

ANALISA PENGGUNAAN CHARCOAL UNTUK SALURAN TRANSMISI 150KV DI TRANSMISSION LINE SUTT JALUR BANGKALAN - SAMPANG

Riza Alfita¹, Muhammad Rinaldi², Achmad Fiqhi Ibadillah³

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

³ Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

¹yogya_001@yahoo.co.id, ²muhammadrinaldi1602@gmail.com, ³fiqhi.achmad@gmail.com

Abstrak -- Jaringan transmisi Bangkalan - Sampang tercatat sering terjadi gangguan yang diakibatkan oleh sambaran petir terutama pada T70 - T77 yang berada pada Bukit Gigir yang kondisi struktur tanah nya berupa batuan. Sehingga nilai pentanahannya tercatat melebihi standart, yaitu 10 Ω untuk tegangan 150kV. Salah satu cara yang dicoba untuk memperbaiki nilai pentanahan pada daerah bertanah batuan adalah dengan mengebor tanah hingga mencapai kedalaman tertentu dan menanamkan *ground rod* dengan dicampurkan semen konduktif, semen konduktif sebagai penguat sifat konduktif sehingga nilai pentanahan dapat semakin kecil dan gangguan sambaran petir dapat di ketanahkan dengan baik.

Metode RCPS (*Root Cause Problem Solving*) mencari pemecahan masalah dengan penyelesaian terhadap akar masalahnya. Tahanan jenis tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan tanah dan pada kedalaman berapa batang elektroda harus ditanam agar diperoleh nilai resistansi yang rendah. Setelah penambahan semen konduktif, hasil nilai pentanahan T70 - T77 turun sekitar 60% dari 3 tahun sebelumnya.

Kata Kunci — Batang Elektroda, RCPS, Semen Konduktif, Transmisi.

1. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) memiliki salah satu misi untuk “Menjalankan bisnis kelistrikan dan bidang lain yang terkait, berorientasi pada kepuasan pelanggan, anggota perusahaan, dan pemegang saham”. Maka dari itu PT. PLN (Persero) selalu berupaya terus menjaga dan meningkatkan keandalan jaringan demi tercapainya kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Untuk mendukung terwujudnya kontinuitas penyaluran tenaga listrik, PT. PLN (Persero) melakukan optimalisasi CBM level 1. Salah satu contohnya pada sistem jaringan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) maupun Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET), dari hasil inspeksi oleh gound patrol banyak anomali yang di temukan di sepanjang jaringan transmisi yang berpotensi mengganggu keandalan penyaluran tenaga listrik. Pada jaringan transmisi Bangkalan-Sampang tercatat sering terjadi gangguan yang diakibatkan oleh sambaran petir terutama pada T70 - T77 yang berada pada Gunung Gigir yang kondisi struktur tanah nya berupa batuan. Sehingga nilai pentanahannya tercatat melebihi standart, yaitu 10 Ω untuk tegangan 150kV [1].

Salah satu cara yang dicoba untuk memperbaiki nilai pentanahan pada daerah bertanah batuan adalah dengan mengebor tanah hingga mencapai kedalaman tertentu dan menanamkan *ground rod* dengan dicampurkan semen konduktif, semen konduktif sebagai penguat sifat konduktif sehingga nilai pentanahan dapat semakin kecil dan gangguan sambaran petir dapat di ketanahkan dengan baik. Tuntutan keandalan sistem tenaga listrik demi meningkatkan kualitas pelayanan pelanggan membuat PT. PLN (Persero) senantiasa berupaya menekan angka gangguan. Tindakan yang

dilakukan perusahaan adalah melalui analisis penyebab gangguan dan tindak lanjut penyelesaian masalah gangguan tersebut, sehingga dikemudian hari sistem sudah aman apabila terjadi gangguan yang sama. Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Berdasarkan data dari GI Bangkalan dan Sampang didapatkan data hasil penyebab gangguan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) Bangkalan – Sampang pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Gangguan SUTT Bangkalan-Sampang

Tahun	Tanggal	Indikasi	Gangguan	Lokasi
2015	8 Februari	Distance A-N, Trip A	Petir	T.73
	21 Februari	Distance C-N, Trip C	Petir; Isolator flash	T.69, T.72 & 73
	14 April	Distance A-N, Trip A	Petir; Isolator flash	T.17 & T.18
2016	3 Januari	Distance C-N	Petir; Isolator flash	T.72
	3 Januari	Distance ABN, Trip ABC	Petir; Isolator flash	T 72

	20 Januari	Distance B-N, Trip B	Petir;	
--	---------------	-------------------------	--------	--

Dari data diatas dapat diketahui bahwa gangguan yang paling sering terjadi pada saluran udara adalah isolator flash dikarenakan gangguan sambaran petir. Petir tidak dapat diprediksi letak dan besarnya gangguan sehingga sangat sulit untuk melakukan pengamatan. Namun demikian, pada saluran udara sudah dipasang pengaman terhadap sambaran petir, salah satunya adalah Kawat *Ground Steel Wire (GSW) / Optic Ground Wire (OPGW)*. Kawat GSW/OPGW adalah media untuk melindungi konduktor fasa dari sambaran petir kemudian membuang muatan petir tersebut ke tanah melalui pentanahan tower.

Berdasarkan *Arde Meeting* yang dilakukan di 158 tower jalur Bangkalan-Sampang pada tahun 2015-2017, beberapa tower yang memiliki nilai pentanahan tower yang tidak memenuhi standar atau di atas 10 ohm, yaitu tower 70-77. Agar lebih jelas lihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1.2 Data *Arde Meeting* tahun 2015 TL
Bangkalan-Sampang

NO. TOWER	JENIS TOWER	HASIL ARDE (Ω)	LOKASI
70	S	39,4	Perbukitan
71	S	41,8	Perbukitan
72	S	35,9	Perbukitan
73	S	39,4	Perbukitan
74	T	43,4	Perbukitan
75	S	36,6	Perbukitan
76	S	42	Perbukitan
77	S	44,5	Pemukiman

Tabel 1.3 Data *Arde Meeting* tahun 2016 TL
Bangkalan-Sampang

NO. TOWER	JENIS TOWER	HASIL ARDE (Ω)	LOKASI
70	S	37,4	Perbukitan
71	S	43	Perbukitan
72	S	36,2	Perbukitan
73	S	41,8	Perbukitan
74	T	47,3	Perbukitan
75	S	37,5	Perbukitan
76	S	39,6	Perbukitan

77	S	44,7	Pemukiman
----	---	------	-----------

Tabel 1.4 Data *Arde Meeting* tahun 2017 TL
Bangkalan-Sampang

NO. TOWER	JENIS TOWER	HASIL ARDE (Ω)	LOKASI
70	S	43,1	Perbukitan
71	S	45,2	Perbukitan
72	S	38,7	Perbukitan
73	S	46,1	Perbukitan
74	T	50,3	Perbukitan
75	S	39,8	Perbukitan
76	S	44,6	Perbukitan
77	S	45,4	Pemukiman

Oleh karena itu, walaupun sudah ada pengaman terhadap gangguan petir, pada tahun 2015-2017 tetap terjadi gangguan petir pada saluran udara Bangkalan-Sampang. Sehingga salah satu cara agar gangguan dapat di minimalisir yaitu dengan menurunkan nilai pentanahan pada tower 70-77.

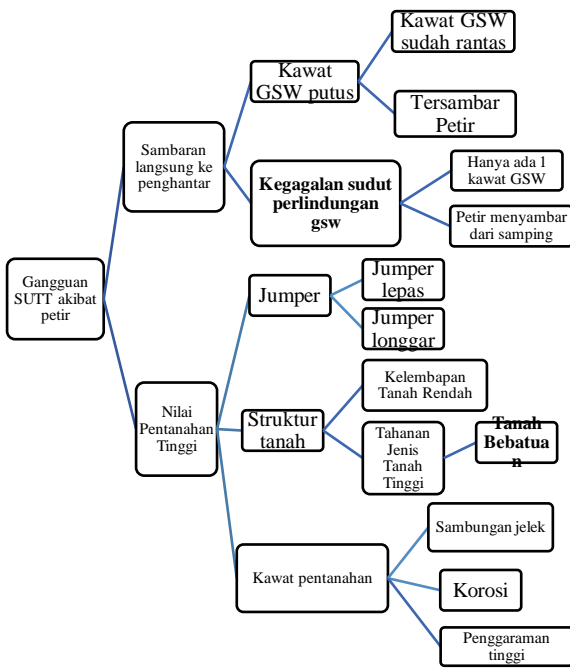
2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode RCPS

Dapat diketahui bahwa penyebab utama saluran udara Bangkalan-Sampang tersambar petir disebabkan karena tingginya nilai pentanahan pada tower 70-77.. Penulis menggunakan metode RCPS (*Root Cause Problem Solving*) yaitu mencari pemecahan masalah dengan penyelesaian terhadap akar masalahnya

Gambar 1.1 terlihat bahwa penyebab tingginya nilai pentanahan adalah karena kerusakan komponen, lingkungan, dan juga konstruksi yang tidak sempurna. Dari penyebab-penyebab tersebut dapat ditarik beberapa permasalahan:

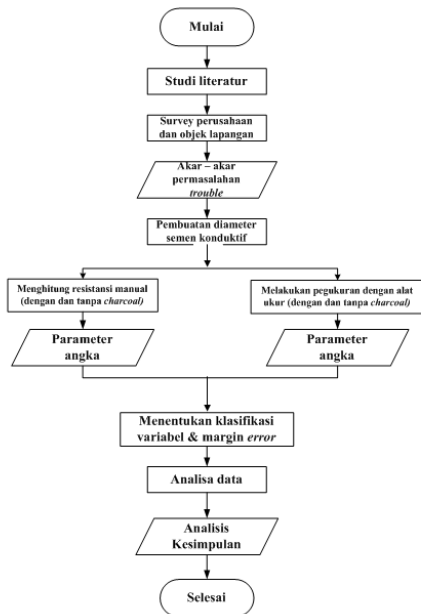
1. Komponen sistem pentanahan dipasang di atas dan di bawah permukaan tanah, keduanya menghadapi karakteristik lingkungan yang berlainan. Bagian yang berada di atas permukaan tanah, asap dan partikel debu dari proses industri serta partikel terlarut yang terkandung dalam air hujan akan mengakibatkan korosi pada konduktor, sedangkan pada bagian di bawah tanah, kondisi tanah basah yang mengandung materi alamiah, bahan-bahan kimia yang terkontaminasi didalamnya juga dapat mengakibatkan korosi.



Gambar 1.1 RCPS (Root Cause Problem Solving)

2. Tahanan jenis tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah. Untuk daerah yang memiliki tahanan jenis tinggi elektroda yang dipasang harus lebih dalam dan juga memiliki luas penampang yang lebih besar.

2.2 Perancangan Sistem Pengujian



Gambar 1.2 Flowchart alur penelitian

Gambar di atas merupakan tampilan diagram alur penelitian tugas akhir untuk menganalisa penambahan charcoal sebagai perbaikan nilai pentanahan pada tower SUTT di Bukit Gigir, Kecamatan Blega, Bangkalan, yaitu:

- a. Menentukan nilai resistansi yang baik untuk kinerja tower SUTT no. 70-73.
- b. Menentukan proses perbaikan dengan menggunakan metode RCPS.
- c. Menentukan hasil perbedaan antara nilai perhitungan manual dengan nilai pengukuran sebelum dan sesudah penambahan charcoal.
- d. Menentukan nilai variabel margin error antara nilai perhitungan manual dengan nilai pengukuran dengan menimbang nilai kecil, sedang, dan besar.
- e. Menganalisa penyebab perbedaan antara nilai perhitungan manual dengan nilai pengukuran dengan melihat klasifikasi nilai margin error.

2.3 Pentanahan

Sistem pembumian adalah suatu tindakan dasar yang sangat penting untuk menjamin keamanan dan keandalan dari operasi sistem tenaga listrik serta memastikan keselamatan manusia dari gangguan yang terjadi pada jaringan listrik dan peralatan. Dalam penerapannya tidak semua sistem jaringan listrik dihubungkan langsung dengan sistem pembumian [2]. Hal terpenting sistem pembumian adalah memperoleh nilai pentanahan yang kecil sehingga memungkinkan untuk arus gangguan yang terjadi dapat dengan cepat tersalurkan ke tanah [3].

Resistansi kepada bumi dapat dihitung dan diukur. Penghitungan ini telah disempurnakan sebagian besar oleh rumus yang dikembangkan di Dwight. Harus dinyatakan bahwa rumus-rumus ini hanya perkiraan dan diberikan keadaan kemampuan saat ini sehubungan dengan model sistem pembumian bumi dan desain pentanahan, pertimbangan kuat untuk menggunakan alat tersebut harus diperiksa. Persamaan resistansi berdasarkan bahan elektroda

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{d} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- R : resistansi elektroda batang (Ω)
- ρ : massa jenis bahan elektroda batang (Ω)
- d : diameter konduktor (m)
- L : panjang batang elektroda (m)

Beberapa elektroda dengan paralel menghasilkan resistansi yang lebih rendah dibandingkan dengan satu batang elektroda tunggal. Beberapa batang umumnya digunakan untuk memberikan resistansi pentanahan rendah yang dibutuhkan oleh instalasi berkapasitas tinggi. Menambahkan batang elektroda kedua belum sepenuhnya memberikan resistansi total setengah dari batang tunggal, kecuali keduanya terpisah beberapa batang elektroda panjang.

- Satu batang elektroda dengan panjang L dan radius a

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \dots\dots\dots(2)$$

- Dua batang elektroda $s > L$, dengan jarak s

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right) \dots\dots\dots(3)$$

- Dua batang elektroda $s < L$, dengan jarak s

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right) \dots\dots\dots(4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Resistansi Batang Elektroda

Secara ilmu pengetahuan pentanahan dalam system pembumian adalah komposisi dari resistansi elektroda batang, resistansi kontak antarpermukaan elektroda batang dan tanah di sekelilingnya, resistansi bagian tanah di sekeliling batang elektroda. Untuk mengetahui nilai pengaruh batang elektroda terhadap resistansi pembumian, dilakukan perhitungan resistansi batang elektroda. [4] Resistansi batang elektroda dapat diketahui melalui persamaan (1). Data untuk perhitungan resistansi batang elektroda yakni:

$$\begin{aligned} \rho &= 1,6 \times 10^{-6} \text{ } \Omega/\text{cm} \text{ (massa jenis baja berlapis tembaga)} \\ L &= 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm} \\ d &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

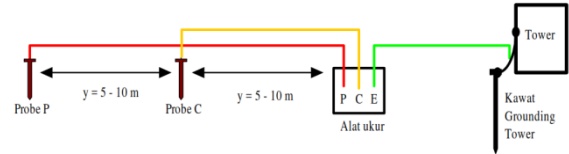
Dengan menggunakan persamaan (1), maka dapat dihitung resistansinya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R &= \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{d} \right) \\ &= \frac{1,6 \cdot \frac{1}{1000000}}{2 \cdot (3,14) \cdot (1000)} \ln \left(\frac{4 \cdot 1000}{10} \right) \\ &= \frac{1,6 \cdot \frac{1}{1000000}}{6280} \cdot 5,99 \\ &= 25 \times 10^{-9} \cdot 5,99 \\ &= 149,75 \times 10^{-9} \Omega \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, resistansi batang elektroda sangat kecil nilainya. Sehingga nilai resistansi batang elektroda terhadap pengukuran *grounding* diabaikan karena nilai yang sangat kecil sekali pengaruhnya terhadap nilai *grounding*. Begitupula kontak antara tanah dengan batang elektroda *grounding* juga diabaikan karena nilai resistansi yang sangat kecil. Resistansi yang sangat menentukan nilai resistansi system pentanahan adalah resistansi tanah itu sendiri.

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian dan pengambilan data dilakukan setelah pengeboran diameter dengan kedalaman yang sudah disepakati dan di tambah semen konduktif. Untuk pengujian menggunakan alat ukur Kyoritsu 4105A dengan cara seperti gambar di bawah ini.



Gambar 1.3 Hasil Pengukuran Tower 70 Menggunakan Earth Tester Kyoritsu 4105A

Berikut cara penggunaan alat ukur Earth Tester Kyoritsu 4105A:

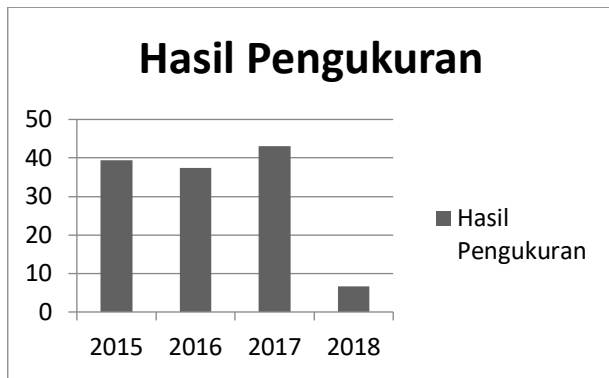
- Tancapkan kedua *probe* ke tanah dengan jarak masing – masing *probe* 5 meter.
- Sambungkan kabel arna hijau dan capitkan ke kabel pentanahan yang ada di kaki tower.
- Sambungkan kabel merah dan kuning ke probe yang sudah tertancap ke tanah.
- Putar selector switch dan tekan tombol merah untuk mengetahui nilai yang keluar.

Tabel 1.5 Nilai Resistansi Tower 70

Tahun	Hasil Pengukuran	Jenis Tanah
2015	39.4	Tanah Berbatu
2016	37.4	Tanah Berbatu
2017	43.1	Tanah Berbatu
2018	6.58	Tanah Berbatu

Pengujian pertama dengan ukuran diameter pengeboran sebesar 8 cm serta kedalaman 12 meter seperti dilakukan pada tower 70 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R &= \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right) \\ &= \frac{2000}{4,3 \cdot 14,12} \left(\ln \frac{4,12}{0,08} + \ln \frac{4,12}{5} - 2 + \frac{5}{2 \cdot 12} - \frac{5^2}{16 \cdot 12^2} + \frac{5^4}{512 \cdot 12^4} \right) \\ &= 13,26 (6,39 + 2,261 - 2 + 0,2 - 0,01 + 0,00005) \\ &= 13,26 \cdot 6,841 \\ &= 90,71 \Omega \end{aligned}$$



Gambar 1.4 Grafik Hasil Pengukuran Tower 70



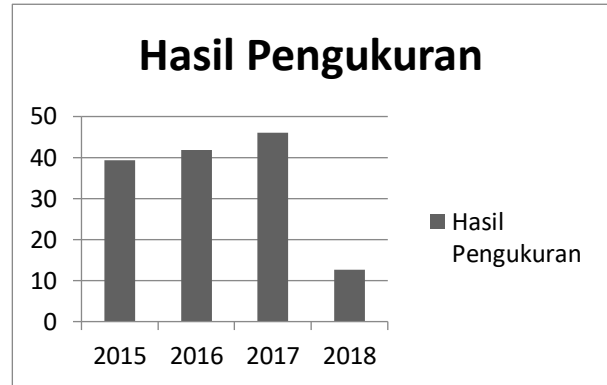
Gambar 1.5 Hasil Pengukuran Tower 70 Menggunakan Earth Tester Kyoritsu 4105A

Tabel 1.6 Nilai Resistansi Tower 73

Tahun	Hasil Pengukuran	Jenis Tanah
2015	39.4	Tanah Berbatu
2016	41.8	Tanah Berbatu
2017	46.1	Tanah Berbatu
2018	12.69	Tanah Berbatu

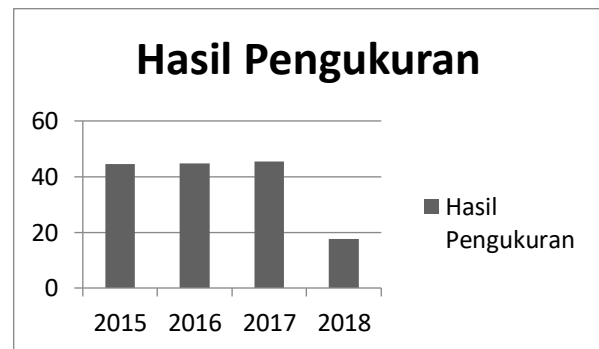
Pengujian kedua dengan ukuran diameter pengeboran sebesar 8 cm serta kedalaman 15 meter seperti dilakukan pada tower 73 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right) \\
 &= \frac{2000}{4.3 \cdot 14.15} \left(\ln \frac{4.15}{0.08} + \ln \frac{4.15}{5} - 2 + \frac{5}{2.15} - \frac{5^2}{16 \cdot 15^2} + \frac{5^4}{512 \cdot 15^4} \right) \\
 &= 10,615 (6,62 + 2,484 - 2 + 0,166 - 0,007 + 0,000024) \\
 &= 10,615 \cdot 7,263 \\
 &= 77,09 \Omega
 \end{aligned}$$



Tabel 1.7 Nilai Resistansi Tower 77

Tahun	Hasil Pengukuran	Jenis Tanah
2015	44,5	Tanah Berbatu
2016	44,7	Tanah Berbatu
2017	45,4	Tanah Berbatu
2018	17,54	Tanah Berbatu



Gambar 1.8 Grafik Hasil Pengukuran Tower 77



Gambar 1.9 Hasil Pengukuran Tower 77 Menggunakan Earth Tester Kyoritsu 4105A

Setelah ditambahkan dengan semen konduktif kharcol, nilai resistansi pada tahun 2018 di tower 77 mengalami penurunan yang sangat drastis. Hal ini dikarenakan pembuatan diameter pengeboran sebesar 15 cm dengan kedalaman mencapai 12 meter.

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

$$= \frac{2000}{4.3,14.12} \left(\ln \frac{4.12}{0,15} + \ln \frac{4.12}{5} - 2 + \frac{5}{2.12} - \frac{5^2}{16.12^2} + \frac{5^4}{512.12^4} \right)$$

$$= 13,26 (5,76 + 2,26 - 2 + 0,2 - 0,01 + 0,00005)$$

$$= 13,26 \cdot 6,2$$

$$= 82,2 \Omega$$

Dari 3 percobaan dengan ukuran berbeda terlihat hasil yang sangat berbeda. Ukuran diameter 8 cm dengan kedalaman 12 meter mendapatkan hasil lebih besar dibandingkan ukuran diameter 15 cm dengan kedalaman 12 meter.

Tabel 1.8 pengaruh penambahan semen konduktif charcoal pada nilai resistansi

Tower	Tahun	Hasil Pengukuran	Kenaikkan / Penurunan
70	2015	39.4	-
	2016	37.4	5.08%
	2017	43.1	15.24%
	2018	6.58	84.73%
73	2015	39.4	-
	2016	41.8	6.09%
	2017	46.1	10.29%
	2018	12.69	72.47%
77	2015	39.4	-
	2016	37.4	0.45%
	2017	43.1	1.57%
	2018	6.58	61.37%

Berdasarkan tabel diatas penambahan semen konduktif 2 buah dengan berat masing – masing 10 Kg dan ditambah 3 liter air untuk menjadikan adonan semen mampu menurunkan nilai resistansi diatas 60 – 80%

Namun dari perhitungan manual dari persamaan (4) terdapat perbedaan nilai yang begitu besar antara perhitungan dengan alat ukur serta perhitungan manual. Hal ini disebabkan oleh korosi pada tanah kaki tower yang tidak terhitung secara manual serta kondisi uap dan lembab tanah tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian semen konduktif charcoal, serta pengujian lapangan hasil tersebut yang telah dibuat dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Penelitian perbaikan nilai resistansi berjalan dengan sesuai perencanaan yang ada.
- Semen konduktif dapat menurunkan nilai resistansi sekitar 60%.
- Pada saat perhitungan, semakin besar ukuran diameter dan kedalaman batang elektroda yang tertanam semakin baik pula nilai resistansi yang ada.
- Kondisi cuaca juga sangat menentukan karena menyangkut suhu dan kelembaban suatu tanah.
- Faktor korosi juga dapat mempengaruhi nilai resistansi tanah, semakin banyak tanah yang korosi semakin besar nilai pentanahan.

5. SARAN

Dalam penelitian dan pengujian ini penulis memberikan saran terkait hal berikut:

- Pengukuran dapat disinkronkan dengan aplikasi *web* untuk dapat melakukan perataan secara mudah.
- Dapat memperkecil margin error antara pengukuran dengan alat ukur dengan perhitungan manual karena beberapa factor.
- Semen konduktif dapat di aplikasikan di berbagai jenis massa jenis tanah yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SK DIR 0520-1.K/DIR/ 2014. *Buku Pedoman Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT / SUTET)*.
- [2] Winanda Riga Tamma, I Made Yulistya Negara, dan Daniar Fahmi. 2017. *Pemanfaatan Bentonite sebagai Media Pembumian Elektroda Batang*. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 1, ISSN: 2337-3539.
- [3] I M Yulistya Negara, Daniar Fahmi, D.A. Asfani, dkk. *Analisis Pengaruh Semen Konduktif Sebagai Media Pembumian Elektroda Batang*. Institut Teknologi Sepuluh November. JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering Volume 12, Number 2, October 2014.
- [4] Lucky Dedi Purwanto. *STUDI PEMANFAATAN ARANG TEMPURUNG KELAPA UNTUK PERBAIKAN RESISTANSI PEMBUMIAN JENIS ELEKTRODA BATANG*. Universitas Brawijaya Malang. Diterbitkan di laman jurnal teknik UB. (<http://elektro.studentjournal.ub.ac.id>)