

Penggunaan ETAP 12.6 Sebagai Alat Bantu Dalam Memilih Setting OCR Untuk Melindungi Kelangsungan dan Kestabilan Energi Listrik

Renaldi Hidayat¹, V. Budi Kartadinata², Catherine Olivia Sereati³, Karel Octavianus Bachri^{4*}

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Atma Jaya Indonesia, Jakarta 12930, Indonesia

Article Info

Article history:

Received
02 12 2023

Accepted
14 12 2023

Keywords:

ETAP 12.6, Protection system, Relay Overcurrent (OCR), Short Circuit

Abstract

In this time electrical energy is one of the most energy used. In industry electrical energy becomes a necessity that cannot be separated from the production process. Due to the need for electrical energy sources, of course, a protection system is needed to maintain the continuity and stability of electrical energy from existing disturbances such as short circuit disturbances. To overcome the short circuit, OCR is used. To assist the process of calculating loadflow and short-circuit current, ETAP12.6 is used. The results of the analysis of the ETAP 12.6 will be compared with the data obtained in the field with the aim of analyzing whether the use of the ETAP 12.6 software in assisting calculations and analysis in the selection of OCR settings. The difference in ocr settings in the ETAP 12.6 and field data has a difference of less than 2%. This difference is relatively small and can still be used to help the process in selecting the OCR settings.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima:
02 12 2023

Disetujui:
14 12 2023

Kata Kunci:

ETAP 12.6, Hubung singkat, Relay arus lebih (OCR), Sistem Proteksi

Abstrak

Pada saat ini energi listrik merupakan salah satu sumber energi yang paling banyak di gunakan. Pada industri, energi listrik menjadi suatu kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan dari proses produksi. Dikarenakan kebutuhan akan sumber energi listrik tersebut tentu dibutuhkan sistem proteksi untuk menjaga kelangsungan dan kestabilan energi listrik dari gangguan-gangguan yang ada seperti gangguan hubung singkat. Untuk menngatasi gangguan hubung singkat itu digunakan OCR. Untuk membantu proses perhitungann *loadflow* dan arus hubung singkat digunakan *software ETAP12.6*. Hasil analisis dari *ETAP 12.6* akan dibandingkan dengan data yang diperoleh di lapangan dengan tujuan untuk menganalisis apakah penggunaan *ETAP 12.6* dalam membantu perhitungan dan analisis dalam pemilihan *setting OCR*. Perbedaan setting ocr pada *ETAP 12.6* dan data lapangan memiliki perbedaan di bawah 2%. Perbedaan ini tergolong kecil dan *ETAP 12.6* dapat digunakan untuk membanttu proses dalam pemilihan *setting OCR*.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman dan kemajuan teknologi telah membuat kebutuhan akan sumber energi listrik menjadi hal yang hampir tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia. Pada dunia industri energi listrik telah menjadi suatu kebutuhan dalam proses produksi. Energi listrik diperlukan sebagai sumber energi untuk menjalankan motor-motor listrik dan peralatan lainnya yang menggunakan listrik. Dengan banyaknya kebutuhan akan sumber energi listrik yang dibutuhkan dalam proses produksi tersebut dibutuhkan suatu sistem proteksi untuk menjaga kelangsungan dan kestabilan dari transmisi tenaga listrik tersebut. Selain untuk menjaga transmisi, sistem proteksi ini juga berfungsi untuk melindungi beban-beban yang terhubung ke dalam jaringan tersebut

Sistem proteksi yang baik tentu dapat mengisolasi daerah yang mengalami gangguan sehingga gangguan tidak menyebar ke daerah lain dan mempengaruhi jaringan transmisi tenaga listrik tersebut.

*Corresponding author. Karel Octavianus Bachri
Email address : karel.bachri@atmajaya.ac.id

Gangguan ini dapat berupa gangguan arus hubung singkat, arus lebih. Gangguan-gangguan ini dapat terjadi kapan saja tanpa bisa diprediksi. Gangguan-gangguan ini tentu dapat menyebabkan kerugian dan mengganggu jalannya proses produksi.

Sistem proteksi ini dibutuhkan untuk melindungi sistem transmisi tersebut dari gangguan-gangguan yang ada, yang dapat ditimbulkan oleh berbagai penyebab. Untuk menciptakan sistem proteksi tersebut tentu diperlukan peralatan proteksi seperti *relay* dan *circuit breaker*. Untuk menentukan setting dari peralatan proteksi ini diperlukan perhitungan yang kompleks. Dalam membantu proses perhitungan dan analisis ini digunakanlah *ETAP 12.6*.

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk menganalisis apakah penggunaan *ETAP 12.6* dalam membantu perhitungan dan analisis dalam pemilihan setting proteksi relay arus lebih (*Overcurrent Relay/ocr*) pada jaringan tenaga listrik. Permasalahan pada penelitian ini yaitu mengevaluasi penggunaan *ETAP 12.6* dalam menentukan *setting* proteksi *overcurrent relay (ocr)*. Mengetahui persentase perbedaan dari hasil nilai *setting OCR ETAP 12.6* dengan nilai *setting OCR* yang ada di lapangan.

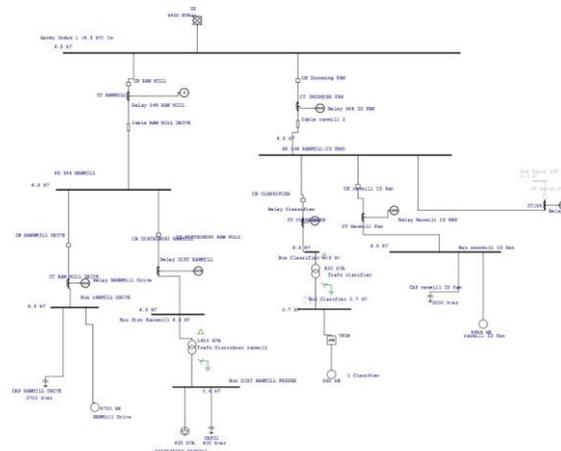
2. TEORI DASAR

2.1 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat merupakan salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik. Hubung singkat adalah suatu kondisi di mana 2 titik dengan beda potensial melewati suatu konduktor yang dimana nilainya resistansinya sangat rendah yang mendekati 0 sehingga menyebabkan arus yang mengalir bernilai sangat tinggi. Gangguan hubung singkat dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu: hubung singkat simetri dan hubung singkat tak simetri [1].

Gangguan hubung singkat simetri merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi, contoh: gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan hubung singkat tak simetri merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, contoh: hubung singkat 1 fasa ke tanah, hubung singkat 2 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat dapat menyebabkan rusak alat, menyebabkan trip pada *circuit breaker* [2] [3].

2.2 Diagram Segaris



Gambar 1. Diagram segaris

Diagram segaris atau *Single Line Diagram (SLD)* adalah suatu diagram sederhana yang dapat memberikan informasi mengenai alur transmisi dan peralatan yang berhubungan dengan dengan sistem transmisi dari suatu jaringan tenaga listrik dengan ringkas [4]. Dapat dilihat pada gambar 1 yang merupakan diagram segaris.

2.3 Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem yang dibuat untuk memproteksi/melindungi sesuatu sebelum terjadinya hal yang tidak diinginkan. Sistem proteksi ini digunakan untuk melindungi peralatan, sistem distribusi dan kelangsungan suplai tenaga listrik ke seluruh jaringan. Sistem proteksi yang baik akan mampu menjaga suplai tenaga listrik, jadi ketika ada masalah pada suatu bagian misal terjadi gangguan pada suatu bagian, sistem ini mampu memproteksi agar gangguan yang terjadi itu tidak mengganggu atau menyebar ke alat lainnya yang terhubung pada jaringan tersebut. Sistem proteksi ini akan mengisolasi daerah yang terkena gangguan sehingga bagian lain yang tidak mengalami gangguan masih dapat berjalan dan bekerja normal seperti biasa. Sistem proteksi ini memungkinkan untuk produksi tetap berjalan atau memperkecil wilayah yang terkena gangguan. Hal ini juga bermanfaat untuk melindungi peralatan dari kerusakan akibat masalah yang terjadi [5].

2.4 *Circuit Breaker (CB) dan Over Current Relay (OCR)*

Circuit Breaker (CB) adalah suatu alat yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik. *Circuit breaker* mampu bekerja membuka atau menutup pada saat kondisi normal dan pada kondisi abnormal.

Over Current Relay (OCR) atau *relay* arus lebih adalah suatu *relay* proteksi yang bekerja terhadap arus lebih. *Relay* ini bekerja ketika nilai arus yang mengalir melebihi dari nilai *setting* arusnya. *Relay* ini bekerja berdasarkan dari nilai *setting* waktu dan arus yang telah ditentukan. Ketika terjadi gangguan maka *CT* akan mentransformasikan nilai arus gangguan untuk dibaca oleh *relay* dan dibandingkan dengan nilai *setting* yang telah diatur tersebut untuk memberikan perintah kepada *CB* untuk membuka atau tidak [6].

$$\begin{aligned} I_f > I_p &= \text{relay bekerja (trip)} \\ I_f < I_p &= \text{relay tidak bekerja (block)} \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana :

I_f = arus gangguan

I_p = Arus pickup

Ketika arus gangguan lebih besar dari arus *pickup*/iset maka *relay* akan bekerja untuk memberikan perintah trip/buka kepada *circuit breaker* sehingga bagian yang mengalami gangguan terputus dan bagian yang tidak mengalami gangguan tetap mendapatkan arus listrik.

2.5 *Arus Pickup OCR*

Batas dari *setting relay* arus lebih adalah *relay* tidak bekerja pada saat beban maksimum. Oleh karena itu *setting* arusnya harus lebih besar dari arus beban maksimum. Menurut standar *british BS 142* batas nilai *setting* adalah 1,05–1,4 *IFLA*. Pada *relay* arus lebih, besarnya nilai arus pickup menggunakan persamaan berikut [7]: Menurut standar *British BS-142* batas penyetelannya adalah

$$1.05 \text{ IFLA} < I_{set} < 1.4 \text{ IFLA}. \quad (2)$$

Dimana :

IFLA adalah adalah arus saat beban maksimum peralatan .

Perhitungan Arus *Pick Up* (I_{Pickup}) pada *Over Current Relay* (OCR):

$$I_{Pickup} = \frac{1.1 \times FLA}{Rasio \text{ CT}}$$

$$I_s = I_{Pickup} \times Rasio \text{ CT} \quad (3)$$

Dimana :

I_{Pickup} = Arus *PickUp*

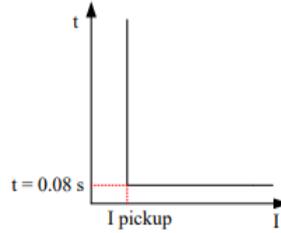
FLA = Arus beban maksimum /*Full Load Ampere*

Rasio *CT* = Rasio dari *Current Transformer*

I_s = Arus Sekunder

2.6 *Setting Instantaneous*

Instantaneous Over Current Relay atau *relay* arus lebih dengan waktu instan adalah *relay* arus lebih yang bekerja dengan waktu instan atau seketika. *Relay* ini bekerja dengan waktu yang cepat sebesar 0.1 detik dapat dilihat pada gambar 2. Ada beberapa *relay* yang bisa bekerja dengan waktu dibawah 0,08 detik [7].



Gambar 2. Kurva setting instantaneous

Perhitungan *Setting Instantaneous*:

$$1.1 \times FLA < I_{set} < 0.8 \times I_{sc \text{ Minimum}} \quad (4)$$

Dimana:

FLA = Arus beban maksimum / *Full Load Ampere*

I_{set} = Arus setting *relay*

$I_{sc \text{ Minimum}}$ = Arus hubung singkat minimum

2.7 Inverse Time OCR

Inverse time overcurrent relay atau *relay* arus lebih dengan waktu terbalik memiliki waktu kerja yang berbanding terbalik dengan besarnya arus gangguan. Ketika semakin besar arus gangguan yang diterima *relay* maka akan semakin cepat *relay* bekerja. Selain dari kurva, *time dial* juga berpengaruh terhadap waktu kerja dari *relay*. Dimana ketika *time dial* semakin besar maka waktu kerja dari *relay* tersebut juga akan semakin lama [6].

Karakteristik *invers* ini dijelaskan dalam standar IEC 60255-3 dan BS 142. Standar-standar ini mendefinisikan beberapa jenis perlindungan waktu *invers* yang dibedakan oleh gradien kurvanya, yaitu *standard inverse*, *very inverse* dan *extremely inverse*[8].

Dalam menentukan waktu kerja dari *relay* dapat dihitung dengan rumus

$$T = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{PickUp}}\right)^\alpha - 1}$$

$$TMS = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{PickUp}}\right)^\alpha - 1\right)}{\beta} \quad (5)$$

Dimana :

T = Waktu Trip (detik)

TMS = Time Multiple Setting

I_{fault} = Arus Gangguan Hubung Singkat Maksimum (A)

I_{PickUp} = Arus setting primer pada ocr

α, β = Konstanta yang dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Karakteristik inverse time relay IEC 60255

Kurva	α	β
<i>Standard Inverse</i>	0.02	0.14
<i>Very Inverse</i>	1	13.5
<i>Extremely Inverse</i>	2	80

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Konsep dasar

Koordinasi sistem proteksi ini dibutuhkan untuk melindungi sistem distribusi tenaga listrik dan peralatan-peralatan atau beban yang terhubung ke dalam jaringan. Sistem proteksi ini dibutuhkan untuk dapat mengisolasi daerah yang terkena gangguan tersebut sehingga tidak akan mengganggu daerah lain dan dapat beroperasi dengan aman. Dikarenakan proteksi ini sangat fatal dan penting maka dibutuhkan perhitungan yang baik dan teliti agar dapat menciptakan sistem proteksi yang handal.

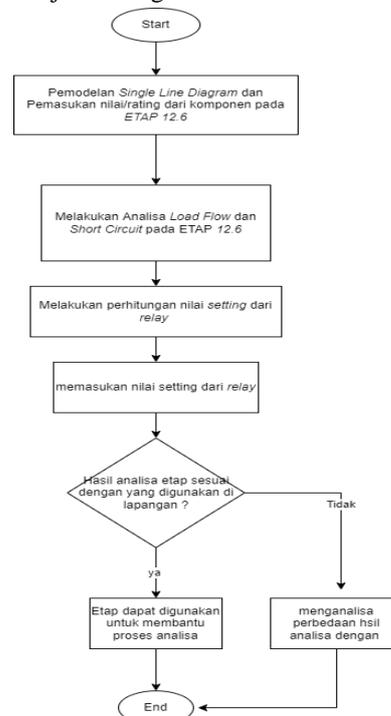
Perhitungan dalam menentukan *setting* dari *relay* sistem proteksi yang handal ini membutuhkan perhitungan yang cukup panjang dan rumit. Dibutuhkan suatu alat bantu untuk membantu proses penghitungan dan analisis dalam menentukan sistem proteksi ini. Oleh karena itu digunakanlah suatu aplikasi bernama *ETAP 12.6* untuk membantu proses perhitungan dan analisis. *ETAP 12.6* dapat membantu dalam proses analisis *load flow*, *hubung singkat*, dan lainnya.

Langkah awal dalam menggunakan *ETAP 12.6* adalah membuat/memodelkan *single line diagram* dan memasukan semua *rating-rating* dari setiap komponen yang digunakan. Setelah *single line diagram* dimodelkan maka seluruh komponen yang ada harus dimasukan spesifikasinya sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing komponen. Setelah itu maka dapat dimulai proses analisis yang diperlukan. Disini analisis yang dilakukan adalah *loadflow* dan *hubung singkat / Short Circuit*. Setelah dilakukan proses analisis *hubung singkat* maka dapat dilanjutkan dengan proses *setting* dari *OCR*.

Setelah proses pada *ETAP 12.6* selesai maka akan dilanjutkan dengan perbandingan hasil yang diperoleh dari analisis *ETAP 12.6* dengan hasil yang digunakan/diimplementasikan di lapangan dalam hal ini saya mengambil contoh dari *setting* proteksi yang digunakan pada pabrik dari PT. X pada *substation Raw Mill Drive* dan *Raw Mill Fan* pada jaringan tegangan menengah (*Medium Voltage*).

3.2 Flowchart

Dapat dilihat pada gambar 3 menunjukan diagram alir dalam melakukan penelitian ini.



Gambar 3. Diagram alir

4. PENGUJIAN SISTEM

4.1 Analisis Loadflow

Perhitungan analisis load flow pada dilakukan untuk mengetahui aliran arus yang mengalir pada suatu bus. Setelah selesai pemodelan *single line diagram* maka dapat dilakukan analisis *loadflow*. Analisis *loadflow* ini dapat dilakukan dengan mengklik tab *loadFlow analysis*. Hasil dari analisis *loadflow* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis loadflow

ID	Tegangan (kV)	Arus (A)	Daya Beban (KVA)
<i>BUS classifier 0.7 kV</i>	0.7	785	849
<i>BUS CLASSIFIER</i>	6.3	87.2	952
<i>BUS DIST RAWMILL</i>	6.3	143.2	1562
<i>BUS DIST RAWMILL FEEDER</i>	0.4	2642	1689
<i>BUS SAWMILL DRIVE</i>	6.3	959	10465
<i>BUS RAWMILL FAN INCOMING</i>	6.3	862.5	9411
<i>BUS RAWMILL ID FAN</i>	6.3	840	9166
<i>BUS RAWMILL INCOMING</i>	6.3	1044.5	11334

4.2 Analisis Hubung Singkat

Perhitungan hubung singkat ini menggunakan standar *IEC 60909*. Dengan dilakukan analisis hubung singkat ini dapat diketahui arus hubung singkat maksimum dan minimum pada setiap bus yang ada. Untuk melakukan analisis hubung singkat pada *ETAP 12.6* dapat dilakukan dengan pindah ke tab *short-circuit analysis*. Hasil dari analisis hubung singkat dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis hubung singkat

ID	Tegangan (kV)	Arus Hubung singkat maksimum (kA)	Arus hubung singkat minimum (kA)
<i>BUS classifier 0.7 kV</i>	0.7	12.627	5.554
<i>BUS CLASSIFIER</i>	6.3	37.320	15.247
<i>BUS DIST RAWMILL</i>	6.3	37.320	15.247
<i>BUS DIST RAWMILL feeder</i>	0.4	15.247	20.479
<i>BUS SAWMILL DRIVE</i>	6.3	37.320	15.247
<i>BUS RAWMILL FAN INCOMING</i>	6.3	37.320	15.247
<i>BUS RAWMILL ID FAN</i>	6.3	37.320	15.247
<i>BUS RAWMILL INCOMING</i>	6.3	37.320	15.247

4.3 Kerja Relay

Sebelum menentukan nilai *setting* dari *relay*, terlebih dahulu harus ditentukan *input* dan *output* dari *relay* tersebut. Pada sistem kelistrikan *RAW MILL PT. X*. Pengaturan *relay* arus lebih menggunakan transformator arus (*Current Transformer*) sebagai input dari *relay* untuk membaca nilai arus yang mengalir dan *outputnya* berupa *circuit breaker (CB)* yang berfungsi untuk memutus rangkaian. *Input* dan *output* dari *relay* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Input dan output relay

<i>Relay</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>
<i>Relay RAWmill Drive</i>	<i>CT Raw Mill Drive</i>	<i>CB Rawmill Drive</i>
<i>Relay DIST RAWMILL</i>	<i>CT Distribusi Rawmill</i>	<i>CB Distribusi Rawmill</i>
<i>Relay 348 RAW MILL</i>	<i>CT Rawmill</i>	<i>CB Rawmill</i>
<i>Relay Rawmill ID FAN</i>	<i>CT Rawmill Fan</i>	<i>CB Rawmill Fan</i>
<i>Relay Classifier</i>	<i>CT Classifier</i>	<i>CB Classifier</i>
<i>Relay 348 ID FAN</i>	<i>CT Incoming fan</i>	<i>CB Incoming Fan</i>

4.4 Perhitungan Setting Relay

Dapat dilihat pada tabel 5 data dari *relay* untuk perhitungan *setting relay*

Tabel 5. Data relay

Relay Raw Mill Drive	
Produsen	Siemens
Model	SIPROTEC
Tipe	7SJ62
Kurva	<i>Very Inverse</i>
CT Rasio:	1200:5 = 240
Isc Max	37320 A
Isc Min	15247 A
FLA	959 A
Relay Rawmill Dist	
Produsen	Siemens
Model	SIPROTEC
Tipe	7SJ62
Kurva	<i>Very Inverse</i>
CT Rasio:	200:5 = 40
Isc Max	37320 A
Isc Min	15247 A
FLA	143.2 A
Relay Rawmill Incoming	
Produsen	Siemens
Model	SIPROTEC
Tipe	7SJ62
Kurva	<i>Very Inverse</i>
CT Rasio:	2000:5 = 400
Isc Max	37320 A
Isc Min	15247 A
FLA	1044.5 A
Relay Rawmill ID Fan	
Produsen	Siemens
Model	SIPROTEC
Tipe	7SJ62
Kurva	<i>Very Inverse</i>
CT Rasio:	1200:5 = 240
Isc Max	37320 A
Isc Min	15247 A
FLA	840 A
Relay Classifier	
Produsen	Siemens
Model	SIPROTEC
Tipe	7SJ62
Kurva	<i>Very Inverse</i>
CT Rasio:	200 : 5 = 40
Isc Max	37320 A
Isc Min	15247 A
FLA	87.2 A
Relay Rawmill ID Fan Incoming	
Produsen	Siemens
Model	SIPROTEC
Tipe	7SJ62
Kurva	<i>Very Inverse</i>
CT Rasio:	2000:5 = 400
Isc Max	37320 A
Isc Min	15247 A
FLA	862.5 A

Relay Rawmill Drive

Arus Pick up:

$$I_p = \frac{1.1 \times FLA}{Rasio CT}$$

$$I_p = \frac{1.1 \times 959}{240}$$

$$I_p = \frac{1054.9}{240}$$

$$I_p = 4.4 A \quad (6)$$

Arus pickup relay = 4,4 A

$$I_s = I_p \times Rasio CT$$

$$I_s = 4.4 \times 240$$

$$I_s = 1056 A$$

Instantaneous:

$$1.1 \times FLA < I_{set} < 0.8 \times I_{sc \text{ Minimum}}$$

$$1.1 \times 959 < I_{set} < 0.8 \times 15247$$

$$1054.9 < I_{set} < 12197.6$$

$$I_{set} = 6417 A$$

$$I_p = \frac{6417}{240} A$$

$$I_p = 26.7 A \quad (7)$$

Arus pickup Instantaneous = 26.7 A

Perhitungan TMS dengan waktu 0.1s:

$$TMS = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{PickUp}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta}$$

$$TMS = \frac{0.1 \times \left(\left(\frac{37320}{1056} \right)^1 - 1 \right)}{13.5}$$

$$TMS = \frac{0.1 \times ((35.34)^1 - 1)}{13.5}$$

$$TMS = \frac{0.1 \times (34.34)}{13.5}$$

$$TMS = \frac{3.434}{13.5}$$

$$TMS = 0.25 \quad (8)$$

Time dial = 0.25

Dapat dilihat pada tabel 6 hasil dari perhitunggan setting OCR berdasarkan ETAP 12.6

Tabel 6. Setting dari OCR ETAP 12.6

Relay	OCR		Instant
	Arus Pickup	TMS	Arus Pickup
Relay RAWmill Drive	4.4	0.25	26.7
Relay DIST RAWMILL	3.93	1.75	22.87
Relay 348 RAW MILL	2.87	1.67	14.5
Relay Rawmill ID FAN	3.85	0.29	25
Relay Classifier	2.4	2.87	16.25
Relay 348 ID FAN	2.37	1.42	15.5

4.5 Perbandingan Analisis Relay

Dapat dilihat pada tabel 7 perbandingan hasil dari analisis *loadflow* antara hasil analisis dari *ETAP* 12.6 dengan data lapangan.

Tabel 7. Perbandingan analisis loadflow

Bus	Arus (A)		Daya beban (KVA)	
	<i>ETAP</i> 12.6	Data lapangan	<i>ETAP</i> 12.6	Data lapangan
<i>BUS RAWMILL DRIVE</i>	959	959	10465	10580
<i>BUS DIST RAWMILL</i>	143.2	144	1562	1590
<i>BUS RAWMILL INCOMING</i>	1044.5	1050	11334	11400
<i>BUS RAWMILL ID FAN</i>	840	840	9116	9230
<i>BUS CLASSIFIER</i>	87.2	88	952	970
<i>BUS RAWMILL FAN INCOMING</i>	862.5	870	9411	9580

Dapat dilihat pada tabel 8 perbandingan hasil dari *setting OCR* antara hasil analisis dari *ETAP* 12.6 dengan data lapangan.

Tabel 8. Perbandingan analisis setting OCR

Bus	OCR			
	<i>Overcurrent (A)</i>		<i>Instantaneous(A)</i>	
	<i>ETAP</i>	Data lapangan	<i>ETAP</i>	Data lapangan
<i>BUS RAWMILL DRIVE</i>	4.4	4.47	26.7	27.2
<i>BUS DIST RAWMILL</i>	3.93	3.97	22.87	23.27
<i>BUS RAWMILL INCOMING</i>	2.87	2.92	14.5	14.75
<i>BUS RAWMILL ID FAN</i>	3.85	3.9	25	25.4
<i>BUS CLASSIFIER</i>	2.4	2.43	16.25	16.5
<i>BUS RAWMILL FAN INCOMING</i>	2.37	2.4	15.5	15.8

Dapat dilihat pada tabel 9 persentase perbedaan dari hasil analisis *loadflow* antara hasil analisis dari *ETAP* 12.6 dengan data lapangan.

Tabel 9. Persentase perbedaan analisis loadflow *ETAP* 12.6 dengan data lapangan

Bus	Arus		Daya beban	
	Perbedaan	Persentase (%)	Perbedaan	Persentase (%)
<i>BUS RAWMILL DRIVE</i>	0	0	115	1.1
<i>BUS DIST RAWMILL</i>	0.8	0.5	28	1.76
<i>BUS RAWMILL INCOMING</i>	5.5	0.52	66	0.58
<i>BUS RAWMILL ID FAN</i>	0	0	114	1.23
<i>BUS CLASSIFIER</i>	0.8	0.9	18	1.8
<i>BUS RAWMILL FAN INCOMING</i>	7.5	0.86	169	1.76

Dapat dilihat pada tabel 10 persentase perbedaan dari hasil persentase perbedaan setting ocr antara hasil analisis dari ETAP 12.6 dengan data lapangan

Tabel 10. Persentase perbedaan setting OCR dengan data lapangan

Bus	OCR			
	Overcurrent (A)		Instantaneous (A)	
	Perbedaan	Persentase (%)	Perbedaan	Persentase (%)
<i>BUS RAWMILL DRIVE</i>	0.07	1.57	0.5	1.8
<i>BUS DIST RAWMILL</i>	0.04	1	0.4	1.7
<i>BUS RAWMILL INCOMING</i>	0.05	1.73	0.25	1.7
<i>BUS RAWMILL ID FAN</i>	0.05	1.3	0.4	1.6
<i>BUS CLASSIFIER</i>	0.03	1.23	0.25	1.5
<i>BUS RAWMILL FAN INCOMING</i>	0.03	1.25	0.3	1.9

5. KESIMPULAN

Dapat dilihat pada tabel 9 hasil analisis arus dan daya beban terjadi perbedaan antara hasil dari ETAP 12.6 dengan data lapangan. Pada bagian arus perbedaan yang terjadi tidak sampai 1%. Persentase tertinggi terjadi pada *BUS RAWMILL ID FAN* dan *BUS CLASSIFIER* sebesar 0.9%. Perbedaan dengan persentase ini masih relatif kecil dan normal. Pada tabel 10 hasil *setting* proteksi yang diperoleh dari hasil ETAP 12.6 dengan data lapangan terdapat perbedaan. Perbedaan yang terjadi tidak sampai 2%. Persentase tersebut masih relatif kecil.

Perbedaan hasil analisis dan *setting* tersebut disebabkan oleh kurangnya data yang diperoleh pada saat melakukan penelitian. Data yang tidak diperoleh adalah data dari kabel-kabel. Penggunaan ETAP 12.6 untuk membantu proses analisis *loadflow* dan perhitungan arus hubung singkat untuk mendapatkan nilai dari *setting* proteksi dapat digunakan dan terbukti efektif untuk membantu dalam proses pengaturan *relay* proteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Haikal and M. R. Djalal, "Studi Hubung Singkat 3 Fasa Simetri (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kV Sulselrabar)," *Conference: Nasread Universitas Darul 'Ulum Jombang*, vol. 1, 2014.
- [2] N. P. Hisyam, "Perancangan Koordinasi Proteksi Pada Sistem Kelistrikan Di Perencanaan Kapal Cement Carrier," *Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan*, 2017.
- [3] S. Pandapotan, "Penggunaan ETAP 12.6 Sebagai Software Analisis Power Quality," p. 123–127, 2014.
- [4] W. D. Stevenson, *Analisis sistem tenaga listrik*, Erlangga, 1984.
- [5] Aziz, Abdul and I. K. Febriantri, "Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang," *Jurnal Ampere*, vol. 4, no. 2, pp. 332-344, 2019.
- [6] E. D. Pratama, "Studi Perencanaan Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan PT. SEMEN Indonesia Pabrik Aceh," *Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2016.
- [7] A. P. Purnomo, "Analisis dan Perencanaan Sistem Koordinasi Proteksi Sistem Distribusi Kelistrikan Pada Pelabuhan Teluk Lamong Surabaya," *Fakultas Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2017.
- [8] P. Sinaga, "Evaluasi Koordinasi Sistem Proteksi Pada Sistem Kelistrikan PT. Semen Padang (Persero) Tbk Akibat Adanya Penambahan Pabrik Baru Indarung VI," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2016.