

BAB IV

HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan

Bagian pertama dalam Bab IV ini berisi hasil-hasil perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis. Hasil perhitungan tersebut meliputi besar arus pengenal trafo, rating arus *fuse link* pada *fuse cut out*, resistansi jaringan, batas ketahanan trafo dan besar arus hubung singkat.

4.1.1 Menghitung In (Arus Pengenal) Pada kedua sisi Trafo

Setelah mendapatkan data-data yang diperoleh dari bab sebelumnya maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mengolah data-data yang sudah didapat tersebut.

Perhitungan pertama adalah menghitung besarnya In pada kedua sisi trafo, perhitungan bertujuan untuk mengetahui berapa rating arus yang dimiliki oleh trafo pada sisi primer dan sekunder.

Menghitung In pada trafo adalah menggunakan rumus sebagai berikut.

$$I_n = \frac{S}{v} \text{ A}$$

In = Arus pengenal pada sisi primer atau sekunder (A)

S = Daya pengenal Trafo (KVA) (Total)

V = Tegangan pengenal pada sisi primer atau sekunder (V)

Maka arus pengenal pada sisi primer :

S = Trafo EBT 50 KVA

V = 11600 V (1 fasa)

$$I_n \text{ primer} = \frac{50 \text{ KVA}}{11600 \text{ V}} = 4,3 \text{ A}$$

Maka arus pengenal pada sisi sekunder :

S = Trafo EBT 50 KVA

V = 220 V (fasa-netral)

$$I_n \text{ sekunder} = \frac{50 \text{ KVA}}{220 \text{ V}} = 227 \text{ A}$$

Jadi nilai I_n primer = 4,3 A dan I_n sekunder = 227 A

Perhitungan ini dengan asumsi menggunakan pembebanan maksimal.

4.1.2 Perhitungan I_n (Arus Pengenal) Trafo Dalam Satu Jaringan

Untuk mengetahui berapa besar I_n trafo yang dimiliki sebuah trafo dalam satu jaringan, kita harus menghitung berapa jumlah trafo yang terdapat dalam satu jaringan tersebut. Perhitungan ini ditujukan untuk menentukan I_n trafo keseluruhan yang akan digunakan untuk menentukan besar rating arus busbar yang akan dipasang pada *fuse cut out* terpasang sebagai pengaman jaringan dan trafo pada suatu jaringan.

Dalam kasus yang diambil sebagai bahan pengamatan kali ini, pada jaringan tapping satu fasa (terlampir) dapat dilihat bahwa terdapat 2 trafo dengan merk trafo Trafindo dan EBT dengan daya 50 KVA. Trafo tersebut memang dalam satu tapping tetapi mensuplai bagian yang berbeda, jadi jaringan tegangan rendahnya berbeda jurusan. Jadi besarnya I_n kedua trafo tersebut adalah sebagai berikut.

$$I_n \text{ trafo} = \frac{\text{KVA trafo}}{\sqrt{3} \times 20} \text{ Amp}$$

$$I = \frac{S}{V}$$

menghitung I_n trafo 3 fasa yang terdapat pada jaringan 3 fasa. Dan untuk menghitung I_n trafo sisi primer pada jaringan satu fasa untuk trafo satu fasa adalah sebagai berikut.

$$V \text{ untuk } 3 \text{ } \emptyset = 20 \text{ kv}$$

$$V \text{ untuk } 1 \text{ } \emptyset = \frac{20 \text{ KV}}{\sqrt{3}} = 11600 \text{ V}$$

$$P = 2 \times 50 \text{ KVA} = 100 \text{ KVA}$$

$$V = 11600 \text{ V}$$

$$I_n = \frac{S}{V} = \frac{100000}{11600} = 8,62 \text{ A}$$

Jadi In keseluruhan trafo dalam satu jaringan adalah 8,62 A.

4.1.3 Perhitungan Rating Arus Fuse link pada Fuse Cut Out

Setelah mendapatkan nilai In trafo pada perhitungan sebelumnya, maka sekarang kita bisa menghitung besar arus *fuse link* untuk menentukan berapa besarnya rating arus yang terpasang di fuse cut out.

Besar In trafo yang sudah dihitung adalah 8,62 A, maka menurut SPLN,(64:1985) besarnya rating arus *fuse link* yang bisa digunakan sebagai pengaman jaringan dan trafo biasanya sekitar 1,1 s/d 1,2 x In trafo Sarimun,(2012:218). Maka besar rating arus *fuse link* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{In} &= 8,62 \text{ A} \\ \text{Rating arus} &= 1,1 \times \text{In} \\ &= 1,1 \times 8,62 \\ &= 9,48 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa besar rating arus adalah 9,02 A. untuk tipe *fuse link* yang dipakai oleh PT.PLN (Persero) Rayon Bangsri Jepara adalah tipe “cepat” atau tipe “K” maka *fuse link* yang digunakan pada jaringan sebagai berikut adalah fuse link tipe K dengan besar rating arus 10 A (karena dipasaran yang tersedia 10 A).

4.1.4 Perhitungan Tahanan Jaringan

Dalam menghitung besarnya arus gangguan yang terjadi dalam studi kasus ini, salah satu faktor pembagi dalam rumus yang digunakan nanti adalah faktor tahanan atau R. Tahanan yang terdapat di jaringan tergantung dari besarnya luas penampang kawat yang terdapat di jaringan tersebut. Objek yang menjadi studi kasus ini adalah jaringan tegangan rendah atau JTR di Desa Tubanan Jepara dengan luas

penampang kawat 70 mm² dengan panjang total tarikan kawat dari trafo sumber adalah 200 m.

Di bawah ini adalah data besar konstanta tahanan, reaktansi, dan KHA kabel menurut buku jaringan distribusi TR PUSDIKLAT BOGOR.

Tabel 4.1 Konstanta Tahanan, Reaktansi dan KHA Kabel Menurut buku pemeliharaan jaringan distribusi TR PUSDIKLAT BOGOR 1997.

Tabel 4.1 Data Konstanta Tahanan

Penampang Nominal	Tahanan	Reaktansi 50 Hz	Arus yang Diizinkan		
			20°C	30°C	40°C
mm ²	(ohm/km)	(ohm/km)	Amper	Amper	Amper
16	2,41	0,1	85	80	70
25	1,52	0,1	110	100	95
35	1,10	0,1	135	125	110
50	0,81	0,1	160	145	135
70	0,54	0,1	200	185	170

Tabel di atas adalah tabel yang menunjukkan katalog dari nilai tahanan, reaktansi dan kuat arus maksimum untuk tiap luas penampang dari suatu penghantar. Semakin besar ukuran luas penampang maka semakin kecil nilai tahanannya.

Satuan yang digunakan dalam menghitung besarnya tahanan jaringan adalah ohm/km, maka untuk menghitung harga tahanan jaringan JTR di lokasi studi kasus harus di konversikan terlebih dahulu ke dalam satuan km.

Titik kasus yang digunakan sebagai dasar perhitungan berada pada jarak 80 m dari trafo, maka bila di konversikan ke satuan km menjadi

$$\text{Jarak} = \frac{80}{1000} = 0,08 \text{ km}$$

Maka harga tahanan jaringan pada jarak 0,08 km adalah

$$\begin{aligned} R &= 0,08 \times 0,54 \text{ (nilai tahanan kawat jaringan)} \\ &= 0,0432 \Omega \end{aligned}$$

Sedangkan harga tahanan dari total panjang jaringan (200 m) adalah sebagai berikut.

$$\text{Jarak} = \frac{200}{1000} = 0,2 \text{ km}$$

Maka harga tahanan pada jarak 0,2 km adalah

$$\begin{aligned} R &= 0,2 \times 0,54 \text{ (nilai tahanan kawat jaringan)} \\ &= 0,108 \Omega \end{aligned}$$

4.1.5 Perhitungan Batas Ketahanan Trafo

Batas ketahanan trafo adalah suatu batas ketahanan yang dimiliki oleh trafo terhadap gangguan yang terjadi pada diri trafo dan gangguan yang masuk ke dalam trafo tersebut. Menurut sarimun,(2012:225) batas ketahanan trafo memiliki ketentuan sebagai berikut.

2 x In selama 300 detik.....	beban lebih, arus Hs JTR
4,75 x In selama 60 detik.....	beban lebih, arus Hs JTR
6,7 x In selama 30 detik.....	beban lebih, arus Hs JTR
11,3 x In selama 10 detik.....	beban lebih, arus Hs JTR
25 x In selama 2 detik.....	Hubung singkat pada trafo
$I_2 t = i.250$	Hubung singkat pada trafo

Dapat dilihat pada ketentuan yang terdapat pada ketentuan di atas, bahwa trafo memiliki batas ketahanan trafo dari arus lebih akibat hubung singkat yang terjadi di jaringan tegangan rendah. Berikut adalah hasil perhitungan berdasarkan ketentuan di atas.

Nilai In trafo (sisi sekunder trafo), pada studi kasus diambil trafo yang terkena gangguan adalah trafo dengan daya 50 KVA, maka harga In (sisi sekunder) nya adalah

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = \frac{S}{v}$$

$$I = \frac{50000}{220} = 227 \text{ A}$$

Jadi In (sisi sekunder) untuk satu trafo dengan daya 50 KVA adalah sebesar 227 A.

Lalu dimasukkan dalam ketentuan di atas

1. $2 \times 227 = 454 \text{ A}$ trafo dapat bertahan selama 300 detik
2. $4,75 \times 227 = 1079,54 \text{ A}$ trafo dapat bertahan selama 60 detik
3. $6,7 \times 227 = 1520,9 \text{ A}$ trafo dapat bertahan selama 30 detik
4. $11,3 \times 227 = 2565,1 \text{ A}$ trafo dapat bertahan selama 10 detik
5. $25 \times 227 = 5500 \text{ A}$ trafo dapat bertahan selama 2 detik

4.1.6 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Setelah mendapatkan hasil-hasil perhitungan di atas maka langkah selanjutnya adalah menghitung berapa besar arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada peristiwa tanggal 20 november 2018 silam. Lokasi kejadian berada di Desa Tubanan Jepara dengan gambar lokasi terlampir.

Perhitungan gangguan hubung singkat yang akan dihitung adalah gangguan hubung singkat fasa-fasa pada jarak 80 meter dari trafo.



Gambar 4.1 Lokasi Terjadinya Hubung Singkat

Rumus hubung singkat fasa-fasa

$$I_{hs\ ff} = \frac{1,1 \sqrt{3} V}{2R}$$

1. Besar hubung singkat yang terjadi pada jarak 80 m

$$R = 0,0432 \Omega$$

$$I_{hs\ ff} = \frac{1,1 \sqrt{3} 220}{2 \cdot 0,0432} = \frac{419,15}{0,0864} = 4851,273 \text{ A}$$

4.2 Pembahasan

Setelah menyelesaikan semua perhitungan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis dari hasil perhitungan. Hasil tersebut dilakukan perbandingan dan di analisis pengaruh ukuran *fuselink* dalam mengatasi gangguan hubung singkat.

4.2.1 Membandingkan Besarnya Arus Gangguan Hubung Singkat JTR dengan Batas Ketahanan Trafo.

Setelah mendapatkan nilai perhitungan-perhitungan di atas, maka selanjutnya adalah membandingkan antara besarnya arus gangguan hubung singkat yang terjadi dengan batas ketahanan trafo yang sudah dihitung. Perbandingan ini dilakukan dengan tujuan untuk

mengetahui apa yang menyebabkan trafo yang ada di lokasi menjadi rusak dan tidak bisa digunakan lagi.

Trafo yang terpasang bisa menjadi rusak bilamana arus gangguan yang masuk besarnya melebihi dari batas ketahanan yang mampu ditahan oleh trafo :

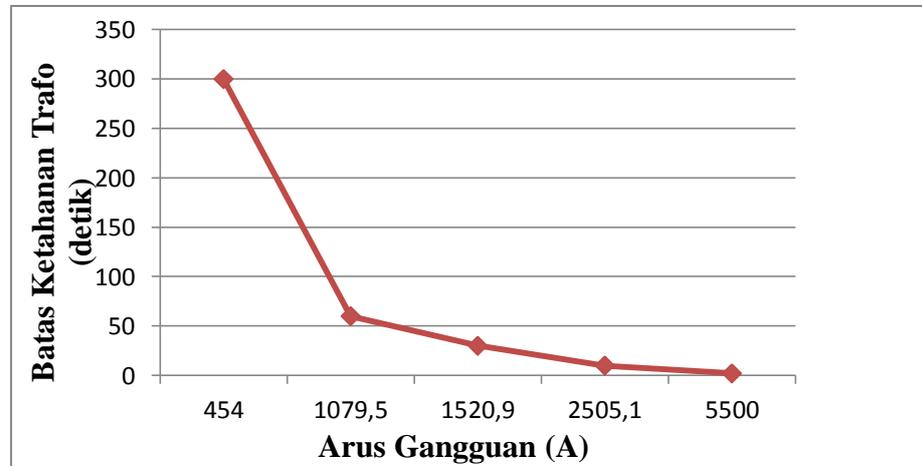
I Gangguan > Batas Ketahanan Trafo = Trafo Rusak

Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Arus Gangguan dan Batas Ketahanan Trafo.

Batas Ketahanan Trafo Terhadap Hubung Singkat JTR (faktor pengali x In)	Arus (A)	Waktu Bertahan (S)
2 x 4,3	454	300
4,75 x 4,3	1079,54	60
6,7 x 4,3	1520,9	30
11,3 x 4,3	2,505,1	10
25 x 227	5500	2

Tabel di atas adalah tabel yang menunjukkan perbandingan arus gangguan dan batas ketahanan trafo dari batas ketahanan trafo terhadap hubung singkat, kuat arusnya semakin kecil maka waktu bertahannya akan semakin lama jika kuat arusnya semakin besar maka waktu bertahannya akan semakin sedikit.

Berikut perbandingannya



Gambar 4.2. Grafik Besarnya Arus Gangguan Hubung Singkat JTR Dengan Batas Ketahanan Trafo.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kurvanya cenderung semakin menurun. Semakin kecil arus maka waktunya akan semakin lama jika semakin besar arus maka waktunya akan semakin sedikit. Maka besar hubung singkat yang terjadi pada jarak 80 m adalah 4851,273. Dibandingkan dengan batas ketahanan trafo yang ada maka besarnya arus gangguan ini tidak mustahil jika membuat trafo yang mengalami gangguan hubung singkat.

Perhitungan di bawah ini berdasarkan panjang jaringan yang ada di lokasi studi kasus. Total jaringan tegangan rendah yang ada adalah 200 m.

1. Jarak 40 m

$$\text{Jarak} = \frac{40}{1000} = 0,04 \text{ km}$$

Maka harga tahanan jaringan pada jarak 0,04 km adalah

$$R = 0,04 \times 0,54$$

$$= 0,0216 \Omega$$

Maka, besar hubung singkatnya adalah

$$I_{hs\ ff} = \frac{1,1 \sqrt{3} V}{2R}$$

$$I_{hs\ ff} = \frac{1,1 \sqrt{3} 220}{2 \cdot 0,0216} = \frac{419,15}{0,0432} = 9702,54 \text{ A}$$

2. Jarak 80 m

$$\text{Jarak} = \frac{80}{1000} = 0,08 \text{ km}$$

Maka harga tahanan jaringan pada jarak 0,08 km adalah

$$R = 0,08 \times 0,54 \\ = 0,0432 \Omega$$

Maka, besar hubung singkatnya adalah

$$I_{hs\ ff} = \frac{1,1 \sqrt{3} V}{2R}$$

$$I_{hs\ ff} = \frac{1,1 \sqrt{3} 220}{2 \cdot 0,0432} = \frac{419,15}{0,0864} = 4851,3 \text{ A}$$

3. Jarak 120 m

$$\text{Jarak} = \frac{120}{1000} = 0,12 \text{ km}$$

Maka harga tahanan jaringan pada jarak 0,12 km adalah

$$R = 0,12 \times 0,54 \\ = 0,0648 \Omega$$

Maka, besar hubung singkatnya adalah

$$I_{hs\ ff} = \frac{1,1 \sqrt{3} V}{2R}$$

$$I_{hs\ ff} = \frac{1,1 \sqrt{3} 220}{2 \cdot 0,0648} = \frac{419,15}{0,1296} = 3234,18 \text{ A}$$

4. Jarak 160 m

$$\text{Jarak} = \frac{160}{1000} = 0,16 \text{ km}$$

Maka harga tahanan jaringan pada jarak 0,16 km adalah

$$\begin{aligned} R &= 0,16 \times 0,54 \\ &= 0,0864 \Omega \end{aligned}$$

Maka, besar hubung singkatnya adalah

$$I_{hs \text{ ff}} = \frac{1,1 \sqrt{3} V}{2R}$$

$$I_{hs \text{ ff}} = \frac{1,1 \sqrt{3} 220}{2 \cdot 0,0864} = \frac{419,15}{0,1728} = 2425,63 \text{ A}$$

5. Jarak 200 m

$$\text{Jarak} = \frac{200}{1000} = 0,2 \text{ km}$$

Maka harga tahanan jaringan pada jarak 0,2 km adalah

$$\begin{aligned} R &= 0,2 \times 0,54 \\ &= 0,108 \Omega \end{aligned}$$

Maka, besar hubung singkatnya adalah

$$I_{hs \text{ ff}} = \frac{1,1 \sqrt{3} V}{2R}$$

$$I_{hs \text{ ff}} = \frac{1,1 \sqrt{3} 220}{2 \cdot 0,108} = \frac{419,15}{0,216} = 1940,5 \text{ A}$$

Pada grafik di bawah ini dijelaskan bahwa dapat diambil kesimpulan jika jarak terjadinya gangguan dapat mempengaruhi besarnya arus gangguan yang terjadi.

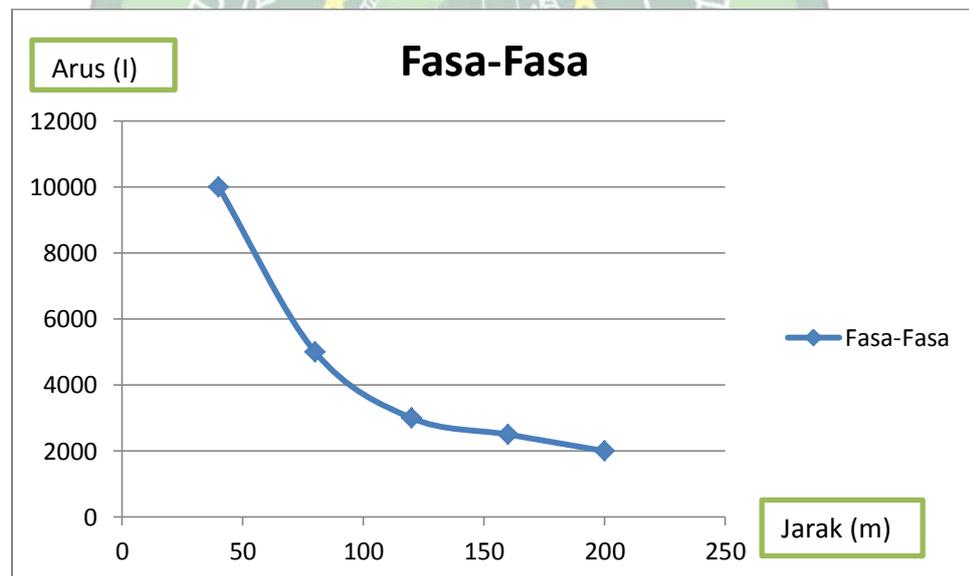
Kemudian untuk selanjutnya kita melihat grafik dari batas ketahanan trafo untuk membandingkan seberapa besar arus gangguan pada jarak 80 m sehingga dapat menyebabkan trafo yang ada menjadi rusak.

Di bawah ini adalah grafik dan tabel perhitungan arus hubung singkat fasa-fasa per 40 m dan grafik batas ketahanan trafo berdasarkan perhitungan sebelumnya.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Fasa-Fasa per 40 m.

Arus (I)	Jarak (m)
10000	40
5000	80
3000	120
2500	160
2000	200

Tabel di atas adalah tabel yang menunjukkan perbandingan bahwa arus gangguan yang terjadi pada jarak 80 m menghasilkan arus gangguan sebesar 4851,3 A . Dengan dibandingkan dengan jarak 40 m menghasilkan arus sebesar 9702,54 A. Hal tersebut menunjukkan bahwa jarak gangguan berbanding terbalik terhadap besar arus gangguan. Semakin dekat maka jaraknya maka semakin besar arus gangguan yang terjadi akan semakin besar.



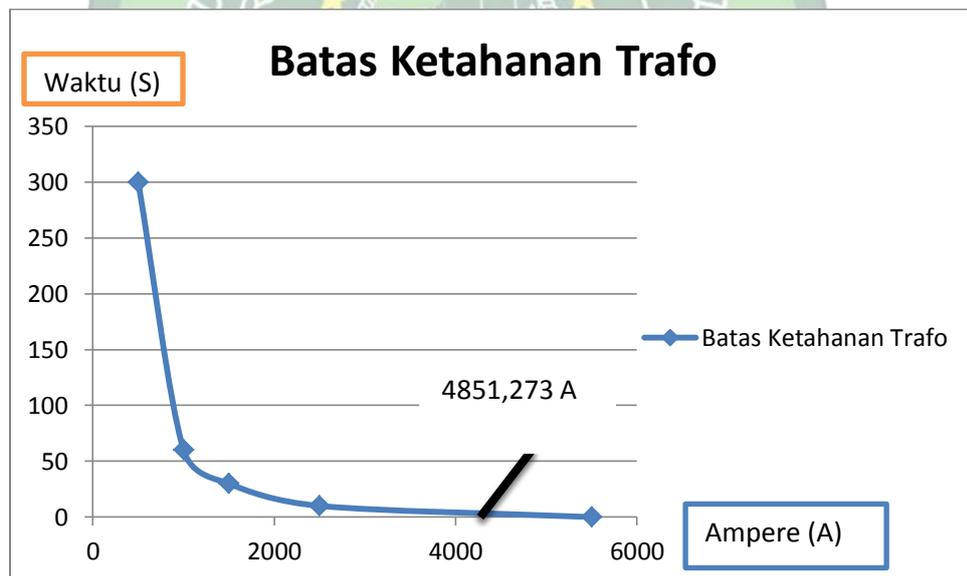
Gambar 4.3. Grafik Perhitungan Arus Hubung Singkat Fasa-Fasa per 40 m.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kurjanya cenderung semakin menurun. Hal tersebut menunjukkan bahwa jarak gangguan berbanding terbalik terhadap besar arus gangguan. Semakin dekat jaraknya maka besar arus gangguan yang terjadi akan semakin besar dan semakin jauh jarak maka arus gangguan semakin kecil.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Batas Ketahanan Trafo

Waktu (S)	Ampere (A)
300	500
60	1000
30	1500
10	2500
0	5500

Tabel di atas adalah tabel yang menunjukkan perbandingan arus gangguan yang terjadi pada gangguan hubung singkat dengan besar arus gangguan tersebut adalah 4851,273 A. Dengan dibandingkan batas ketahanan trafo yang ada, besarnya arus gangguan ini tidak mustahil jika membuat trafo yang mengalami kerusakan dalam waktu yang sangat cepat sekali sehingga trafo tersebut tidak bisa digunakan lagi. Dan inilah yang menyebabkan trafo tersebut mengalami kerusakan.



Gambar 4.4. Grafik Batas Ketahanan Trafo

Dapat dilihat dari perbandingan (gambar 4.2 dan 4.3) bahwa arus gangguan yang terjadi pada jarak 80 m menghasilkan arus gangguan/arus lebih yang sangat besar sekali. Besar dari arus gangguan tersebut adalah 4851,273 A. dengan dibandingkan dengan batas ketahanan trafo yang ada, besarnya arus gangguan ini tidak mustahil

jika membuat trafo yang mengalami gangguan hubung singkat tersebut langsung mengalami kerusakan dalam waktu yang sangat cepat sekali sehingga trafo tersebut tidak bisa digunakan lagi. Dapat dilihat bahwa saat terjadi gangguan dengan besar arus gangguan mencapai 4851,273, Nampak pada grafik jika batas ketahanan trafo hanya mampu menahan gangguan tersebut selama hampir mendekati nol. Itu artinya saat terjadi kejadian pada saat itu trafo dengan waktu yang cepat sekali sudah tidak mampu menahan besarnya arus gangguan yang ada. Kenapa hal ini bisa terjadi, karena bisa jadi breakePr trafo dari trafo EBT yang sudah tua ini tidak mampu lagi dalam memutus arus gangguan. Oleh karena itu arus gangguan yang terjadi langsung dirasakan oleh trafo. Dan inilah yang menyebabkan trafo tersebut rusak karena

I Gangguan > Batas Ketahanan Trafo = Trafo Rusak

Berikut adalah gambar trafo yang rusak dari lokasi setelah kejadian



Gambar 4.5 Trafo yang rusak

Nampak pada gambar adalah trafo EBT yang mengalami kerusakan akibat hubung singkat yang terjadi. Trafo tersebut memang sudah tua saat mengalami gangguan hubung singkat. Maka dengan salah satu faktor inilah trafo tersebut tidak mampu lagi dalam menahan arus lebih dari gangguan hubung singkat yang terjadi. Terbukti efek kerusakan dari trafo tersebut salah satu bushing sekunder mengalami kerusakan.

4.2.2 Membandingkan Besarnya Arus Gangguan Hubung Singkat JTR dengan Rating Arus Fuse link

Berdasarkan data-data yang sudah didapat di atas. Kali ini pembahasan akan membahas data tersebut dengan membandingkan besarnya arus hubung singkat dengan rating arus fuse link terpasang pada fuse cut out yang terpasang.

Data-data untuk perbandingan adalah sebagai berikut :

1. I gangguan hubung singkat jarak 80 m = 4851,273 A
2. Besarnya rating arus pada jaringan tersebut
 - a. Di dapat dari total In trafo total (sisi primer) = 8,62 A
 - b. Besar rating arus fuse link berdasarkan perhitungan = 9,02 A
 - c. Rating fuse link terpasang di fuse cut out = 10 A

Setelah mendapatkan data-data diatas maka selanjutnya adalah membandingkan data tersebut menggunakan grafik yang sudah didapat dalam melakukan pengamatan, sehingga dengan membandingkan data-data tersebut dapat diketemukan jawaban bagaimana fuse cut out bisa berfungsi sebagaimana mestinya sebagai pengaman trafo dan memutus arus gangguan dengan tuntas.

Dengan melihat perbandingan melalui gambar grafik di atas. Dapat kita lihat bahwa gangguan sebesar 4851,273 A yang ditunjukkan dengan panah berwarna hitam menunjukkan pada posisi waktu busur pelebur fuse link 10 A. Posisi tersebut ditandai oleh tanda titik berwarna merah yang tepat berada di posisi busur tersebut. Dan posisi titik merah tersebut sejajar dengan kurva waktunya selama dibawah 0.1 detik. Itu berarti bahwa arus gangguan sebesar 4851,273 A berhasil diputus maksimum dengan tuntas dengan putusnya fuse link dengan kapasitas 10 A dalam waktu pemutusan selama 0,1 detik.