38 \text{ s} = 1380 \text{ ms}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, saat $t = 1380$ ms maka arus lebih pada sisi 150kV bekerja karena hasil tersebut melebihi setting. Analisa kerja relai arus lebih saat terjadi gangguan arus lebih dilakukan simulasi menggunakan olah data (Microsoft excel) untuk mengetahui cara kerja serta koordinasi relai arus lebih dengan variasi nilai arus gangguan. Untuk memudahkan mengetahui *tripping time* pada relai arus lebih di TD1 GI Labuhan, diperoleh data sebagai berikut:

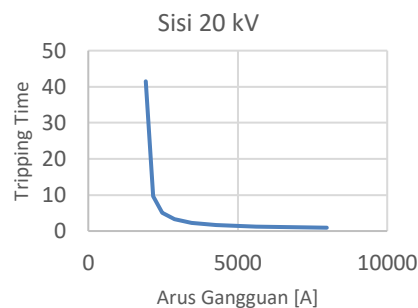
Tabel 3. data tripping time

Arus Gangguan 2ph (A)		Tripping Time (sekon)		
Pada 20kV	Pada 150kV	150 kV	20 kV	Penyulang
1923,43	256,46	32,73	21,75	1,1
2163,81	288,51	61,89	41,5	0,94
2472,01	329,6	14,47	9,66	0,81
2880,87	384,12	7,68	5,13	0,69
3447,86	459,72	4,95	3,3	0,59
4282,23	570,96	3,46	2,31	0,51
5613,97	748,53	2,51	1,67	0,43
7978,66	1063,82	1,85	1,23	0,36
12430,75	1657,43	1,38	0,92	0,29

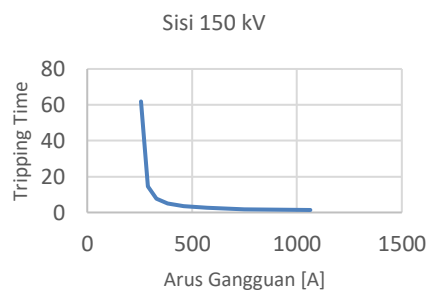
Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel 3 maka kurva analisa hasil perhitungan sebagai berikut



Gambar 9. kurva analisa hasil perhitngan pada sisi penyulang



Gambar 10. kurva analisa hasil perhitungan pada sisi 20kV

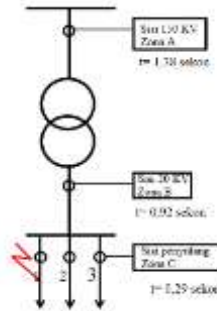


Gambar 11. kurva analisa hasil perhitungan pada sisi 150 kV

Kurva pada gambar merupakan kurva karakteristik *standard inverse* yang ditunjukkan oleh data *tripping time* pada TD1 GI Labuhan. *Standart inverse* yaitu relai dimana waktu tundanya tergantung pada besaran gangguan, semakin besar gangguan maka waktu kerja relai akan semakin cepat artinya arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu kerja relai.

Koordinasi Relai Arus Lebih Pada TD1 Gardu Induk Labuhan

Berdasarkan hasil analisa cara kerja relai yang sudah dihitung, maka dapat dilakukan simulasi terjadinya gangguan dan bagaimana koordinasi relai bekerja. Simulasi gangguan terjadi pada zona penyulang dengan arus 12430,75 Ampere, maka OCR pada sisi penyulang akan *pick up*. Dan akan trip dalam waktu 0,29 s. Jika OCR sisi penyulang gagal, maka akan diback up pada sisi OCR 20kV dengan waktu 0,92 s. Dan jika masih gagal, maka akan diback up pada sisi 150kV dengan waktu 1,38 s.



Gambar 12 simulai gangguan pada sisi penyulang

Simulasi gangguan terjadi pada zona 20kV, dengan arus gangguan 12430,74 A. OCR pada sisi penyulang tidak bekerja dan membaca keadaan normal. Maka gangguan yang terjadi pada sisi 20kV, OCR pick up dan trip dengan waktu 0,92 sekon. Jika OCR sisi 20kV gagal maka akan diback up oleh OCR sisi 150kV dalam waktu 1,38 sekon.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Koordinasi relai arus lebih pada proteksi transformator GI Labuhan terbagi atas 3 zona yaitu sisi penyulang, sisi 20 kV dan sisi 150 kV. Saat gangguan gagal pada sisi penyulang, maka OCR sisi 20kV dan 150kV akan mengambil alih sesuai waktu setting. Arus setting pada sisi 150 kV sebesar 277 A, pada sisi 20 kV sebesar 2078 A, dan pada sisi penyulang 960 A. Relai arus lebih di GI Labuhan bekerja pada gangguan arus hubung singkat maksimum 12430,75 A dengan waktu kerja 0,29 detik pada sisi penyulang, 0,92 detik pada sisi 20 kV, dan 1,38 detik pada sisi 150kV

Saran

Agar trafo gardu induk tidak mengalami gangguan atau trip, maka pengecekan peralatan gardu induk harus sering di periksa, terutama pada relai dan perlu dilakukan pengecekan atau evaluasi setting relai pada gardu induk lainnya dan hendaknya dilakukan juga perbaikan secepat mungkin setelah dideteksi adanya kerusakan atau gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

Dewangga, (2018), *Studi Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih, Diferensial Dan Ground Fault*, Cilegon.

PLN, (2013), *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali*, Jakarta.

PLN, (2014), *Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi Dan Kontrol Penghantar*, Jakarta.

PLN, (2005), *Buku Pelatihan O&M Relai Proteksi Penghantar*, Jakarta.