

ANALISIS KOORDINASI SISTEM PROTEKSI MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK 20 KV PADA PERUSAHAAN YANG BERGERAK DI BIDANG PENGOLAHAN MAKANAN

Fajar Gumilang¹ Bayu Purnomo² Ilham Tri Prakoso³
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
fajar.gumilang86@gmail.com bayu.pur67@gmail.com ilhamprakoso13@gmail.com

Abstrak

Terjadinya gangguan simetri dan asimetri sehingga mengakibatkan koordinasi proteksi yang terpasang pada instalasi kurang berjalan dengan baik. Dari kegagalan koordinasi proteksi menyebabkan *black out* pada jaringan distribusi yang berimbas pada kelancaran produksi dimana membutuhkan waktu yang cukup lama untuk kembali ke keadaan normal, hal tersebut mengakibatkan kerugian pada perusahaan tersebut. Penulis menggunakan jenis metode penelitian kualitatif yaitu untuk mendeskripsikan suatu pengumpulan data dan analisis data non-numerik, seperti teks, wawancara, observasi, atau dokumen di lapangan sebagai bahan kajian lebih lanjut untuk menemukan kekurangan serta kelemahan sistem proteksi yang dapat ditemukan upaya penyempurnaannya. Setelah melakukan *setting* ulang pada proteksi OCR dan melakukan simulasi koordinasi proteksi sistem ideal dapat di simpulkan jika sistem ideal sudah terkoordinasi dengan baik. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil simulasi ETAP. Pada simulasi ETAP, urutan koordinasi proteksi sudah berjalan dengan baik dan proteksi bekerja dengan urutan yang benar. Keuntungan koordinasi proteksi yang baik adalah jika terjadi gangguan pada satu jaringan distribusi, tidak mengganggu proses produksi di jaringan distribusi yang lain sehingga gangguan hanya bersifat lokal. Sehingga jaringan yang tidak terkena gangguan bisa tetap beroperasi dan tidak mengganggu proses produksi pada sub jaringan. Kesimpulan dari hasil plot koordinasi proteksi terpasang pada jaringan distribusi menggunakan *software* ETAP dapat diketahui bahwa banyak proteksi OCR yang terjadi kesalahan antara OCR utama dan OCR distribusi, misalnya jika terjadi gangguan pada distribusi *candy*, distribusi *biscuit* dan *wafer* urutan proteksi yang aktif adalah CB A1, LBS A3, CB A2 atau CB A3 kurang peka dalam mendeteksi gangguan. *setting* ulang proteksi OCR pada jaringan distribusi dapat didasarkan dari arus gangguan. Arus gangguan beban lebih digunakan untuk *setting high set* pada proteksi OCR dan arus gangguan hubung singkat digunakan untuk *setting standar inverse time* pada proteksi OCR. Dengan *setting* ulang OCR pada jaringan distribusi, keandalan koordinasi proteksi dan selektifitas proteksi menjadi lebih baik dibandingkan kondisi awal.

Kata Kunci : Keandalan, *Overcurrent Relay*, Jaringan Distribusi, *software* ETAP.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Sistem pengaman yang ada di tempat penulis teliti saat ini yaitu *Over Current Relay* menggunakan sistem *Feeder Overland Substation Switchboard*, yang bertujuan untuk dapat meminimalisir adanya koordinasi yang tidak sesuai karena adanya gangguan fasa. Persoalan pada tempat dilakukannya penelitian ini adalah terjadinya gangguan simetri dan asimetri sehingga mengakibatkan koordinasi proteksi yang terpasang pada

instalasi kurang berjalan dengan baik. Dari kegagalan koordinasi proteksi menyebabkan *black out* pada jaringan distribusi yang berimbas pada kelancaran produksi dimana membutuhkan waktu yang cukup lama untuk kembali ke keadaan normal, hal tersebut mengakibatkan kerugian pada perusahaan tersebut.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu : Terjadi *black out* menyebabkan gangguan pada proses produksi mengakibatkan kerugian pada perusahaan.

Fajar Gumilang¹ Bayu Purnomo² Ilham Tri Prakoso³
Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Menggunakan Software Etap Untuk Meningkatkan Keandalan Jaringan Distribusi Listrik 20 Kv Pada Perusahaan Yang Bergerak Di Bidang Pengolahan Makanan

1.2. Landasan Teori

a. Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Sistem proteksi merupakan pengamanan listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik, transformator tenaga, transmisi tenaga listrik dan generator listrik yang dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu. Sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja (mengalirkan arus ke beban atau konsumen). Jadi pada hakekatnya pengamanan pada sistem tenaga listrik yaitu mengamankan seluruh sistem tenaga listrik supaya kehandalan tetap terjaga (Azis et al., 2019).

Suatu peralatan proteksi tentunya juga memiliki persyaratan agar peralatan ataupun perangkat proteksi tersebut benar-benar berfungsi dan benar-benar mengamankan suatu sistem maupun peralatan dengan baik (Bonar Pandjaitan, 2012). Persyaratan tersebut antara lain: Selektivitas, Realiabilitas (Keandalan), Kecepatan, Sensitivitas (kepekaan).

b. Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan/konsumen. Ditinjau dari volume fisiknya jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibandingkan dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya (sekian kali per 100 km pertahun) juga paling tinggi

dibandingkan jumlah gangguan pada saluran-saluran transmisi (Tasiam, 2012).

Sedangkan untuk gardu distribusi sendiri adalah suatu tempat atau sarana, dimana terdapat transformator step down yaitu transformator yang menurunkan tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah (sesuai kebutuhan konsumen) (Syahputra, 2017)

c. Rele Arus Lebih (Over Current Relay)

Rele arus lebih adalah suatu rele dimana bekerjanya berdasarkan adanya kenaikan arus yang melewatinya (Alawiy, 2006). Ada 3 macam jenis relay arus lebih, yaitu : Relay arus lebih waktu seketika (instantaneous), Relay arus lebih waktu tertentu (definite time), Relay arus lebih berbanding terbalik (Inverse Time).

d. Software ETAP

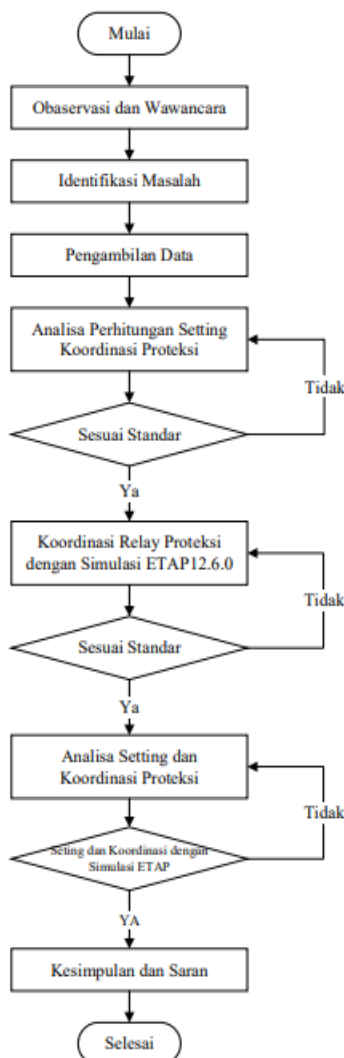
ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik (Samin, 2019).

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode cara studi kasus yang bertujuan untuk memahami secara rinci suatu

fenomena atau kasus tertentu. Penelitian studi kasus umumnya dilakukan pada situasi nyata di lapangan, dengan fokus pada analisis mendalam terhadap kasus yang terbatas dan spesifik. jenis metode penelitian kualitatif yaitu untuk mendeskripsikan suatu pengumpulan data dan analisis data nonnumerik, seperti teks, wawancara, observasi, atau dokumen di lapangan sebagai bahan kajian lebih lanjut untuk menemukan kekurangan serta kelemahan sistem proteksi yang dapat ditemukan upaya penyempurnaannya.

2.2. flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart

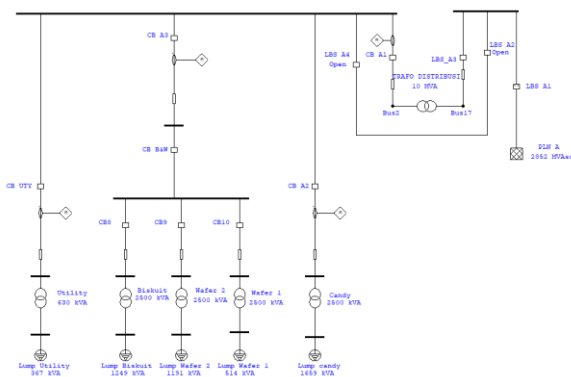
Pada penelitian ini menjelaskan tentang proses Analisis koordinasi sistem proteksi menggunakan *software* ETAP dengan cara Observasi dan Wawancara. Melakukan observasi langsung dengan mendatangi lokasi tersebut dan melakukan wawancara langsung berdasarkan literatur yang telah diperoleh dan dipelajari. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data-data *valid* yang berhubungan dengan pembahasan Skripsi ini. Identifikasi Masalah Mengidentifikasi macam macam masalah yang ada di panel distribusi MVMDP. Pengambilan Data Awal, dalam tahap ini adalah melakukan pengumpulan data yang ada di panel distribusi MVMDP berupa data existing. Misalnya data denah bangunan, data pengukuran awal, diagram panel, single line diagram dan titik-titik beban berdasarkan gambar shop drawing.

Analisa Perhitungan Setting Proteksi dan menghitung proteksi sesuai dengan data yang diambil di panel distribusi MVMDP. Tahapan untuk menentukan Proteksi OCR yaitu : Menghitung Reaktansi Sumber, Menghitung Reaktansi Transformator, Menghitung Impedansi Penghantar, Menghitung Impedansi Ekuivalen, Menghitung Arus hubung singkat, Menghitung *Setting Rele* Arus Lebih. Analisa *Setting* dan Koordinasi Proteksi Kemudian dilanjutkan dengan menghitung *Setting rele* berdasarkan referensi data yang diperoleh dan Melakukan *Setting rele* sesuai hasil dari perhitungan. *Setting* dan Koordinasi sesuai dengan Simulasi *software* ETAP, Membuat simulasi dengan *software* ETAP dan mengecek kembali apakah sistem proteksi sudah berkoordinasi dengan benar atau tidak, jika ya maka akan melanjutkan ke langkah berikutnya. Jika tidak maka akan mengulang mulai dari perhitungan awal. Rekomendasi Dari keseluruhan tahap yang sudah dilakukan, maka akan muncul

rekomendasi penulis untuk setting rele ulang. Selesai (Penelitian telah selesai).

2.2. Jenis Data Penelitian

Data-data yang digunakan dalam penulisan laporan akhir ini adalah data yang diperoleh dari perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan makanan melalui wawancara dan observasi langsung. Data-data yang diperoleh yaitu : Single Line Diagram panel distribusi MVMDP (Medium Voltage Main Panel Distribution)



Gambar 1. Single Line Diagram panel distribusi MVMDP

2.3 Data Beban dan Proteksi pada Panel Distribusi

a. Data beban

Data beban mengacu pada informasi tentang jumlah dan jenis beban yang terhubung ke panel distribusi. Beban dapat berupa peralatan listrik, penerangan, mesin, sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), dan sebagainya. Berikut data bebannya:

Tabel 1. Data Beban Trafo di sisi 20 kV

NO	Nama jaringan distribusi	Data Beban (A)
1	B & D Transformator	250
2	Candy	50
3	Wafer & Biscuit	150
3	Utility	20

Tabel 2. Data Beban pemakaian Trafo 0,4 kV

NO	Nama jaringan distribusi	Data Beban (kVA)
1	Candy	1659
2	Biscuit	1249
3	Wafer 1	514
4	Wafer 2	1191
5	Utility	367

b. Proteksi

Proteksi melibatkan penggunaan alat proteksi seperti pemutus sirkuit (circuit breaker), pengaman (fuse), dan relay proteksi. Data proteksi pada panel distribusi meliputi:

Tabel 3. Data Proteksi Existing

NO	Nama jaringan distribusi	Rasio CT	OCR
1	B & D Transformator	400/5	SEPAM T40
2	Candy	400/5	SEPAM T40
3	Wafer & Biscuit	400/5	SEPAM T40
3	Utility	400/5	SEPAM T40

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sistem Kelistrikan Pada Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan salah satu jaringan dari beberapa jaringan pada area perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan makanan, pada jaringan distribusi terdapat beberapa sub jaringan yakni jaringan distribusi *candy*, jaringan distribusi *wafer* dan *biscuit*, dan jaringan distribusi *utility*. Pada kesempatan ini penulis akan menganalisis jaringan dari PLN A.

3.2. Data Peralatan Pada Jaringan Distribusi

a. Data Teknis Sistem Jaringan gardu induk Jatake

Perhitungan arus hubung singkat dilakukan dalam beberapa tahapan, pertama kita hitung besar daya hubung singkatnya. Berdasarkan data dari GI Jatake, besar arus hubung singkatnya adalah sebesar 10,981 kA dan NGR = 12 ohm Dengan rumus $MVA_{sc3fasa}$

maka kita dapat mencari nilai daya hubung singkatnya. Menghitung $MVA_{sc3fasa}$ menggunakan persamaan (2.12).

$$\begin{aligned} MVA_{sc3fasa} &= \\ &= \sqrt{3} \times kV_{nominal} \times I_{sc3fasa} \dots (2.12) \\ &= \sqrt{3} \times 150 \times 10,981 \\ &= 2852,95 \text{ MVA} \end{aligned}$$

b. Data Transformator di jaringan distribusi

Trafo Gardu Merk : B & D
TRAFO
Kapasitas daya : 10 MVA
Tegangan : 20/20 kV
Rasio CT : 400/5
Impedansi Trafo : 8,5 %
Hubung belitan trafo : Dd0

c. Data Distribusi

Tabel 4. Data Jenis Penghantar (berdasarkan SPLN 64: 1985)

Nama	Jenis penghantar	Panjang kabel (km)	Luas penampang (mm)	Impedansi urutan positif/negatif (ohm/km)	Impedansi urutan nol (ohm/km)
Kubikel Incoming	SKTM AAAC	0,03	3 x 240	0,1344 + j0,3158	0,2824 + j1,6034
Trafo Candy	SKTM AAAC	0,1	3 x 95	0,3096 + j0,3449	0,4876 + j1,6324
Kubikel Biscuit Wafer	SKTM AAAC	0,16	3 x 240	0,1344 + j0,3158	0,2824 + j1,6034
Trafo Wafer 1	SKTM AAAC	0,05	3 x 95	0,3096 + j0,3449	0,4876 + j1,6324
Trafo Wafer 2	SKTM AAAC	0,04	3 x 95	0,3096 + j0,3449	0,4876 + j1,6324
Trafo Biscuit	SKTM AAAC	0,03	3 x 95	0,3096 + j0,3449	0,4876 + j1,6324
Trafo Utility	SKTM AAAC	0,04	3 x 95	0,3096 + j0,3449	0,4876 + j1,6324

3.3. Perhitungan Impedansi

a. Reaktansi Sumber

- Reaktansi sumber pada sisi 150 kV dihitung menggunakan persamaan (2.10)

$$X_1 = X_2 = \frac{kV^2(\text{sisi primer trafo})}{MVA_{sc3fasa}} \dots (2.10)$$

$$X_1 = X_2 = \frac{150^2}{2852,94749} = 7,8865 \Omega$$

- Reaktansi sumber pada sisi 20 kV dihitung menggunakan persamaan (2.11)

$$X_1 = X_2$$

$$= \frac{kV^2(\text{sekunder trafo})}{kV^2(\text{primer trafo})} \times X_1(\text{sisi primer}) \dots (2.11)$$

$$X_{1S} = \frac{20^2}{150^2} \times 7,8865 = 0,1402 \Omega$$

b. Reaktansi Transformator

- Reaktansi pada 100%

$$X_{T(\text{pada } 100\%)} = \frac{kV^2(\text{sisi sekunder trafo})}{MVA}$$

$$= \frac{20^2}{10} = 40 \Omega \dots (2.6)$$

- Reaktansi urutan positif dan negatif

$$X_{1T} = X_{2T} = Z_T (\%) \times X_T (\Omega) \dots (2.7)$$

$$X_{1T} = X_{2T} = 8,5 \% \times 40 \Omega = 3,4 \Omega$$

- Reaktansi urutan nol

$$X_{0T} = X_{1T} \dots (2.8)$$

$$X_{0T} = 3,4 \Omega$$

c. Impedansi Penghantar Distribusi

Contoh perhitungan penghantar gardu distribusi :

Gangguan terbesar pada gardu distribusi diasumsikan terjadi didepan kabel SKTM nya sehingga panjangnya impedansi penyulang setara dengan panjangnya SKTM pada gardu distribusi panjang distribusi : 0,03 km (SKTM AAAC 240 mm2)

Impedansi Gardu Distribusi dihitung menggunakan persamaan (2.15) (2.16)

- Urutan positif dan negatif

$$Z_1 = Z_2 = L \times Z_1 \text{ atau } Z_2 \dots (2.15)$$

$$Z_1 = Z_2 = (0,1344 + j0,3158) \times 0,03$$

$$Z_1 = Z_2 = 0,004032 + j0,009474 \Omega$$

- Urutan nol

$$Z_0 = L \times Z_0 \dots (2.16)$$

$$Z_0 = (0,2824 + j1,6034) \times 0,03$$

$$Z_0 = 0,008472 + j0,048102 \Omega$$

d. Impedansi Ekuivalen

Contoh perhitungan Impedansi ekuivalen gardu distribusi :

- Impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1ek} = Z_{2ek}$) dihitung menggunakan persamaan (2.13)

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{1S} + Z_{2T} + Z_{1P} \dots (2.13)$$

$$Z_{1ek} = j0,1402 + j3,4 + 0,004032 + j0,009474$$

$$Z_{1ek} = 0,004032 + j3,549674 \Omega$$

- Impedansi ekuivalen urutan nol dihitung menggunakan persamaan (2.14) Tahanan $R_n = 12 \Omega$

$$Z_{0ek} = Z_{0T} + 3R_n + Z_{0P} \dots (2.14)$$

$$Z_{0ek} = j3,4 + 3 \times 12 + 0,008472 + j0,048102 \Omega$$

$$Z_{0ek} = 36,008472 + j3,448102 \Omega$$

3.4. Perhitungan arus hubung singkat

Contoh perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat pada Gardu Distribusi :

- Satu fasa ke tanah dihitung menggunakan persamaan (2.2)

$$I_{f1\text{fasa}} = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2 \times (Z_1)) + (Z_0)} \quad (2.2)$$

$$I_{f1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{(2 \times (0,0040 + j3,5496)) + (36,0084 + j3,448102)}$$

$$I_{f1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{(0,008064 + j7,099348) + (36,008472 + j3,448102)}$$

$$I_{f1\text{fasa}} = \frac{34641,0162}{\sqrt{36,016536^2 + 10,54745^2}} = 923,04 \text{ A}$$

- Dua fasa dihitung menggunakan persamaan (2.3)

$$I_{f2\text{fasa}} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{20000}{2 \times Z_1} \quad (2.3)$$

$$I_{f2\text{fasa}} = \frac{20000}{2 \times (0,004032 + j3,549674)}$$

$$I_{f2\text{fasa}} = \frac{20000}{\sqrt{0,008064^2 + 7,099348^2}} = 2817,15 \text{ A}$$

- Tiga fasa dihitung menggunakan persamaan (2.4)

$$I_{f3\text{fasa}} = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{Z_1} \quad (2.4)$$

$$I_{f3\text{fasa}} = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{0,004032 + j3,549674} = \frac{11547,0054}{0,004032 + j3,549674}$$

$$I_{f3\text{fasa}} = \frac{11547,0054}{\sqrt{0,004032^2 + 3,549674^2}} = 3252,97 \text{ A}$$

Besarnya arus hubung singkat pada jaringan distribusi dapat dilihat dalam tabel 4.3 berikut :

Tabel 5. Arus hubung singkat pada

*Fajar Gumilang¹ Bayu Purnomo² Ilham Tri Prakoso³
Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Menggunakan Software Etap Untuk Meningkatkan Keandalan Jaringan Distribusi Listrik 20 Kv Pada Perusahaan Yang Bergerak Di Bidang Pengolahan Makanan*

jaringan distribusi

Nama	Satu fasa ke tanah (A)	Dua fasa (A)	Tiga fasa (A)
Gardu Distribusi	923,04	2817,15	3252,97
Distribusi <i>Candy</i>	918,83	2789,91	3221,51
Distribusi <i>Biscuit</i>	917,21	2769,53	3197,98
Distribusi <i>Wafer 1</i>	916,37	2764,20	3191,82
Distribusi <i>Wafer 2</i>	916,79	2766,86	3194,90
Distribusi <i>Utility</i>	921,35	2806,22	3240,34

3.5. Setting Overcurrent Relay (OCR)

Contoh *Setting Overcurrent Relay* Gardu Distribusi :

- Setting Arus OCR Inverse Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.17) (2.18)

$$I_{\text{set(primier)}} = 1,2 \times I_{\text{beban}} \dots (2.17)$$

$$I_{\text{set(primier)}} = 1,2 \times 250 = 300 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(primier)}} \times \frac{1}{\text{rasio CT}} \dots (2.18)$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 300 \times \frac{5}{400} = 3,75 \text{ A}$$

- Setting Arus OCR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada *overcurrent relay* maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus beban, sehingga besarnya *setting high set* sebagai berikut :

$$I_{\text{highset}} = 4 \times I_n = 4 \times 250 = 1000 \text{ A}$$

- Setting TMS*

Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.20) dan untuk waktu kerja dihitung menggunakan persamaan (2.19)

$$TMS = \frac{t \times \left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}{\beta} \quad (2.20)$$

$$TMS = \frac{0,7 \times \left(\frac{3252,97}{300}\right)^{0,02-1}}{0,14} = 0,24$$

Dari persamaan (2.20) Diperoleh waktu (t) sebagai berikut :

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}} \dots (2.19)$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,24}{\left(\frac{3252,97}{300}\right)^{0,02-1}} = 0,688 \text{ s}$$

Berikut hasil perhitungan setting OCR :

Tabel 6. Hasil perhitungan setting OCR

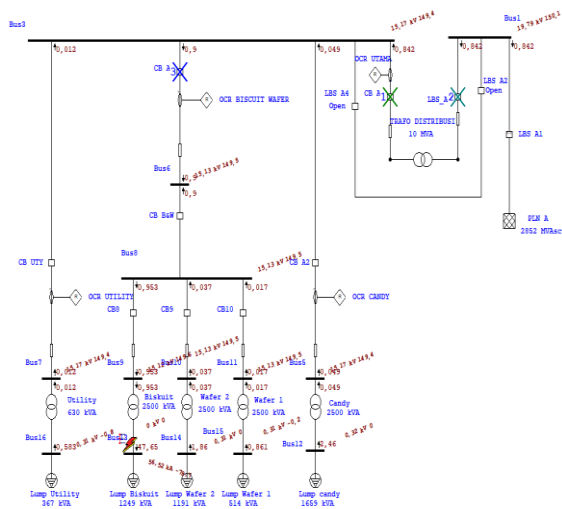
Setting OCR	Incoming Gardu	<i>Candy</i>	<i>Biscuit Wafer</i>	<i>Utility</i>
I set primier	300 A	60 A	180 A	24 A
I set sekunder	3,75 A	0,75 A	2,25 A	0,3 A
<i>Highset</i>	1000 A	200 A	600 A	80 A
TMS	0,24	0,17	0,12	0,22
t	0,688 s	0,3 s	0,283 s	0,298 s

Tabel 7. Perbandingan existing dan hasil perhitungan OCR

Setting OCR	Incoming Gardu		<i>Candy</i>	
	Existing	perhitungan	Existing	perhitungan
I set primier	215 A	300 A	68 A	60 A
I set sekunder		3,75 A		0,75 A
<i>Highset</i>	1260 A	1000 A	1200 A	200 A
TMS		0,24		0,17
t	0,3 s	0,688 s	0,5 s	0,3 s
Setting OCR	<i>Biscuit Wafer</i>		<i>Utility</i>	
	Existing	perhitungan	Existing	perhitungan
I set primier	165 A	180 A	68 A	24 A
I set sekunder		2,25 A		0,3 A
<i>Highset</i>	1200 A	600 A	1200 A	80 A
TMS		0,12		0,22
t	0,5 s	0,283 s	0,5 s	0,298 s

3.6. Analisa Koordinasi Proteksi OCR Menggunakan *software* ETAP

Pada sistem terpasang yang ada di jaringan distribusi perusahaan tersebut dilakukan pengujian gangguan menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Simulasi ini ditujukan untuk menguji koordinasi proteksi yang ada di jaringan distribusi. Koordinasi proteksi yang baik berfungsi untuk meminimalisir daerah yang terjadi gangguan sehingga tidak mengganggu proses produksi yang tidak terjadi gangguan. Berikut adalah hasil simulasi menggunakan *software* ETAP.



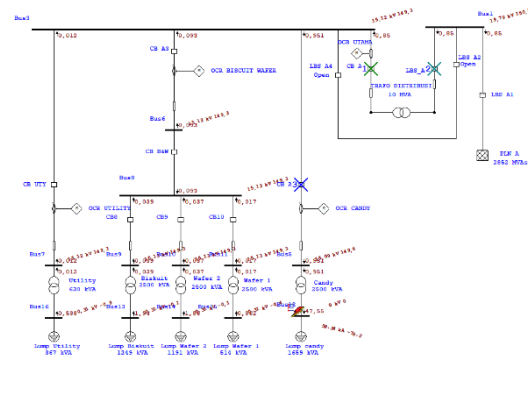
Gambar 2. Koordinasi Proteksi *existing* OCR saat terjadi gangguan pada Distribusi Candy

a. Analisa Koordinasi Proteksi *existing* OCR pada Distribusi Candy.

Jika mengacu pada sistem koordinasi yang benar, maka urutan pengaman yang aktif terlebih dahulu apabila pada distribusi *candy* diberi gangguan adalah CB A2 lalu CB A1, dan yang terakhir adalah LBS A3. Akan tetapi berdasarkan hasil simulasi sistem terpasang, pada saat gangguan dilakukan pada distribusi *candy*, urutan pengaman yang aktif adalah CB A1 lalu LBS A3, dan yang terakhir CB A2.

b. Analisa Koordinasi Proteksi *existing* OCR pada Distribusi Biscuit dan Wafer.

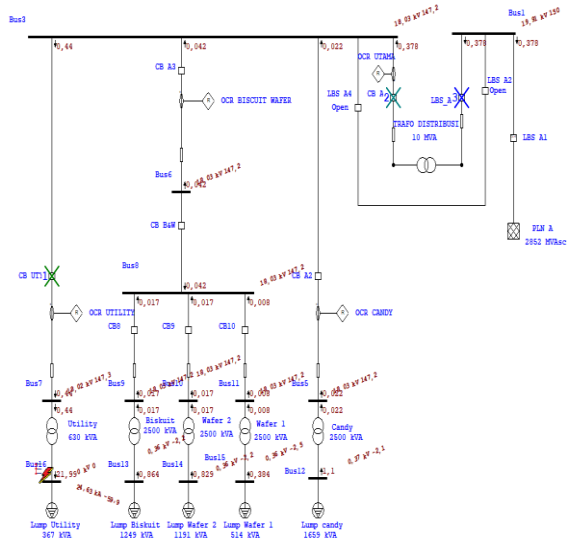
Jika mengacu pada sistem koordinasi yang benar, maka urutan pengaman yang aktif terlebih dahulu apabila pada distribusi *biscuit*, *wafer* 1 dan *wafer* 2 diberi gangguan adalah CB A3 lalu CB A1, dan yang terakhir adalah LBS A3. Akan tetapi berdasarkan hasil simulasi sistem terpasang, pada saat gangguan dilakukan pada distribusi *biscuit*, *wafer* 1 dan *wafer* 2 urutan pengaman yang aktif adalah CB A1 lalu LBS A3, dan yang terakhir CB A3.



Gambar 3. Koordinasi Proteksi *existing* OCR saat terjadi gangguan pada Distribusi Biscuit.

c. Analisa Koordinasi Proteksi *existing* OCR pada Distribusi Utility

Mengacu pada sistem koordinasi yang benar, maka urutan pengaman yang aktif terlebih dahulu apabila pada distribusi *utility* diberi gangguan adalah CB UTY lalu CB A1, dan yang terakhir adalah LBS A3. Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa CB UTY sudah dapat mendekteksi gangguan dengan benar



Gambar 4. Koordinasi Proteksi *existing* OCR saat terjadi gangguan pada Distribusi *Utility*

Tabel 8. Hasil Simulasi koordinasi proteksi pada sistem *existing* jaringan distribusi pada saat terjadi gangguan menggunakan *software* ETAP

NO	Jaringan yang di simulasikan	Urutan pengaman yang aktif		
		1	2	3
1	<i>Candy</i>	CB A1	LBS A3	CB A2
2	<i>Wafer 1</i>	CB A1	LBS A3	CB A3
3	<i>Wafer 2</i>	CB A1	LBS A3	CB A3
4	<i>Biscuit</i>	CB A1	LBS A3	CB A3
5	<i>Utility</i>	CB UTY	CB A1	LBS A3

Dari tabel 8 dapat dilihat bahwa koordinasi proteksi pada Jaringan distribusi *candy*, *wafer 1*, *wafer 2*, *biscuit* koordinasi proteksinya masih belum berjalan dengan baik. Dikarenakan pada *step* ke-1 dan ke-2 urutan pengaman yang aktif terbalik seharusnya pengaman masing-masing jaringan terlebih dahulu lalu pengaman LBS A3. Sedangkan pada Jaringan distribusi *utility* koordinasi proteksi sudah berjalan dengan benar.

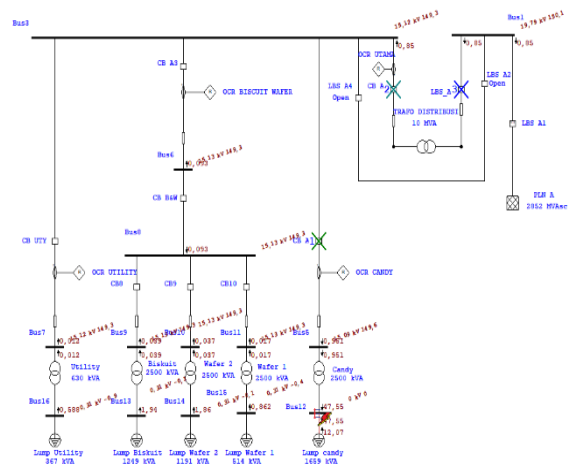
3.7. Evaluasi Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jaringan Distribusi

Berdasarkan perhitungan gangguan beban lebih dan gangguan hubung singkat yang sudah dilakukan, maka dilakukan evaluasi pada proteksi terpasang. Evaluasi ini dilakukan agar alat proteksi dapat menghasilkan sistem koordinasi yang baik dan dapat meminimalisir daerah terjadinya gangguan. Hasil evaluasi koordinasi system proteksi jaringan distribusi perlu dilakukan setting ulang pada OCR.

3.8. Sistem Koordinasi Proteksi Ideal

Setelah melakukan setting ulang pada pengaman OCR, maka ditemukan setting OCR ideal yang bertujuan untuk menciptakan koordinasi proteksi yang ideal. Koordinasi proteksi ideal dapat dilihat pada simulasi ETAP pada kondisi yang ideal.

a. Simulasi Sistem Koordinasi Proteksi Ideal Distribusi *Candy*



Gambar 5. Simulasi Sistem Koordinasi Proteksi Ideal Distribusi *Candy*

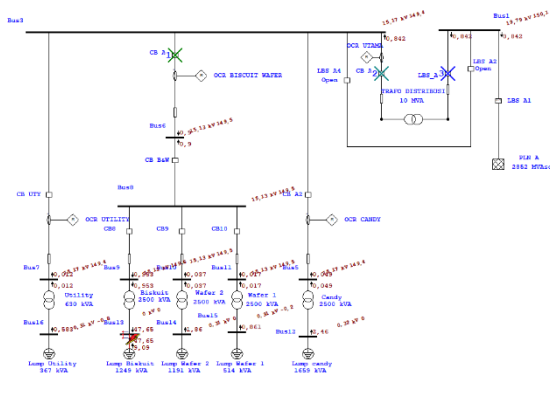
Pada sistem ideal yang ada di jaringan distribusi dilakukan pengujian koordinasi proteksi setelah

setting ulang OCR yang sudah dilakukan. Pada simulasi ini dilakukan pengecekan koordinasi diberi gangguan pada jaringan *candy*.

Urutan proteksi yang aktif berdasarkan gambar 6 adalah CB A2, CB A1, dan LBS A3. Berdasarkan urutan tersebut, koordinasi proteksi pada jaringan distribusi sudah berjalan dengan baik apabila pada distribusi *candy* terjadi gangguan. Yang berarti *setting* OCR pada proteksi yang sudah dilakukan sudah benar.

b. Simulasi Sistem Koordinasi Proteksi Ideal Distribusi *Biscuit* dan *Wafer*

Pada sistem ideal yang ada di jaringan distribusi dilakukan pengujian koordinasi proteksi setelah setting ulang OCR yang sudah dilakukan. Pada simulasi ini dilakukan pengecekan koordinasi diberi gangguan pada jaringan *biscuit*, wafer 1 dan *wafer* 2.



Gambar 6. Simulasi Koordinasi Proteksi Ideal Distribusi *Biscuit*

Urutan proteksi yang aktif berdasarkan gambar 7 adalah CB A3, CB A1, dan LBS A3. Berdasarkan urutan tersebut, koordinasi proteksi pada jaringan distribusi sudah berjalan dengan baik apabila pada distribusi *biscuit* terjadi gangguan. Yang berarti

setting OCR pada proteksi yang sudah dilakukan sudah benar.

Tabel 9. Hasil Simulasi Sistem Koordinasi Proteksi Ideal

NO	Jaringan yang di simulasikan	Urutan pengaman yang aktif		
		1	2	3
1	<i>Candy</i>	CB A2	CB A1	LBS A3
2	<i>Wafer 1</i>	CB A3	CB A1	LBS A3
3	<i>Wafer 2</i>	CB A3	CB A1	LBS A3
4	<i>Biscuit</i>	CB A3	CB A1	LBS A3

Dari tabel 9 dapat dilihat bahwa koordinasi proteksi pada *candy*, *wafer* 1, *wafer* 2, dan *biscuit* koordinasi proteksinya sudah berjalan baik atau sudah berurutan sesuai dengan koordinasi proteksi yang benar.

3.9. Analisa Sistem Koordinasi Proteksi Ideal

Setelah melakukan setting ulang pada proteksi OCR dan melakukan simulasi koordinasi proteksi sistem ideal dapat disimpulkan jika sistem ideal sudah terkoordinasi dengan baik. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil simulasi ETAP. Pada simulasi ETAP, urutan koordinasi proteksi sudah berjalan dengan baik dan proteksi bekerja dengan urutan yang benar. Keuntungan koordinasi proteksi yang baik adalah jika terjadi gangguan pada satu jaringan distribusi, tidak mengganggu proses produksi di jaringan distribusi yang lain sehingga gangguan hanya bersifat lokal. Sehingga jaringan yang tidak terkena gangguan bisa tetap beroperasi dan tidak mengganggu proses produksi pada sub jaringan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil plot koordinasi proteksi *existing* pada jaringan distribusi menggunakan *software* ETAP dapat diketahui bahwa banyak proteksi OCR yang terjadi kesalahan antara OCR utama dan OCR distribusi, misalnya jika terjadi gangguan pada distribusi *candy*, distribusi *biscuit* dan *wafer* urutan proteksi yang aktif adalah CB A1, LBS A3, CB A2 atau CB A3, jaringan distribusi tersebut kurang *sensitivitas* dalam mendeteksi gangguan. *Setting* ulang proteksi OCR pada jaringan distribusi dapat didasarkan dari arus gangguan yang telah dihitung. Arus gangguan beban lebih (*overload*) digunakan untuk *setting high set* pada proteksi OCR dan arus gangguan hubung singkat (*short circuit*) digunakan untuk *setting* standar *inverse time* pada proteksi OCR. Dengan *setting* ulang OCR pada jaringan distribusi maka keandalan koordinasi sistem proteksi menjadi lebih baik dibandingkan kondisi awal.

4.2. Saran

1. Diperlukan beberapa perbaikan untuk *setting* ulang proteksi OCR gardu distribusi, distribusi *candy*, distribusi *biscuit* dan *wafer* untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi.
2. Diperlukan pengecekan secara berkala untuk *setting* ulang proteksi OCR, dimana jika setiap ada penambahan beban maka perlu dilakukannya *setting* ulang proteksi OCR.
3. Perlu ditambahkan proteksi OCR pada jaringan distribusi *biscuit*, *wafer* 1, dan *wafer* 2 karena jika terjadi gangguan pada salah satu jaringan maka terjadi *black out* di jaringan *biscuit* dan *wafer*.

Daftar Pustaka

Azis, A., Irine, D., & Febrianti, K. (2019). ANALISIS SISTEM PROTEKSI ARUS

LEBIH PADA PENYULANG CENDANA GARDU INDUK BUNGERAN PALEMBANG. Jurnal Ampere, 4(2), 332–344.

Bonar Pandjaitan. (2012). Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik.

Tasiam, F. J. (2012). Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Teknosain, 12–19.

Syahputra, R. (2017). TRANSMISI DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK (indah Soesanti (ed.)). LP3M UMY Yogyakarta

Alawiy, M. T. (2006). PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK.

Samin, T. (2019). Analisa Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (PERSERO) Sebatik menggunakan Software ETAP Power Station 12.6.0. ElektriKA Borneo, 5(1), 19–24.

Sari, putri nadia. (2017). ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT FASA R KE TANAH PADA LINE MOTOR GAM-106-A (STEAM CONDENSATE PUMP). Teknik Elektro, Politeknik Negri Sriwijaya.

Hendriyadi. (2017). Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi di Kota Pontianak. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 1, 7.

Ibrahmusa, G. A., Joko, Wrahatnolo, T., & Agung, A. I. (2022). Analisis Koordinasi Setting Relay Proteksi Pada Jaringan Distribusi 20KV Penyulang Brenggolo Di PT.PLN UP3 Kediri Gardu Induk Pare. Jurnal Teknik Elektro, 11(03), 507–515.

Sunaya, N. (2020). ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY DAN GROUND FAULT RELAY TERHADAP KEANDALAN SISTEM. Program Studi Teknik Listrik, Jurusan

Fajar Gumilang¹ Bayu Purnomo² Ilham Tri Prakoso³
Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Menggunakan Software Etap Untuk Meningkatkan Keandalan Jaringan Distribusi Listrik 20 Kv Pada Perusahaan Yang Bergerak Di Bidang Pengolahan Makanan

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali,
3(1), 30– 40