

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Tahanan Isolasi

Pada pengujian tahanan isolasi pada saluran kabel bawah tanah yang terhubung ke Gardu Induk Gejayan 150 kV ini menguji *Anti Corrosion Covering* yang didalamnya terdapat dua komponen yang diuji coba yaitu tahanan isolasi pada kabel dan tahanan isolasi pada *arrester*. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur satu persatu pada *joint box* sehingga didapatkan hasil yang akurat untuk mendapatkan nilai tahanan isolasi pada setiap komponen tersebut. Dan pada setiap *joint box* sendiri memiliki hasil tahanan isolasi yang berbeda beda dan pada saluran kabel bawah tanah tegangan tinggi yang menghubungkan antara GI Gejayan 150 kv dan GI Kentungan 150 kV. Pada saluran ini sendiri memiliki 10 joint box (8 dengan system *crossbonding* dan 2 dengan system *solidbonding*) dan 1 *stop joint*, *stop joint* ini sendiri letaknya ditengah – tengah pada saluran kabel bawah tegangan tinggi yang menghubungkan antara Gardu Induk Gejayan dan Gardu Induk Kentungan.

Pada saat pemeliharaan rutin saluran kabel bawah tanah yang menghubungkan Gardu Induk Kentungan dan gardu Induk Gejayan dilakukan beberapa macam pengukuran dan pegukuran tersebut dilakukan guna untuk dapat menlai dari kierja komponen tersebut apakah masih ayak digunakan atau harus dilakukan pergantian. Pengukuran tahanan isolasi kabel dan tahanan isolasi *arrester* dilakukan dengan menggunakan alat bernama megger, dan pada pengukuran tersebut menghasilkan data sebagai pada tabel 4.1 sampai dengan tabel4.

a. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi kabel dan *arrester* pada *Joint Box* 1

Tabel 4.1 Hasil pengukuran tahanan isolasi kabel *joint box* 1

PHASA R (M Ω)		PHASA S (M Ω)		PHASA T (M Ω)		Standar PUIL (M Ω)
Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	≥ 1
3,5	3,3	3,9	5,1	5,1	8,6	

Pada pengukuran tahanan isolasi kabel di *joint box* 1 ini dengan menggunakan skala *megger* 1 kV didapatkan hasil seperti tabel 4.1. Dengan hasil pada fasa R arah *joint box* depan 3,5 M Ω dan arah *joint box* belakang 3,3 M Ω , pada fasa S arah *joint box* depan 3,9 M Ω dan arah *joint box* belakang 5,1 M Ω , dan pada fasa T arah *joint box* depan 5,1 M Ω dan arah *joint box* belakang 8,6 M Ω . Dari hasil pengukuran tahanan isolasi kabel pada *joint box* 1 dapat dilihat bahwa kondisi *Anti Corrosion Covering* ini dalam kondisi baik dikarenakan semua nilai tahanan isolasi pada kabel lebih dari 1 M Ω , yang berarti sudah melebihi nilai standar yang ada yaitu nilai yang mengacu pada PUIL tahun 2011 dan hal ini menandakan komponen ini masih dapat bekerja secara optimal. Dikarenakan jika tahanan isolasi itu semakin tinggi nilainya maka akan semakin baik juga nilai tahanan isolasinya.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran tahanan isolasi *arrester* pada *joint box* 1

Peralatan	PHASA R (M Ω)	PHASA S (M Ω)	PHASA T (M Ω)	Standar PUIL (M Ω)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Megger</i>	78,5	213	274	≥ 1

Pada pengukuran tahanan isolasi *arrester* pada *joint box* 1 menggunakan *megger* dengan skala 1 kV didapatkan hasil seperti tabel 4.2. Dengan hasil fasa R sebesar 78,5 M Ω , fasa S sebesar 213 M Ω dan fasa T sebesar 274 M Ω . Dari hasil pengukuran tahanan isolasi lightning *arrester* pada *joint box* 1 ini kondisi *arrester* bekerja dengan baik karena pada fasa R, fasa S dan fasa T sudah melampaui batas standar minimal yang telah ditentukan yaitu sebesar 1 M Ω , hal ini menandakan bahwa nilai dari tahanan isolasi *arrester* telah melebihi nilai standar dari PUIL tahun 2011 yang berate kinerja dari tahanan isoalasi pada *arrester* masih dapat untuk digunakan dan dalam kondisi baik.

b. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi kabel dan *arrester* pada *joint box* 2

Tabel 4.3 Hasil pengukuran tahanan isolasi kabel pada *joint box* 2

PHASA R (M Ω)		PHASA S (M Ω)		PHASA T (M Ω)		Standar PUIL
Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	
9	3,5	12,3	3,9	7,6	5,1	≥ 1

Pada pengukuran tahanan isolasi kabel pada *joint box* 2 menggunakan *megger* dengan skala 1 kV didapatkan hasil seperti tabel 4.3. Dengan hasil pada fasa R arah *joint box* depan 9 M Ω dan arah *joint box* belakang 3,5 M Ω , fasa S arah *joint box* depan 12,3 M Ω dan arah *joint box* belakang 3,9 M Ω , fasa T arah *joint box* depan 7,6 dan arah *joint box* belakang 5,1 M Ω . Dari hasil pengukuran pada tabel diatas kondisi dari tahanan isolasinya masih bisa dikatakan baik karena nilai tahanan isolasi yang didapatkan lebih dari 1 M Ω ,hal ini berarti kabel memiliki tahanan isolasi yang sudah melebihi dari standar yang telah ada yaitu standar yang digunakan adalah PUIL tahun 2011. Dapat dilihat pada tabel 4.3 bahwa tahanan isolasi kabel pada semua fasa memiliki nilai tahanan isolasi yang baik.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran tahanan isolasi pada *joint box 2*

Peralatan	PHASA R (MΩ)	PHASA S (MΩ)	PHASA T (MΩ)	Standar PUIL (MΩ)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
Megger	365	28,7	513	≥ 1

Pada pengukuran tahanan isolasi *arrester* pada *joint box 2* menggunakan alat pengukur *megger* dengan skala 1 kV didapatkan hasil seperti tabel 4.4. Dengan hasil pada fasa R sebesar 365 MΩ, fasa S sebesar 28,7 MΩ dan fasa T sebesar 513 MΩ. Dari hasil pengukuran tahanan isolasi pada *arrester* pada *joint box 2* ini kinerja dari tahanan isolasinya masih dalam kondisi baik, hal ini dapat dilihat dari semua fasa yang ada nilai dari tahanan isolasinya masih lebih dari 1MΩ. Hal ini dapat dijadikan acuan bahwa *arreste* masih dalam kondisi baik karena nilai tahanan isolasinya masih diatas standar PUIL tahun 2011 yang telah menjadi standar di Indonesia.

c. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi kabel dan *arrester* pada *joint box 3*

Tabel 4.5 Hasil pengukuran tahanan isolasi kabel pada *joint box 3*

PHASA R (MΩ)		PHASA S (MΩ)		PHASA T (MΩ)		Standar PUIL (MΩ)
<i>Arah Joint Box Depan</i>	<i>Arah Joint box Belakang</i>	<i>Arah Joint Box Depan</i>	<i>Arah Joint box Belakang</i>	<i>Arah Joint Box Depan</i>	<i>Arah Joint box Belakang</i>	
11,4	9,2	7,5	8,8	5,8	11	≥ 1

Pada pengukuran tahanan isolasi kabel pada *joint box 3* menggunakan *megger* dengan skala 1 kV didapatkan hasil seperti pada tabel 4.5. Dengan hasil tahanan isolasi pada fasa R arah *joint box* depan 11,4 MΩ dan arah *joint box* belakang 9,2 MΩ, fasa S arah *joint box* depan 7,5 MΩ dan arah *joint box* belakang

memiliki tahanan isolasi sebesar 8,8 M Ω , fasa T arah *joint box* depan memiliki tahanan isolasi sebesar 5,8 dan arah *joint box* belakang memiliki tahanan isolasi sebesar 11 M Ω . Dari semua fasa yang nilai tahanan isolasinya diukur pada semua memiliki nilai tahanan isolasi lebih dari 1 M Ω , hal ini menandakan bahwa kabel telah melebihi dari batas minimal standar PUIL yang telah ditentukan. Dan dari hasil pengukuran tersebut bahwa kondisi isolasi kabel pada *joint box* 3 dalam keadaan baik.

Tabel 4.6 Hasil pengukuran tahanan isolasi *arrester* pada *joint box* 3

Peralatan	PHASA R (M Ω)	PHASA S (M Ω)	PHASA T (M Ω)	Standar PUIL (M Ω)
	Joint Box	Joint Box	Joint Box	
Megger	592	361	525	≥ 1

Pada pengukuran tahanan isolasi *arrester* pada *joint box* 3 menggunakan megger dengan skala 1 kV didapatkan hasil seperti tabel 4.6. Dengan hasil pada fasa R memiliki tahanan isolasi sebesar 592 M Ω , fasa S memiliki tahanan isolasi sebesar 361 dan pada fasa T memiliki tahanan isolasi sebesar 525 M Ω . Dari jhasil pengukuran pada *joint box* 3 ini kondisi tahanan isolasi *arrester* bekerja dengan baik karena pada semua fasa memiliki tahanan isolasi di atas standar yang telah ditetapkan yaitu 1 M Ω , yang dimana nilai tersbut menjadi standar PUIL yang telah ditetapkan sebagai standar yang ada.

d. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi kabel dan *arrester* pada *joint box* 4Tabel 4.7 Hasil pengukuran tahanan isolasi kabel pada *joint box* 4

PHASA R (M Ω)		PHASA S (M Ω)		PHASA T (M Ω)		Standar PUIL (M Ω)
Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	Arah <i>Joint Box</i> Depan	Arah <i>Joint box</i> Belakang	
NA	11,4	NA	7,5	NA	5,8	≥ 1

Pada pengukuran tahanan isolasi kabel pada *joint box* 4 dengan menggunakan *megger* dengan skala 1 kV didapatkan seperti pada tabel 4.7. Dengan hasil pada fasa R arah *joint box* belakang memiliki tahanan isolasi sebesar 11,4 M Ω , fasa S arah *joint box* belakang memiliki tahanan isolasi sebesar 7,5 M Ω dan pada fasa T arah *joint box* belakang memiliki nilai tahanan isolasi sebesar 5,8 M Ω . Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan dari semua fasa memiliki nilai tahanan isolasi yang cukup baik karena hasilnya lebih dari 1 M Ω , yang nilai tersebut merupakan standar yang telah ditetapkan yaitu standar menggunakan PUIL tahun 2011 Dan pada *joint box* ini tidak terdapat nilai tahanan isolasi pada arah *joint box* depan pada semua fasa karena setelah *joint box* 4 ini merupakan *stop joint* yang ketika pemeliharaan hanya diukur atau dilihat tekanan minyaknya.

Tabel 4.8 Hasil pengukuran tahanan isolasi *arrester* pada *joint box* 4

Peralatan	PHASA R (M Ω)	PHASA S (M Ω)	PHASA T (M Ω)	Standar PUIL (M Ω)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
Megger	234	421	196	≥ 1

Pada pengukuran tahanan isolasi *arrester* pada *joint box* 4 ini menggunakan *megger* dengan skala 1 kV didapatkan hasil seperti tabel 4.8. Pada fasa R memiliki

nilai tahanan isolasi sebesar 234 M Ω , fasa S memiliki nilai tahanan isolasi sebesar 421 M Ω dan pada fasa T memiliki nilai tahanan isolasi sebesar 196 M Ω . Dari semua fasa tersebut telah memenuhi standar PUIL yang telah ditetapkan yaitu lebih besar 1 M Ω , karena semakin besar nilai tahanan isolasi maka akan semakin baik.

4.2 Pengujian Arus Bocor

Pada pengujian arus bocor pada saluran kabel bawah tanah yang terhubung pada Gardu Induk Gejayan 150 kV ini mengukur arus bocor pada *cable covering protection unit (CCPU)* yang didalamnya terdapat komponen yang di uji coba yaitu arus bocor pada *arresster*. Pengukuran dilakukan dengan cara yang sama ketika mengukur tahanan isolasi saluran kabel bawah tanah yaitu dengan mengukur satu persatu *joint box* sehingga dapat dihasilkan nilai arus bocor yang akurat pada setiap *joint box*. Dan pada setiap *joint box* memiliki besaran nilai arus bocor yang berbeda beda karena arus bocor sendiri dipengaruhi oleh banyak faktor. Dan pada pembahasan kali ini akan dibahas tentang performa dari *Cable Covering Protection Unit*, dan cara mengukur performa dari *CCPU* ini adalah dengan membandingkan data hasil pengukuran pada saat pemeliharaan rutinnnya. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah data pemeliharaan tahun 2015 dan data pemeliharaan tahun 2017.

Pengukuran bearnya nominal arus bocor ini dilakukan dengan alat bernama *Bicco*. Terdapat dua pengukuran arus bocor yang dilakukan pada saat pemeliharaan dapat dilihat pada tabel 4.9 sampai dengan tabel 4.16:

1. Hasil pengukuran arus bocor *arresster* pada *Joint box 1*

Tabel 4.9 Hasil pengukuran arus bocor *arrester* di *joint box* 1 pada tahun 2015

Peralatan	PHASA R (mA)	PHASA S (mA)	PHASA T (mA)	Standar <i>IEC</i> (mA)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Bicco</i>	0,14	0,03	0,025	≤ 1

Tabel 4.10 Hasil pengukuran arus bocor *arrester* di *joint box* 1 pada tahun 2017

Peralatan	PHASA R (mA)	PHASA S (mA)	PHASA T (mA)	Standar <i>IEC</i> (mA)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Bicco</i>	0,38	0,39	0,16	≤ 1

Pada pengukuran arus bocor *arrester* pada *joint box* 1 pada pengukuran ini di injeksi dengan menggunakan tegangan 5 kV maka di dapat hasil seperti pada tabel 4.9 Dan 4.10. Pada tahun 2015 pada fasa R arus bocornya sebesar 0,14 mA, fasa S arus bocornya sebesar 0,03 mA, fasa T arus bocornya sebesar 0,025 mA dan data arus bocor pada tahun 2017 pada fasa R arus bocornya sebesar 0,38 mA, fasa S arus bocornya sebesar 0,39 mA, dan fasa T arus bocornya sebesar 0,16. Dari hasil pengukuran yang ada dapat dilihat bahwa pada setiap tahun atau seiring bertambahnya usia pada komponen ini maka akan terjadi pemburukan. Dari data diatas dapat kita lihat bahwa pada fasa R pada tahun 2015 arus bocor hanya sebesar 0,14 mA dan pada tahun 2017 arus bocornya meningkat hingga 0,38, hal ini diakibatkan karena pemburukan isolasi sehingga dapat menjadi salah satu penyebab kebocoran arus pada bahan isolasi tersebut. Pada semua fasa telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh *IEC* yaitu tidak lebih dari 1 mA.

2. Hasil Pengukuran Arus Bocor *arrester* pada *Joint Box* 2

Tabel 4.11 Hasil pengukuran arus bocor *arrester* di *joint box* 2 pada tahun 2015

Peralatan	PHASA R (mA)	PHASA S (mA)	PHASA T (mA)	Standar <i>IEC</i> (mA)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Bicco</i>	0,045	0,12	0,014	≤ 1

Tabel 4.12 Hasil pengukuran arus bocor *arrester* di *joint box* 2 pada tahun 2017

Peralatan	PHASA R (mA)	PHASA S (mA)	PHASA T (mA)	Standar <i>IEC</i> (mA)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Bicco</i>	0,15	0,06	0,045	≤ 1

Pada pengukuran besarnya nilai arus bocor *arrester* pada *joint box* 2 ini diinjeksi menggunakan tegangan 5 kV maka akan didapat seperti tabel 4.11 dan 4.12. Pada tahun 2015 pada fasa R nilai arus bocornya senilai 0,045 mA dan pada tahun 2017 pada fasa R nilai arus bocornya sebesar 0,15 mA hal ini dapat dinilai pada fasa R mengalami penurunan tahanan isolasi yang berakibat naiknya arus bocor. Pada fasa S di tahun 2015 arus bocornya sebesar 0,12 mA dan pada tahun 2017 mengalami penurunan arus bocor yaitu menjadi 0,06 mA. Pada fasa T pada tahun 2015 nilai arus bocornya 0,014 mA dan pada tahun 2017 meningkat menjadi 0,045 mA. Pada pengukuran di *joint box* 2 ini dapat dilihat bahwa semakin lama umur penggunaan dari komponen ini maka akan terjadi pemburukan. Pada seluruh fasa di *joint box* 2 ini memiliki nilai arus bocor yang telah memenuhi standar *IEC* yaitu maksimal 1 mA.

3. Hasil Pengukuran Arus Bocor *arrester* pada *Joint Box* 3

Tabel 4.13 Hasil pengukuran arus bocor *arrester* di *joint box* 3 pada tahun 2015

Peralatan	PHASA R (mA)	PHASA S (mA)	PHASA T (mA)	Standar <i>IEC</i> (mA)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Bicco</i>	0,01	0,16	0,012	≤ 1

Tabel 4.14 Hasil pengukuran arus bocor *arrester* di *joint box* 3 pada tahun 2017

Peralatan	PHASA R (mA)	PHASA S (mA)	PHASA T (mA)	Standar <i>IEC</i> (mA)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Bicco</i>	0,52	0,72	0,34	≤ 1

Pada pengukuran besarnya nilai arus bocor *arrester* di *joint box* 3 ini diinjeksi menggunakan tegangan 5 kV sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 4.13 dan 4.14. Pada tahun 2015 pada fasa R besar nilai dari arus bocor sebesar 0,01 mA dan pada tahun 2017 pada fasa R besarnya nilai arus bocor sebesar 0,52 mA, hal ini dapat dilihat bahwa pada fasa R mengalami kenaikan nilai arus bocor. Pada fasa S tahun 2015 besarnya nilai arus bocor sebesar 0,16 mA dan pada tahun 2017 besarnya nilai arus bocor pada fasa S sebesar 0,72 mA. Pada fasa T besarnya nilai arus bocor pada tahun 2015 sebesar 0,012 mA dan pada tahun 2017 besarnya nilai arus bocor sebesar 0,34 mA. Pada *joint box* 3 ini semua fasa *arrester* mengalami kenaikan besarnya arus bocor yang cukup tinggi dibanding dengan *joint box* lainnya. Pada *joint box* 3 di semua fasanya telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh *IEC* yaitu tidak melebihi dari 1 mA.

4. Hasil Pengukuran Arus Bocor *arrester* pada *Joint Box 4*Tabel 4.15 Hasil pengukuran arus bocor *arrester* di *joint box 4* pada tahun 2015

Peralatan	PHASA R (mA)	PHASA S (mA)	PHASA T (mA)	Standar <i>IEC</i> (mA)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Bicco</i>	0,02	0,013	0,028	≤ 1

Tabel 4.16 Hasil pengukuran arus bocor *arrester* di *joint box 4* pada tahun 2017

Peralatan	PHASA R (mA)	PHASA S (mA)	PHASA T (mA)	Standar <i>IEC</i> (mA)
	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	<i>Joint Box</i>	
<i>Bicco</i>	0,064	0,18	0,012	≤ 1

Pada Pengukuran nilai arus bocor pada *arrester* pada *joint box 4* dengan diinjeksi menggunakan tegangan 5 kV didapat hasil seperti table 4.15 dan 4.16. Pada fasa R tahun 2015 nilai arus bocornya sebesar 0,02 mA dan pada tahun 2017 besarnya nilai arus bocor pada fasa R sebesar 0,064 mA, hal ini menandakan bahwa *lightning arrester* pada fasa R mengalami kenaikan arus bocor. Pada fasa S tahun 2015 nilai arus bocornya sebesar 0,013 mA dan pada tahun 2017 mengalami kenaikan arus bocor sehingga pada fasa S tahun 2017 besarnya nilai arus bocor sebesar 0,18 mA. Pada fasa T tahun 2015 besarnya nilai arus bocor sebesar 0,028 mA dan pada tahun 2017 besarnya nilai arus bocor sebesar 0,012 mA. Pada semua fasa di *joint box 4* ini sudah memenuhi dari standar arus bocor yang ditetapkan oleh *IEC* yaitu tidak melebihi dari 1 mA.

4.3 Perhitungan Arus Bocor pada Kabel Bawah Tanah Menggunakan Metode Kegagalan Thermal

Pada perhitungan kali ini akan menggunakan metode perhitungan kegagalan thermal untuk mendapatkan nilai besarnya arus bocor yang ada pada kabel. Dengan menggunakan metode ini diharapkan mampu mendeteksi secara dini nilai arus bocor yang terdapat di isolasi agar dapat mencegah terjadinya kerusakan yang lebih serius pada bahan isolasi. Pada perhitungan arus bocor kabel menggunakan metode perhitungan kegagalan thermal yang hanya perlu mengamati suhu pada isolasi itu sendiri untuk mendapatkan besarnya nilai arus bocor dan berikut akan di jelaskan perhitungan besarnya arus bocor menggunakan metode perhitungan kegagalan thermal.

Untuk menentukan arus bocor pada *arrester* di setiap *joint box* terlebih dahulu harus menentukan nilai dari tegangan gagal thermal minimum dengan mempertimbangkan standar dari PUIL 2000 yaitu:

$$\text{Suhu dimana bahan gagal (Tm)} = 90^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Konduktivitas thermal (k)} = 380 \text{ J/m.s }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Konduktivitas listrik } (\sigma) = 10^6$$

$$V_{\min} = \int_{T_m}^{T_o} \left| \frac{(8 k)}{\sigma} \right| dt$$

$$V_{\min} = \int_{90}^{33} \left| \frac{(8 \cdot 380)}{10^6} \right| dt$$

$$V_{\min} = \int_{90}^{33} \left| \frac{(2880)}{10^6} \right| dt$$

$$V_{\min} = \int_{90}^{33} |0,0029| dt$$

$$V_{\min} = |(0,0029 \cdot 90)| - |(0,0029 \cdot 33)|$$

$$V_{\min} = 0,261 - 0,096$$

$$V_{\min} = 0,165 \text{ V}$$

Setelah mendapatkan nilai tegangan gagal thermal minimum pada fasa R *joint box* 1 yaitu sebesar 0,165 V, langkah selanjutnya menentukan resistansi panas dengan ketentuan sebagai berikut:

$$\text{Hambatan Jenis } (\rho) = 1,68 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{Panjang kawat (L)} = 500 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang (A)} = 240 \text{ mm} = 24 \cdot 10^{-3}$$

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

$$R = \frac{1,68 \cdot 10^{-6} \cdot 500}{24 \cdot 10^{-3}}$$

$$R = 0,00035 \Omega$$

Setelah menghitung tegangan gagal thermal minimum (V_m) dan tahanan penghantar kabel bawah tanah (R) yang didapatkan hasil sebesar $0,00035 \Omega$ selanjutnya bisa menentukan arus bocor yang terdapat pada kabel bawah tanah yang menghubungkan antara GI kentungan ke GI Gejayan, yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_b = \frac{Vm}{R}$$

$$I_b = \frac{0,165}{0.00035}$$

$$I_b = 471,42 \text{ A}$$

$$I_b = 0,47 \text{ mA}$$

Hasil diatas merupakan contoh perhitungan arus bocor pada kabel fasa R pada *joint box* 1 adalah 0,47 mA. Untuk dapat mendapatkan selisih antaa hasil pengujian dan dari hasil perhitungan maka kita perlu menghitung dengan cara berikut ini kita contohkan perbedaan besarnya arus bocor pada fasa T *joint box* 1:

$$\text{Selisih} = I_b \text{ perhitungan} - I_b \text{ Pengujian}$$

$$\text{Selisih} = 0,45 - 0,3$$

$$\text{Selisih} = 0,15 \text{ mA}$$

$$\text{Selisih (\%)} = \text{Hasil dalam bentuk decimal} \times 100$$

$$\text{Selisih (\%)} = 0,15 \times 100$$

$$\text{Selisih (\%)} = 15 \%$$

Jadi selisih nilai antara hasil perhitungan dengan hasil pengujian pada fasa T di *joint box* 1 sebesar 15 %

Untuk perhitungan arus bocor pada fasa lain maupun *joint box* lainnya dapat dilihat pada tabel 4.17:

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Menggunakan Metode Kegagalan Thermal

Joint Box	Suhu (°C)	Fasa	Perhitungan		Pengukuran Arus Bocor (I _b) (mA)	Selisih (%)
			Tegangan Gagal Thermal Min. (V _{min}) (v)	Arus Bocor (I _b) (mA)		
1	33	R	0,165	0,47	0,28	19
	31	S	0,171	0,49	0,36	13
	35	T	0,159	0,45	0,3	15
2	25	R	0,188	0,53	0,16	37
	23	S	0,194	0,55	0,008	54
	28	T	0,179	0,51	0,22	29
3	37	R	0,154	0,44	0,18	26
	34	S	0,162	0,46	0,14	32
	32	T	0,168	0,48	0,22	26
4	28	R	0,179	0,51	0,28	23
	29	S	0,176	0,5	0,3	20
	31	T	0,171	0,49	0,18	31

Dari melihat hasil tabel yang dihitung menggunakan metode perhitungan kegagalan thermal memiliki hasil yang berbeda dengan hasil pengukuran menggunakan alat dan pada perhitungan menggunakan metode kegagalan thermal memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan pada saat pengukuran di saat pemeliharaan rutin. Hal ini dapat terjadi karena data yang

digunakan pada metode perhitungan kegagalan thermal jaringan bekerja sesuai tegangan kerjanya yaitu dialiri tegangan sebesar 150 kV hal ini yang menjadi faktor utama suhu sekeliling atau suhu isolator menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan saat pengukuran di saat pemeliharaan rutin. Contohnya pada *joint box* 1 fasa T dari hasil menggunakan metode perhitungan kegagalan thermal arus bocornya sebesar 0,45 mA dan pada saat pengujian pada saat pemeliharaan rutin hanya sebesar 0,3 mA terdapat perbedaaan sebesar 0,15 mA dan hal ini juga terjadi pada fasa lain dan juga pada *joint box* lainnya.

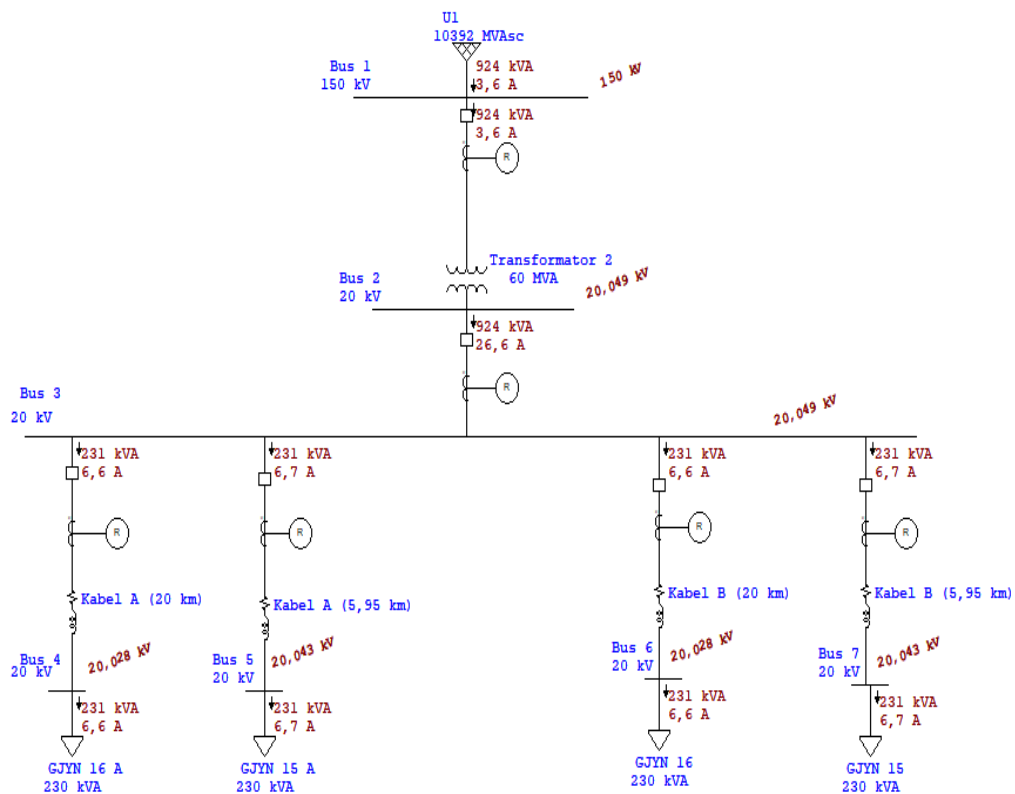
Dilakukannya perhitungan dengan menggunakan metode kegagalan thermal ini berfungsi untuk lebih memudahkan PLN atau pihak bersangkutan yang lainnya dalam proses perawatan dan pengecekan saluran kabel bawah tanah tegangan tinggi. Karena dengan menggunakan metode kegagalan thermal PLN hanya perlu mengetahui suhu yang terdapat di sekeliling dari isolasi itu untuk dapat melakukan perhitungan dengan metode kegagalan thermal. Hal ini akan lebih efisien dalam proses pemeliharaan dikarenakan tidak perlu membongkar komponen – komponen lainnya yang hal ini akan memakan biaya dan waktu yang lebih banyak. Salah satu faktor utama digunakannya perhitungan kegagalan thermal karena pada saat pengujian atau pengukuran menggunakan *megger* PLN harus mematikan jaringan tersebut hanya untuk melakukan pengujian terhadap kabel, hal ini sangat tidak efisien karena dengan hanya 1 kabel yang dapat menyalurkan arus ke beban, dan dengan hanya menggunakan satu jaringan kabel maka arus yang mengalir ke beban tidak dapat bekerja secara maksimal. Hal ini tentunya akan merugikan karena arus yang mengalir beban tidak dapat maksimal.

Hal ini tidak lantas dengan menggunakan perhitungan kegagalan thermal lantas PLN tidak melakukan pemeliharaan dan pengujian secara rutin besarnya nilai arus bocor yang terdapat pada kabel pada setiap *joint box*. Karena faktor yang menjadi penyebab arus bocor bukan hanya suhu saja melainkan banyak faktor yang dapat menyebabkan arus bocor karena pada perhitungan kegagalan thermal hanya mempertimbangkan suhu yang terdapat disekeliling isolasi kabel. Perhitungan kegagalan thermal ini digunakan untuk lebih sering dalam memantau kinerja dari

isolasi kabel, agar apabila terjadi kerusakan pada isolasi dapat dideteksi secara dini agar tidak merusak komponen lainnya yang terdapat pada saluran transmisi.

4.4 Simulasi Pengaruh Panjang Kabel dan Jenis Kabel Terhadap Besarnya Arus Hubung Singkat Menggunakan Aplikasi ETAP 12.6

4.4.1 Simulasi Dalam Keadaan Normal

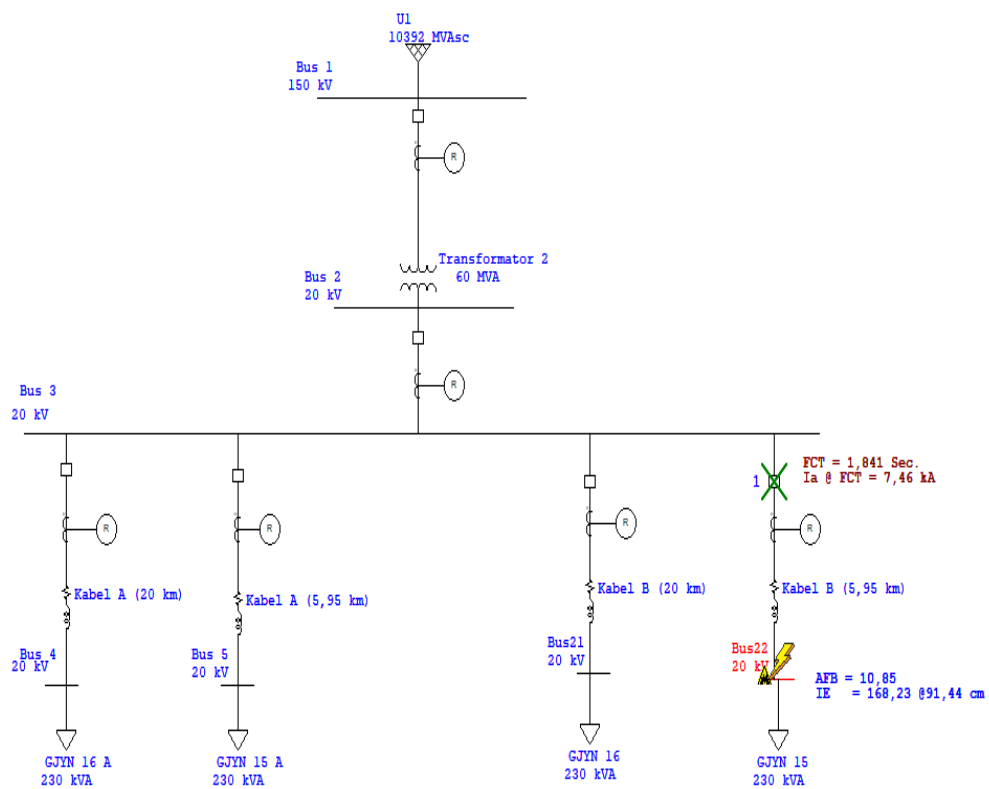


Gambar 4.1 Simulasi Arus Hubung Singkat dengan ETAP 12.6

Berdasarkan dengan simulasi pengaruh panjang kabel dan jenis kabel terhadap arus bocor dengan menggunakan software ETAP 12.6 untuk mengetahui kinerja dari performa kabel tersebut. Dan dalam keadaan simulasi tersebut untuk melihat daya yang menuju ke beban dan arus yang menuju ke beban dalam keadaan normal. Dalam keadaan normal kabel dapat mengalirkan arus sesuai standar yang

telah disediakan ataupun setting yang telah ditetapkan, dalam simulasi menggunakan ETAP 12.6 kabel bekerja secara optimal dan tidak terdapat gangguan.

4.4.2 Simulasi Ketika Terjadinya Hubung Singkat



Gambar 4.2 Simulasi Hubung Singkat Pada Kabel jenis B (5,95km)

Pada saat terjadinya hubung singkat pada setiap kabel yang memiliki spesifikasi dari panjang dan jenis yang berbeda maka juga akan menghasilkan arus hubung singkat yang terbaca pada relay akan berbeda juga. Hal ini dapat kita lihat pada tabel 4.18:

Tabel 4.18 Hasil Simulasi Pengaruh Panjang Kabel dan Jenis Kabel terhadap Hubung Singkat

Jenis Kabel	Panjang Kabel (km)	Arus Hubung Singkat (kA)	Waktu Relay Bekerja (Second)
A	5,95	7,34	0,69
	20	3,37	0,068
B	5,95	7,46	1,841
	20	3,44	0,69

Pada tabel 4.18 dapat diperhatikan bahwa ketika terjadi hubung singkat pada setiap kable yang memiliki spesifikasi yang berbeda beda, baik dari panjangnya maupun jenisnya. Dan bisa dilihat bahwa kabel yang memiliki jarak yang lebih panjang ketika terjadinya hubung singkat pada saluran tersebut maka arus hubung singkat yang terbaca akan lebih kecil, karena kabel sendiri memiliki resistansi yang dapat meredam arus hubung singkat tersebut sehingga semakin jauh terjadinya arus hubung singkat maka akan semakin besar juga arus yang dapat diredam oleh kabel tersebut dan hal ini akan berakibat dengan pembacaan arus hubung singkat yang terdapat pada relay dan pastinya arus hubung singkatnya akan semakin kecil. Hal ini akan terjadi sebaliknya jika kabel memiliki jarak yang pendek maka arus hubung singkat akan dekat dengan relay yang dimana kabel tidak dapat meredam banyak arus hubung singkat yang melewati jaringan tersbut dan arus hubung singkat yang terbaca pada relay akan besar. Dapat dilihat bahwa Kabel jenis A dengan panjang 5,95 kM arus hubung singkat yang terbaca pada relay yaitu 7,34 kA dan pada kabel yang sama dengan jarak yang berbeda yaitu dengan jarak 20 km arus hubung singkat yang terbaca pada relay adalah 3,34 kA, dapat dilihat bahwa perbedaan peredaman kabel dengan jenis yang sama tetapi memiliki panjang yang berbeda memiliki hasil pembacaan pada relay terhadap hubung singkat dapat berpengaruh juga terhadap hasilnya.

