

Analisa Kelayakan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV Jelok – Bringin Menggunakan Metode Komparasi

Dedi Pranatali¹, Gunawan², Dedi Nugroho³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
e-mail: dedi.pranatali@std.unissula.ac.id

Abstrak

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Jelok – Bringin adalah salah satu penghantar di wilayah kerja PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Salatiga, penghantar ini menghubungkan dua Sub Sistem Utama yaitu Sub Sistem Ungaran dengan Sub Sistem Pedan. Sesuai dengan Buku Petir PLN Tahun 2020 tercatat sebanyak 722 kejadian petir selama tahun 2019 pada penghantar tersebut. Sebagai upaya mengurangi resiko akibat petir perlu memastikan sistem proteksi bekerja dengan baik. Obyek proteksi adalah tower SUTT 150kV dengan sistem pentanahan yang layak. Penelitian ini menelusur data menggunakan metode komparasi yaitu membandingkan antara hasil pengukuran di lapangan dengan nilai standar pengukuran yang digunakan. Informasi mengenai kelayakan perlu selalu terbaru yang didukung hasil pengukuran yang tepat dan akurat secara konsisten. Kondisi ground rod, kondisi tanah dan kondisi kontak antara ground rod dengan penghantar pentanahan merupakan variabel yang mempengaruhi hasil dari pengukuran pentanahan. Penambahan sebuah elektoda batang dengan panjang 6 meter dapat memperbaiki nilai tahanan pentanahan sebesar 3,5287 Ohm yang berarti memenuhi persyaratan (<10 Ohm-standar SK DIR PLN No. 0520-1.K/DIR/2014). Dari hasil pengukuran 23 unit tower dari 24 unit tower atau 95,83% dari total tower, karakteristik hasil pengukurannya masih relatif dalam kondisi layak yaitu dibawah 10 Ohm.

Kata Kunci: pengukuran, pentanahan saluran udara tegangan tinggi, akurat.

Abstract

High-Voltage Air Line (SUTT) 150 kV Jelok – Bringin is one of the conductor in the work area of PT PLN (Persero) Transmission Unit of Salatiga, this transmission connects two Main Sub-Systems, they are the Ungaran Sub-System with the Pedan Sub-System. According to the PLN Lightning Book of 2020, there were 722 lightning incidents during 2019 on the transmission. In an effort to reduce the risk of lightning, it is necessary to ensure that the protection system works properly. The object of protection is securing the SUTT 150kV tower with a proper grounding system. This study traces the data using the comparative method, which is to compare the results of measurements in the field with the standard values of the measurements used. Information regarding eligibility needs to be kept up-to-date, supported by consistent and accurate measurement results. Ground rod conditions, ground conditions and contact conditions between the ground rod and the grounding conductor are variables that affect the results of the grounding measurement. The addition of a rod electrode with a length of 6 meters can improve the value of the grounding resistance of 3.5287 Ohm which means it meets the requirements (<10 Ohms standard SK DIR PLN No. 0520-1.K/DIR/2014). From the measurement results of 23 tower units from 24 tower units or 95.83% of the total towers, the characteristics of the measurement results are still relatively in decent condition, which is below 10 Ohms.

Keywords: measurements, grounding, high-voltage air line, accurate.

PENDAHULUAN

Sistem pengamanan petir pada tower SUTT salah satunya adalah sistem pembumian atau pentanahan. Pembumian adalah penghubungan suatu titik sirkit listrik atau suatu penghantar yang bukan dari sirkit listrik, dengan bumi menurut cara tertentu [1]. Sedangkan sistem pentanahan atau biasa disebut grounding adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga. Sistem pentanahan sangat mempunyai peranan yang sangat penting dalam sistem proteksi. Sistem pentanahan dilakukan dengan cara menanamkan batang elektroda pentanahan tegak lurus, kemudian batang elektroda pentanahan itu di tanam kedalam tanah. Resistansi pentanahan yang terpasang dalam tanah semakin lama akan

semakin mengalami penurunan kadar pada batang elektroda, sehingga aliran arus yang melalui elektroda yang seharusnya disalurkan ke tanah menjadi kurang sempurna. Sistem pentanahan yang baik adalah sistem pentanahan yang memiliki resistansi tanah yang kecil. Semakin kecil nilai resistansi dari grounding tersebut maka kualitas grounding semakin baik, karena arus gangguan listrik akan lebih mudah mengalir ke tanah melalui tempat yang memiliki hambatan sekecil mungkin. Nilai standar yang sering dipakai adalah maksimal 5 Ohm dilakukan dengan menggunakan alat ukur earth tester dan daerah yang resistansi jenis tanahnya sangat tinggi, resistansi pembumian total seluruh sistem boleh mencapai 10 Ohm [1].

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV Jelok – Bringin merupakan bagian dari sistem pendistribusian tenaga listrik khususnya di Provinsi Jawa Tengah yang menghubungkan dua Sub Sistem Utama yaitu Sub Sistem Ungaran dengan Sub Sistem Pedan. Penghantar transmisi ini menghubungkan dua buah Gardu Induk yaitu GI 150kV Jelok yang juga merupakan outlet pembangkit PLTA Jelok dan PLTA Timo dengan GI 150kV Bringin. Menurut Buku Petir PLN Tahun 2020 tercatat pada tahun 2019 ada 722 kejadian sambaran petir di sepanjang jalur transmisi SUTT 150kV Jelok – Bringin [2]. Hal ini menyebabkan perlunya suatu sistem pengaman dari gangguan yang diakibatkan dari sambaran petir. Sistem tersebut adalah sistem pentanahan tower. Untuk memastikan kelayakan nilai tahanan pentanahan tower perlu untuk dilakukan pengukuran nilai tahanan pentanahan dengan tepat dan akurat serta dilaksanakan secara konsisten. Dari hasil pengukuran tersebut akan didapatkan nilai yang menjadi acuan dimana nilai pentanahan pada tower tersebut masih layak atau tidak, sesuai dengan standar yang dipakai oleh PLN yaitu dibawah sampai dengan 10 Ohm selaku pemilik dan pengelola aset [3]. Apabila ditemukan anomali nilai pentanahan dapat segera dilakukan perbaikan pentanahan agar layak dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas ditetapkan tujuan dari penulisan penelitian ini adalah (i) mengidentifikasi kelayakan sistem pentanahan yang ada pada jalur tower SUTT 150 kV Jelok – Bringin dan (ii) merencanakan usulan perbaikan guna meningkatkan kelayakan pentanahan yang ada pada jalur tower SUTT 150 kV Jelok – Bringin.

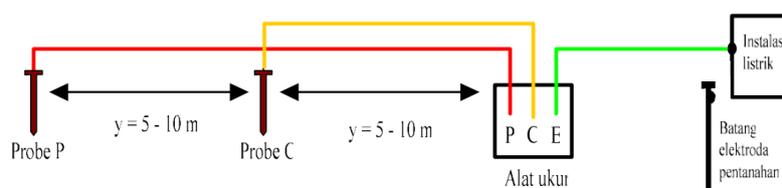
METODE

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada tower SUTT 150kV Jelok – Bringin yang merupakan wilayah kerja dari PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Salatiga berkedudukan di jalan Diponegoro No. 149 Kota Salatiga yang menghubungkan GI 150kV Jelok dengan GI 150kV Bringin yang memiliki jumlah tower sebanyak 24 tower dan panjang sirkuit 8,287 kms (kilometer sirkuit).

Dalam pengambilan data penelitian ada beberapa metode pengukuran yang digunakan yaitu pengukuran pada kaki tower, pengukuran pada masing-masing *arde* kaki tower dan pengukuran secara paralel antara kaki tower dengan *arde*.

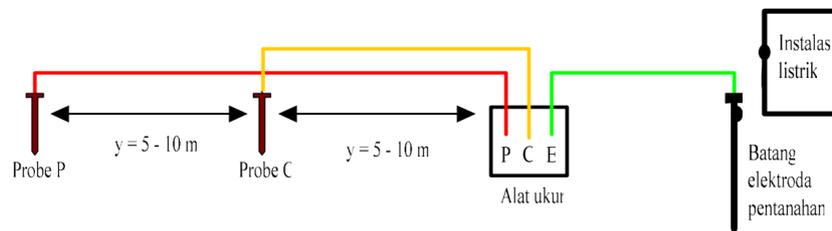
Pengambilan Data

Pengukuran pada kaki tower, bagian yang diukur adalah murni kaki tower tanpa adanya *arde* tambahan pada kaki tower tersebut (murni sistem pentanahan yang tergabung / tertanam dengan kaki tower). Probe E dibubungkan pada kaki tower, probe P dan C ditanamkan kedalam tanah dengan jarak antara 5 – 10 meter dari titik kaki tower, sesuai diagram pada gambar 1 [3].



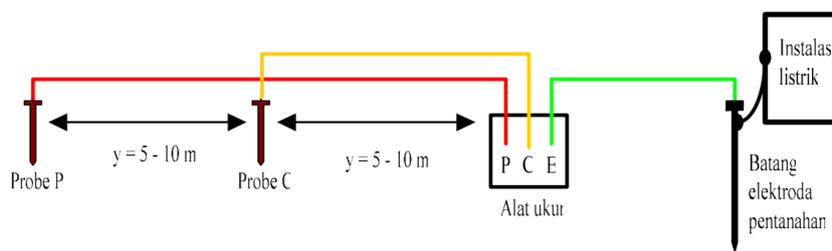
Gambar 1. Metode pengukuran pada kaki tower

Pengukuran pada masing-masing *arde* kaki tower, bagian yang di ukur adalah pada masing masing *arde* tambahan atau masing-masing individu pentanahan. Probe E dibungkan pada *arde* kaki tower, probe P dan C ditanamkan kedalam tanah dengan jarak antara 5 – 10 meter dari titik kaki tower, sesuai diagram pada gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran pada masing-masing *arde* kaki tower

Pengukuran secara paralel antara kaki tower dengan *arde* atau pengukuran gabungan. Bagian yang diukur adalah *arde* kaki tower yang sudah dihubungkan atau di *couple* dengan kaki tower. Probe E dibungkan pada *arde* kaki tower yang telah digabung dengan kaki tower, probe P dan C ditanamkan kedalam tanah dengan jarak antara 5 – 10 meter dari titik kaki tower, sesuai diagram pada gambar 2.



Gambar 3. Pengukuran secara paralel antara kaki tower dengan *arde*

Peralatan yang digunakan yaitu *Earth Resistance Test* dengan merk Kyoritsu model 4105A [4].



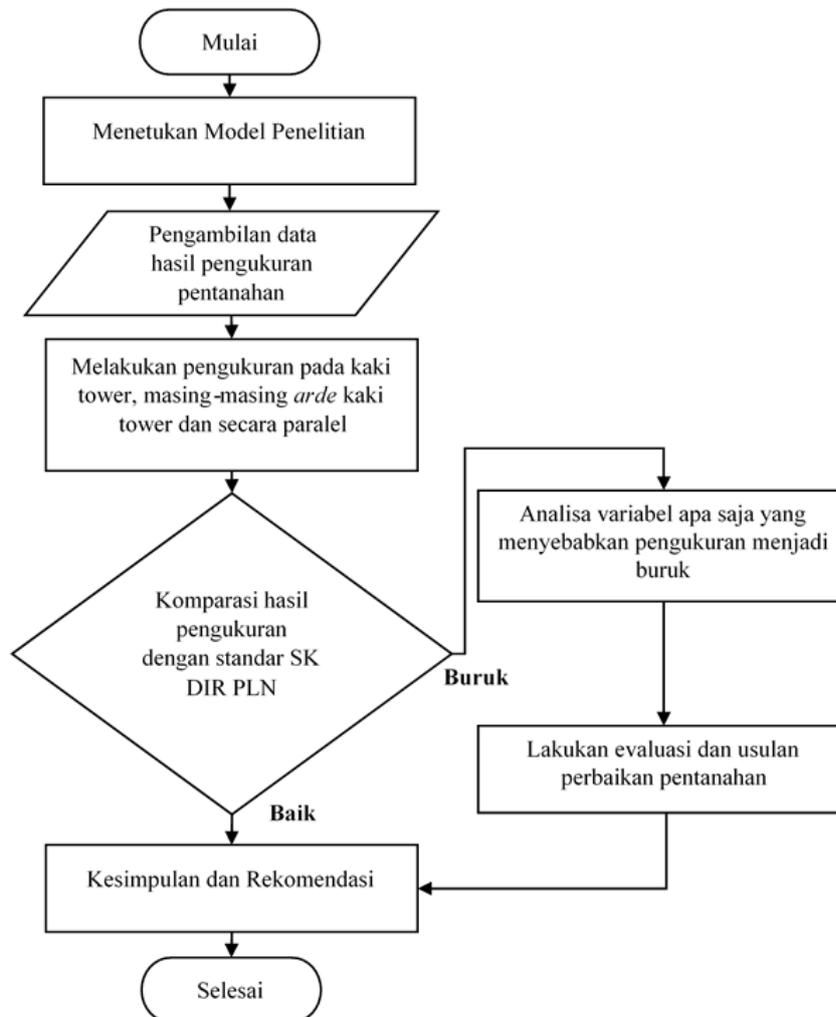
Gambar 4. *Earth Resistance Tester* dengan Merk Kyoritsu

Bagian-bagian pada alat ukur:

- 1) Terminal E untuk kaki tower atau *arde* yang akan diukur
- 2) Terminal P untuk elektroda bantu 1
- 3) Terminal C untuk elektroda bantu 2
- 4) LCD Display
- 5) Lampu Indikasi

- 6) Push-button
- 7) Penunjuk besarnya hambatan (R) pentanahan

Dalam melakukan analisa diperlukan data sekunder pengukuran pentanahan SUTT 150kV Jelok – Bringin masa pengukuran tahun 2019 sampai dengan 2020. Tahapan berikutnya yaitu melakukan analisis data nilai hasil pengukuran pentanahan pada SUTT 150kV Jelok – Bringin. Selanjutnya data dikomparasi dengan standar yang ditentukan PLN terkait ambang nilai pentanahan dan merekomendasi tindakan apabila didapatkan temuan nilai pentanahan yang sudah tidak sesuai. Gambar 5 menunjukkan diagram alir pelaksanaan penelitian,



Gambar 5. Diagram Alir Proses Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 1, dapat diketahui bahwa nilai tahanan pentanahan pada pengukuran yang dilaksanakan pada tahun 2019 sampai dengan 2020 adalah dengan kriteria yang pertama, (1) *Kondisi baik*, kondisi ini terjadi bila tahanan pentanahannya kurang dari 10 Ohm dan bahkan sampai mendekati angka 0 Ohm. (2) *Kondisi awas*, kondisi ini terjadi apabila tahanan pentanahannya mencapai diatas 5 Ohm sampai dengan 10 Ohm, kondisi ini sebagai kondisi baik yang diperlukan pengawasan dan pengamatan lebih apabila terjadi kenaikan nilai pentanahan. (3) *Kondisi buruk*, kondisi ini terjadi bila tahanan pentanahannya melebihi standar 10 Ohm dan diwajibkan dilakukan perbaikan pentanahan. (4) *Kondisi tidak diketahui*, kondisi ini terjadi apabila tahanan pentanahannya tidak dapat dilaksanakan pengukuran karena adanya sesuatu hal.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan Tower SUTT 150kV Jelok-Bringin Tahun 2019 sampai dengan 2020

No.	No. Tower	Tahanan Pentanahan Tower (Ohm)											
		Gabungan	Kaki Tower		Arde Kaki								
					A		B		C		D		
					Tahun 2019	Tahun 2020							
1	A01	0,71	0,87	1,05	0,7					2,73	3	2,46	3
2	A02	3,11	2,9	4,86	3,8							3,68	2,9
3	D03	3,88	3,45	3,78	4			3,89	3,8			3,94	3,1
4	D04	3,99	2,8	3,98	2,9			3,42	2,9			3,64	2,7
5	D05	4,54	3,4	4,38	4,8			4,64	3,2			4,86	3,2
6	A06	3,28	2,6	3,48	3,1			3,76	2,3			3,78	2,8
7	D07	4,63	6,9	4,78	6,1			3,87	5,1			4,64	5,6
8	D08	8,6	8,9	3,46	8,8			12,45	9,3			8,16	9,4
9	T09*	2,97	1,9	3,41	1,9			2,72	1,5			2,27	1,6
10	D10	2,95	2,8	4,52	2,8			3,28	2,8			3,55	2,1
11	D11	2,74	1,8	2,83	1,7	3,88	2,6	4,74	2,9	6,32	5,9	4,31	2,6
12	A12	1	0,9	2,94	1,8	2,71	1,9	2,76	2,1	2,41	2	2,32	1,7
13	D13	3,63	2,5	4,18	3,2	4,36	2,7	4,23	2,7	4,22	2,6	4,27	2,4
14	A14	2,68	2,8	3,47	2,6	2,62	2,4	2,63	2	2,49	2,3	3,32	2,3
15	T15*	4,07	3	3,96	4,2	2,35	3,9	2,09	4	2,15	3,7	2,19	3,5
16	D16	9,24	9,2	9,5	9,2			8,76	8,9	0	8,7	8,2	8,2
17	D17	7,52	5,84	6,73	5,62			6	5,6			7,54	4,9
18	D18	6,64	5,1	8,23	5,43			4,74	4,35			6,23	4,9
19	D19	5,95	7,3	6,8	7,6			5,89	7,3			5,83	5,9
20	D20	5,94	7,3	7,62	4,32			4,72	4,14			4,85	4,26
21	D21	4,83	5,1	7,65	5,5			5,37	5,2			4,72	5,23
22	D22	8,31	2,52	8,98	2,47			6,94	4,33			8,66	3,11
23	D23	9,77	7,86	120	88,6			5,62	3,46			6,1	5,03
24	A24	1553	1,44	1996	0	2,26	0	3,24	0			1538	0

Berdasarkan tabel 1 dapat diperoleh hasil bahwa besarnya tahanan pentanahan tower SUTT 150kV Jelok – Bringin yang merupakan bagian dari wilayah kerja PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Salatiga pada tahun 2020 sebagian besar masih dalam kondisi baik namun ada tower yang nilai pentanahannya buruk dan beberapa tower yang mengalami kenaikan nilai tahanan pentanahan.

Analisis kondisi tahanan pentanahan dari tower SUTT 150kV Jelok – Bringin yang terbagi dalam tiga macam metode pengukuran sebagai berikut:

1. Pengukuran Tahanan Pentanahan Gabungan (Paralel) Antara Kaki Tower dan Semua Arde. Berdasarkan tabel 1 pada masa pengukuran tahun 2020, kondisi nilai tahanan pentanahannya masih baik karena masih di bawah standar maksimum yaitu 10 Ohm sesuai dengan standar yang dipergunakan oleh PLN untuk SUTT 150kV dengan prosentase 100%. Jika dibandingkan dengan periode pengukuran pada tahun 2019 dan tahun 2020, karakteristik tahanan pentanahannya yang mengalami kenaikan dengan prosentase 29,17% dan yang mengalami penurunan nilai tahanan pentanahan dengan prosentase 70,83%.
2. Pengukuran Tahanan Pentanahan Kaki Tower Tanpa Arde. Berdasar pada tabel 1 pengukuran nilai pentanahan pada tahun 2020 memiliki hasil kondisi baik karena masih di bawah standar maksimum dengan prosentase 95,83% dan didapati hasil pengukuran nilai pentanahan yang buruk dengan prosentase 4,17%. Jika dibandingkan dengan periode pengukuran tahun 2019 dengan tahun 2020, karakteristik nilai tahanan pentanahannya yang mengalami kenaikan dengan prosentase 25% serta yang mengalami penurunan dengan prosentase 75%.
3. Pengukuran Tahanan Pentanahan Masing-Masing Arde Kaki Tower. Berdasar pada hasil pengukuran pentanahan pada tabel 1 kondisi nilai pentanahan pada masing-masing arde kaki tower masih baik

dengan prosentase 100%. Apabila dilakukan perbandingan hasil pengukuran antara tahun 2019 dengan tahun 2020 karakteristik nilai tahanan pentanahannya yang mengalami kenaikan sebesar 20,83% sedang yang mengalami penurunan nilai pentanahan sebesar 79,17%.

Karakteristik pengukuran tahanan pentanahan tower SUTT 150kV Jelok – Bringin mendapatkan beberapa kriteria yang pertama adalah *Kondisi baik*, kondisi pentanahan yang masih baik terjadi pada ketiga macam metode pengukuran. Penjelasan bahwa (i) Pengukuran tahanan pentanahan gabungan, faktor yang menyebabkan kondisi pentanahan masih baik adalah sistem pentanahan yang terhubung dengan tower SUTT 150kV, antara lain dari *arde* kaki tower dan kawat tanah yang terhubung dengan pentanahan pada semua saluran transmisi dan juga digabung dengan pentanahan Gardu Induk (GI) yang tersambung. Jika kedua faktor ini digabungkan untuk sistem pentanahan tower SUTT 150kV, maka akan diperoleh hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan yang baik. (ii) Pengukuran tahanan pentanahan kaki tower tanpa *arde*, kondisi tahanan pentanahan kaki tower tanpa *arde* sebagian besar masih baik, namun ada salah satu hasil pengukuran pentanahan kaki tower yang buruk dan melebihi standar yang diijinkan, yaitu pada pengukuran nilai pentanahan tower D23 dengan hasil pengukuran 88,6 Ohm. Salah satu faktor yang ada di lapangan adalah kondisi tanahnya adalah tanah ladang. (iii) Pengukuran tahanan pentanahan *arde* kaki tower masing-masing sisi, kondisi tahanan pentanahan *arde* kaki tower yang baik dapat terjadi karena beberapa faktor antara lain kondisi *ground rod* dan kontak klem masih baik, kondisi kelembaban tanah masih tinggi dan kondisi air tanah tetap.

Kriteria kedua adalah *Kondisi awas*, faktor yang dapat menyebabkan kondisi tahanan pentanahan menjadi di atas 5 Ohm dan mendekati 10 Ohm, yaitu dimungkinkan karena (i) kondisi *ground rod* mulai menurun, (ii) kondisi kontak antara *ground rod* dan penghantar pentanahan mulai terkena korosi, dan (iii) kondisi kelembabab dan air tanah yang berubah.

Tabel 2. Tahanan Pentanahan Tower SUTT 150 kV Jelok – Bringin tahun 2020 dengan Kondisi Awas

No.	No. Tower	Tahanan Pentanahan Tower (Ohm)					
		Gabungan	Kaki Tower	Arde Kaki			
				A	B	C	D
1	D07	6,9*	6,1*		5,1*		5,6*
2	D08	8,9*	8,8*		9,3*		9,4*
3	D11	1,8	1,7	2,6	2,9	5,9*	2,6
4	D16	9,2*	9,2*		8,9*	8,7*	8,2*
5	D17	5,84*	5,62*		5,6*		4,9
6	D18	5,1*	5,43*		4,35		4,9
7	D19	7,3*	7,6*		7,3*		5,9*
8	D20	7,3*	4,32*		4,14		4,26
9	D21	5,1*	5,5*		5,2*		5,23*
10	D23	7,86*	88,6**		3,46		5,03*

Ket: *Hasil pengukuran dengan kondisi awas

** Hasil pengukuran dengan kondisi buruk

Kriteria ketiga adalah *Kondisi buruk*, kondisi tahanan pentanahan tower SUTT 150kV yang mengalami kondisi buruk terjadi pada salah satu tower yaitu tower D23 yaitu pada nilai pengukuran tahanan pentanahan pada kaki tower. Selain itu tower D23 juga masuk dalam kondisi awas pada pengukuran gabungan dan *arde* kaki tower D.

Kondisi pada metode pengukuran pada kaki tower memang sulit untuk dilakukan perbaikan nilai pentanahan secara langsung karena variabelnya bersifat *fix* atau paten karena kondisi kaki tower terpasang pada stub atau kepala pondasi dan *ardenya* jadi satu dengan kaki tower yang tertutup podasi.

Tabel 3. Tahanan Pentanahan Tower SUTT 150 kV Jelok–Bringin tahun 2020 dengan Kondisi Buruk

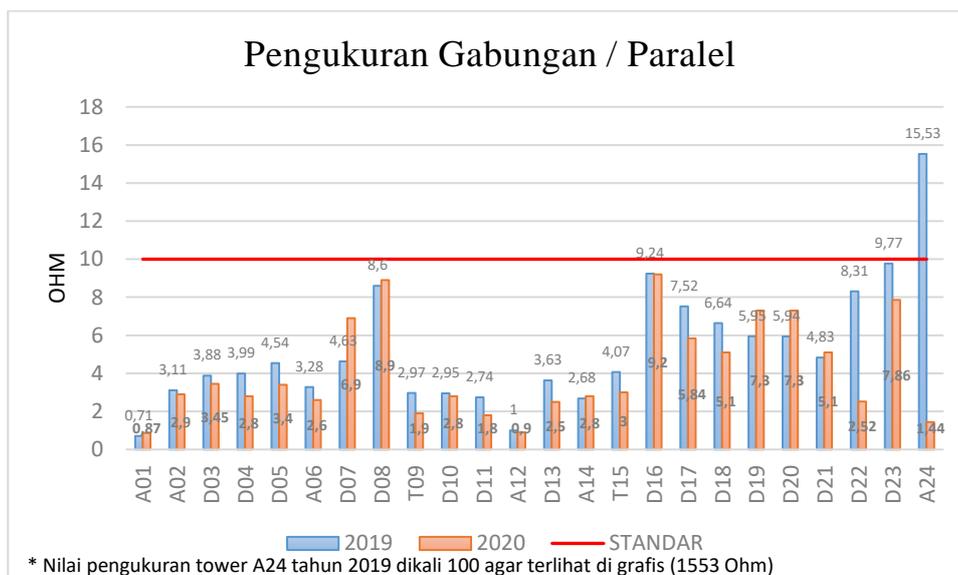
No.	No. Tower	Tahanan Pentanahan Tower (Ohm)					
		Gabungan	Kaki Tower	Arde Kaki			
				A	B	C	D
1	D23	7,86*	88,6**		3,46		5,03*

Ket: *Hasil pengukuran dengan kondisi awas
 ** Hasil pengukuran dengan kondisi buruk

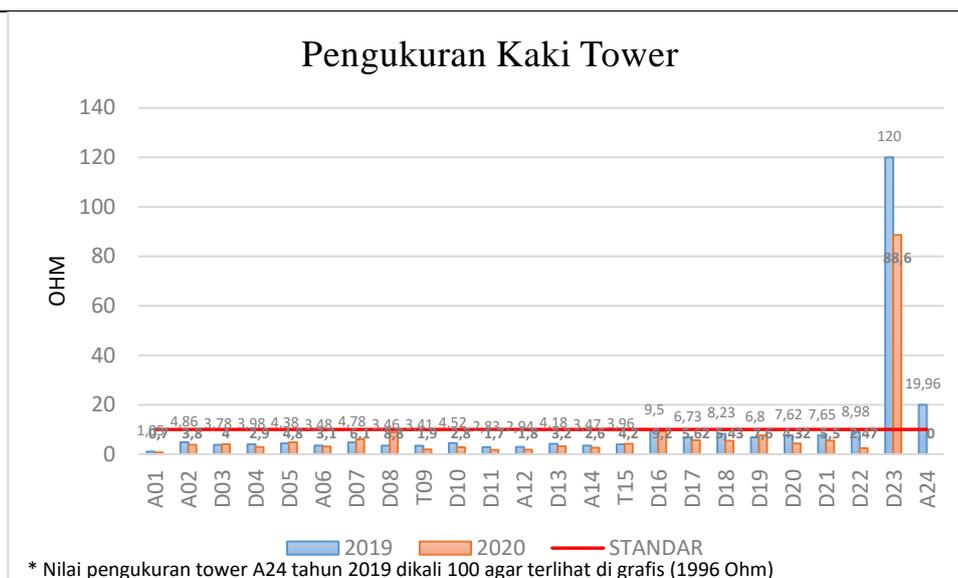
Kondisi nilai tahanan pentanahan yang buruk dapat dipengaruhi beberapa faktor, antara lain (i) kondisi ground rod yang buruk, (ii) kondisi kontak antara ground rod dan penghantar pentanahan terkena korosi, dan (iii) kondisi kelembaban dan air yang menurun.

Kondisi keempat adalah *Kondisi tidak diketahui*, kondisi ini tidak ditemukan dalam penelitian pengukuran nilai pentanahan pada tower SUTT 150kV Jelok – Bringin.

Karakteristik perbandingan nilai tahanan pentanahan tower SUTT 150kV Jelok – Bringin pada tahun 2019 dengan 2020 secara garis besar dibedakan menjadi:

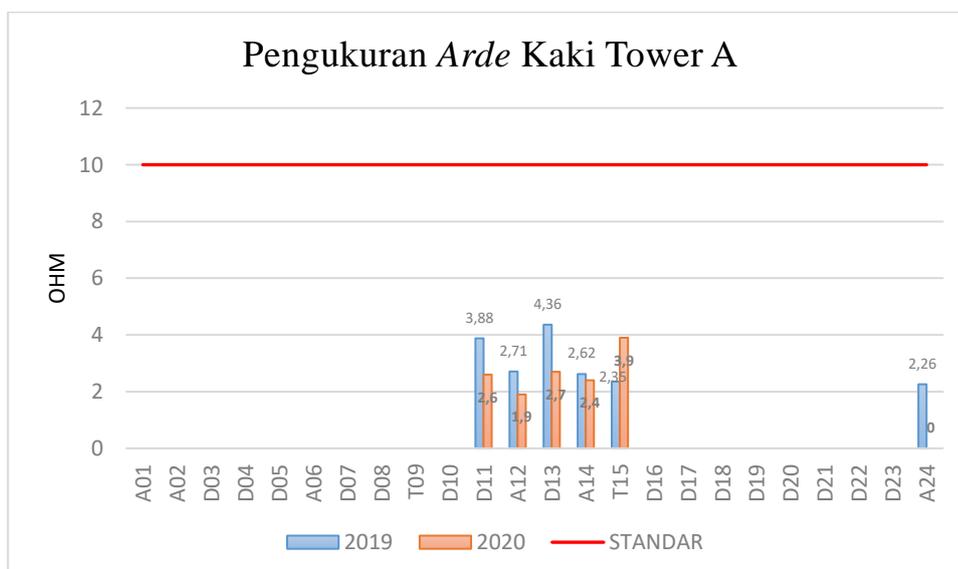


Gambar 6. Komparasi Hasil Pengukuran Gabungan / Paralel

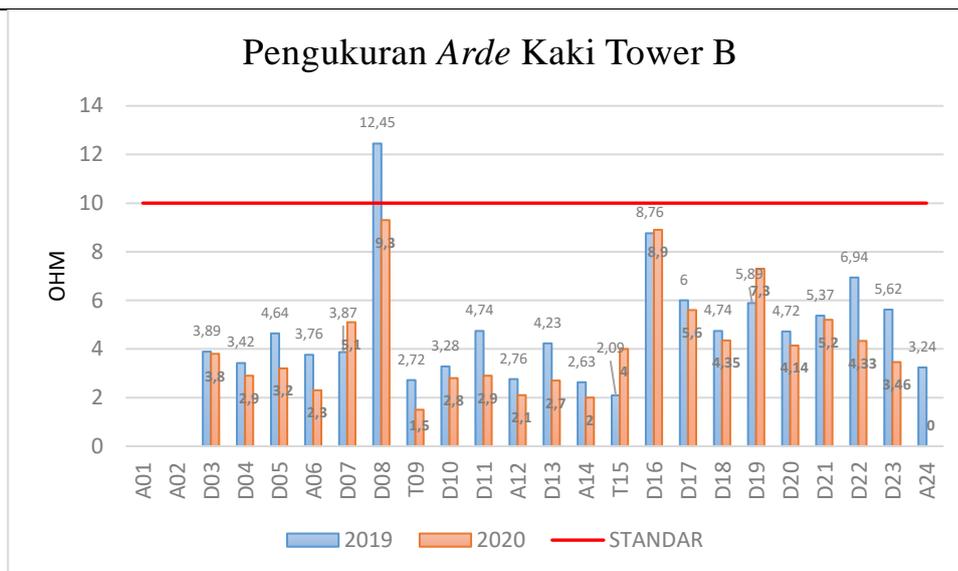


Gambar 7. Komparasi Hasil Pengukuran Kaki Tower

1. Nilai tahanan pentanahannya tetap / sama, berdasarkan pada tabel 1 nilai pentanahan tower SUTT 150kV yang nilainya tetap atau tidak mengalami perubahan terjadi pada tower D16 pada pengukuran arde kaki tower D sesuai dengan gambar 11. Tahanan pentanahan yang nilainya tetap dimungkinkan karena:
 - Besarnya nilai tahanan pembumiannya dalam dua waktu pengukuran tersebut masih baik
 - Kondisi tahanan pentanahannya masih baik
 - Nilai tahanan pentanahan yang nilainya tetap dimungkinkan karena kondisi ground rod masih baik, kondisi kontak antara *ground rod* dan penghantar pembumian masih baik dan kondisi kelembaban dan air tanah masih sama

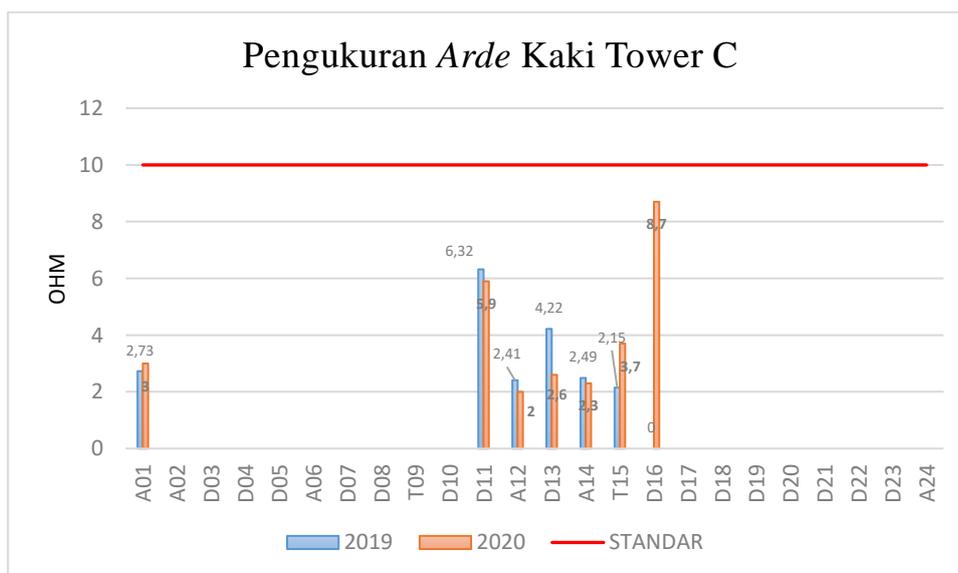


Gambar 8. Komparasi Hasil Pengukuran Arde Kaki Tower A

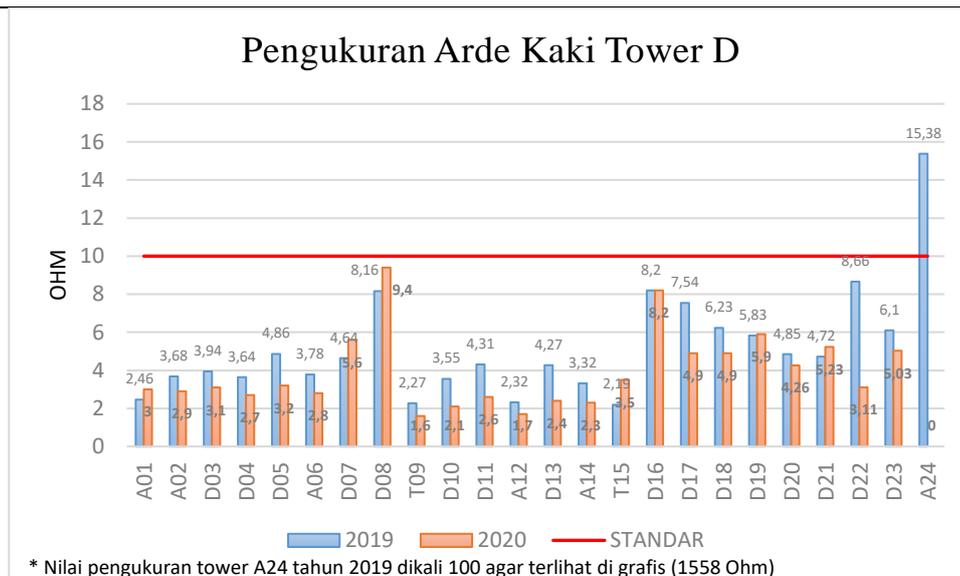


Gambar 9. Komparasi Hasil Pengukuran Arde Kaki Tower B

2. Nilai tahanan pentanahannya mengalami kenaikan, Nilai tahanan pentanahan tower SUTT 150kV Jelok – Bringin ada yang mengalami kenaikan, yaitu:
 - Kenaikan yang signifikan
 Kenaikan nilai tahanan pentanahan yang signifikan terjadi hanya pada pengukuran tahanan pentanahan arde masing-masing sisi.
 - Kenaikan yang tidak signifikan
 Kenaikan nilai tahanan pentanahan yang tidak signifikan terjadi pada semua jenis pengukuran, yaitu:
 - 1) Pengukuran tahanan pentanahan gabungan / paralel
 - 2) Pengukuran tahanan pentanahan kaki tower tanpa *arde*
 - 3) Pengukuran tahanan pentanahan *arde* masing-masing sisi



Gambar 10. Komparasi Hasil Pengukuran Arde Kaki Tower C



Gambar 11. Komparasi Hasil Pengukuran Arde Kaki Tower D

3. Nilai tahanan pentanahan mengalami penurunan, nilai tahanan pentanahan tower SUTT 150kV Jelok – Bringin yang mengalami penurunan, yaitu:

- Penurunan yang signifikan
 Penurunan nilai tahanan pentanahan tower SUTT 150kV yang signifikan terjadi pada beberapa metode pengukuran. hal ini dapat dimungkinkan karena kondisi *ground rod* dan klem masih baik, kondisi kelembaban tanah mengalami kenaikan yang signifikan, kondisi air tanah yang mencapai *ground rod* dan dilakukannya pemeliharaan serta perbaikan pentanahan.
- Penurunan yang tidak signifikan
 Penurunan nilai tahanan pentanahan tower SUTT 150kV yang tidak signifikan terjadi pada semua metode pengukuran, yaitu sebagai berikut:
 - 1) Pengukuran tahanan pentanahan gabungan / parallel
 - 2) Pengukuran tahanan pentanahan kaki tower tanpa *arde*
 - 3) Pengukuran tahanan pentanahan *arde* masing-masing sisi

Usulan dan analisa perbaikan kelayakan nilai pentanahan, sesuai dengan tabel 1 didapatkan nilai pengukuran pentanahan murni yang buruk pada masa pengukuran tahun 2020 dan perlunya usulan perbaikan adalah tower D23 yaitu pada metode pengukuran pada kaki tower. Untuk usulan perbaikan nilai pentanahan yaitu:

1. Melaksanakan Perawatan Rutin
 Perawatan dilakukan untuk mempertahankan kondisi optimal kinerja sistem pentanahan kaki tower. Laporan realisasi pelaksanaan pengukuran pentanahan kaki tower yang dilaksanakan setiap tahun adalah cara untuk memantau kondisi sistem pentanahannya. Disamping itu ada petugas *Line Walker* (LW) yang setiap minggu melaksanakan inspeksi pada setiap tower SUTT 150kV. Nilai tahanan pentanahan kaki tower diukur dengan metode yang telah dijelaskan sebelumnya, nilai tahanan pentanahan yang nilainya diatas standar akan masuk ke dalam daftar rencana perbaikan. Kerusakan yang terjadi pada sistem pentanahan biasanya diakibatkan sambungan kendur atau korosi antar bagian elektroda. Perbaikan dilakukan dengan mengencangkan kembali baut-baut sambungan dan membersihkan bagian elektroda dari korosi.
2. Menambah Batang Elektroda
 Setelah mengetahui nilai tahanan yang melebihi standar yaitu 10 Ohm, maka pihak PLN selaku pengelola melakukan pengeboran di sekitar tower yang bernilai lebih dari standar. Jarak pengeboran disepakati dibuat 6 meter dari permukaan tanah, baru penambahan batang elektroda bisa dilakukan. Analisa untuk jenis tanah yang ada pada jalur SUTT 150kV Jelok – Bringin adalah jenis tanah liat dan ladang yang memiliki nilai tahanan jenis 100 Ohm. Sebelum dilakukan pemasangan elektroda batang, harus ditentukan terlebih dahulu desain dari elektroda batang, lalu dihitung nilai tahanan elektroda

batang sesuai dengan standar yaitu harus dibawah 10 Ohm untuk elektroda batang tunggal. Adapun perkiraan desain dan perhitungan nilai tahanan pentanahan sesuai persamaan sebagai berikut:

$$R = (\rho / 2\pi L) \times (\ln (2L / d))$$

$$\begin{aligned} L &= 6 \text{ m} \\ \rho &= 100 \text{ Ohm} \\ d &= 3,175 \text{ cm} / 1,25'' \\ \pi &= 3,14 \\ R &= (\rho / 2\pi L) \times (\ln (2L / d)) \\ &= (100 / (2.3,14.6)) \times (\ln (2.6 / 3,175)) \\ &= (100 / 37,68) \times (\ln (3.77952756)) \\ &= 2,65392781 \times 1,32959902 \\ &= 3,52865982 \text{ Ohm} \\ &= 3,5287 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Nilai perhitungan tahanan pentanahan dengan satu buah batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah adalah 3,5287 Ohm. Jadi perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang tunggal telah memenuhi persyaratan yang berlaku yaitu di bawah 10 Ohm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi penanaman elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan, artinya semakin banyak elektroda ditanam dalam tanah, maka semakin kecil nilai tahanan pentanahannya.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan terhadap nilai tahanan pentanahan pada tower SUTT 150kV Jelok – Bringin, didapatkan karakteristik nilai tahanan pentanahan tower SUTT 150kV Jelok – Bringin pada tahun 2020 sebagian besar relatif dalam kondisi layak dan masih dibawah standar yang telah ditentukan. Perubahan nilai tahanan pentanahan tower SUTT 150kV Jelok – Bringin dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain perubahan kondisi *ground rod*, perubahan kondisi tanah (perubahan kelembaban air tanah), dan perubahan kondisi kontak pada klem pentanahan (antara *ground rod* dengan penghantar pentanahan). Kunci dari kelayakan nilai pentanahan tower SUTT 150kV Jelok – Bringin adalah pelaksanaan pengukuran nilai tahanan pentanahan yang akurat serta pemeliharaan dan perbaikan sistem pentanahan yang baik dan benar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000. (1)
- [2] PLN Research Institute, Buku Petir PLN 2020 Edisi Ketiga Tahun 2019 Jawa, Madura, Bali. Jakarta: PT PLN (Persero), 2020. (2)
- [3] Perusahaan Listrik Negara, *Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan dan Asesmen Peralatan SK DIR No. 0520-1.K/DIR/2014*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2014.(3)
- [4] (2021, Juli) kewtechcorp.com [Online], https://www.kewtechcorp.com/media/uploads/2021/11/KEW4105_Manual.pdf (4)
- [5] Artono Arismunandar, *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2001.
- [6] Djiteng Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Balai Penerbit & Humas ISTN, 1990.
- [7] T.S Hutauruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta : Erlangga, 1991.
- [8] T.S Hutauruk, *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1985.
- [9] Menteri ESDM RI, *Peraturan Menteri ESDM RI No 2 Tahun 2019 tentang Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum pada Saluran SUTT, SUTET*. Jakarta: Kementrian ESDM RI, 2019.
- [10] Nurcahyo Hajar Saputro, “Analisis Pentanahan Kaki Menara Transmisi 150kV Rembang-Blora Bertahanan Tinggi Dan Usaha Menurunkannya,” *Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2016.
- [11] Teguh Arfianto, Adam Ibnu Salam, “Jurnal Analisis Tahanan Pentanahan Kaki Tower SUTT 70kV Rute Cigareleng – Majalaya,” *Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional*, 2019.

-
- [12] Agung Tri Wahyudi, Slamet Hani, Mujiman, “Jurnal Analisis Perbaikan Sistem Pentanahan Pada Kaki Menara Di Jaringan Transmisi 150kV Gardu Induk Pedan – Kentungan,” *Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Teknik Institut Sains dan Teknologi AKPRIND*, 2018.
- [13] Andre Farmada, “Studi Pengukuran Tahanan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500kV Pedan – Ungaran,” *Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2016.
- [14] Margi Setiyono, “Pengukuran Tahanan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV Transmisi Ungaran – Krpyak,” *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*, 2007.
- [15] Ahmad Faisal, Muhammad Amril, Jhoni Hidayat, Ulfa Hasnita, “Jurnal Studi Pengukuran Tahanan Pentanahan Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV Sidikalang – Salak Dengan Menggunakan Sistem Counterpose,” *Akademi Teknik dan Keselamatan Penerbangan Medan*, 2019.
- [16] (2020, October), elektroindonesia.com [Online], www.elektroindonesia.com/elektro/ener24b.html.
- [17] (2021, Juli) Arief Budiardjo Shinduputra [Online], <http://arifdjo.blogspot.com/2012/01/apa-itu-sutt-saluran-udara-tegangan.html>.

Biodata Penulis

Dedi Pranatali, lahir di Semarang, 20 Desember 1987. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S1 Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Gunawan, lahir di Bantul, 7 November 1971. Menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang tahun 1999 dan pendidikan Pascasarjana (S2) Magister Teknik bidang Teknik Elektro Universitas Gajah Mada Yogyakarta pada tahun 2007. Staf Pengajar Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dedi Nugroho, lahir di Bandung, 17 Desember 1967. Menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Nusantara Bandung tahun 1993 dan pendidikan Pascasarjana (S2) Magister Teknik bidang Teknik Elektro Universitas Gajah Mada pada tahun 2002. Staf Pengajar Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.