

EVALUASI *SETTING* RELE PROTEKSI UNTUK MENGURANGI BUSUR API PADA *SWITCHGEAR* DI BEKASAP AREA PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA

Doni Mahendra¹, Arlenny², Usaha Situmeang³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas LancangKuning

Jl. Yos Sudarso Km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: dony.mahendra@gmail.com, arlenny@unilak.ac.id, usahasitumeang@unilak.ac.id

ABSTRAK

Sistem proteksi tenaga listrik harus mampu bekerja sesuai dengan tujuan serta fungsi yang ditentukan terhadap jenis gangguan yang terjadi. Salah satu gangguan yang terjadi adalah arus hubung singkat (*short circuit*) yang diikuti pelepasan energi panas dalam bentuk busur (*arc flash*) yang dapat merusak peralatan. Besar energi busur api yang dihasilkan tergantung dari waktu kerja sistem pengamanan akibat gangguan arus hubung singkat. Semakin cepat rele pengamanan bekerja, maka semakin kecil pula busur api yang dihasilkan dan begitu pula sebaliknya. Evaluasi *setting* rele proteksi di *switchgear* adalah mengubah *setting time dial* pada OCR *primary* dan OCR *secondary*. Untuk OCR *primary* nilai *setting time dial* sebelumnya 2,6 s menjadi 1,08 s sedangkan untuk OCR *secondary* dengan *time dial* 2,4 s menjadi 1,02 s. Perubahan *setting* pada OCR ini dihasilkan waktu kerja rele proteksi yang lebih cepat yaitu sebesar 0.208 s. Dengan waktu kerja proteksi yang semakin cepat, nilai energi panas yang di hasilkan juga lebih kecil. Energi insiden yang di hasilkan adalah 2,59 cal/cm² menjadi 1.48 cal/cm².

ABSTRACT

Electric power protection systems must be able to work in accordance with the objectives and functions that are determined for the type of interference that occurs. One of the disturbances that occur is a short circuit which is followed by the release of heat energy in the form of an arc that can damage the equipment. The amount of arc energy generated depends on the working time of the safety system due to a short circuit current. The faster the safety relay works, the smaller the arc produced and vice versa. Evaluation of protection relay settings in switchgear is changing the time dial setting on OCR primary and secondary OCR. For primary OCR the time dial setting value is 2.6 s to 1.08 s while for secondary OCR the time dial is 2.4 s to 1.02 s. Changes to the settings on this OCR are generated faster protection relay working time, which is equal to 0.208 s. With the faster working protection time, the value of heat energy produced is also smaller. The incident energy produced is 2.59 cal / cm² to 1.48 cal / cm²

Keywords: *Switchgear, protection relay, incident energy*

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tuntutan akan ketersediaan energi listrik pada saat ini sangat tinggi. Hal ini membuat bekerja pada peralatan listrik aktif merupakan sebuah keharusan untuk memastikan kontinuitas dari ketersediaan energi listrik. Pekerjaan pada listrik aktif dilakukan pada kondisi sistem bekerja secara normal atau bertegangan.

Resiko saat bekerja pada listrik aktif selain kemungkinan adanya tegangan sentuh adalah kemungkinan adanya pelepasan energi akibat dari adanya hubung singkat (*short circuit*). Energi ini berlangsung terus menerus hingga peralatan proteksi bekerja.

Pada tahun 2016, di salah satu daerah operasi PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) terjadi kejadian di mana adanya *short circuit* yang

menyebabkan terjadi busur api pada *switchgear*. Kejadian itu menyebabkan terjadi nya insiden bagi pekerja dan kerusakan pada peralatan yang ada pada *switchgear* sehingga *water injection pump* tidak dapat *running*. Salah satu penyebab terjadi nya kerusakan yang meluas di karenakan masih lambatnya rele proteksi bekerja sehingga dampak kerusakan terlalu besar.

1.2. Tujuan Pembahasan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk :

- Mengevaluasi nilai *setting* rele *over current*
- Menganalisa energi panas pada *switchgear* di Bekasap

1.3 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai referensi untuk mengevaluasi *setting* rele proteksi

sehingga dapat bekerja lebih cepat dan mengurangi besarnya energi insiden akibat *arc flash*.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan

Pembahasan tugas akhir ini di fokuskan pada :

- Sistem proteksi yang di evaluasi adalah pada rele *over current*.
- Metoda yang dipakai dalam perhitungan analisis *arc flash* ini adalah dengan menggunakan standar IEEE 1584.
- Program aplikasi yang di gunakan adalah *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP) untuk simulasi dan *matchcad* untuk validasi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hubung Singkat (*Short Circuit*)

Arus hubung singkat tiga fasa terjadi ketika konduktor dalam sistem tenaga listrik tiga fasa terhubung singkat. Dalam prakteknya, hubung singkat tiga fasa jarang terjadi. Hubung singkat yang umum terjadi adalah satu fasa ke tanah dan antar fasa. Meski demikian, hubung singkat tiga fasa dipilih sebagai acuan karena nilainya paling besar dibanding dengan jenis hubung singkat yang lain [1]. Arus hubung singkat tiga fasa impedansi rendah (umum disebut *bolted faulted current*, I_{bf}) dinyatakan dalam persamaan berikut [2] :

$$I_{bf} = \frac{E}{Z_s} \quad (2.1)$$

Keterangan :

E = RMS driving voltage

Z_s = Impedansi konduktor sampai ke titik gangguan

2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus gangguan dapat dilakukan dengan setiap reaktansi yang diekspresikan dalam ohm, sejumlah aturan harus diperhatikan seperti *rating* mesin dan perubahan tegangan sistem karena *transformer*. Metode perhitungan biasanya jauh lebih mudah jika reaktansi dinyatakan dalam persentase atau per satuan reaktansi.

Metode perhitungan sederhana lainnya adalah menggunakan sistem yang terukur (MVA) untuk perhitungan. Metode ini umumnya dikenal sebagai MVA metode [3].

Langkah perhitungan hubung singkat dengan metode per unit adalah [3] :

- Tentukan *base kVA* yang akan di gunakan (S_{base})
- Hitung nilai reaktansi dalam nilai per unit (pu) mengacu pada *base kVA* yang di pilih.

$$Z_{base\ grid} = \frac{(V_{base\ grid})^2}{S_{base\ grid}} \quad (2.2)$$

- Sederhanakan rangkaian dengan menghitung semua reaktansi yang terlibat.

- Hitung arus *base* pada titik gangguan sesuai dengan kVA yang telah di pilih

$$I_{base} = \frac{S_{base\ grid}}{\sqrt{3} V_{base\ grid}} \quad (2.3)$$

- Hitung arus hubung singkat per unit tegangan sistem di bagi dengan impedansi total per unit

$$I_{bf\ pu} = \frac{E}{Z_{total}} \quad (2.4)$$

- Hitung besarnya arus hubung singkat dengan mengalikan arus per unit dengan arus *base*

$$I_{bf} = I_{bf\ pu} \times I_{base} \quad (2.5)$$

2.3 Energi Insiden

2.3.1 Pengertian Energi Insiden

Energi insiden (*incident energy*) adalah energi yang terpapar ke pekerja pada jarak kerja tertentu saat terjadi hubung singkat busur. Energi ini adalah fungsi dari besar arus busur, durasi, jarak antar konduktor, jarak kerja dengan konduktor aktif dan jenis peralatan listrik yang dikerjakan. Perhitungan energi insiden dibagi dalam dua kategori, yaitu untuk sistem bertegangan di bawah atau sama dengan 15kV dan di atas 15 kV.

A. Perhitungan Energi Insiden (Tegangan \leq 15kV)

Energi insiden ternormalisasi adalah energi insiden dengan kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya, yaitu durasi arus busur 0,2 detik dan jarak kerja 6,1 cm (2,4 inch), berdasarkan rumus [2]:

$$\log E_n = K_1 + K_2 + 1.081 \log I_a + 0.0011 G \quad (2.6)$$

Keterangan :

E_n = Energi insiden ternormalisasi (J/cm²)

K_1 = -0.792 untuk konfigurasi terbuka

-0.555 untuk konfigurasi kotak / tertutup

K_2 = 0 untuk *ungrounded*

-0.113 untuk sistem kelistrikan yang dibumikan

I_a = Arus busur (kA)

G = Jarak antar konduktor (mm), lihat Tabel 2.1

Maka perhitungan energi insiden berdasarkan rumus [2] adalah :

$$E = 4.184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right) \quad (2.7)$$

Keterangan :

E_n = Energi insiden (J/cm²)

C_f = Kalkulasi faktor

1 untuk $V > 1$ kV

0 untuk $V < 1$ kV

E_n = Energi insiden ternormalisasi (J/cm²)

t = Arching time (s)

D = Jarak antar pekerja dengan konduktor, lihat Tabel 2.3

x = Koefisien jarak antar konduktor, lihat Tabel 2.2

Tabel 2.1 Koefisien jarak antar konduktor (x)

Sistem Tegangan (kV)	Jenis Peralatan Listrik	G (mm)	Koefisien jarak (x)
0.280 – 1	<i>Open air</i>	10 - 40	2
	<i>Switchgear</i>	32	1,473
	<i>MCC and panels</i>	25	1,641
	<i>Cable</i>	13	2
> 1 - 5 kV	<i>Open air</i>	102	2
	<i>Switchgear</i>	13 - 102	0,973
	<i>Cable</i>	13	2
> 5 - 15 kV	<i>Open air</i>	13 - 153	2
	<i>Switchgear</i>	153	0,973
	<i>Cable</i>	13	2

Tabel 2.2 Tipikal jarak kerja

<i>Classes of equipment</i>	<i>Typical working distance (mm)</i>
15 kV <i>Switchgear</i>	910
5 kV <i>Switchgear</i>	910
<i>Low Voltage Switchgear</i>	610
<i>Low Voltage MCC and panel boards</i>	455
<i>Cable</i>	455
<i>Others</i>	<i>To be determined in field</i>

B. Perhitungan Energi Insiden (Tegangan \geq 15kV)

Untuk perhitungan energi insiden dengan tegangan \geq 15 kV dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [2]:

$$E = 2.142 \times 10^6 \text{ V } I_{bf} \left(\frac{t}{D^2} \right) \quad (2.8)$$

Keterangan :

E = Energi insiden (J/cm²)

V = Tegangan sistem (kV)

t = Durasi arus busur (s)

D = Jarak kerja pekerja dengan konduktor (mm)

I_{bf} = Arus hubung singkat / *Bolted faulted current* (kA)

2.4 Sistem Proteksi

Proteksi sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dipasang pada peralatan listrik suatu sistem tenaga listrik, misalnya generator, transformator, jaringan dan lain-lain, terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Kondisi abnormal itu dapat berupa antara lain : hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi sistem rendah dan lain-lain.

2.4.1. Syarat Umum Rele Proteksi

Ada beberapa persyaratan yang sangat perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan sistem proteksi yang efektif yaitu[4]:

a. Selektivitas

Yang di maksud dengan selektif di sini adalah kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan, di mana hal ini menyangkut koordinasi pengamanan dari sistem secara keseluruhan. Untuk mendapatkan kehandalan yang tinggi, maka rele pengamanan harus mempunyai kemampuan selektif yang baik

b. Stabilitas

Sifat yang tetap inoperatif apabila gangguan-gangguan terjadi diluar daerah yang melindungi (gangguan luar).

c. Kecepatan Operasi

Rele harus cepat bereaksi / bekerja bila sistem mengalami gangguan atau kerja abnormal. Kecepatan bereaksi dari rele adalah saat rele mulai merasakan adanya gangguan sampai dengan pelaksanaan pelepasan *circuit breaker* (CB) karena komando dari rele tersebut. Waktu bereaksi ini harus diusahakan secepat mungkin sehingga dapat menghindari kerusakan pada alat serta membatasi daerah yang mengalami gangguan / kerja abnormal. Mengingat suatu sistem tenaga mempunyai batas-batas stabilitas serta kadang-kadang gangguan sistem bersifat sementara, maka rele yang semestinya bereaksi dengan cepat kerjanya perlu di perlambat (*time delay*).

d. Sensitivitas (kepekaan)

Rele harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi, artinya harus cukup sensitif terhadap gangguan di daerahnya meskipun gangguan tersebut minimum, selanjutnya memberikan jawaban atau *response*

e. Pertimbangan ekonomis

Satu hal yang harus diperhatikan sebagai persyaratan rele pengamanan adalah masalah harga atau biaya. Rele tidak akan diaplikasikan dalam sistem tenaga listrik, jika harganya sangat mahal. Persyaratan reliabilitas, sensitivitas, selektivitas dan kecepatan kerja rele hendaknya tidak menyebabkan harga rele tersebut menjadi mahal

f. Reliability (kehandalan)

Pada kondisi normal (tidak ada gangguan) rele tidak bekerja. Jika terjadi gangguan maka rele tidak boleh gagal bekerja dalam mengatasi gangguan. Kegagalan kerja rele dapat mengakibatkan alat yang di amankan rusak berat

atau gangguannya meluas sehingga daerah yang mengalami pemadaman semakin luas

2.5 Rele Arus Lebih (*Over Current*)

2.4.1 Pengertian Rele Arus Lebih

Proteksi arus lebih adalah proteksi terhadap perubahan parameter arus yang sangat besar dan terjadi pada waktu yang sangat cepat, yang disebabkan oleh hubung singkat. Pada proteksi arus lebih ini, rele akan *pick up* jika besar arus melebihi nilai *setting*. Elemen dasar dari proteksi ini adalah rele arus. Proteksi arus lebih meliputi proteksi terhadap gangguan hubung singkat yang dapat berupa hubung singkat fasa-fasa, satu fasa ketanah, dan hubung singkat antar fasa [5].

Brand	GE Multilin	
Model	SR 745	
CT		
Phase	800 / 5	
GND	200 / 5	
	Range	Setting
Phase TOC	Extremely Inverse	
	Pickup (Tap) 0.05 - 20 x CT Sec	0.78
	Time dial	2.4

2.4.2 Dasar Setting Rele

Untuk penentuan *setting* rele *overcurrent* adalah [6]:

1. Menghitung besar nya arus minimal (I_n)

$$I_n = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} \quad (2.12)$$

2. Menghitung besar nya arus pada CT :

$$I_s = \frac{K_{fk}}{K_d} \times I_n \quad (2.13)$$

3. Menentukan TMS (*time multiplier setting*)

$$TMS = \frac{\Delta t \times \frac{I_{sc}}{I_s} - 1}{5.4} \quad (2.14)$$

4. Menentukan *time dial setting* (t_d)

$$t_d = \frac{A}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^p - 1} \times \frac{M}{10} \quad (2.15)$$

Keterangan :

T = waktu kerja rele

I_s = nilai setting arus rele

I = nilai arus aktual

TMS = time multiplier setting

A dan P = konstanta rele berdasarkan jenis kurva arus lebih

A dan P berdasarkan Tabel 2.4 [7]

Tabel 2.1 Konstanta Rele arus lebih

IEEE curve shape	A	P
Extremely Inverse	80	2,0000
Very Inverse	13.5	2,0000
Moderately Inverse	0.14	0,0200

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Data Sistem Kelistrikan

Pada analisis *arc flash* ini mengambil data sistem tenaga listrik pada sistem 4.160V bekasap area di PT. Chevron Pacific Indonesia. Daerah bekasap area yang akan di lakukan perhitungan adalah pada area Bekasap *Gathering Station* (GS). Tegangan dari 13,2 kV diturunkan menjadi 4.160 V yang di distribusikan pada *water injection pump* Sistem kelistrikan pada area Bekasap GS menggunakan rele *over current* untuk sistem proteksi nya. Sistem proteksi pada *switchgear* di Bekasap GS menggunakan jenis rele dengan brand GE Multilin 750 pada sisi *primary* dan *secondary* nya. Untuk data sistem proteksi pada *switchgear* yang ada di Bekasap GS

BAB 4 PEMBAHASAN

Perhitungan yang dilakukan pada pembahasan ini berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan selama observasi.

4.1 Perhitungan Existing

4.1.1 Perhitungan I_{br}

1. Menentukan besarnya base kVA yang akan di gunakan :

$$S_{base} = 100 \text{ MVA}$$

$$S_{trafo} = 3 \text{ MVA}$$

$$V_{base \text{ grid}} = 13,2 \text{ kV}$$

$$V_{base \text{ trafo}} = 4,16 \text{ kV}$$

2. Besarnya reaktansi dalam nilai per unit (pu) mengacu pada base kVA berdasarkan persamaan 2.2 :

$$\begin{aligned} Z_{base \text{ grid}} &= \frac{(V_{base \text{ grid}})^2}{S_{base \text{ grid}}} \\ &= \frac{(13,2 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} \\ &= 1,7424 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{base \text{ trafo}} &= \frac{(V_{base \text{ trafo}})^2}{S_{base}} \\ &= \frac{(4,16 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} \\ &= 0,173056 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

3. Besarnya arus *base* pada titik gangguan sesuai dengan kVA berdasarkan persamaan 2.3 :

$$\begin{aligned} I_{\text{base grid}} &= \frac{S_{\text{base grid}}}{\sqrt{3}V_{\text{base grid}}} \\ &= \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} 13,2 \text{ kV}} \\ &= 4,37386 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{base trafo}} &= \frac{S_{\text{base trafo}}}{\sqrt{3}V_{\text{base trafo}}} \\ &= \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} 4,16 \text{ kV}} \\ &= 13,87861 \text{ kA} \end{aligned}$$

4. Besarnya impedansi setiap komponen per unit (pu):

a. *Grid*

$$\begin{aligned} V &= 13,8 \text{ kV} \\ X_{\text{pu}} &= 0,4841 \text{ pu} \\ R_{\text{pu}} &= 0,0420 \text{ pu} \end{aligned}$$

b. *Cable 1*

$$\begin{aligned} V &= 13,8 \text{ kV} \\ X &= 0,00721 \text{ Ohm} \\ R &= 0,02017 \text{ Ohm} \\ X_{\text{pu}} &= \frac{X}{Z_{\text{base grid}}} \\ &= \frac{0,00721 \text{ Ohm}}{1,7424 \text{ Ohm}} \\ &= 0,004138 \text{ pu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{pu}} &= \frac{R}{Z_{\text{base grid}}} \\ &= \frac{0,02017 \text{ Ohm}}{1,7424 \text{ Ohm}} \\ &= 0,011576 \text{ pu} \end{aligned}$$

c. *Cable 2*

$$\begin{aligned} V &= 13,8 \text{ kV} \\ X &= 0,00721 \text{ Ohm} \\ R &= 0,02017 \text{ Ohm} \\ X_{\text{pu}} &= \frac{X}{Z_{\text{base grid}}} \\ &= \frac{0,00721 \text{ Ohm}}{1,7424 \text{ Ohm}} \\ &= 0,004138 \text{ pu} \end{aligned}$$

$$R_{\text{pu}} = \frac{R}{Z_{\text{base grid}}}$$

d. *Trafo*

$$\begin{aligned} \text{Tap} &= 0,975 \\ X_1 &= 0,06472 \text{ Ohm} \\ R_1 &= 0,00607 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{pu}} &= \frac{S_{\text{base grid}}}{Z_{\text{base trafo}}} \times (X_1 \times \text{tap}) \\ &= \frac{100 \text{ MVA}}{3 \text{ MVA}} \times (0,06472 \text{ Ohm} \times 0,975) \\ &= 2,0134 \text{ pu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{pu}} &= \frac{S_{\text{base grid}}}{Z_{\text{base trafo}}} \times (R_1 \times \text{tap}) \\ &= \frac{100 \text{ MVA}}{3 \text{ MVA}} \times (0,00607 \text{ Ohm} \times 0,975) \\ &= 0,197275 \text{ pu} \end{aligned}$$

e. *Cable 3*

$$\begin{aligned} V &= 4,16 \text{ kV} \\ X &= 0,00618 \text{ Ohm} \\ R &= 0,00851 \text{ Ohm} \\ X_{\text{pu}} &= \frac{X}{Z_{\text{base trafo}}} \\ &= \frac{0,00618 \text{ Ohm}}{0,173056 \text{ Ohm}} \\ &= 0,035711 \text{ pu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{pu}} &= \frac{R}{Z_{\text{base trafo}}} \\ &= \frac{0,00851 \text{ Ohm}}{0,173056 \text{ Ohm}} \\ &= 0,049175 \text{ pu} \end{aligned}$$

5. Besarnya Impedansi total pada sistem tenaga listrik adalah :

$$\begin{aligned} X_{\text{pu}} &= X_{\text{pu grid}} + X_{\text{pu cable 1}} + X_{\text{pu cable 2}} + \\ &\quad X_{\text{pu trafo}} + X_{\text{pu cable 3}} \\ &= 0,4841 \text{ pu} + 0,004138 \text{ pu} + 0,004138 \text{ pu} \\ &\quad + 2,0134 \text{ pu} + 0,035711 \text{ pu} \\ &= 2,6315 \text{ pu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{pu}} &= R_{\text{pu grid}} + R_{\text{pu cable 1}} + R_{\text{pu cable 2}} + \\ &\quad R_{\text{pu trafo}} + R_{\text{pu cable 3}} \\ &= 0,420 \text{ pu} + 0,011576 \text{ pu} + 0,011576 \text{ pu} + \\ &\quad 0,197275 \text{ pu} + 0,049175 \text{ pu} \end{aligned}$$

$$= 0,3116 \text{ pu}$$

$$Z_{\text{total}} = R + jX$$

$$= 0,3116 + j2,6315$$

$$= 2,6498 \text{ pu}$$

6. Besarnya arus *bolted fault* (I_{bf}) per unit berdasarkan persamaan 2.4 :

$$I_{bf \text{ pu}} = \frac{E}{Z_{\text{total}}}$$

$$= \frac{1}{2,6498}$$

$$= 0,377377 \text{ pu}$$

7. Besarnya arus *bolted fault* (I_{bf}) berdasarkan persamaan 2.5 :

$$I_{bf} = I_{bf \text{ pu}} \times I_{\text{base trafo}}$$

$$= 0,377377 \text{ pu} \times 13,87861 \text{ kA}$$

$$= 5.2 \text{ kA}$$

4.1.2 Perhitungan Energi Insiden

Berdasarkan pada persamaan 2.7, di dapat hasil perhitungan energi insiden sebagai berikut :

$$E = 4.184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$= 4,184 \times 1 \times 2,102 \left(\frac{0,366}{0,2} \right) \left(\frac{610^{0,973}}{910^{0,973}} \right)$$

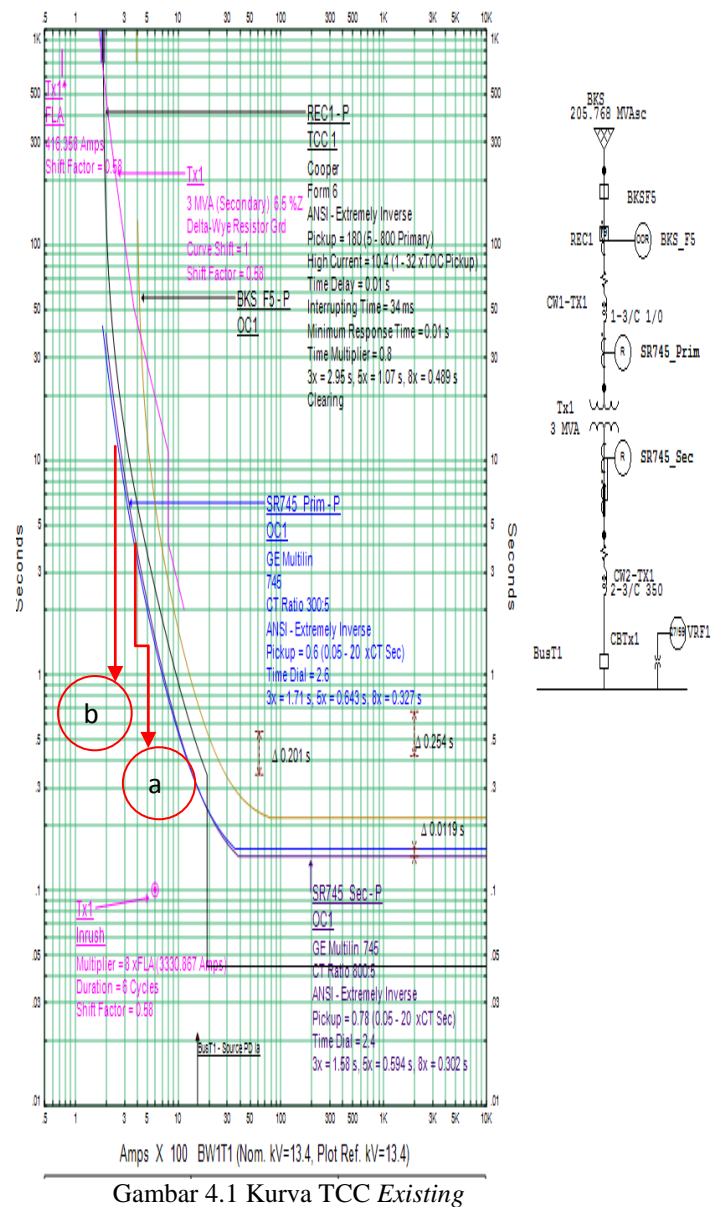
$$= (8,794) (1,83) (0,6776)$$

$$= 10,904 \text{ J/cm}^2$$

$$= 2,6 \text{ J/cm}^2$$

4.2 Kurva TCC (existing)

Dari hasil perancangan pada ETAP setelah di masukkan nilai *setting* pada rele *over current* baik pada sisi *secondary* maupun *primary* maka di dapat kurva TCC seperti pada Gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Kurva TCC Existing

Dari Gambar 4.1 ada 2 hal yang dapat di evaluasi, yaitu :

- Nilai dari OCR *secondary* masih terlalu jauh dari besarnya arus gangguan yang akan terjadi. Dari kurva tersebut nilai dari OCR CR 745 dapat di *setting* sehingga bekerja lebih cepat dan dapat mengurangi besarnya *energy incident* yang akan terjadi.
- Rele OC SR 745 *primary* juga dapat di *setting* ulang agar saat terjadi gangguan tidak ada *delay* yang terlalu lama dengan rele OCR SR 745 *secondary*.

4.3 Perhitungan Setting Rele

4.3.1 Rele Secondary

A. Nilai Arus Nominal (I_n)

Berdasarkan persamaan 2.12 di dapat kan perhitungan sebagai berikut :

$$I_n = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV}$$

$$I_n = 3000 / \sqrt{3} \times 4,16 \text{ kV}$$

$$= 416,35 \text{ Amp}$$

B. Arus Pada CT

Berdasarkan persamaan 2.13 di dapat kan perhitungan sebagai berikut :

$$I_s = \frac{K_{fk}}{K_d} \times I_n$$

$$I_s = 1,2 / 1 \times 416,35 \text{ Amp}$$

$$= 499,63 \text{ Amp}$$

C. Menentukan Time Multiplier Setting

Berdasarkan persamaan 2.14 di dapat kan perhitungan sebagai berikut :

$$TMS = \frac{\Delta t \times \frac{I_{sc}}{I_s} - 1}{5.4}$$

$$TMS = \frac{(0,7 \times (\frac{5.203 \text{ Amp}}{499,63 \text{ Amp}}) - 1)}{5.4}$$

$$= 1,2 \text{ s}$$

D. Time Delay Setting Rele

Berdasarkan persamaan 2.15, perhitungan *time dial* dengan tipe kurva *extremely inverse time delay* maka di dapat kan perhitungan sebagai berikut :

$$t_d = \frac{80}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^2 - 1} \times \frac{TMS}{10}$$

$$t_d = \frac{80}{\left(\frac{1627 \text{ Amp}}{499,63 \text{ Amp}}\right)^2 - 1} \times \frac{1,2}{10}$$

$$t_d = 1,02 \text{ s}$$

$$= \frac{3000}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}}$$

$$= 125,5 \text{ Amp}$$

B. Arus Pada CT

Berdasarkan persamaan 2.13 di dapat kan perhitungan sebagai berikut :

$$I_s = \frac{K_{fk}}{K_d} \times I_n$$

$$I_s = \frac{1,2}{1 \times 125,5 \text{ Amp}}$$

$$= 150,6 \text{ Amp}$$

C. Menentukan Time Multiplier Setting

Berdasarkan persamaan 2.14 di dapat kan perhitungan sebagai berikut :

$$TMS = \frac{\Delta t \times \frac{I_{sc}}{I_s} - 1}{5.4}$$

$$TMS = \left(\frac{0,7 \times (\frac{5.203 \text{ Amp}}{150,6 \text{ Amp}}) - 1}{5.4} \right)$$

$$= 4,35 \text{ s}$$

D. Time Delay Setting Rele

Berdasarkan persamaan 2.15, perhitungan *time dial* dengan tipe kurva *extremely inverse time delay* maka di dapat kan perhitungan sebagai berikut :

$$t_d = \frac{80}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^2 - 1} \times \frac{TMS}{10}$$

$$t_d = \frac{80}{\left(\frac{867 \text{ Amp}}{150,6 \text{ Amp}}\right)^2 - 1} \times \frac{4,35}{10}$$

$$t_d = 1,08 \text{ s}$$

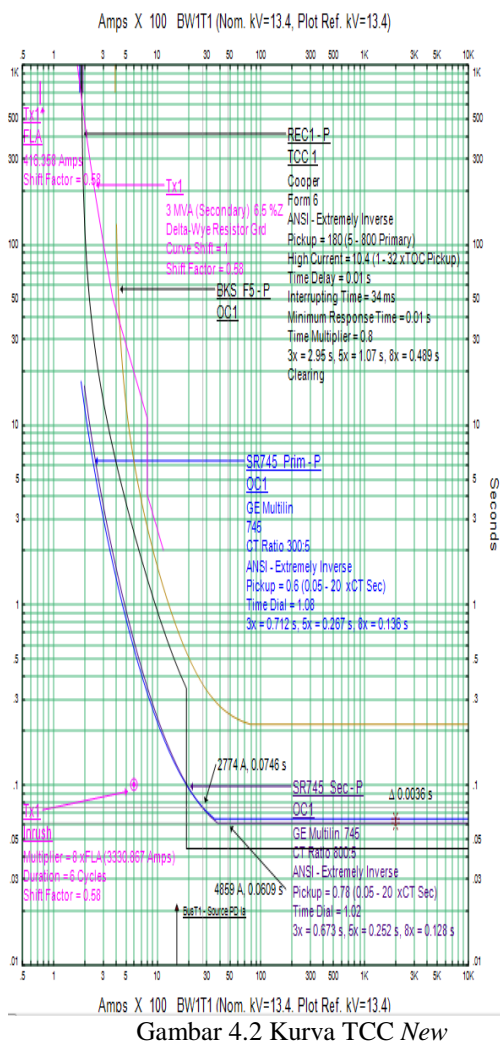
Dengan nilai *setting* SR 745 yang sekarang baik *primary* dan juga *secondary* di lakukan simulasi dengan ETAP dan di dapat kan hasil kurva TCC seperti pada Gambar 4.2.

4.3.2 Rele Primary

A. Nilai Arus Nominal (I_n)

Berdasarkan persamaan 2.12 di dapat kan perhitungan sebagai berikut :

$$I_n = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV}$$



Gambar 4.2 Kurva TCC New

Pada Gambar 4.2 kurva TCC dari *secondary* maupun TCC *primary* lebih turun dari yang sebelumnya dan mendekati arus gangguan yang nantinya akan terjadi. Dengan lebih mendekati besar nya arus gangguan maka kerja rele OCR *secondary* nantinya akan lebih cepat dari sebelumnya dalam mengantisipasi besarnya gangguan yang akan terjadi pada bus T1 dan bus T2.

Pada Gambar 4.2 selisih waktu kerja antara OCR_{primary} dan OCR_{secondary} sangat kecil yaitu sebesar 0,0036 s. Jika OCR *secondary* gagal bekerja maka OCR *primary* akan langsung bekerja sehingga gangguan yang terjadi tidak meluas.

Dengan perubahan nilai *setting* pada OCR *secondary*, nilai *arching time* akan lebih cepat yaitu 0.208 s. Maka nilai *energy incident* sekarang berdasarkan persamaan 2.9 adalah :

$$E = 4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0,2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$\begin{aligned} &= 4,184 \times 1 \times 2,102 \left(\frac{0,208}{0,2} \right) \left(\frac{610^{0,973}}{910^{0,973}} \right) \\ &= (8,974)(1,04)(0,6776) \\ &= 6,197 \text{ J/cm}^2 \\ &= 1,48 \text{ cal / cm}^2 \end{aligned}$$

Perubahan pada *setting* OCR menyebabkan *Fault Clearing Time* (FCT) menjadi lebih cepat. Jika di dibandingkan dengan kondisi yang sebelumnya dimana FCT nya yaitu sebesar 0,366 s, di dapat nilai energi insiden yang masih tinggi yaitu sebesar 2,59 cal/cm². Pada kondisi yang sekarang nilai FCT nya lebih cepat yaitu sebesar 0,208s. Dengan semakin cepat nya nilai FCT membuat energi insiden yang di hasilkan juga menjadi lebih kecil yaitu sebesar 1,48 cal/cm². Dengan begitu energi insiden yang di hasilkan mengalami penurunan sebesar 42,85%. Perubahan dari hasil evaluasi seperti pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Tabel Evaluasi *Setting* OCR

No	Keterangan	Existing	New
1	Time dial (Td)		
	Primary	2,6s	1,08s
	Secondary	2,4s	1,02s
2	Fault Clearing Time (FCT)	0,306s	0,208s
3	Energy Incident (EI)	2,59 cal/cm ²	1,48 cal/cm ²

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Hasil yang dapat disimpulkan pada evaluasi *setting* rele proteksi di *switchgear* Bekasap area PT. Chevron Pacific Indonesia adalah sebagai berikut :

- Evaluasi *setting* di lakukan pada OCR *primary* dan OCR *secondary* Untuk OCR *primary* nilai *setting time dial* yang sebelumnya 2,6 s menjadi 1,08 s sedangkan untuk OCR *secondary* dengan *time dial* 2,4 s menjadi 1,02 s
- Perubahan nilai *setting* membuat koordinasi antar rele OCR *primary* dan OCR *secondary* selisih 0,0036 s.
- Waktu kerja rele menjadi lebih cepat ketika terjadi gangguan pada bus T1 dan bus T2. Pada kondisi sebelum nya waktu dalam mengatasi gangguan adalah 0,366 s sekarang menjadi 0,208 s.
- Dengan waktu yang lebih cepat membuat energi panas yang di hasilkan juga semakin kecil. Energi panas yang dihasilkan sebelumnya adalah 2,59 cal/cm² menjadi 1,48 cal/cm².

5.2 SARAN

Berdasarkan dari hasil analisa penulis menyarankan perlu di lakukan analisa terhadap *arc*

flash dan juga memastikan kembali koordinasi terhadap sistem proteksi yang ada di PT. Chevron Pasific Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE 551, *IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems*. 2006.
- [2] IEEE 1584, *IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations*. 2002.
- [3] R. . Garzon, "High voltage circuit breaker design and applications," in *Current*, 2nd ed., New york: MARCEL DEKKEIRN,C, 2002, pp. 29–29.
- [4] J. L. Blackburn and T. J.Domin, *Protective Relay Principles and Applications*, Third., vol. 4. London: CRC Press, 1999.
- [5] M. T. Alawiy, "Proteksi sistem tenaga listrik," no. 1, 2006.
- [6] H. Martha Yudha, *Rele proteksi : Prinsip dan Aplikasi*. Palembang: Jurusan Teknik Elektro Sriwijaya, 2008.
- [7] G. I. S. Ere (2009), *745 Transformer Protection System Instruction Manual*. Kanad: GE Multilin Incorporated.