

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini data yang diambil dari pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower SUTT 150 KV transmisi Bantul – Wates.

Data penelitian tersebut ialah :

##### 4.1.1 Pengukuran Hambatan pentanahan pada kaki tower tanpa arde SUTT 150 KV

Pengukuran ini dilakukan pada kaki tower atau pengukuran tower tanpa terhubung dengan sistem pentanahan sendiri. Jika suatu tower mempunyai pentanahan tambahan, maka kawat pentanahan tersebut harus dipisahkan dulu dari kaki tower dan arde kaki dengan cara membuka mur baut pada kaki tower tersebut.

Tabel 4.1. Hasil pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde kaki SUTT 150 KV Bantul- Wates.

No.	No. Tower	Hambatan Pentanahan Kaki Tower (Ohm)		Jenis Tanah
		2015	2016	
		1.	A1	
2.	A2	1,1	3,1	Tanah liat
3.	A3	2,7	18	Tanah ladang
4.	A4	4	3,1	Tanah liat
5.	D5	6	4,4	Tanah liat
6.	A6	0,9	17,9	Tanah rawa
7.	D7	1,8	56,5	Tanah rawa
8.	D8	1,2	1,3	Tanah ladang
9.	A9	0,9	3,33	Tanah rawa

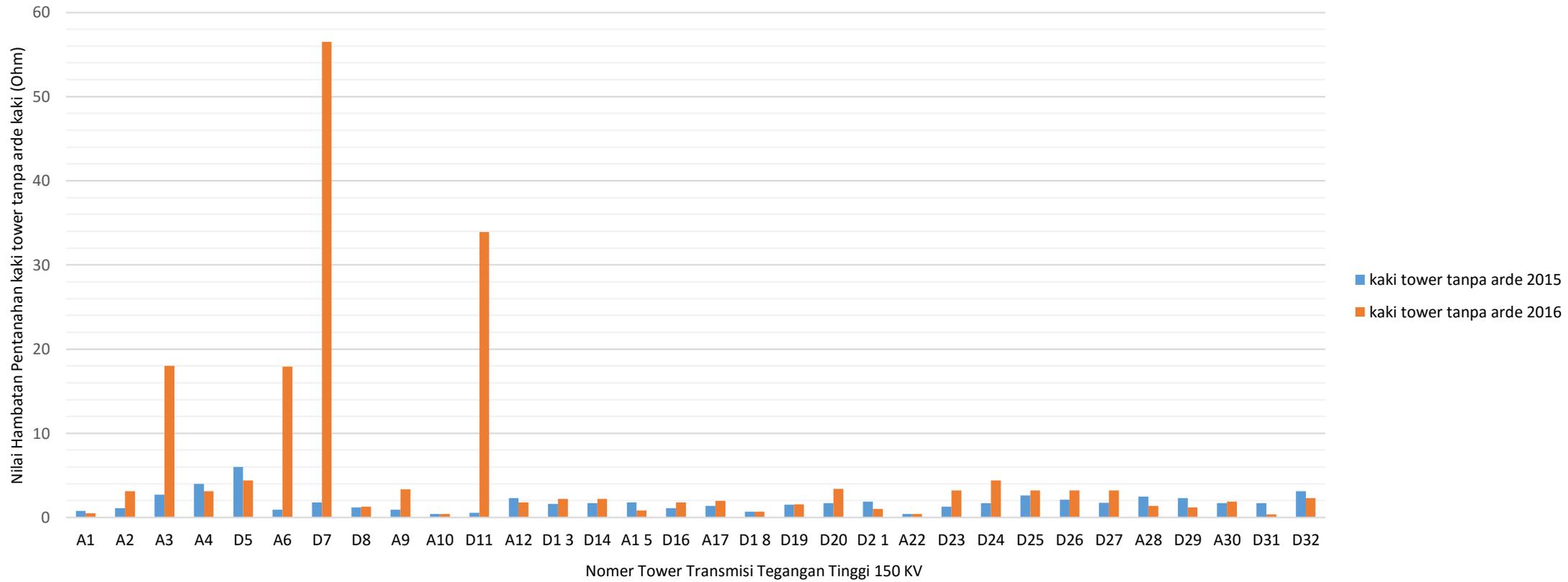
Lanjutan dari Hasil pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde  
kaki SUTT 150 KV Bantul- Wates.

No.	No. Tower	Hambatan Pentanahan Kaki		Jenis Tanah
		Tower (Ohm)		
		2015	2016	
10.	A10	0,4	0,4	Tanah rawa
11.	D11	0,57	33,9	Tanah rawa
12.	A12	2,3	1,8	Tanah ladang
13.	D1 3	1,6	2,2	Tanah ladang
14.	D14	1,7	2,2	Tanah ladang
15.	A1 5	1,8	0,85	Tanah ladang
16.	D16	1,1	1,8	Tanah ladang
17.	A17	1,4	1,98	Tanah liat
18.	D1 8	0,7	0,7	Tanah ladang
19.	D19	1,5	1,56	Tanah ladang
20.	D20	1,7	3,4	Tanah rawa
21.	D2 1	1,9	1,02	Tanah liat
22.	A22	0,4	0,4	Tanah liat
23.	D23	1,3	3,2	Tanah liat
24.	D24	1,7	4,4	Tanah rawa
25.	D25	2,6	3,2	Tanah rawa
26.	D26	2,1	3,2	Tanah rawa
27.	D27	1,76	3,2	Tanah liat
28.	A28	2,5	1,4	Tanah rawa
29.	D29	2,3	1,2	Tanah rawa
30.	A30	1,7	1,9	Tanah rawa
31.	D31	1,7	0,37	Tanah liat
32.	D32	3,1	2,3	Tanah liat

Keterangan :

A : jenis tower Aspen

D : jenis tower Dragh



Gambar 4.1. Grafik hasil pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde kaki 2015 dan 2016

#### 4.1.2 Pengukuran Hambatan pentanahan dengan kondisi arde kaki dilepas

Pengukuran ini dilakukan pada pantanahan arde kaki secara langsung.

Sistem pentanahan ini diukur dengan cara memisahkan dengan kaki tower untuk mendapatkan nilai dari Hambatan pentanahan.

Tabel 4.2. Hasil pengukuran Hambatan pentanahan arde kaki dilepas SUTT 150

KV Bantul – Wates.

No.	No. Tower	Hambatan Pentanahan Arde Kaki Tower (Ohm)								Jenis Tanah
		A		B		C		D		
		2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	
1.	A1	-	0,5	112	-	20,1	33,1	-	-	Tanah liat
2.	A2	1,8	3,1	-	-	1,8	22,5	-	-	Tanah liat
3.	A3	160	18	-	-	11	9,98	-	-	Tanah ladang
4.	A4	5	3,1	-	-	2,9	53,4	-	-	Tanah liat
5.	D5	1,5	4,4	-	-	1,4	19,1	-	-	Tanah liat
6.	A6	0,3	17,9	-	-	0,6	2,4	-	-	Tanah rawa
7.	D7	1,6	4,6	-	-	3,6	4,6	-	-	Tanah rawa
8.	D8	1,7	1,7	-	-	0,8	1,7	-	-	Tanah ladang
9.	A9	1,6	4,1	-	-	1,7	4,1	-	-	Tanah rawa
10.	A10	0,2	0,2	-	-	0,3	0,3	-	-	Tanah rawa
11.	D11	6	3,5	-	-	20,7	3,5	-	-	Tanah rawa/sawah
12.	A12	0,83	1,3	-	-	0,7	3,6	-	-	Tanah ladang
13.	D1 3	1,7	1,2	-	-	1,3	1,33	-	-	Tanah ladang
14.	D14	1,2	2,3	-	-	2,3	1,3	-	-	Tanah ladang
15.	A15	0,8	2,2	-	-	0,8	0,89	-	-	Tanah ladang
16.	D16	0,9	0,9	-	-	1,5	1,3	-	-	Tanahladang
17.	A17	0,9	1,3	-	-	1,6	1,15	-	-	Tanah liat
18.	D1 8	1,1	1,1	-	-	5	5	-	-	Tanah ladang
19.	D19	1,2	1,7	-	-	6	9,69	-	-	Tanah ladang
20.	D20	0,7	1,7	-	-	1,9	3,4	-	-	Tanah rawa
21.	D21	1,3	2,1	-	-	5	1	-	-	Tanah liat
22.	A22	4,5	5,6	-	-	1,4	0,5	-	-	Tanah ladang
23.	D23	3,4	9	-	-	0,8	1	-	-	Tanah ladang
24.	D24	0,5	1,8	-	-	0,9	1,2	-	-	Tanah rawa
25.	D25	0,4	1	-	-	2,1	1,5	-	-	Tanah rawa
26.	D26	1,6	0,8	-	-	1,4	0,9	-	-	Tanah rawa/sawah
27.	D27	0,3	1	-	-	0,25	0,4	-	-	Tanah ladang

Lanjutan dari Hasil pengukuran Hambatan pentanahan arde kaki dilepas SUTT

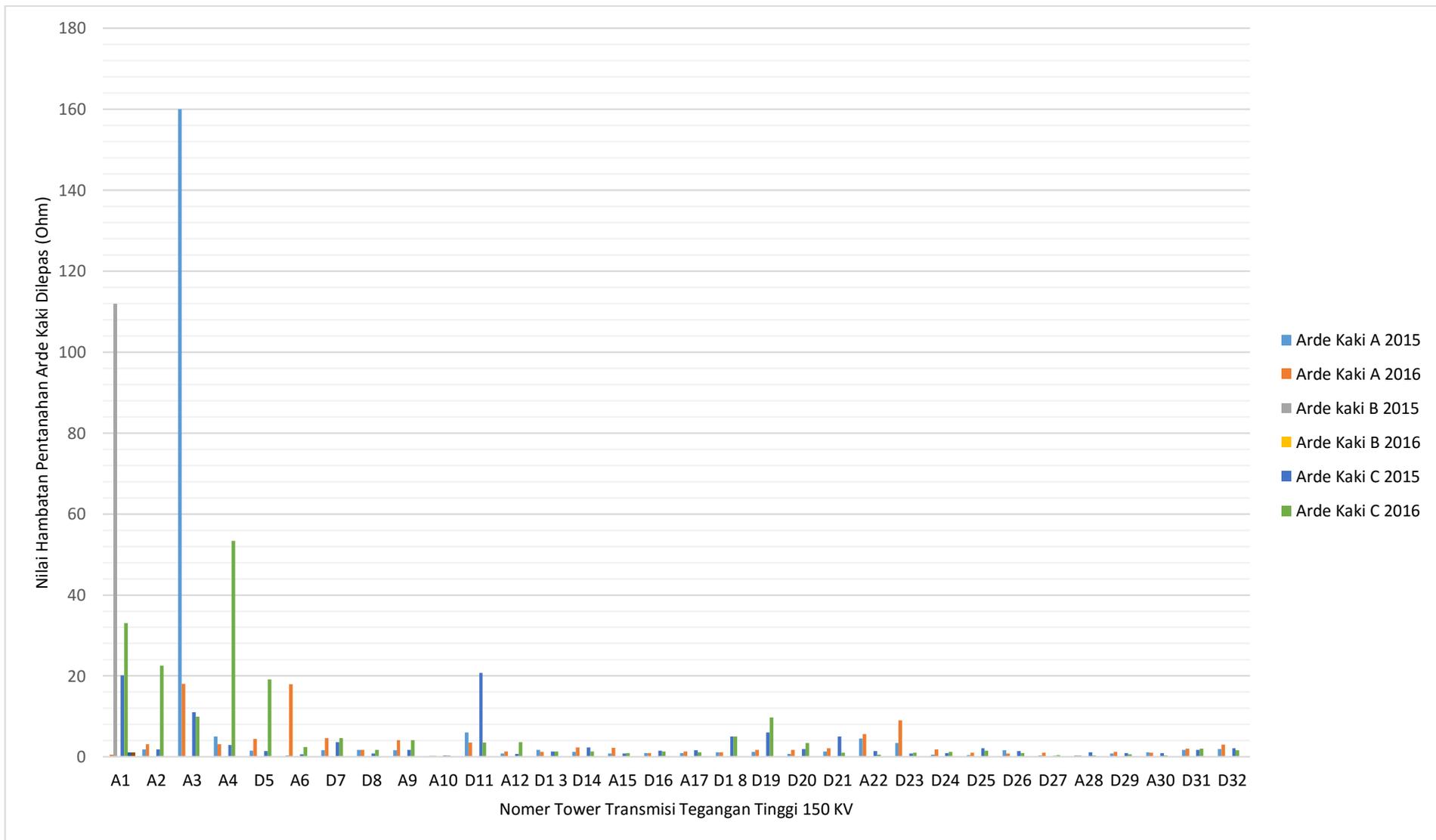
150 KV Bantul – Wates.

No.	No. Tower	Hambatan Pentanahan Arde Kaki Tower (Ohm)								Jenis Tanah
		A		B		C		D		
		2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	
28.	A28	0,38	0,3	-	-	1,15	0,3	-	-	Tanah rawa
29.	D29	0,8	1,2	-	-	0,9	0,6	-	-	Tanah rawa
30.	A30	1,11	1	-	-	0,96	0,3	-	-	Tanah rawa
31.	D31	1,75	2	-	-	1,75	2	-	-	Tanah ladang
32.	D32	1,98	3	-	-	2,1	1,6	-	-	Tanah ladang

Keterangan :

A : jenis tower aspen

D : jenis tower drag



Gambar 4.2. Grafik hasil pengukuran Hambatan pentanahan arde kaki dilepas 2015 dan 2016

**4.1.3 Pengukuran Hambatan pentanahan gabungan dengan kondisi arde kaki dan kaki tower disambung.**

Pengukuran ini dilakukan pada kaki tower dan arde kaki terhubung, maka kawat pentanahan tersebut harus disambung dulu dari kaki tower dan arde kaki dengan cara memasang mur baut pada kaki tower tersebut. Bertujuan untuk mendapatkan hasil Hambatan pentanahan tersebut untuk memperbaiki nilai Hambatan pentanahan sebelumnya.

Tabel 4.3. Hasil pengukuran Hambatan pentanahan gabungan dengan kondisi arde kaki dan kaki tower disambung SUTT 150 KV Bantul – Wates.

No.	No. Tower	Hambatan Pentanahan Gabungan Kaki Tower dan		Jenis Tanah
		2015	2016	
1.	A1	2,7	0,7	Tanah liat
2.	A2	1,4	5,7	Tanah liat
3.	A3	1,4	0,54	Tanahladang
4.	A4	2,9	30,6	Tanah liat
5.	D5	0,8	1,2	Tanah liat
6.	A6	0,9	1,2	Tanah rawa
7.	D7	1,5	1,9	Tanah rawa
8.	D8	0,5	1,2	Tanah ladang
9.	A9	1,6	1,59	Tanah rawa
10.	A10	0,8	0,8	Tanah rawa
11.	D1 1	0,62	0,4	Tanah rawa
12.	A12	0,68	1,3	Tanah ladang
13.	D1 3	2,7	1,1	Tanah ladang
14.	D14	3,5	0,9	Tanah ladang
15.	A1 5	0,56	2,79	Tanah ladang
16.	D16	0,8	1,5	Tanah ladang
17.	A17	0,4	0,97	Tanah liat
18.	D1 8	0,5	0,5	Tanah ladang
19.	D1 9	0,8	1,59	Tanah ladang
20.	D20	0,5	1,6	Tanahrawa
21.	D21	2,1	1,09	Tanah liat
22.	A22	0,2	0,5	Tanah liat
23.	D23	0,5	0,6	Tanah liat

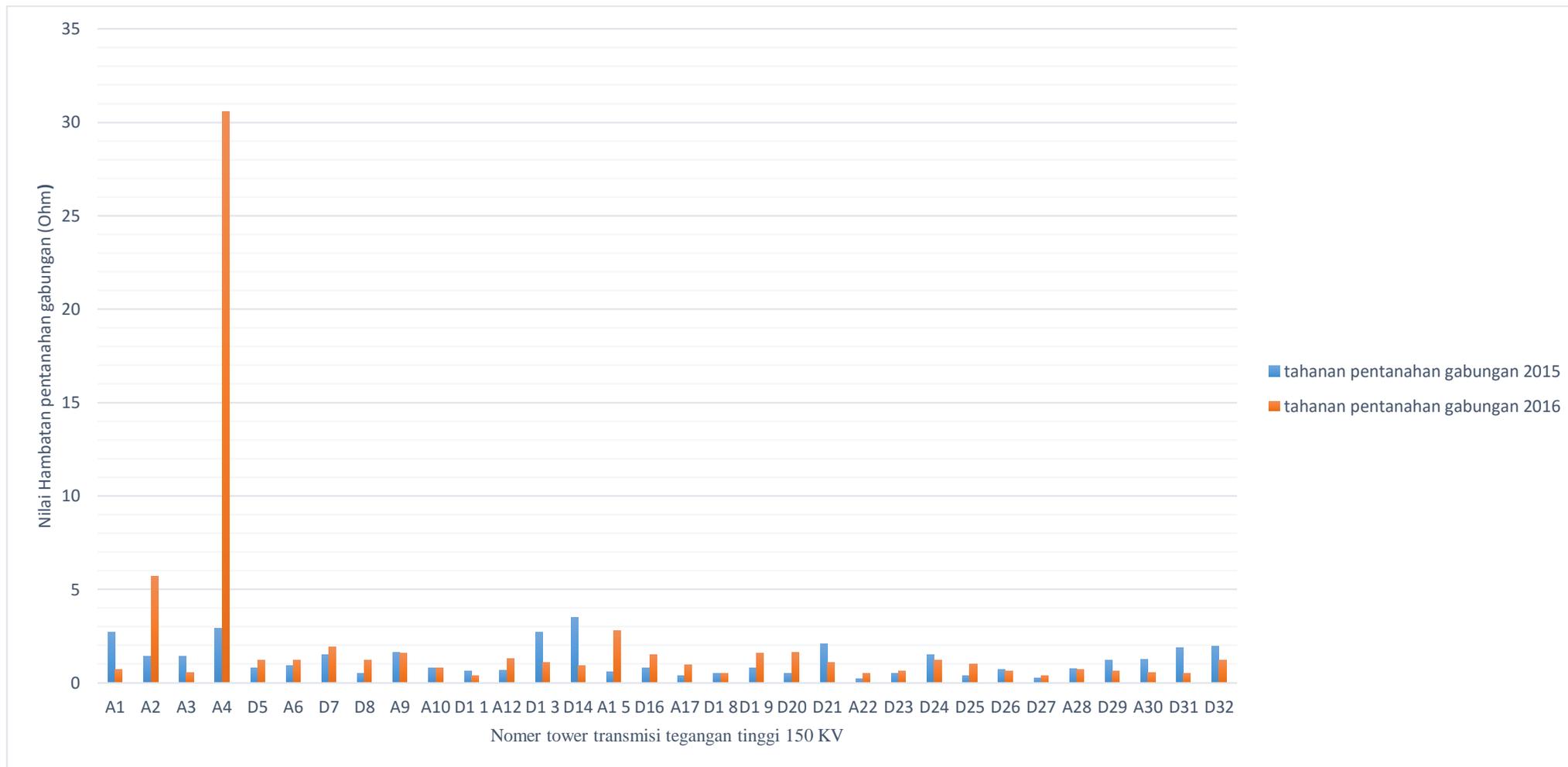
Lanjutan dari Hasil pengukuran Hambatan pentanahan gabungan dengan kondisi arde kaki dan kaki tower disambung SUTT 150 KV Bantul – Wates.

No.	No. Tower	Hambatan Pentanahan Gabungan Kaki Tower dan		Jenis Tanah
		2015	2016	
24.	D24	1,5	1,2	Tanah rawa
25.	D25	0,4	1	Tanah rawa
26.	D26	0,7	0,6	Tanah rawa
27.	D27	0,26	0,4	Tanah liat
28.	A28	0,75	0,71	Tanah rawa
29.	D29	1,2	0,62	Tanah rawa
30.	A30	1,25	0,52	Tanah rawa
31.	D31	1,85	0,5	Tanah liat
32.	D32	1,97	1,2	Tanah liat

Keterangan :

A : jenis tower aspen

D : jenis tower dragh



Gambar 4.3. Grafik hasil pengukuran Hambatan pentanahan gabungan 2015 dan 2016

Untuk nilai hambatan pentanahan yang standar maksimum yang diperbolehkan PT.PLN diatur dalam Surat Keputusan Direksi (SK DIR) PT.PLN adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4. Nilai Pentanahan berdasarkan SK DIR 520 :

PERALATAN YANG DIPERIKSA	TEGANGAN OPERASI	HASIL UKUR	REKOMENDASI
Pentanahan (Grounding)	70 kV	$\leq 5$ Ohm	Lanjutkan pengujian rutin 1 tahunan
		$> 5$ Ohm	Perbaiki, ganti secepatnya atau diberikan penambahan pentanahan kaki tiang
	150 kV	$\leq 10$ Ohm	Lanjutkan pengujian rutin 1 tahunan
		$> 10$ Ohm	Perbaiki, ganti secepatnya atau diberikan penambahan pentanahan kaki tiang
	275 kV / 500 kV	$\leq 15$ Ohm	Lanjutkan pengujian rutin 1 tahunan
		$> 15$ Ohm	Perbaiki, ganti secepatnya atau diberikan penambahan pentanahan kaki tiang

## 4.2 Analisa data

Besarnya Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV, sebagaimana diketahui semakin kecil semakin baik, namun ada batas maksimum yang diperbolehkan oleh PLN, sebagaimana pihak yang mengelola SUTT 150 KV yaitu sebesar 10 Ohm. Kecilnya Hambatan pentanahan ini berguna untuk mempercepat mengalirnya arus akibat potensial tegangan yang besar ke Bumi bila terjadi sambaran petir pada kawat tanah, sehingga tidak membahayakan SUTT 150 KV. Sebagaimana diketahui, *ground rod* pentanahan tower tertanam dalam tanah, sehingga kondisi *ground rod* tidak dapat diketahui secara visual, tapi hanya kondisi nilai Hambatan pentanahannya yang bisa diketahui.

Dari data hasil pengukuran pada tabel 4.1., 4.2., 4.3., dapat dibuat grafik yang menyatakan perbedaan nilai Hambatan pentanahan pada kaki tower tanpa arde,

pentanahan dengan kondisi arde kaki dilepas dan pentanahan gabungan dengan kondisi arde kaki dan kaki tower disambung dengan jenis tanah yang berbeda.

Berdasarkan grafik 4.1, 4.2, dan 4.3, dapat diperoleh hasil bahwa besarnya Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Bantul - Wates sebagai wilayah kerja PT. PLN (Persero) Area Pelaksana Pemeliharaan (APP) Salatiga Basecamp Yogyakarta, Gardu Induk 150 KV Bantul. pada bulan September 2016 Ada beberapa yang mengalami kenaikan Hambatan lebih dari standar 10 Ohm, dikarenakan tekstur tanah yang berada di tower SUTT 150 KV transmisi Bantul - Wates adalah tanah liat, tanah rawa , dan pasir basah dan juga dikarenakan perawatan yang dilakukan hanya satu tahun sekali dari PT. PLN (Persero) Area Pelaksana Pemeliharaan (APP) Salatiga Basecamp Yogyakarta, Gardu Induk 150 KV Bantul.

Analisis hasil pengukuran Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Bantul – Wates yang terbagi dalam 3 macam pengukuran adalah sebagai berikut :

#### **1. Pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde**

Berdasarkan gambar 4.1 pda pengukuran tahun 2016, rata-rata kondisi penHambatannya mengalami kenaikan yang signifikan yang melebihi batas standar maksimum yang diperbolehkan PLN, sehingga harus memperoleh perhatian yang khusus supaya diharapkan arus listrik pada tower tersebut diharapkan untuk mempercepat mengalirnya arus akibat potensial tegangan yang besar ke Bumi bila terjadi sambaran petir pada kawat tanah, sehingga tidak membahayakan SUTT 150 KV. Yang diperoleh kondisi yang masih dibawah standar maksimum PLN adalah dengan presentase 67.89 %.

Jika dibandingkan antara periode keduanya pada tahun 2015 dan 2016, karakteristik Hambatan pentanahannya mengalami kenaikan dengan presentase 4.66894 %, penurunan dengan presentase -0.35833 %, dan nilai tetap dengan presentase -0.35833 %.

## **2. Pengukuran Hambatan pentanahan arde kaki tower dilepas**

Berdasarkan pada gambar 4.2., pada pengukuran 2016 Hambatan pentanahan arde kaki tower dilepas Rata-rata kondisi masih baik karena masih dibawah standar maksimum yang diperbolehkan oleh PLN, tapi juga ada yang melebihi standar batas maksimum yang diperbolehkan oleh PLN, sehingga harus memperoleh perhatian yang khusus supaya diharapkan arus listrik pada tower tersebut diharapkan untuk mempercepat mengalirnya arus akibat potensial tegangan yang besar ke Bumi bila terjadi sambaran petir pada kawat tanah, sehingga tidak membahayakan SUTT 150 KV. Yang diperoleh kondisi yang masih dibawah standar maksimum PLN adalah dengan presentase 37,78 % Jika dibandingkan antara periode keduanya pada tahun 2015 dan 2016, karakteristik Hambatan pentanahannya mengalami kenaikan dengan presentase 31,11 %, penurunan dengan presentase 41,23%.

## **3. Pengukuran Hambatan pentanahan keseluruhan (gabungan) antara kaki tower dan semua arde kaki.**

Berdasarkan gambar 4.3. pada pengukuran tahun 2016, kondisi hampir keseluruhan dibawah standart maksimum, tapi ada satu yang mengalami kondisi Hambatan yang melebihi Hambatan maksimum dari standar yang

diperbolehkan PLN dengan presentase dibawah nilai standar maksimum PLN () Dan yang melebihi standar maksimum PLN dengan presentase 97.65 %. Jika dibandingkan antara periode pengukuran tahun 2015 dan tahun 2016, karakteristik Hambatan pentanahannya mengalami kenaikan dengan persentase 1.2 %, penurunan dengan persentase 1,1 %, dan tetap dengan persentase 0.25 %.

### **4.3 Pembahasan**

#### **4.3.1 Karakteristik Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Bantul - Wates pada bulan September 2016.**

Karakteristik Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Bantul - Wates pada bulan September 2016. Adalah sebagai berikut :

##### **a. Kondisi baik**

Kondisi Hambatan pentanahan yang masih baik terjadi pada 3 macam pengukuran, yaitu :

- 1) Pengukuran Hambatan pentanahan gabungan dengan kondisi arde kaki dan kaki tower disambung.

Kondisi pengukuran Hambatan gabungan hampir semua relatif masih baik semua dan tidak melebihi standar yang diperbolehkan oleh PLN, akan tetapi hanya satu tower yang memiliki Hambatan yang tinggi yang melebihi batas maksimum dari standar maksimum yang diperbolehkan oleh PLN, faktor yang menyebabkan Hambatan relatif baik adalah karena banyak sistem pentanahan yang terhubung dengan tower SUTT, antara lain dari arde kaki tower dan kawat tanah yang

terhubung dengan pentanahan pada semua SUTT dan juga terhubung dengan pentanahan Gardu Induk yang terhubung. Jika kedua faktor ini digabungkan untuk sistem pentanahan tower SUTT, maka akan diperoleh hasil Hambatan pentanahan yang baik. Dan faktor yang menyebabkan Hambatan menjadi buruk , dikarenakan tekstur tanah yang berada di tower SUTT 150 KV transmisi Bantul - Wates adalah tanah liat, tanah rawa , dan pasir basah dan juga dikarenakan perawatan yang dilakukan hanya satu tahun sekali dari PT. PLN (Persero) Area Pelaksana Pemeliharaan (APP) Salatiga Basecamp Yogyakarta, Gardu Induk 150 KV Bantul.

## 2) Pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa *arde*

Kondisi Hambatan pentanahan kaki tower tanpa *arde* relatif masih baik semua dan tidak melebihi standar yang diperbolehkan oleh PLN, akan tetapi ada beberapa Hambatan dari tower yang memiliki Hambatan yang sangat tinggi yang melebihi standar maksimum dari PLN. Faktor yang menyebabkan Hambatan kaki tower baik adalah karena pada waktu pengukuran tower masih terhubung dengan kawat tanah yang terhubung dengan sistem pentanahan Gardu Induk. Padahal ketentuannya, pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa *arde* seharusnya tanpa kawat tanah. Pada prakteknya kawat tanah tidak dilepas karena di khawatirkan membahayakan jaringan SUTT 150 KV, ialah dapat menyebabkan gangguan hubung tanah antara kawat fasa yang bersentuhan dengan kawat tanah. dan faktor yang menyebabkan

Hambatan kaki tower menjadi buruk karena pada waktu pengukuran tower arde yang seharusnya terhung ke kaki tower dilepas sehingga menyebabkan gangguan hubung tanah antara kawat fasa yang bersentuhan dengan kawat tanah.

3) Pengukuran Hambatan pentanahan dengan kondisi arde kaki dilepas.

Kondisi Hambatan pentanahan arde kaki tower dilepas hampir semua mengalami kenaikan, tidak semuanya baik.

Kondisi Hambatan pentanahan arde yang baik dapat terjadi dimungkinkan karena :

a) Kondisi *ground rod* dan kontak pada klem masih baik

Kondisi ini disebabkan karena *ground rod* belum terkena korosi setelah lama terpendam dalam tanah, sehingga kontak dengan tanah masih tetap baik. Sebab lain yang mungkin terjadi karena kontak antara *ground rod* dan penghantar pentanahan yang terdapat dalam klem juga masih baik.

b) Kondisi kelembaban tanah masih tinggi

Kelembaban tanah yang masih tinggi merupakan salah satu faktor penentu besarnya Hambatan pentanahan. Semakin lembab tanah, maka Hambatan jenisnya semakin baik dan tentu semakin baik pula nilai Hambatan pentanahan pada tanah tersebut.

c) Kondisi air tanah tetap

Sebagaimana diketahui, pentanahan yang baik mencapai air tanah. Bila kondisi air tanah tetap yang dimungkinkan karena faktor turunya hujan yang tinggi pada saat pengukuran, maka nilai Hambatan pentanahannya cenderung stabil.

**b. Kondisi awas**

Kondisi Hambatan pentanahan pada posisi awas ini terjadi Hambatan pentanahan dengan kondisi arde kaki dilepas.

Faktor – faktor yang menyebabkan kondisi Hambatan pentanahan menjadi mendekati 10 Ohm dimungkinkan karena :

1. Kondisi *ground rod* mulai menurun

Kondisi ini dikarenakan *ground rod* mulai mengalami korosi akibat terpendam dalam tanah dalam waktu yang lama dan akibat faktor kimiawi tanah, sehingga kontak *ground rod* dengan tanah berkurang dan Hambatan jenisnya juga mengalami kenaikan.

2. Kondisi kontak antara *ground rod* dan penghantar pentanahan mulai terkena korosi.

Hambatan kontak antara *ground rod* dengan penghantar pentanahan yang terdapat pada klem pentanahan dapat bertambah, disebabkan karena kontak *ground rod* dan Hambatan pentanahan mulai terkena korosi akibat terpendam dalam tanah dan terpengaruh faktor kimiawi tanah. Hambatan kontak yang bertambah ini dapat menyebabkan nilai Hambatan pentanahannya meningkat.

3. Kondisi kelembaban dan air tanah yang berubah.

Kondisi kelembaban dan air tanah dapat berubah tergantung curah hujan atau cuaca yang terjadi pada daerah setempat. Pada saat pengukuran, dimungkinkan curah hujan pada daerah tersebut cenderung sedikit, sehingga nilai Hambatan pentanahannya menjadi meningkat.

**c. Kondisi buruk**

Kondisi Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV yang buruk, seperti halnya pada kondisi awas, kondisi ini juga hanya terjadi pada beberapa tower seperti Pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde dalam kondisi buruk ada 4 tower dan juga pada Hambatan pentanahan dengan kondisi arde kaki lepas dalam kondisi buruk ada 5 tower tanah.

Tabel 4.5. Pengukuran Hambatan pentanahan arde kaki tower arde kaki dilepas SUTT 150 KV transmisi Bantul – Wates tahun 2016 dengan kondisi buruk

No.	No. Tower	Arde kaki tower	Hambatan petanahan
1.	A1	C	rusak/putus
2.	A2	C	rusak/putus
3.	A3	A	rusak/putus
4.	A4	C	rusak/putus
5.	D5	C	rusak/putus
6.	A6	A	rusak/putus

Tabel 4.6. Pengukuran Hambatan pentanahan gabungan dengan kondisi arde kaki dan kaki tower disambung SUTT 150 KV Bantul – Wates tahun 2016 dengan kondisi buruk

No.	No. Tower	TAHUN	Hambatan petanahan
1.	A4	2016	rusak/putus

Tabel 4.7. Pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde kaki SUTT 150 KV Bantul – Wates tahun 2016 dengan kondisi buruk

No.	No. Tower	TAHUN	Hambatan petanahan
1.	A3	2016	rusak/putus
2.	A6	2016	rusak/putus
3.	D7	2016	rusak/putus
4.	D11	2016	rusak/putus

Kondisi Hambatan pentanahan yang sudah buruk dapat terjadi dimungkinkan karena :

1) Kondisi *ground rod* yang buruk

Nilai Hambatan pentanahan dapat menjadi buruk, jika *ground rod* mengalami kenaikan Hambatan jenis atau penurunan kontak dengan tanah. Hal ini disebabkan antara lain, karena bahan yang digunakan tergolong tidak tahan lama dan mudah terkena korosi. Tingkat korosi ini sangat tinggi, sehingga dapat menjadi Hambatan yang mengurangi kontak antara *ground rod* dengan tanah sekitar.

2) Kondisi kontak antara *ground rod* dan penghantar pentanahan terkena korosi

Hambatan kontak antara *ground rod* dengan penghantar pentanahan akan meningkat atau sangat besar, dikarenakan adanya korosi pada kontak antara *ground rod* dan penghantar pentanahan yang terdapat dalam klem pentanahan. Bahkan bisa mengakibatkan putusnya penghantar pentanahan dengan *ground rod* bila korosi yang sudah sangat tinggi. Hambatan kontak yang meningkat ini adalah hal yang menjadi penyebab utama Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV menjadi melebihi standarnya.

3) Kondisi kelembaban dan air tanah yang menurun

Kelembaban dan air tanah dapat berubah turun karena curah hujan yang terjadi pada daerah tersebut rendah, sehingga tanah menjadi cenderung kering atau tandus.

#### **4.3.2 Karakteristik perbandingan Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Bantul – Wates pada tahun 2015 dan 2016.**

Karakteristik perbandingan Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Bantul – Wates secara garis besar dibedakan menjadi 4 macam, yaitu:

a. Nilai Hambatan pentanahannya tetap/sama

Berdasarkan tabel 4.1, 4.2, 4.3., nilai Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV yang tetap atau tidak mengalami perubahan hanya terjadi pada 1 pengukuran, yaitu sebagai berikut :

1) Pengukuran Hambatan pentanahan gabungan dengan kondisi arde kaki dan kaki tower disambung.

Besarnya nilai Hambatan pentanahannya dalam dua waktu pengukuran tersebut masih baik. Hal ini di sebabkan karena sistem pentanahan yang terhubung dengan tower SUTT yaitu adanya kawat tanah dan arde kaki tower tidak mengalami perubahan yang berarti pada dua periode pengukuran.

2) Nilai Hambatan pentanahannya mengalami kenaikan

Berdasarkan tabel 4.1, 4.2, 4.3, nilai Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Bantul – Wates ada yang mengalami kenaikan nilai Hambatan pentanahan ini dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

a) Kenaikan yang signifikan

Kenaikan Hambatan pentanahan yang signifikan terjadi hanya pada :

1. pengukuran Hambatan penHambatan arde kaki dilepas.
2. pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde kaki.

Faktor – faktor yang menyebabkan kenaikan yang signifikan ini, antara lain dimungkinkan karena :

a. Kondisi *ground rod* yang menurun.

Dalam waktu satu tahun, *ground rod* telah mengalami korosi yang tinggi, sehingga Hambatan jenis *ground rod* naik dan kontak antara *ground rod* dengan

tanah mengalami penurunan. Sudah diketahui bahwa korosi dapat menghambat kontak antara *ground rod* dengan tanah sekitar.

b. Kondisi kontak antara *ground rod* dan penghantar pentanahan sudah menurun.

Dalam waktu satu tahun, kontak *ground rod* dan penghantar pentanahan yang terdapat dalam klem pentanahan telah mengalami penurunan akibat korosi yang tinggi. Bahkan mungkin telah terjadi putusnya penghantar pentanahan yang berada dalam tanah dari *ground rod* bila penghantar tersebut juga terkena korosi yang sudah sangat tinggi.

c. Kondisi kelembaban dan air tanah yang menurun.

Pada 2 periode pengukuran tersebut, terjadi perbedaan kelembaban dan kondisi air tanah ialah penurunan keduanya pada tahun 2016, karena curah hujan yang terjadi pada daerah setempat telah jauh berkurang dibanding pada waktu pengukuran satu tahun sebelumnya.

b) Kenaikan yang tidak signifikan

Kenaikan nilai Hambatan pentanahan yang tidak signifikan terjadi pada semua jenis pengukuran, yaitu :

### 1. Pengukuran Hambatan pentanahan gabungan

Kenaikan nilai Hambatan pentanahan yang tidak signifikan dimungkinkan, karena terjadi perubahan sedikit pada salah satu komponen sistem pentanahan yang terhubung dengan tower SUTT. Perubahan terjadi pada Hambatan pentanahan arde-nya atau pada kawat tanah.

### 2. Pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde.

Kenaikan nilai Hambatan pentanahan yang tidak signifikan pada pengukuran ini dimungkinkan, karena kondisi Hambatan kawat tanah yang telah berubah sebagai akibat dari berubahnya nilai Hambatan jenisnya.

### 3. Pengukuran Hambatan dengan kondisi arde kaki dilepas.

Kenaikan nilai Hambatan yang tidak signifikan pada pengukuran ini dimungkinkan karena :

- Kondisi *ground rod* mulai menurun.

Dikarenakan *ground rod* mulai mengalami korosi akibat terpendam dalam tanah dalam waktu satu tahun, sehingga kontak *ground rod* dengan tanah mulai berkurang dan Hambatan jenisnya juga mengalami kenaikan akibat faktor kimiawi tanah.

- Kondisi kontak antara *ground rod* dan penghantar pentanahan sudah berkurang.

Kontak antara *ground rod* dengan penghantar pentanahan terdapat dalam klem pentanahan dapat berkurang, disebabkan karena mulai terkena korosi pada bagian kontak tersebut sebagai akibat terpendam dalam tanah selama kurun waktu 1 tahun dan terpengaruh oleh faktor kimiawi tanah.

- Kondisi kelembaban dan air tanah yang berubah

Kondisi ini pada tahun 2016 sedang, dibandingkan dengan pengukuran dengan tahun sebelumnya. Kondisi ini akan menaikkan nilai Hambatan yang disebabkan karena waktu pengukuran curah hujan yang relatif rendah dari periode pengukuran sebelumnya.

### 3) Nilai Hambatan pentanahannya mengalami penurunan.

Berdasarkan tabel 4.1, 4.2,4.3. nilai Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Bantul – Wates ada yang mengalami penurunan. Penurunan nilai Hambatan pentanahan ini dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

- a. Penurunan yang signifikan.

Penurunan nilai Hambatan pentanahan tower SUTT yang signifikan terjadi hanya pada Hambatan pentanahan dari arde kaki

dilepas. Penurunan nilai ini hanya terjadi pada tower D11 pada arde kaki C, yaitu dari 20,7 Ohm pada pengukuran 2015 menjadi 3,5 Ohm. Hal ini dapat dimungkinkan karena sebab–sebab berikut :

1. Kondisi *ground rod* dan klem masih baik

Kondisi *ground rod* pada tower ini masih baik, belum terkena korosi yang sampai menyebabkan tingginya Hambatan kontak dengan tanah sekitar. Kondisi juga belum buruk, sehingga kontak antara *ground rod* dengan batang pentanahan masih baik.

2. Kondisi kelembaban tanah mengalami kenaikan signifikan.

Kelembaban tanah pada saat pengukuran tower D11 pada arde kaki C tahun 2016 mengalami kenaikan yang signifikan dibanding periode pengukuran tower D11 pada arde kaki C tahun sebelumnya dapat disebabkan karena pada saat pengukuran curah hujan cukup/sangat tinggi.

3. Kondisi air tanah mencapai arde.

Kondisi air tanah yang pada waktu pengukuran tower D11 pada arde kaki C tahun 2016 lebih tinggi dari air tanah pada pengukuran tahun 2015, sehingga pada pengukuran tahun 2016 nilai Hambatan pentanahannya lebih kecil. Pada pengukuran ini dimungkinkan akibat curah hujan

yang tinggi, air tanah telah naik sampai mencapai *ground rod*, yang sebelumnya *ground rod* tidak dapat mencapai air tanah, sehingga nilainya menjadi turun dan cukup signifikan.

b. Penurunan yang tidak signifikan.

Penurunan nilai Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV yang tidak signifikan semua jenis pengukuran, yaitu sebagai berikut:

1. Pengukuran Hambatan pentanahan gabungan.

Penurunan nilai Hambatan pentanahan yang tidak signifikan dimungkinkan karena terjadi perubahan sedikit pada salah satu komponen sistem pentanahan yang terhubung dengan tower SUTT. Perubahan dapat terjadi pada Hambatan pentanahan ardenya atau pada Hambatan pentanahan pada kawat tanah.

2. Pengukuran Hambatan pentanahan kaki tower tanpa arde kaki.

Penurunan nilai Hambatan pentanahan yang tidak signifikan pada pengukuran ini dimungkinkan karena kondisi Hambatan pentanahan kawat tanah yang berubah akibat dari perubahan Hambatan pentanahan pada Gardu Induk yang terhubung dengankawat tanah menjadi lebih baik.

3. Pengukuran Hambatan pentanahan dengan kondisi arde kaki dilepas.

Penurunan nilai Hambatan pentanahan yang tidak signifikan pada pengukuran ini dimungkinkan karena pada pengukuran tahun 2016 kondisi kelembaban tanah mengalami kenaikan yang tidak signifikan dibanding periode pengukuran tahun sebelumnya. Hal ini dapat disebabkan karena curah hujan cenderung lebih tinggi dari periode pengukuran tahun sebelumnya.

#### **4.4. Perhitungan nilai Hambatan pentanahan menggunakan elektroda batang**

Perhitungan nilai Hambatan pentanahan dengan masing – masing nilai Hambatan jenis tanah yang berbeda ini dilakukan dengan menggunakan elektroda jenis rod dengan panjang 3 m, jarak 5 m, diameter 16 mm (0,016 m), serta panjang kedalaman yang sama 2 dan 3 m. Dalam hal ini spesifik jenis tanah tidak dilakukan pengukuran secara langsung, jadi untuk menentukan besarnya Hambatan jenis tanah ini dapat dilihat pada tabel 2.1.

Ln : Logaritmus (dasar e = 2,7182818)

Jenis tanah : Tanah liat dan tanah ladang = 20 – 100 Ohm-m

Tanah rawa = 10 – 40 Ohm-m

Pasir basah = 50 – 200 Ohm-m

Untuk melakukan perhitungan Hambatan pentanahan kaki tower yang dipasang setiap tower dengan jumlah 4 buah tiap tower . Bila Hambatan pentanahan masih lebih besar dari 10 Ohm, maka diusahakan dengan pentanahan *counterpoise* yang dibuat dari kawat baja 38 mm<sup>2</sup> sebagai *counterpoise* yang ditanam secara radial.

Dengan standar diatas, maka kita dapat menghitung pentanahan kaki tower dengan rumus persamaan yang telah tersedia :

untuk pentanahan sistem ground rod dengan 4 buah ground rod seperti persamaan 2.4.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right)$$

**a. Perhitungan nilai hambatan pentanahan pada kondisi tanah yang berbeda dengan kedalaman 2 m**

**1. Untuk tanah rawa**

**Minimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{10}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \left( \ln \frac{2 \cdot 2}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 0.796 \left( \ln \frac{4}{1,189} \right)$$

$$R = 0.966 \text{ Ohm}$$

**Maksimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{40}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \left( \ln \frac{2.2}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 3,185 \left( \ln \frac{4}{1,189} \right)$$

$$R = 3,185 \cdot 1,213$$

$$R = 3,863 \text{ Ohm}$$

## 2. Untuk tanah liat dan ladang

**Minimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{20}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \left( \ln \frac{2.2}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 1,592 \left( \ln \frac{4}{1,189} \right)$$

$$R = 1,592 \cdot 1,213$$

$$R = 1,913 \text{ Ohm}$$

**Maksimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{100}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \left( \ln \frac{2.2}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 7,962 \left( \ln \frac{4}{1,189} \right)$$

$$R = 7,962 \cdot 1,213$$

$$R = 9,658 \text{ Ohm}$$

### 3. Untuk tanah pasir basah

**Minimal** :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{50}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \left( \ln \frac{2 \cdot 2}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 3,981 \left( \ln \frac{4}{1,189} \right)$$

$$R = 3,981 \cdot 1,213$$

$$R = 4,829 \text{ Ohm}$$

**Maksimal** :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{200}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \left( \ln \frac{2 \cdot 2}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 19,316 \left( \ln \frac{4}{1,189} \right)$$

$$R = 19,316 \cdot 1,213$$

$$R = 15,924 \text{ Ohm}$$

Table 4.8. Hasil Perhitungan Nilai Hambatan pada kondisi tanah yang berbeda kedalaman 2 m

No.	Jenis tanah	Hambatan jenis	Nilai Hambatan
1.	Tanah rawa (min)	10	0,966
2.	Tanah rawa (maks)	40	3,863
3.	Tanah ladang & liat (min)	20	1,913
4.	Tanah ladang & liat (maks)	100	9,658
5.	Pasir basah (min)	50	4,829
6.	Pasir basah (min)	200	15,316

**b. perhitungan nilai hambatan pentanahan pada kondisi tanah yang berbeda dengan kedalaman 3 m**

**1. Untuk Tanah Rawa**

**Minimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{10}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 0,531 \left( \ln \frac{6}{1,189} \right)$$

$$R = 0,531 \cdot 1,169$$

$$R = 0.621 \text{ Ohm}$$

**Maksimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{40}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 2,123 \left( \ln \frac{6}{1,189} \right)$$

$$R = 2,123 \cdot 1,169$$

$$R = 2,482 \text{ Ohm}$$

## 2. Untuk tanah liat dan ladang

**Minimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{20}{2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 1,062 \left( \ln \frac{6}{1,189} \right)$$

$$R = 1,062 \cdot 1,169$$

$$R = 1,241 \text{ Ohm}$$

**Maksimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{100}{2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 5,308 \left( \ln \frac{6}{1,189} \right)$$

$$R = 5,308 \cdot 1,169$$

$$R = 6,205 \text{ Ohm}$$

## 3. Untuk pasir basah

**Minimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{50}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2.3}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 2,654 \left( \ln \frac{6}{1,189} \right)$$

$$R = 2,654 \cdot 1,169$$

$$R = 3,103 \text{ Ohm}$$

**Maksimal :**

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot \alpha^3 \cdot r}} \right) = \frac{200}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2.3}{\sqrt[4]{2 \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 0,016}} \right)$$

$$R = 10,610 \left( \ln \frac{6}{1,189} \right)$$

$$R = 10,610 \cdot 1,169$$

$$R = 12,41 \text{ Ohm}$$

Table 4.8. hasil perhitungan nilai hambatan pentanahan pada kondisi tanah yang berbeda dengan kedalaman 3 m

No.	Jenis tanah	Hambatan jenis	Nilai Hambatan
1.	Tanah rawa (min)	10	0,621
2.	Tanah rawa (maks)	40	2,482
3.	Tanah ladang & liat (min)	20	1,241
4.	Tanah ladang & liat (maks)	100	6,205
5.	Pasir basah (min)	50	3,103
6.	Pasir basah (maks)	200	12,41

Hasil perhitungan menunjukkan pada jenis tanah rawa, tanah liat & ladang dan pasir basah dapat memenuhi syarat ketetapan sesuai dengan spln mendekati 10 Ohm. Secara teori untuk tanah pada kondisi tanah yang sama, semakin dalam penanaman elektroda, tahanan tanah dan Hambatan jenis tanah akan menurun, karena semakin dekat dengan air tanah yang berpengaruh dengan kelembaban yang nantinya berpengaruh terhadap konduktivitas. Berdasarkan rumus juga terlihat bahwa Hambatan tanah sebanding dengan Hambatan jenis dan berbanding terbalik dengan kedalaman penanaman elektroda. Semakin dalam kedalaman elektroda yang tertanam maka nilai Hambatan pentanahan semakin rendah. Hal ini terjadi pada semua kondisi tanah berbeda – beda (tanah rawa, tanah liat & ladang dan pasir basah).