

ANALISIS SETTING OVER CURRENT RELAY PADA PENYULANG SUNGAI IYU GARDU INDUK TUALANG CUT

Mhd Tobi Pangestu, Misbahul Jannah, Rosdiana, Badriana

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Jln. Batam No. 16 Kampus Bukit Indah Muara Satu - Lhokseumawe
E-mail : tobipangestu@gmail.com

Abstrak— Dalam sistem penyaluran listrik, banyak kendala atau gangguan yang terjadi. Faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan sistem tenaga listrik antara lain disebabkan oleh keadaan alam, kelebihan beban, kawat penghantar putus serta gangguan hubung singkat. Untuk mengatasi gangguan tersebut dan melindungi peralatan listrik maka dipasang relay pengaman. Salah satu relai pengaman pada penyulang yaitu *over current relay* (OCR), Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari kerusakan yang diakibatkan arus berlebih. Pada penelitian ini membahas setting OCR yang ada pada penyulang sungai iyu di gardu induk tualang cut. Dari hasil perhitungan didapat arus gangguan hubung singkat terbesar terjadi pada gangguan 3 fasa di titik 0% yaitu 12907.44 A, arus gangguan terkecil terjadi pada gangguan 2 fasa di titik 100% yaitu 1889.73 A. Nilai setting OCR sisi penyulang adalah Iprimer = 300.3 A, Isekunder = 5.005 A , Tms = 0.17 s, nilai setting OCR sisi incoming adalah Iprimer = 1905.2 A, Isekunder = 4.763 A, Tms = 0.2 s. Berdasarkan hasil perhitungan setting OCR penyulang sungai iyu masih dalam kondisi baik karena tidak terlalu jauh dari data yang ada dilapangan

Keywords— *Relai Arus Lebih, Gangguan Hubung Singkat, Proteksi, ETAP*

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan pokok untuk sebagian besar penduduk di indonesia, dalam hal ini PT PLN (Persero) sebagai badan usaha negara melayani kebutuhan energi listrik di indonesia. PLN memiliki tiga tahapan untuk memenuhi kebutuhan listrik yaitu pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi. Agar energi listrik dapat dinikmati dengan baik dibutuhkan penyediaan dan pelayanan tenaga listrik dengan kualitas, keandalan dan efisiensi yang baik.

Distribusi energi listrik adalah jaringan tegangan menengah yang disalurkan ke konsumen. Seiring bertambahnya waktu serta bertambahnya kebutuhan energi listrik perlu diimbangi dengan sistem proteksi yang baik. Sistem proteksi pada sistem distribusi berperan penting untuk keandalan penyaluran tenaga listrik.

Dalam sistem penyaluran listrik, banyak kendala atau gangguan yang terjadi. Faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan sistem tenaga listrik antara lain disebabkan oleh keadaan alam, kelebihan beban, kawat penghantar putus serta gangguan hubung singkat. Untuk mengatasi gangguan tersebut dan melindungi peralatan listrik maka dipasang relay pengaman. Salah satu relai pengaman pada penyulang yaitu *over current relay* yang selanjutnya disebut OCR. Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari kerusakan yang diakibatkan arus berlebih. Relay ini akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya.

II. DASAR TEORI

Sistem proteksi tenaga listrik secara umum adalah suatu sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik seperti generator, transformator, jaringan transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan.

Sistem proteksi pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk :

- Mengurangi atau menghindari kerusakan akibat terjadinya gangguan pada peralatan listrik yang terganggu
- Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan
- Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen serta memperkecil bahaya bagi manusia.

Arus gangguan pada gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan rumus dasar sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{Z} \dots \dots \dots (2.1)$$

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat dilakukan dengan beberapa tahap perhitungan.

- Impedansi sumber

Menghitung impedansi sumber di bus sisi 20 KV maka harus dihitung dahulu impedansi di bus sisi 150 KV

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA} \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk mengkonversikan Impedansi yang terletak di sisi 150 kV ke sisi 20 kV, dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Xs(sisi\ 20KV) = \frac{20^2}{150^2} \times Xs(sisi\ 150KV).....(2.4)$$

b. Impedansi transformator

Langkah pertama mencari nilai ohm pada 100% untuk trafo pada 20 kV, yaitu dengan menggunakan rumus :[4]

$$Xt(pada\ 100\%) = \frac{kV^2}{MVA}.....(2.5)$$

Selanjutnya mencari nilai reaktansi tenaga. reaktansi urutan positif dan negatif ($Xt1 = Xt2$) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Xt = \% \text{ yang diketahui} \times Xt(pada100\%).....(2.6)$$

c. Impedansi penyulang

untuk impedansi penyulang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

Urutan positif dan urutan negatif

$$Z1 = Z2 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z1 / Z2 \text{ (ohm)}.....(2.7)$$

d. Impedansi ekivalen jaringan

untuk impedansi ekivalen jaringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus

Urutan positif dan urutan negative ($Z1eq = Z2eq$)

$$Z1eq = Z2eq = Zs1 + Zt1 + Z1 \text{ penyulang}$$

Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

a. Perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa
 arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$I_{3fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}}(2.11)$$

b. Perhitungan arus gangguan hubung singkat 2 fasa
 arus gangguan hubung singkat dua fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq}+Z_{2eq}}$$

Karena $Z1eq = Z2eq$, maka:

$$I_{2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{2 \times Z_{1eq}}.....(2.12)$$

Relai arus lebih adalah suatu relai yang bekerja berdasarkan kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengamanan tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga relai ini dapat dipakai sebagai pola pengaman arus lebih.fungsi utama relay ini adalah untuk merasakan adanya arus lebih kemudian memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk membuka.[6]

Relai ini akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya (Iset) atau bekerja karena adanya besaran arus dan terpasang pada jaringan tegangan tinggi, tegangan menengah dan juga pada pengamanan transformator tenaga. Apabila besaran arus yang dideteksi melebihi batas settingnya maka akan bekerja, kemudian dalam waktu tertentu akan memberikan perintah trip ke PMT.[3] Beberapa tahap dalam Setting Over Current Relay

a. Arus setting OCR

Arus setting untuk relay OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator tenaga adalah:[5]

$$Iset \text{ (prim)} = 1,1 \times \text{Inominal trafo}.....(2.17)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, Untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat disetkan pada OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan ratio trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$Iset \text{ (sek)} = Iset(\text{prim}) \times \frac{1}{\text{rasio CT}}.....(2.18)$$

b. Setting waktu (TMS)

Tabel 2.2 Karakteristik operasi waktu jenis relay inverse time

Tipe Relai	Setting Waktu
Standard inverse	$TMS = \frac{t \times (\frac{I_f}{I_s})^{0,02} - 1}{0.14}$
Very inverse	$TMS = \frac{13,5 \times t}{(\frac{I_f}{I_s}) - 1}$
Extremely inverse	$TMS = \frac{80 \times t}{(\frac{I_f}{I_s})^2 - 1}$
Long time inverse	$TMS = \frac{120 \times t}{(\frac{I_f}{I_s}) - 1}$

Untuk menentukan nilai TMS yang akan disetkan pada relay OCR sisi incoming transformator tenaga yaitu arus hubung singkat (If) 2 fasa di Bus 20 kV, sedangkan untuk sisi 150 kV transformator tenaga diambil arus hubung singkat (If) 2 fasa di sisi 150 kV.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Menghitung Impedansi Sumber

Untuk menghitung besar nilai impedansi sumber (Xs) maka terlebih dahulu mencari (MVA)

$$\begin{aligned} MVA &= \sqrt{3} \times I \times V \\ MVA &= \sqrt{3} \times 25 \text{ kA} \times 150 \text{ Kv} \\ MVA &= 6495,19 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai MVA maka nilai impedansi sumber Xs sisi 150 kV dihitung menggunakan persamaan (2.3) hal 8

$$\begin{aligned} X_{S150kV} &= \frac{150^2}{6495,19} \\ X_{S150kV} &= 3,464 \ \Omega \end{aligned}$$

Untuk mengetahui impedansi sisi 20kV menggunakan persamaan (2.4) hal 8

$$\begin{aligned} X_{S20kV} &= \frac{20^2}{150^2} \times 3,464 \\ X_{S20kV} &= 0.0616 \ \Omega \end{aligned}$$

Menghitung Reaktansi Trafo

Besar nilai reaktansi pada kondisi 100% dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5) hal 8

$$Xt_{(100\%)} = \frac{20^2}{60} = 6,67 \ \Omega$$

Nilai reaktansi urutan positif dan negative menggunakan persamaan (2.6) hal 9

$$X_{t1} = X_{t2}$$

$$X_{t1} = 12,5\% \times 6,67$$

$$X_{t1} = 0,833 \Omega$$

Menghitung Impedansi Penyulang

Berdasarkan data yang diperoleh dari Gardu Induk Tualang Cut Penyulang Sungai Iyu menggunakan jenis kabel dengan tipe AAAC dan diameter 240 mm² serta panjang penghantar 13 KM. untuk nilai impedansi urutan positif dan negative penghantar adalah 0.1334 + j 0.3158

untuk menghitung nilai impedansi penyulang pada titik lokasi gangguan dengan jarak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% menggunakan persamaan (2.7) hal 10

Tabel 4.1 impedansi urutan positif dan negative penyulang sungai iyu

Titik (%)	Jarak (KM)	perhitungan	Impedansi (Z1 = Z2)
0	0	0 × 0.1334 + j 0.3158	0
25	3.25	3.25 × 0.1334 + j 0.3158	0.433 + j 1.026
50	6.5	6.5 × 0.1334 + j 0.3158	0.867 + j 2.053
75	9.75	9.75 × 0.1334 + j 0.3158	1.300 + j 3.079
100	13	13 × 0.1334 + j 0.3158	1.734 + j 4.105

Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan

Perhitungan Z1eq dan Z2eq menggunakan persamaan (2.9) hal 10

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = j0.0616 + j0.833 + Z1 \text{ penyulang}$$

$$= j 0.8946 + Z1 \text{ penyulang}$$

Tabel 4.2 impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif

Panjang	Impedansi
0	0 + j 0.8946
25	J 0.8946 + 0.433 + j 1.026 = 0.433 + j 1.9206
50	J 0.8946 + 0.867 + j 2.053 = 0.867 + j 2.9476
75	J 0.8946 + 1.300 + j 3.079 = 1.300 + j 3.9736
100	J 0.8946 + 1.734 + j 4.105 = 1.734 + j 4.9996

Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

- gangguan hubung singkat 3 fasa

Tabel 4.3 arus gangguan hubung singkat 3 fasa

panjang	Arus gangguan hubung singkat 3 fasa
0	$\frac{11547}{0 + j 0.8946} = \frac{11547}{\sqrt{0^2 + 0.8946^2}} = 12907.44 \text{ A}$
25	$\frac{11547}{0.433 + j 1.9206} = \frac{11547}{\sqrt{0.433^2 + 1.9206^2}} = 5864.97 \text{ A}$
50	$\frac{11547}{0.867 + j 2.9476} = \frac{11547}{\sqrt{0.867^2 + 2.9476^2}} = 3758.22 \text{ A}$
75	$\frac{11547}{1.300 + j 3.9736} = \frac{11547}{\sqrt{1.300^2 + 3.9736^2}} = 2761.88 \text{ A}$
100	$\frac{11547}{1.734 + j 4.9996} = \frac{11547}{\sqrt{1.734^2 + 4.9996^2}} = 2183.47 \text{ A}$

- gangguan hubung singkat 2 fasa

arus gangguan hubung singkat 2 fasa dapat dihitung dengan persamaan (2.12) hal 12

$$I_{2 \text{ FASA}} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} = \frac{20000}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{20000}{2 \times Z_{1-eg}}$$

Tabel 4.4 arus gangguan hubung singkat 2 fasa

panjang	Arus gangguan hubung singkat 2 fasa
0	$\frac{20000}{2 \times (0 + j 0.8946)} = \frac{20000}{\sqrt{0^2 + 1.7892^2}} = 11178 \text{ A}$
25	$\frac{20000}{2 \times (0.433 + j 1.9206)} = \frac{20000}{\sqrt{0.866^2 + 3.8412^2}} = 5079.22 \text{ A}$
50	$\frac{20000}{2 \times (0.867 + j 2.9476)} = \frac{20000}{\sqrt{1.734^2 + 5.8952^2}} = 3254.72 \text{ A}$
75	$\frac{20000}{2 \times (1.300 + j 3.9736)} = \frac{20000}{\sqrt{2.6^2 + 7.9472^2}} = 2391.86 \text{ A}$
100	$\frac{20000}{2 \times (1.734 + j 4.9996)} = \frac{20000}{\sqrt{3.468^2 + 9.9992^2}} = 1889.73 \text{ A}$

Setting OCR sisi penyulang

Mencari arus primer

$$I_{set \text{ primer}} = 1,1 \times I_{load}$$

$$I_{set \text{ primer}} = 1,1 \times 273$$

$$I_{set \text{ primer}} = 300.3$$

Mencari arus sekunder menggunakan persamaan (2.18) hal 16

$$I_{set \text{ sekunder}} = I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{CT}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = 300.3 \times \frac{5}{300}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = 5.005$$

Setting TMS pada sisi penyulang menggunakan persamaan yang terdapat pada tabel 2.2 hal 16

$$TMS = \frac{t \times ((\frac{I_f}{I_{set}})^{0.02} - 1)}{0.14}$$

$$TMS = \frac{0.3 \times ((\frac{13591.1}{300.3})^{0.02} - 1)}{0.14}$$

$$TMS = 0.17$$

Setting OCR Sisi Incoming 20kV

Setting arus

$$I_n \text{ (sisi 20kv)} = \frac{kVA}{kV\sqrt{3}}$$

$$= \frac{60000}{20\sqrt{3}}$$

$$= 1732 \text{ A}$$

Pada perhitungan arus setting primer sisi incoming menggunakan persamaan (2.17) hal 16

$$I_{set \text{ primer}} = 1,1 \times I_n$$

$$= 1,1 \times 1732$$

$$= 1905.2$$

Mencari arus sekunder menggunakan persamaan (2.18) hal 16

$$\begin{aligned} \text{Iset sekunder} &= \text{Iset primer} \times \frac{1}{\text{rasio CT}} \\ &= 1905.2 \times \frac{5}{2000} \\ &= 4,763 \end{aligned}$$

Setting TMS pada sisi incoming menggunakan persamaan yang terdapat pada tabel 2.2 hal 16

$$\begin{aligned} \text{TMS} &= \frac{0.7 \times \left(\frac{13591.1}{1905.2} \right)^{0.02} - 1}{0.14} \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

Perbandingan Data Setting OCR

Sisi penyulang

Tabel 4.5 perbandingan data setting OCR sisi penyulang

Relay penyulang	Setting hasil perhitungan	Data setting di lapangan
OCR	Tms 0.17	Tms 0.1
	I primer 300.3	I primer 300
	I sekunder 5.005	I sekunder 5
	T 0.3	T 0.3

Sisi incoming

Tabel 4.6 perbandingan data setting OCR sisi incoming

Relay penyulang	Setting hasil perhitungan	Data setting di lapangan
OCR	Tms 0.2	Tms 0.2
	I primer 1905.2	I primer 1900
	I sekunder 4.763	I sekunder 4.75
	T 0.7	T 0.7

Perhitungan Waktu Kerja OCR

Perhitungan waktu kerja OCR pada gangguan 3 fasa dan 2 fasa sisi penyulang dan incoming menggunakan persamaan (2.13) hal 15

$$t = \frac{0.14}{(If/Is)^{0.02} - 1} TMS$$

Berikut hasil perhitungannya

Tabel 4.7 waktu kerja relai arus lebih gangguan 3 fasa

Titik gangguan (%)	Waktu kerja relai incoming (s)	Waktu kerja relai penyulang (s)	Selisih waktu (s)
0	0.699	0.177	0.522
25	1.22	0.229	0.991
50	2.407	0.27	2.137
75	3.755	0.309	3.466
100	10.247	0.346	9.901

Tabel 4.8 waktu kerja relai arus lebih gangguan 2 fasa

Titik gangguan (%)	Waktu kerja relai incoming (s)	Waktu kerja relai penyulang (s)	Selisih waktu (s)
0	0.777	0.187	0.59
25	1.414	0.241	1.173
50	2.601	0.287	2.314
75	6.173	0.33	5.843
100	-	0.374	-

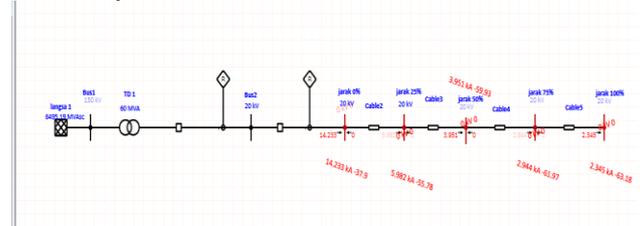
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa cepat lambatnya OCR bekerja dipengaruhi oleh besar kecilnya arus gangguan karena relai ini menggunakan karekteristik waktu standard inverse, dimana semakin besar arus gangguan maka relai bekerja semakin cepat, begitu juga sebaliknya. Pada tabel 4.8 titik gangguan 100% relai sisi incoming tidak bekerja karena arus gangguan sebesar 1889.73 A tidak melebihi arus setting relai incoming yang sebesar 1905 A.

Berdasarkan hasil perhitungan manual waktu kerja relai arus lebih dapat dilihat bahwa OCR sisi penyulang bekerja lebih cepat dibandingkan OCR sisi incoming

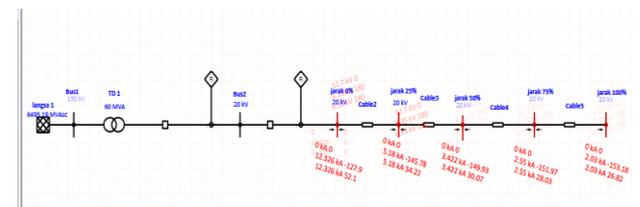
Simulasi Menggunakan Software ETAP

Simulasi hubung singkat

Untuk simulasi hubung singkat 3 fasa dan 2 fasa pada ETAP menggunakan fitur *short circuit analys*. Simulasi ini dilakukan pada titik 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.



Gambar 4.2 gangguan hubung singkat 3 fasa



Gambar 4.3 gangguan hubung singkat 2 fasa

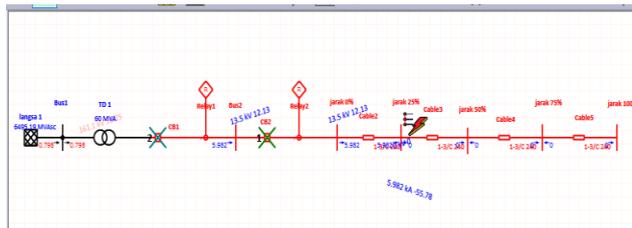
Tabel 4.9 hasil simulasi hubung singkat 3 fasa dan 2 fasa

Titik (%)	Jarak (KM)	Simulasi 3 fasa (A)	Simulasi 2 fasa (A)
0	0	14233	12326
25	3.25	5982	5180
50	6.5	3951	3422
75	9.75	2944	2550
100	13	2345	2030

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa gangguan hubung singkat yang paling besar terjadi pada 3 fasa pada titik 0% sebesar 14233 A. Besar arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak

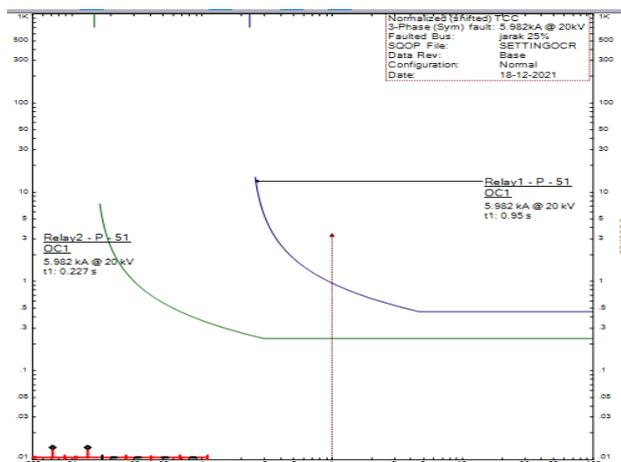
titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya, begitu pula sebaliknya.

Simulasi kerja relay OCR



Gambar 4.5 hasil kerja relay OCR titik 25%

Pada simulasi ini menggunakan fitur *star – protection & coordination* di software ETAP pada jarak 25% ketika diberikan gangguan hubung singkat 3 fasa sebesar 5982 A maka CB 1 & 2 aktif dan trip. Berikut adalah kurva trip OCR



Gambar 4.6 kurva trip OCR

Pada kurva trip OCR diatas dapat dilihat bahwa tidak adanya terjadi singgungan antar kurva relay 1 dan relay 2, dimana relay penyulang (relay 2) bekerja lebih cepat dari relay *incoming* (relay 1) hal ini menunjukkan relay OCR dalam kondisi baik. Dari kurva diatas juga dapat dilihat bahwa sistem kerja relay menggunakan karakteristik *standar inverse* dimana waktu tundanya tergantung pada besarnya arus gangguan. Semakin besar arus gangguan maka semakin cepat waktu kerja relay.

IV. KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Arus gangguan hubung singkat terbesar terjadi pada gangguan 3 fasa pada jarak gangguan 0 km = 12907.44 A dan gangguan hubung singkat terkecil terjadi pada gangguan 2 fasa pada jarak 13 km = 1889.73 A. Hal ini dapat dilihat bahwa besar arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak lokasi gangguan, semakin dekat lokasi gangguan maka semakin besar arus hubung singkatnya.

2. Dari hasil perhitungan waktu kerja OCR terhadap jarak gangguan tertentu dapat dilihat bahwa relay ini menggunakan karakteristik *standard inverse* karena lamanya waktu kerja relay ditentukan oleh besarnya arus gangguan yang mengalir di relay. Semakin besar arus gangguan yang mengalir maka semakin cepat relay tersebut bekerja
3. Berdasarkan hasil perhitungan setting OCR secara manual dibandingkan data setting OCR yang telah terpasang di lapangan dapat dilihat bahwa setting tersebut memiliki selisih yang tidak terlalu jauh, maka dapat diambil kesimpulan bahwa setting OCR yang ada dilapangan masih dalam kondisi baik.

V. REFERENSI

- [1] Z. Zulkarnaini and U. R. Hakim, "Evaluasi Koordinasi Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Feeder GH Lubuk Buaya," *J. Momentum ISSN 1693-752X*, vol. 16, no. 1, 2014.
- [2] R. Khomarudin, "Rele Proteksi pada Saluran Transmisi dan Gardu Induk," 2018. <https://rikikhomarudin09.wordpress.com/2018/02/08/rele-proteksi-pada-saluran-transmisi-dan-gardu-induk/>.
- [3] A. Arifin, "12 Komponen Dan Peralatan Gardu Induk Beserta Fungsinya," 2021. <https://www.carailmu.com/2021/06/komponen-peralatan-gardu-induk.html>.
- [4] Suprianto, "Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik," <http://blog.unnes.ac.id/>, 2015. <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/gangguan-pada-sistem-tenaga-listrik/>.
- [5] S. Annisa, "Analisis Setting Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Recloser Hangtuah Feeder Kulim PT. PLN (PERSERO) Area Pekanbaru," 2019.
- [6] Aris Aprianto, "Impedansi Kawat Penghantar Menurut SPLN 64 : 1995," 2015. <http://boneklistrik.blogspot.com/2015/07/impedansi-kawat-penghantar-menurut-spln.html>.
- [7] I. Affandi, "Analisa Setting Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah," 2009.
- [8] A. Magetan, "Relai Arus Lebih," <https://translarsyifa.wordpress.com>, 2013. <https://translarsyifa.wordpress.com/2013/06/27/relai-arus-lebih/>.
- [9] M. L. Syahputra, "Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) Pada Sistem 150 kV Gardu Induk Bukit Asam." 021008 universitas tridinanti, 2020.
- [10] D. Saefrudin, "Analisis Elektrik Load Flow (Aliran Daya Listrik) Dalam Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP Power Station 4.00 Di Pt. Lokatex Pekalongan," *Edu Elektr. J.*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [11] Laboratorium teknik elektro Universitas Muhammadiyah, "Buku panduan praktikum analisis sistem tenaga." .