

ANALISIS KOORDINASI SISTEM PROTEKSI RELAY PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PT SGMW MOTOR INDONESIA

Ujang wiharja¹, Herwin Eduard Silaban²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana

Jl. Raya Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur, 13077

E-mail : ujangwiharja@unkris.ac.id, erwin.edward@gmail.com

ABSTRAK

Guna menjaga kelangsungan saluran tenaga listrik diperlukan proteksi yang sesuai dengan kebutuhan . Fungsinya adalah untuk melokalisasi daerah gangguan menjadi sekecil mungkin, jadi hanya daerah yang terganggu saja yang dibebaskan dari rangkaian tenaga listrik dan juga harus mempertimbangkan tingkat keamanan terhadap peralatan stabilitas tenaga listrik serta keamanan terhadap manusia. Dari analisis ini, Saat terjadi gangguan hubung singkat pada Unit Chiller (T1) CB1 akan bekerja pada waktu 30 ms, jika CB1 tidak mampu *trip*, maka ACB1 akan *trip* pada waktu 80 ms, dimana VCB *Outgoing1* juga akan bekerja pada waktu 0.25 s dengan dikontrol oleh *Relay 2* agar Trafo tidak *terenergize*.

Kata kunci : Arus Hubung Singkat, *Setting OCR*, *Circuit Breaker*, *Outgoing*, *Trafo*

ABSTRACT

In order to maintain the continuity of the power line, protection is needed in accordance with the needs. Its function is to localize the area of disturbance as small as possible, so that only the disturbed area is freed from the electric power circuit and must also consider the level of security of electric power stability equipment and human safety. From this analysis, when a short circuit interruption occurs at the Chiller Unit (T1) CB1 will work at 30 ms, if CB1 is unable to trip, then ACB1 will trip at 80 ms, where VCB Outgoing1 will also work at 0.25 s controlled by Relay 2 so the transformer is not energized.

Keywords: Short Circuit Current, OCR Setting, Circuit Breaker, Outgoing, Trafo

1.PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri merupakan salah satu bidang yang mempengaruhi pertumbuhan suatu negara. Dalam prosesnya, suatu industri membutuhkan energi untuk menjalankan proses produksi. Salah satu energi yang banyak digunakan adalah energi listrik. Karena pentingnya listrik dalam industri ini, maka perlu adanya perhatian yang lebih, mulai dari bagaimana listrik itu dibangkitkan hingga dapat tersalurkan ke beban dengan meminimalisir kerugian akibat gangguan-gangguan yang mungkin terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik. Hasil dari penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan bagi peneliti tentang karakteristik dan pengaturan relay

arus lebih pada jaringan distribusi tenaga listrik di PT. SGMW Motor Indonesia, dan diharapkan dapat menjadi referensi untuk setting koordinasi relay arus lebih di SGMW Motor Indonesia.

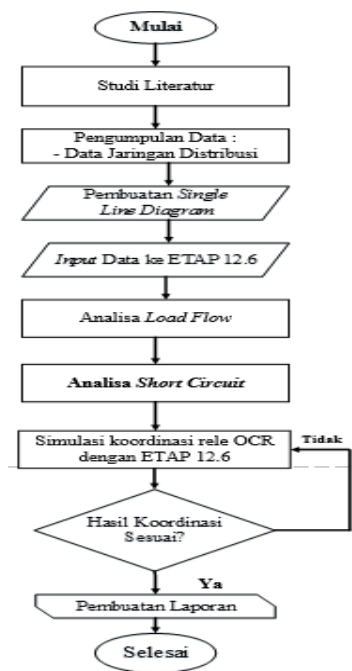
1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini ialah:

- Bagaimana cara merancang sistem proteksi yang tepat pada sistem IEEE 13 Bus dengan menggunakan *Overcurrent Relay (OCR)*?
- Bagaimana cara menentukan nilai *setting overcurrent relay (OCR)* pada tiap *circuit breaker (CB)*?
- Berapa besar arus hubung singkat minimum dimasing-masing bus?

2. METODOLOGI

2.1 Langkah Penelitian



Gambar 1. Diagram Langkah Penelitian

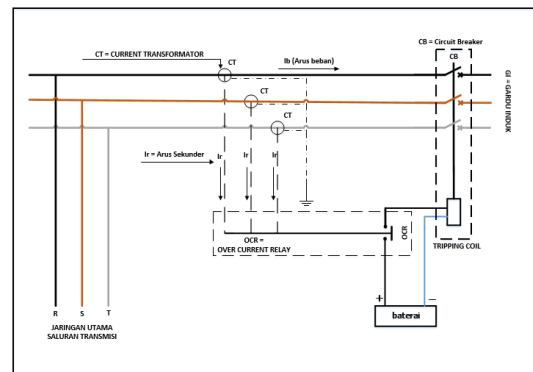
2.2 Software ETAP (Electric Transient Analysis Program)

(*Electric Transient Analysis Program*) merupakan suatu *software* (perangkat lunak) yang digunakan suatu sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat bekerja dalam keadaan *offline* yaitu untuk simulasi tenaga listrik, dan juga dalam keadaan *online* untuk pengolahan data *real time*.

3. LANDASAN TEORI

Proteksi pada sistem tenaga listrik merupakan perlindungan yang digunakan dalam suatu jaringan kelistrikan yang biasanya dilakukan pada generator, transformator dan lain-lain terhadap kondisi abnormal pada sistem tersebut. Beberapa kondisi abnormal yang biasa terjadi pada jaringan kelistrikan diantaranya ialah gangguan hubung singkat, asinkron, gangguan beban lebih, gangguan tegangan lebih dan lain-lain. Pada penelitian ini penulis berfokus untuk memproteksi sistem dari gangguan arus lebih yang diakibatkan oleh arus hubung singkat dengan menggunakan relai arus lebih (*Over Current Relay*).

Berikut contoh gambar sistem kerja relay proteksi pada Pemutus Tegangan (PMT) jaringan distribusi[1].



Gambar 2. Simulasi Kerja Relay Proteksi [1].

Prinsip kerja Relay proteksi :

Kondisi normal arus beban (I_b) mengalir pada Salura Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan oleh trafo besaran arus ini di transformasikan kebesaran sekunder (I_r). Arus I_r mengalir pada kumparan relay, tetapi karena arus ini masih lebih kecil dari pada suatu harga yang ditetapkan (*setting*) maka relai tidak bekerja. Bila terjadi gangguan hubung singkat, arus I_b akan naik dan menyebabkan arus I_r naik pula. Apabila arus I_r naik melebihi suatu harga yang ditetapkan (*setting*), maka relai akan bekerja dan memberikan perintah *TRIP COIL* untuk berkerja dan membuka PMT, sehinggaa SUTM yang terganggu dipisahkan dari jaringan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan ini penulis melakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan nilai *setting* pada relai dan dilakukan dengan memodifikasi nilai – nilai tertentu hingga mendapatkan hasil yang dianggap cukup baik untuk digunakan pada sistem kelistrikan. Adapun data yang diperlukan untuk analisis ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data Power Grid

Data Power Grids	
MVA _{asc}	8 MVA _{asc}
X/R	10

Tabel 2. Data Busbar

	Data Busbar		
	Bus 2	Bus 7-8-9-10	Bus 11-12-13
Busbar Rating (A)	1250	1466	600
Rating (KA)	12.5	25	25
Voltage Rating (KV)	20	0.4	0.4
Frekuensi (Hz)	50	50	50

Tabel 3. Data Trafo Distribusi

Data Trafo Distribusi				
	T1	T2	T3	T4
Daya (KVA)	1250	1250	1250	1600
Tegangan (KV)	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4
Impedansi (Z%)	6.08%	6.05%	6.07%	6.15%
Vektor Grup	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5

Tabel 4. Data Low Voltage Circuit Breaker (LVCB)

Data Low Voltage Circuit Breaker		
	ACB	MCCB
Merk	Siemens	Schneider Electric
Type	Power CB	Molded Case
Model	ETU25B	NSX630-H
Pole	4	3
Rating	2500 A	630 A
Trip Device	Solid Trip	Solid Trip

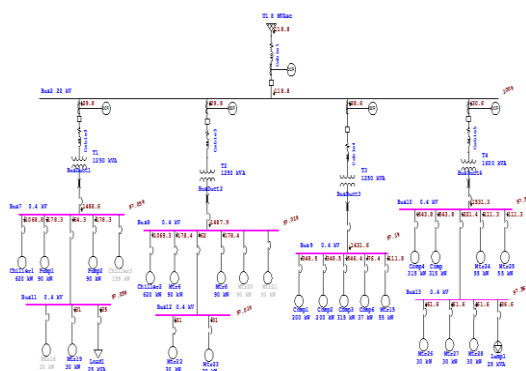
Tabel 5. Data Medium Voltage (MV)

Data Medium Voltage					
	VCB incoming	VCB Outgoing 1	VCB Outgoing 2	VCB Outgoing 3	VCB Outgoing 4
Merk	ABB	ABB	ABB	ABB	ABB
Model	15R3	15R3	15R3	15R3	15R3
Rating	600	600	600	600	600

Tabel 6. Data Over Current Relay

Data Over Current Relay		
	Incoming	Outgoing
Merk	Siemens	Siemens
Type	7SJ512	7SJ512
Curva Type	Definite Time	Definite Time
Pick Up Range	0.05-25 x CT S	0.05-25 x CT S
Time Delay	0.5 – 60 S	0.5 – 60 S

One-Line Diagram - OLVI (Load Flow Analysis)



Gambar 3. Load Flow Analysis

Data FLA tiap Bus				
Bus ID	Nominal kV	Voltage	MW Loading	Amp Loading
Bus1	20	100	4.182	131.6
Bus2	20	100	4.182	134.6
Bus7	0.4	96.16	1.172	1908
Bus8	0.4	96.21	1.14	1860
Bus9	0.4	97.1	0.884	1432
Bus10	0.4	97.56	0.947	1531
Bus11	0.4	96.16	0.079	125.9
Bus12	0.4	96.21	0.037	62.51
Bus13	0.4	97.56	0.133	221.4

Gambar 3. Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

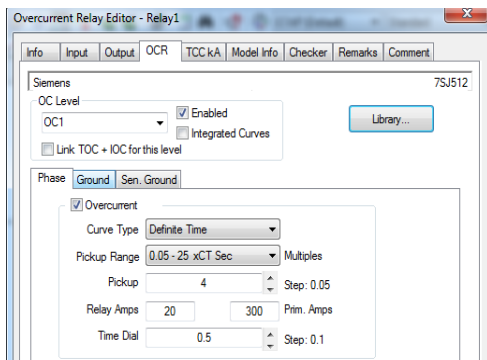
Hasil simulasi bus *fault* dari gambar 3 di atas berupa laporan mengenai arus hubung singkat yang terjadi pada simulasi ETAP terdapat pada “*report manager*”. Nilai yang akan muncul pada *report manager* adalah nilai arus hubung singkat 3 Fasa *Fault, Line to Ground fault, Line to Line fault, dan Line to Line to Ground*. Pada perhitungan setting OCR, nilai arus gangguan hubung singkat yang digunakan adalah 3 fasa / 3 fasa *fault* dan fasa-fasa / *line to line fault*. Rangkuman besar arus gangguan hubung singkat maksimum / *Isc Maks* dan *Isc Min* pada tiap bus dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 7. Arus Gangguan Hubung Singkat Minimum dan Maksimum

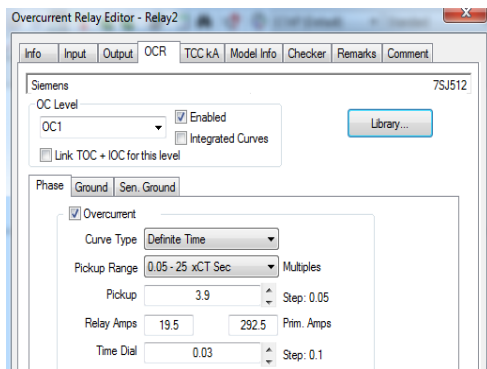
Data Short Circuit tiap Bus		
From	Imin (kA)	Imax (kA)
Bus 2	0.793	0.823
Bus7	23.791	24.432
Bus8	24.108	24.752
Bus9	23.421	24.136
Bus10	25.257	26.513
Bus11	24	24.432
Bus12	24.108	24.752
Bus13	25.257	26.513

4.2.1 Setting Overcurrent Relay

Waktu kerja relai digunakan untuk menentukan relai bekerja lebih dulu pada saat terjadi gangguan. Oleh karena itu, koordinasi relai saat terjadi gangguan harus sesuai dengan setting yang sudah direncanakan agar gangguan tidak meluas pada sistem yang lain melepas bagian yang terkena gangguan hubung singkat dengan sistem. Berikut input nilai time delay pada OCR incoming dan outgoing.



Gambar 4. Nilai TMS pada OCR Incoming



Gambar 5. Nilai TMS pada OCR Outgoing

Dari gambar 4 dan 5 terlihat bahwa karakteristik kedua OCR yang digunakan adalah Definite Time. TMS untuk relay 1 (Incoming) lebih besar dari pada relay 2 (outgoing). Dimana time dial relay 1 adalah 0.5 second, sedangkan relay 2 adalah 0.03 second. Hal ini dilakukan agar waktu kerja relay 2 lebih cepat dibandingkan relay 1 jika terjadi gangguan disisi downstream.

4.2.2 Setting Circuit Breaker

4.2.2.1 ACB (Air Circuit Breaker)

Data pada trafo yang harus dilindungi adalah sebagai berikut :

Contoh pada Trafo 1

Diketahui : kapasitas trafo = 1250 kVA, Tegangan = 20 / 0.4 kV

Step 1 :

Hitunglah FLA (Full Load Ampere) pada sisi sekunder trafo

$$FLA = \frac{1250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 0.4 \text{ kV}} = 1804 \text{ Ampere}$$

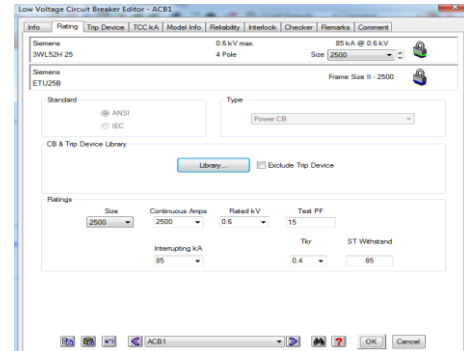
Step 2 :

Hitung rating circuit breaker pada sisi sekunder trafo

$$\text{Rating CB} = 125\% \text{ FLA} = 1.25 \times 1804 \text{ A} = 2255 \text{ A}$$

Sehingga rating circuit breaker yang digunakan pada sisi sekunder trafo harus memiliki rating minimum 2255 A. dalam hal ini penulis memilih circuit breaker dengan trip rating 2500 A. Hal inilah yang menjadi acuan dalam penginputan data di

ETAP. Berikut merupakan setting circuit breaker pada simulasi ETAP.



Gambar 6. Setting Air Circuit Breaker (ACB)

Dari gambar diatas terlihat bahwa circuit breaker yang digunakan adalah circuit breaker merk Siemens jenis ACB dengan rating 2500 Ampere

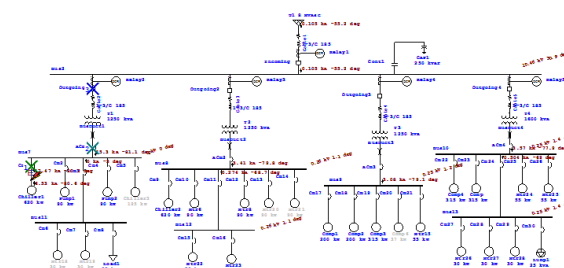
4.2.2.2 VCB (Vacum Circuit Breaker)

Data pada trafo yang harus diproteksi adalah sebagai berikut.

Contoh pada Trafo 1

Diketahui : Kapasitas trafo = 1250 kVA, Tegangan = 20 kV / 0.4 kV, Impedansi = 5.75%, Simbol koneksi = Dyn5

One-Line Diagram - OL V1 (Star Sequence-of-Operation)



Gambar 8. Simulasi Kerja Relai Saat Terjadi Gangguan Pada Beban

Keterangan gambar :

Point nomor 1 pada gambar = CB1, point nomor 2 = ACB1, dan point nomor 3 = VCB1.

Pada saat diberi gangguan 3 fasa pada unit Chiller1, menunjukkan nilai arus hubung singkat sebesar 6.53

Step 1 :

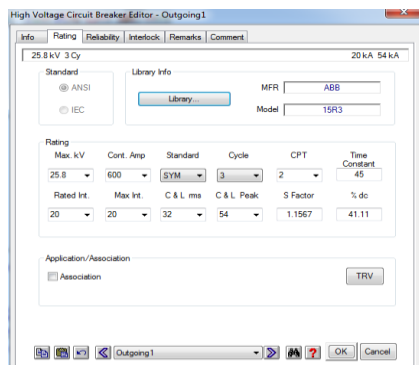
Hitung FLA (Full Load Ampere) pada sisi primere trafo

$$FLA = \frac{1250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 36.10 \text{ A}$$

Step 2 :

Hitung rating VCB = 600% FLA = 6 x 36.12 A = 216.8 Ampere

Sehingga rating circuit breaker yang digunakan pada sisi primer trafo harus memiliki rating minimum 215 A. Dalam hal ini penulis memilih circuit breaker dengan rating 600 A.



Gambar 7. Setting Vacum Circuit Breaker (VCB)

Dari gambar diatas terlihat bahwa circuit breaker yang digunakan adalah circuit breaker jenis vacuum circuit breaker dengan rating 600 A.

4.3 Hasil Simulasi ETAP

4.3.1 Simulasi Relay Coordination

Berikut visualisasi koordinasi relay saat terjadi gangguan pada bagian beban unit Chiller 1.

Pada saat diberi gangguan 3 fasa pada unit Chiller1, menunjukkan nilai arus hubung singkat sebesar 6.53 kA. Maka CB terdekat pada titik gangguan akan bekerja lebih dulu untuk memutus supply tegangan terhadap gangguan, jika CB1 tidak trip, maka ACB1 akan trip, jika ACB1 juga tidak bekerja, maka VCB Outgoing1 yang dikontrol oleh relay 2 akan trip. Report yang didapat dari simulasi tersebut dapat dilihat pada gambar 9 berikut.

Sequence-of-Operation Event Summary Report

Symmetrical 3-Phase Fault between CB1 and Chiller1. Adjacent to Bus7.

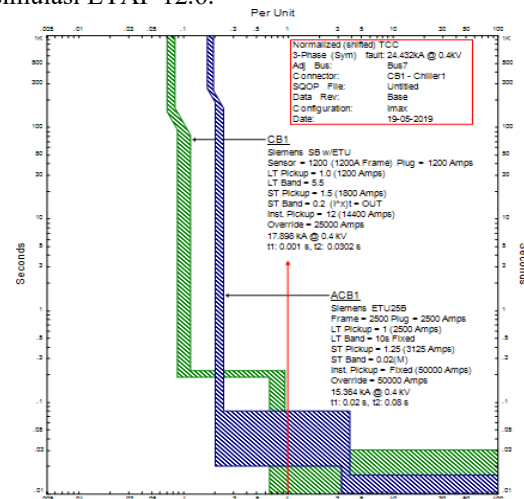
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
30.0	CB1	17.466	1.0	30.0	Phase
80.0	ACB1	15.301	20.0	80.0	Phase
300	Relay2	0.306	300		Phase - OCI - 51
360	Outgoing1		60.0		Tripped by Relay2 Phase - OCI - 51
12158	CB2	1.090	9624	12158	Phase
12158	CB4	1.090	9624	12158	Phase

Gambar 9 Report Kerja Relay Saat Terjadi Gangguan Pada Beban

Dari gambar 9. report yang dihasilkan pada ETAP 12.6 terlihat pada CB1 bekerja pada waktu 30 ms, jika CB1 tidak mampu trip, maka ACB1 akan trip pada waktu 80 ms, dimana VCB Outgoing1 juga akan bekerja pada waktu 0.25 s dengan dikontrol oleh Relay 2 agar Trafo tidak terenergize.

4.3.2 Grafik Koordinasi Peralatan Proteksi

Suatu sistem proteksi dikatakan baik jika koordinasi antar peralatan proteksi sistem tersebut juga baik. Berikut merupakan grafik koordinasi pada simulasi ETAP 12.6.

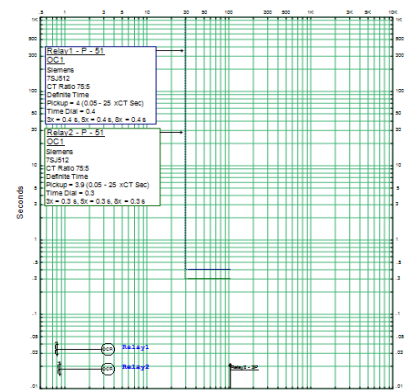


Gambar 10. Koordinasi Antara Circuit Breaker

Pada grafik diatas terlihat bahwa koordinasi kedua *circuit breaker* sudah sesuai dan tidak terjadi *overlap*. Grafik CB1 dan grafik ACB1 tidak saling berhempit serta grafik ACB1 berada pada sisi kanan CB1. Hal ini berarti waktu kerja kedua relay tidak saling mendahului. Jika terjadi gangguan disisi beban, maka CB1 lebih dulu membuka. Jika CB1 tidak dapat membuka, maka ACB1 akan bekerja (*open circuit breaker*).

4.3.2.1 Grafik Koordinasi Antar Circuit Breaker

Pada grafik dibawah, akan dijelaskan mengenai grafik hubungan antara CB1 (*circuit breaker* pada unit Chiller 1) dan ACB1 (*circuit breaker incoming* trafo 1). Berikut merupakan grafik koordinasi antar keduanya.



Gambar 11. Koordinasi OCR Incoming dan Outgoing

Dari grafik diatas terlihat bahwa *relay incoming* (*relay 1*) dan *relay outgoing* (*relay 2*) tidak berkerja

secara bersamaan. Relai 1 bekerja setelah relai 2 bekerja. Pada grafik diatas terlihat bahwa relai 1 bekerja pada *time dial* 0.4 dan relai bekerja pada *time dial* 0.3.

4.4 Urutan Koordinasi Kerja Relay dan Circuit Breaker

Tabel 8. Koordinasi Pada Setiap Posisi Gangguan

Posisi Gangguan	Relai yang bekerja	If (kA) Arus Gangguan	Urutan CB yang trip	T (sec)
Bus 7	Relay 2	0.307	ACB 1	0.08
Bus 8	Relay 3	0.306	ACB 2	0.08
Bus 9	Relay 4	0.308	ACB 3	0.08
Bus 10	Relay 5	0.344	ACB 4	0.08
Bus 11	Relay 2	0.307	CB 3	0.05
Bus 12	Relay 3	0.306	CB 11	0.05
Bus 13	Relay 5	0.344	CB 25	0.05

5. KESIMPULAN

Saat terjadi gangguan hubung singkat pada Unit Chiller (T1) CB1 akan bekerja pada waktu 30 ms, jika CB1 tidak mampu *trip*, maka ACB1 akan *trip* pada waktu 80 ms, dimana VCB *Outgoing*1 juga akan bekerja pada waktu 0.25 s dengan dikontrol oleh Relay 2 agar Trafo tidak *terenergize*.

Nilai Isc minimum pada bus adalah sebagai berikut: Bus 2 = 0.793 kA, Bus 7 = 23.791 kA, Bus 8 = 24.108 kA, Bus 9 = 23.421 kA, Bus 10 = 25.257 kA, Bus 11 = 24 kA, Bus 12 = 24.10 kA, Bus 13 = 25.257 kA.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Suwarso. 2019. Diktat. “Sistem Proteksi”. Universitas Krisnadwipayana.
 [2] *Manual Book “Circuit Breaker Micrologic”*.
 [3] Yuliadi, Slamet. 2019. Diktat. “Komputerisasi Tenaga Listrik”.
 [4] Badaruddin, Budi Wirawan. 2014 *Setting Koordinasi Over Current Relay* pada Trafo 60 MVA 150/20 KV. Jurnal Teknik Elektro. (online). (<https://media.neliti.com/media/publications/165514-ID-setting-koordinasi-over-current-relay-pa.pdf>, diakses 27 Maret 2019:16.00 WIB).
 [5] Kamall*,S. Sankar2 and R. Soundarapandian3. 2014. *Optimal Over Current Relay Coordination of a Real Time Distribution System With Embedded Renewable Generation*. Jurnal Teknik Elektro. (online). (<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1033.8511&rep=rep1&type=pdf>, diakses 27 MArct 2019:16.40 WIB).
 [6] Adhi Warsito, Mochammad Facta., and Karnoto. 2013. Analisis Evaluasi *Setting Relay* OCR Sebagai Proteksi Pada Jaringan Distribusi

Dengan Pembangkit Terdistribusi (Studi Kasus Pada Penyulang BSB 4, Kendal – Jawa Tengah). Jurnal Teknik Elektro. (online). (<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/16049>, diakses 27 maret 2019:17.00 WIB).
 [7] Novie Elok Setiawan, Margo Pujiantara, Sjamsjul Anam. 2016. Koordinasi Proteksi *Directional Overcurrent Relay* Dengan Mempertimbangkan Gangguan Arah Arus di Pabrik PT. Peetrokimia Gresik. Jurnal Teknik Elektro. (online). (<http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/16049>, diakses 27 Maret 2019:17.00 WIB).
 [8] Ladislaus Ringsagpajar, Yuningtyastuti., and Agung Nugroho. 2015. Evaluasi Koordinasi *Setting* Rele Proteksi OCR Pada Jaringan Distribusi Daya Pemakaian Sendiri di PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Semarang Tambak Lorok Blok I Dengan ETAP 7.5.0. Jurnal Teknik Elektro. (online). (<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/10043>, diakses 27 Maret 2019:17.15 WIB).
 [9] Hutaaruk, T.S. (1985). *Transmisi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
 [10] Turan Gonen. (1986). *Electrical Distribution System Engineering*. Mc-Graw-Hill International State Of America.
 [11] Bedekar, P. P., et al. (2009). *Optimum Time Coordination Of Overcurrent relays in Distribution System Using Big-M (Penalty) Method*. Visvesvaraya National Institute of Technology Nagpur (Maharashtra).
 [12] Patel, H. A. (2015). *Relay Coordination Using ETAP*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol 6.
 [13] Birjandi, A. A. M, Pourfakkah M. (2011). *Optimal Coordination of Overcurrent and Distance Relays by a New Particle Swarm Optimization Method*. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Vol 1.
 [14] Uma, U. U, Omwuka, I K. (2014). *Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substation Relay Coordination*. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), Vol 04.
 [15] Rajput, V. N., et al. (2011). *Coordinatin of Ob=vercurrent Relays for Industrial Radial System*. B. V. M. Engineering Collage.
 [16] Ujang Wiharja, Doddi Supri Hartono, 2020, ‘Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Trafo Distribusi Penyulang 20 Kv Di GI Pulogadung’, Elektrokrisna, Vol. 8 No. 2 Februari,
 [17] Ujang Wiharja, Ilham Ilahiya, 2018, ‘Analisa Koordinasi Relai Proteksi 6 kV Dan 400 V Di

PLTU Banten 1 Suralaya' Elektrokrisna, Vol. 6.
No. 3 Juni,

- [18] Nurhabibah Naibaho, 2016, 'Deferensial Rele
Sebagai Proteksi Unit Pembangkit Tenaga
Listrik', Elektrokrisna, Vol. 5 No. 1 Juni,