

PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN PADA GEDUNG LISTRIK POLITEKNIK NEGERI SEMARANG

Bangun Krishna¹, T. Haryono², Bambang Sugiyantoro³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro FT UGM
Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA

ABSTRAK

Sistem pentanahan adalah salah satu bagian sistem tenaga listrik yang mempunyai peranan penting dalam mengalirkan arus lebih dari sistem tenaga listrik ke tanah karena adanya gangguan sistem tenaga listrik atau sambaran petir. Untuk memenuhi regulasi resmi standart aman, maka dikehendaki resistansi pentanahan dibuat sekecil mungkin. Pada penelitian ini, dua metode untuk memperkecil nilai resistansi pentanahan akan dibandingkan dan dianalisa. Metode pertama berdasarkan pada penambahan jumlah elektroda secara paralel, sedangkan metode kedua berdasarkan pada penambahan bentonit secara parit melingkar pada elektroda batang tunggal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode penambahan batang paralel menghasilkan penurunan nilai resistansi pentanahan lebih signifikan dibandingkan dengan metode penambahan bentonit pada batang tunggal.

Kata kunci: Elektroda pentanahan, elektroda paralel, tahanan pentanahan.

ABSTRACT

Grounding system is one part of the electric power system which has an important role in distributing overflow currents from an electric power system to the earth due to the occurrence of power system faults as well as of lightning strikes. To satisfy the officially standard safety regulation, grounding rod electrodes having almost zero resistances are required. In this reseach, two methods for lowering the resistance of grounding rod electrodes will be compared and analyzed. The first method is based on parallely adding the numbers of grounding rod electrodes, while the second method is based on adding the bentonite using circle trench for single grounding rod electrode. Experimental results show that the method of parallel addition of the rod electrodes gives significant reduction of grounding resistance compared to that of adding the bentonite for single grounding rod electrode.

Keywords: grounding rod electrodes, parallel electrodes and grounding resistance.

I. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik, pertumbuhan beban listrik yang terus meningkat menyebabkan sistem tenaga listrik terus berkembang dengan pesat dan besar. Apabila terjadi gangguan sistem maka arus gangguan yang ditimbulkan akan mengalir ke tanah semakin bertambah besar dan busur api yang ditimbulkan akan semakin sulit padam sendiri. Pada gedung Listrik Polines ada pentanahan sistem penangkal petir yang nilai

resistansnya tidak memenuhi syarat/tinggi sehingga sangat berbahaya. Hutaaruk (1991) [4] menginformasikan sistem pentanahan adalah penghubung bagian-bagian peralatan yang pada keadaan normal tidak dialiri arus listrik dengan tujuan untuk memperoleh potensial yang merata dalam semua bagian struktur dan peralatan, sehingga tercapai disemua titik daerah sistem pengetanahan ini secara merata untuk suatu harga yang aman pada semua kondisi operasi. Untuk mengatasi gangguan pada sistem tenaga listrik tersebut diperlukan rancangan sistem yang disebut

dengan sistem pentanahan *grounding system* dengan cara melakukan penanaman elektroda batang pentanahan.

Pentanahan dengan menggunakan batang pentanahan dilakukan dengan cara elektroda batang dimasukkan tegak lurus ke dalam tanah dengan terminal sambungannya berada di permukaan tanah dan panjangnya disesuaikan dengan resistans pembumian yang diperlukan. Resistans pembumian dari satu atau beberapa elektroda pentanahan di sekitar sumber listrik tidak boleh lebih besar dari 10 Ω (PUIL 2000 ayat 3.13.2.10 b). Untuk daerah dengan resistans jenis tanah yang sangat tinggi, resistans pembumian tersebut boleh sampai 20 Ω. (PUIL, 2000 ayat 3.13.2.10b) [1].

Pada kenyataannya tahanan jenis tanah nilainya bermacam-macam, tergantung pada komposisi tanahnya dan faktor-faktor lain. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tahanan jenis tanah antara lain:

- a. Komposisi zat kimia yang ada di dalam tanah dengan lapisan tanah yang berbeda-beda (*uniform*) sehingga resistans jenis tanah (ρ) berbeda.
- b. Temperatur pada permukaan tanah atau pada lapisan atas akibat perubahan iklim biasanya berubah-ubah dibandingkan dengan temperature tanah yang lebih dalam yang relatif lebih stabil, sehingga nilai tahanan jenisnya akan berbeda pula.
- c. Kandungan air dalam tanah dapat mempengaruhi perubahan resistans jenis tanah (ρ) terutama air tanah sampai dengan 20%. Pada sistem pengetanahan yang tidak mungkin untuk ditanam lebih dalam lagi sehingga tidak mencapai air tanah yang konstan, maka nilai tahanan jenis tanah sangat besar
- d. Kadangkala pada penanaman elektroda memungkinkan kelembaban dan temperatur bervariasi, untuk hal seperti ini harga tahanan jenis tanah harus diambil dari keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin
- e. Sifat geologi tanah yang merupakan faktor utama dalam menentukan nilai

resistans tanah (ρ), seperti diperlihatkan pada table 1.

Nilai resistans jenis tanah sangat berbeda-beda tergantung pada jenis tanah, seperti dilihat pada ayat 3.18.3.1.dalam PUIL 2000 [1] yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 1 Nilai rata-rata tahanan jenis tanah (ρ)

No.	Jenis Tanah	Resistans Jenis (Ω -m)
1	Tanah rawa	30
2	Tanah liat dan ladang	100
3	Pasir basah	200
4	Kerikil basah	500
5	Pasir dan kerikil kering	1000
6	Tanah berbatu	3000

Pabla (1981) [8] menginformasikan ada tiga komponen yang sangat berpengaruh terhadap nilai tahanan pentanahan pada system pentanahan yaitu :

1. Tahanan pentanahan dari elektroda batang dengan sambungan-sambungan penghantar yang menghubungkan ke peralatan yang ditanahkan.
2. Tahanan hubung diantara elektroda batang pentanahan dengan tanah yang mengelilinginya.
3. Tahanan jenis tanah yang mengelilingi elektroda.

Pada penelitian ini untuk memperkecil tahanan pentanahan dengan menggunakan elektroda batang paralel serta mengubah komposisi tanah dengan memperlakukan kondisi kimiawi tanah menggunakan zat aditif, dalam upaya memperkecil besaran resistans pentanahan yang sesuai dengan peraturan yang ada dilakukan langkah sebagai berikut :

- 1 Pengaruh jumlah elektroda batang pentanahan yang terpasang secara paralel terhadap perubahan nilai resistans pentanahan. Elektroda yang digunakan dalam pengukuran adalah elektroda batang tunggal ber-diameter 5/8 inch dengan panjang 240 cm yang terbuat dari baja pejal dilapisi tembaga

2 Pengaruh perubahan nilai resistans pentanahan dengan pemberian bentonit disekeliling elektroda batang tunggal. Bentonit yang digunakan adalah tipe Wyoming

Pemberian bentonit secara parit melingkar pada elektroda batang tunggal dengan kedalaman tertentu dan dengan divariasikannya tinggi parit bentonit di sekitar elektroda batang didapatkan penurunan tahanan pentanahan (Harnoko, 2003) [3]. Untuk dua batang elektroda paralel, bila jarak antara kedua elektroda menjadi lebih besar dari panjang elektroda maka nilai tahanan pentanahannya akan semakin kecil. Sebaliknya bila jarak antar kedua elektroda semakin pendek dibandingkan dengan panjang elektroda, maka diperoleh tahanan pentanahan akan semakin besar (Tadjuddin,1998) [11].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di sebelah barat gedung Teknik Listrik Politeknik Negeri Semarang. Lokasi ini dipilih berdasarkan pertimbangan tanah di wilayah tersebut belum pernah dilakukan penelitian. Hasil pengukuran-pengukuran tahanan pentanahan elektroda batang yang diparalel, serta elektroda batang tunggal yang diberi bentonit dengan parit melingkar disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

1. Tahanan Pentanahan Elektroda Batang Tunggal.

Perhitungan untuk nilai tahanan pentanahan pada elektroda batang tunggal yang ditanam secara vertikal telah diteliti oleh Professor H.B. Dwight dari Institut Teknology Massachusetts dan berdasarkan rekomendasi standar IEEE yaitu :

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{8L}{d} - 1 \right) = \frac{\rho}{6.283L} \left(\ln \frac{8L}{d} - 1 \right) \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

R_t = Resistans elektroda batang tunggal (Ω)

ρ = tahanan jenis tanah ($\Omega.m$)

L = panjang elektroda dalam meter (m).

d = diameter elektroda dalam meter (m).

Dari persamaan (1) yang mempengaruhi besar kecilnya tahanan pentanahan suatu elektroda batang menurut Megger ada tiga variabel [7] (Panduan praktis untuk pengukuran tahanan pentanahan) yaitu :

a. Tahanan jenis tanah (ρ) adalah merupakan faktor utama yang menentukan besar kecilnya suatu nilai hambatan elektroda batang pentanahan serta pada kedalaman seberapa elektroda batang pentanahan harus ditanam supaya didapat nilai hambatan yang rendah.

b. Apabila diameter elektroda batang (d) diperbesar ukurannya menjadi dua kalinya dari semula, maka nilai penurunan resistansinya sangat kecil yaitu kerang lebih 10 % dari harga semula.

c. Dengan memperpanjang batang elektroda yang ditanam ke dalam tanah dengan kedalaman dua kali dari kedalaman semula, maka nilai penurunan resistansinya berkisar menjadi 40 %.

2. Tahanan Pentanahan Elektroda Batang Paralel

Pemasangan dua, tiga atau lebih batang elektroda pentanahan yang dihubungkan dengan bahan konduktor secara parallel adalah sebuah metode yang sangat efektif dan mudah untuk memperkecil nilai total (R total) dari tahanan pentanahan. Umumnya batang elektroda yang diparalel ditanam berjajar membentuk garis lurus atau yang berbentuk segi tiga, bujur sangkar, lingkaran. Jarak minimal pemasangan antara batang elektroda satu dengan elektroda lainnya (S) adalah dua kali panjang elektroda batang tunggal yang terbenam dengan tujuan untuk

memperkecil interferensi/gangguan diantara elektroda batang tersebut.

Dari uraian yang ada dalam Anomius, *Electric Distribution Overvoltage Protection* [9] dijelaskan bahwa resistans pentanahan elektroda batang paralel (R_p) dapat dihitung menggunakan rumus pendekatan konservatif dengan menganggap tahanan batang elektroda hanya dipengaruhi oleh dirinya sendiri.

Rumus pendekatan untuk elektroda batang paralel adalah ;

$$R_p = \frac{1}{n} * [R_1 + ((\frac{\rho}{0.9576 * s} * (\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n}))) \dots] \quad (3)$$

dengan:

R_p = Tahanan paralel elektroda (Ω)

R_1 = Tahanan elektroda tunggal dari persamaan sebelumnya (Ω)

n = Jumlah elektroda paralel

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω ft)

s = jarak antar elektroda (feet)

Nilai penurunan resistansi untuk dua batang elektroda pentanahan yang diparalel berkisar 40 %. Sedangkan untuk tiga batang elektroda pentanahan apabila diparalel penurunannya sekitar 60 %, dan jika empat batang elektroda diparalel akan turun sekitar 66 %. Megger (*A practical guide to earth resistance testing*) [7].

3. Tahanan Pentanahan Elektroda Batang dengan Bentonit

Menurut Roy B. Carpenter, Jr. dan Joseph A. Lanzoni (2007) dinyatakan bahwa untuk menentukan besarnya nilai tahanan pada elektroda batang tunggal yang ditanam ke dalam tanah dengan menggunakan zat kimia seperti bentonit disekeliling batang dapat diformulasikan dengan rumus :

$$R_b = \frac{1}{2\pi L} [\rho (\ln \frac{8L}{D_b} - 1) + \rho_b (\ln \frac{8L}{d} - 1) - \rho_b (\ln \frac{8L}{D_b} - 1)] \dots \dots \dots (4)$$

dengan:

R_b = tahanan pentanahan setelah diisi bentonit parit melingkar (Ω)

ρ_b = tahanan jenis bentonit (Ω .m)

ρ = tahanan jenis tanah (Ω m)

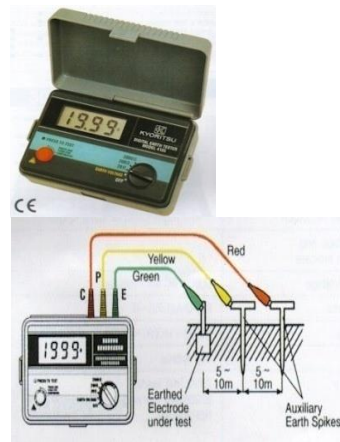
D_b = diameter parit bentonit (m)

4. Alat ukur Tahanan Pentanahan.

Alat pengukuran tahanan pentanahan yaitu Digital Earth Resistance Tester KYORITSU Model 4105 seperti pada gambar 1. Alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai tahanan pentanahan yang terukur dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

a. Range pengukuran untuk tahanan tanah yaitu 0 – 20 Ω , 0 - 200 Ω , 0 -2000 Ω

b. Jumlah terminal 3 buah yaitu E, P dan C.



Gambar 1. Alat ukur KYORITSU model 4105.

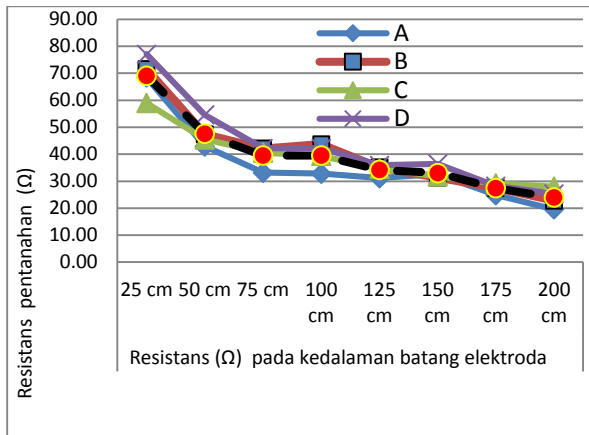
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran Elektroda Tunggal

Hasil pengukuran elektroda batang tunggal A, B, C, dan D untuk berbagai kedalaman penanaman elektroda batang tunggal (R_t) diberikan dalam tabel 2 dan gambar 2.

Tabel 2. Hasil rata-rata pengukuran Resistans elektroda batang tunggal (R_t).

Elektroda Batang	Resistans (Ω) pada kedalaman batang elektroda							
	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
A	68.48	42.88	33.18	32.82	31.16	32.56	24.86	19.61
B	71.62	47.40	42.16	43.72	35.12	31.32	27.54	22.80
C	59.01	45.50	40.58	39.40	34.65	31.84	29.22	28.04
D	77.10	54.60	42.22	42.18	35.92	36.46	28.18	25.36
Teori Tunggal	69.053	47.595	39.535	39.530	34.213	33.045	27.450	23.953



Gambar 2. Perbandingan hasil teori dan hasil pengukuran batang tunggal A, B, C, D.

Terlihat dari gambar 2 bahwa penurunan nilai resistans pentanahan pada kedalaman 25 cm menjadi 50 cm yaitu sebesar 25,60 Ω atau 37,38 % pada elektroda batang A, elektroda batang B sebesar 24,22 Ω atau 33,80 %, elektroda batang C sebesar 13,51 Ω atau 22,90 % dan pada elektroda batang D sebesar 22,50 Ω atau 29,20 %. Sedangkan besar penurunan resistans pada kedalaman 50 cm menjadi 75 cm pada elektroda batang A sebesar 9,70 Ω atau 22,60%, batang B sebesar 5,24 Ω atau 11,1%, batang C 4,92 Ω atau 10,80%, dan batang D sebesar 12,38 Ω atau 22,70%. Untuk penurunan yang lebih dalam terlihat dari grafik cukup landai, karena mendekati titik embun disekeliling elektroda.

3.2 Hasil Pengukuran Resistans Paralel Dua Elektroda Pentanahan (Rp 2).

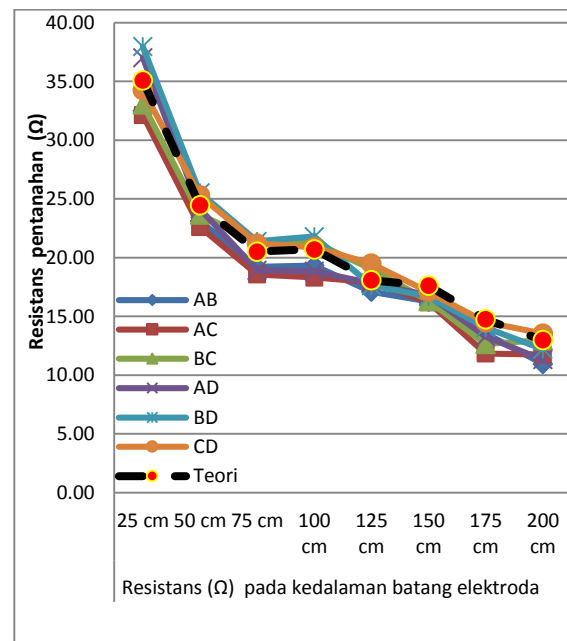
Pengukuran yang dilakukan untuk dua batang elektroda yang dipasang secara paralel dengan membentuk sejajar garis lurus dengan jarak masing-masing elektroda batang sejauh S, dalam hal ini jarak antara dua batang diambil empat meter (4 meter) atau dua kali dari elektroda batang yang tertanam.

Jarak antara dua elektroda sejauh S diambil agar tidak terjadi intervensi diantara masing-masing elektroda batang. Hasil pengukuran resistans pentanahan untuk dua batang elektroda pentanahan yang dikonfigurasi secara paralel dengan berbagai kedalaman elektroda diberikan pada table 3 dan gambar 3.

Tabel 3. Hasil rata-rata pengukuran Resistans dua elektroda batang paralel (Rp2).

Paralel 2 Elektroda	Resistans (Ω) pada kedalaman batang elektroda							
	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
AB	32.50	23.12	19.22	19.34	17.10	16.27	13.54	10.96
AC	32.14	22.62	18.58	18.32	17.90	16.22	11.85	11.76
BC	33.06	23.68	21.30	21.32	19.03	16.32	12.66	12.97
AD	37.04	24.16	18.94	18.84	17.83	16.80	13.29	11.32
BD	37.98	25.54	21.40	21.80	17.64	16.70	14.05	12.23
CD	34.28	25.30	21.20	20.89	19.50	17.10	14.52	13.54
Teori	35.09	24.45	20.52	20.71	18.09	17.62	14.76	12.99

Dari gambar 3 memperlihatkan penurunan nilai resistans dari dua elektroda batang pentanahan yang disusun secara paralel dan menghasilkan perbedaan nilai yang cukup besar terjadi dari kedalaman 25 cm ke kedalaman 50 cm sebesar 30,12 % . sedangkan dengan menambahkan kedalaman elektroda pentanahan paralel tersebut lebih dalam lagi, perbedaan penurunannya tidak terlalu signifikan.



Gambar 3. Perbandingan hasil teori dan pengukuran paralel dua batang.

3.3 Hasil Pengukuran Resistans Paralel Tiga Elektroda Batang (Rp 3).

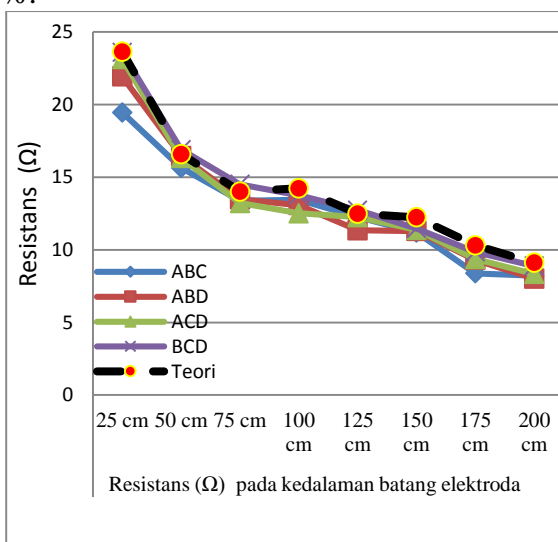
Pengukuran elektroda batang yang disusun membentuk garis lurus dan dikonfigurasi secara paralel dari tiga elektroda batang dengan jarak masing-

masing elektroda batang sejauh dua kali panjang penanaman elektroda batang tersebut pada kedalaman yang berbeda ditunjukkan pada table 4. Pencatatan pada masing-masing pengukuran dilaksanakan pada kedalaman berbeda sebanyak lima kali pengukuran dan kemudian diambil nilai rata-ratanya.

Tabel 4.. Hasil rata-rata pengukuran Resistans tiga elektroda batang paralel (Rp3)

Paralel 3 Elektroda	Resistans (Ω) pada kedalaman batang elektroda							
	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
ABC	19.45	15.64	13.38	13.44	12.25	11.19	8.38	8.21
ABD	21.94	16.46	13.48	13.07	11.34	11.29	9.31	8.02
ACD	23.14	16.32	13.22	12.51	12.25	11.37	9.36	8.33
BCD	23.6	16.9	14.51	13.76	12.73	11.47	9.86	8.89
Teori	23.64	16.59	14.01	14.23	12.49	12.24	10.30	9.11

Demikian pula untuk tiga elektroda batang yang dipasang secara paralel, hasil-hasil pengukuran yang dicatat pada tabel 4.yang kemudian diperlihatkan lebih jelas dari gambar 4. nilai penurunan untuk tiga elektroda batang yang terpasang secara paralel penurunannya sebesar 3,81 Ω atau 19,6 % pada elektroda paralel A, B, C dan 5,48 Ω atau 25 % pada elektroda A,B,D serta elektroda paralel A,C,D sebesar 6,82 Ω atau 29,5 % untuk elektroda B,C,D sebesar 6,70 Ω atau 28,4 %.



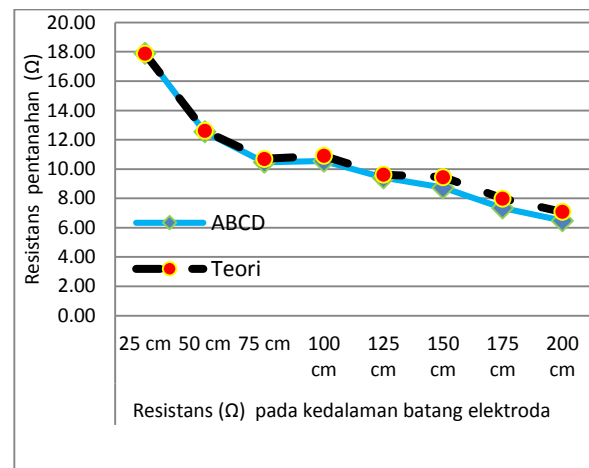
Gambar 4. Perbandingan hasil teori dan pengukuran paralel tiga batang.

3.4 Hasil Pengukuran Resistans Paralel Empat Batang ABCD (Rp 4).

Hasil-hasil pengukuran dari empat batang elektroda pentanahan yang tersusun secara paralel pada kedalaman yang berbeda-beda dan dilakukan dengan lima kali data pengukuran seperti ditunjukkan pada table 5 dan gambar 5 di bawah.

Tabel 5 Hasil pengukuran Paralel dari empat batang elektroda (Rp 4).

Paralel 4 Elektroda	Resistans (Ω) pada kedalaman batang elektroda							
	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
ABCD	17.89	12.54	10.47	10.54	9.41	8.73	7.35	6.48
Teori	17.87	12.61	10.70	10.91	9.62	9.45	7.99	7.08



Gambar 5. Perbandingan hasil teori dan hasil pengukuran paralel empat batang ABCD.

3.5 Hasil Pengukuran Resistans Paralel Elektroda Batang X.

Hasil pengukuran resistans pada elektroda pentanahan batang X yang berada sebelah barat gedung Elektrikal sebesar 20,7 Ω yang diperlihatkan pada gambar 6, di mana nilai resistans pentanahan tersebut tidak memenuhi standar keamanan yang diharapkan apabila terjadi gangguan disekitar elektroda pentanahan tersebut.

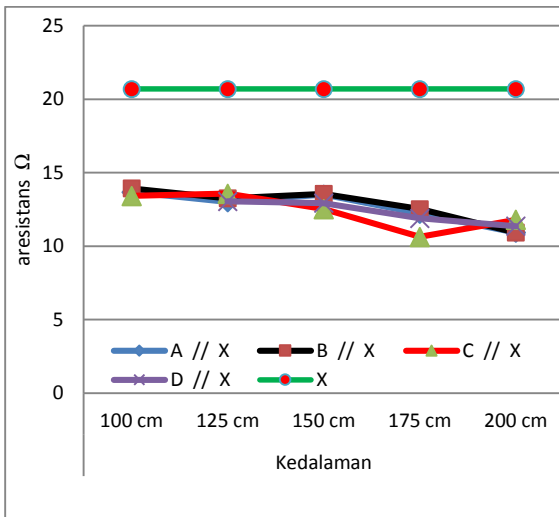


Gambar 6. Hasil pengukuran resistans elektroda pentanahan X = 20,7 Ω

Hasil pengukuran elektroda batang pentanahan X yang akan diperbaiki nilai resistansinya dihubungkan paralel dengan elektroda pentanahan batang tunggal dengan kedalaman yang berbeda dituliskan pada tabel 6 dan diperlihatkan pada gambar 7.

Tabel 6. Hasil pengukuran Resistans (Ω) elektroda X = 20.7 Ω yang diparalelkan dengan elektroda batang tunggal .

Elektroda Batang	Kedalaman				
	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
A // X	13.68	13	13.51	12.22	10.92
B // X	13.93	13.25	13.56	12.52	10.92
C // X	13.42	13.57	12.52	10.63	11.79
D // X		13.05	12.93	11.89	11.36
X	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7

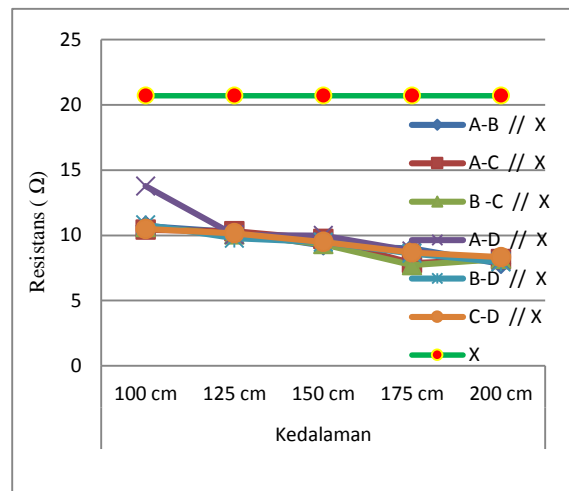


Gambar 7 Hasil pengukuran Paralel elektroda X dengan batang tunggal elektroda.

Hasil pengukuran untuk elektroda pentanahan X yang diparalelkan dengan dua batang elektroda (Rp2) sampai dengan empat batang elektroda pentanahan paralel (Rp4) pada kedalaman yang berbeda ditunjukkan dari table 7 sampai table 9 dan gambar 8 sampai gambar 10.

Tabel 7. Hasil pengukuran paralel resistans (Ω) elektroda X dengan Rp 2.

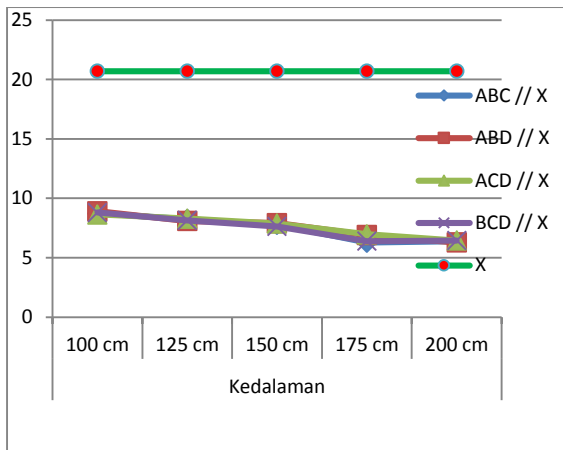
Elektroda Batang	Kedalaman				
	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
A-B // X	10.72	10.24	9.22	8.99	7.81
A-C // X	10.42	10.31	9.71	7.88	8.18
B-C // X	10.63	10.07	9.32	7.71	8.19
A-D // X	13.77	10.03	9.99	8.79	8.01
B-D // X	10.81	9.77	9.48	8.61	7.95
C-D // X	10.49	10.15	9.49	8.68	8.33
X	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7



Gambar 8 Hasil pengukuran Paralel elektroda X dengan dua batang elektroda.

Tabel 8. Hasil pengukuran paralel resistans (Ω) elektroda X dengan Rp 3.

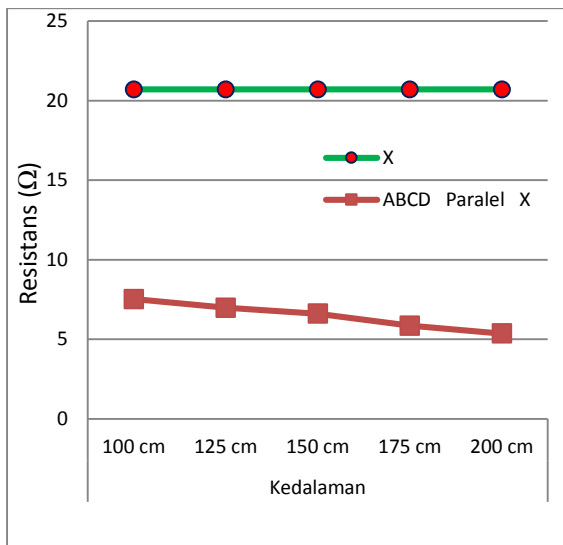
Elektroda Batang	Kedalaman				
	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
ABC // X	8.72	8.25	7.78	6.28	6.38
ABD // X	8.92	8.09	7.92	6.9	6.29
ACD // X	8.65	8.29	7.87	6.97	6.45
BCD // X	8.81	8.14	7.63	6.39	6.45
X	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7



Gambar 9 Hasil pengukuran Paralel elektroda X dengan tiga batang elektroda.

Tabel 9. Hasil pengukuran paralel resistans (Ω) elektroda X dengan Rp 4.

Elektroda Batang	Kedalaman				
	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
X	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
ABCD Paralel X	7.52	6.98	6.61	5.85	5.36



Gambar 10 Hasil pengukuran Paralel elektroda X dengan empat batang elektroda.

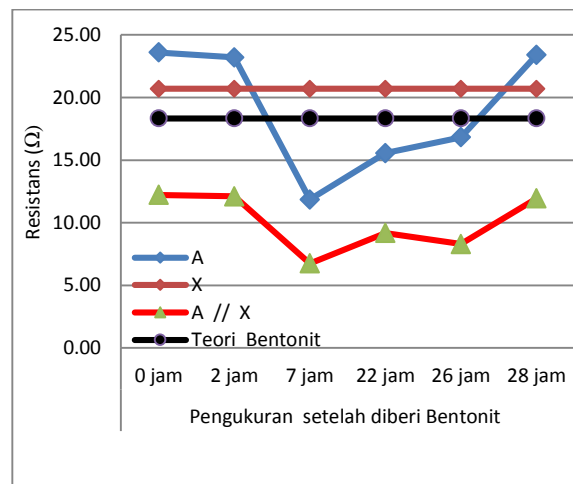
3.6 Hasil Pengukuran Elektroda Batang Tunggal yang diberi Bentonit secara parit melingkar.

Hasil pengukuran dan hasil perhitungan untuk Resistans elektroda batang tunggal A (R_b) yang diberi bentonit secara parit melingkar dengan

jari-jari dalam 30 cm dan jari-jari luar 50 cm serta tinggi parit 30 cm untuk diisi bentonit dengan kedalaman 200 cm diperlihatkan dalam tabel 10.

Tabel 10. Hasil pengukuran paralel elektroda X dengan elektroda yang diberi bentonit .

Batang paralel	Pengukuran setelah diberi Bentonit					
	0 jam	2 jam	7 jam	22 jam	26 jam	28 jam
A	23.60	23.20	11.85	15.56	16.82	23.40
X	20.70	20.70	20.70	20.70	20.70	20.70
A // X	12.22	12.1	6.75	9.17	8.3	11.94
Teori Bentonit	18.33	18.33	18.33	18.33	18.33	18.33



Gambar 10 Hasil pengukuran Paralel elektroda X dengan elektroda A yang diberi bentonit secara parit melingkar.

Pengambilan data dilakukan dengan waktu yang acak yaitu 0 jam/ saat bentonit dicampur dengan air secukupnya, berikutnya +2 jam kemudian, berikutnya +7 jam dan 22 jam berikutnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Dengan memperbanyak jumlah batang paralel dan memperdalam elektroda pentanahan akan menyebabkan penurunan nilai resistans pentanahan.
2. Perbedaan hasil pengukuran dengan hasil teori disebabkan beberapa factor antara lain temperature, musim atau iklim setempat, kelembaban, kandungan air atau zat yang ada di dalam tanah, hubungan peralatan yang

tidak sempurna sehingga menyebabkan tahanan kontak.

3. Menambahkan volume/isi bentonit pada parit melingkar akan menurunkan nilai resistans elektroda pentanahan.
4. Elektroda pentanahan paralel nilai resistans pentanahannya lebih baik dibandingkan dengan elektroda batang tunggal yang diberi bentonit.
5. Dengan menjaga bentonit tidak pecah-pecah pada elektroda pentanahan akan menstabilkan nilai resistansnya.

Saran

1. Penelitian ini sebaiknya dilakukan pada musim kemarau untuk mendapatkan nilai resistans yang tinggi, sehingga sangat bermanfaat bagi perencanaan pentanahan pada system tenaga listrik.
2. Penelitian lanjutan dapat dilakukan oleh peneliti lain dengan mengganti ukuran elektroda pentanahan, memperdalam penanaman batang elektroda dan memperbanyak jumlah paralel elektroda batang.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: Yayasan PUIL.
- [2] Gvjayaraghavan, Mark Brown, Malcolm Barnes., *Practical Grounding, Bonding, Shielding and Surge Protection*, Newnes fiirst published. 2004
- [3] HarnokoSt,T Haryono,Tumiran,*Pengaruh Bentonit Parit Melingkar terhadap Nilai Resistans Pentanahan Satu Batang Pentanahan*, Teknosains, 17(3),Juli 2004
- [4] Hutauruk, T.S. 1991. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan*. Yayasan PUIL. Jakarta : Erlangga
- [5] IEEE Std 142-1991, *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, (Green Book)*, Institute of Electrical and Electronics Engineers
- [6] Kyoritsu. *Instruction Manual Analog Earth Resistance Tester Model 4102 A*. Jepang
- [7] Megger.com., *Getting Down to Earth A Practical Guide to Earth Resistance Testing*, 200
- [8] Pabla, AS, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga: Jakarta, 1994
- [9] PDHengineer.com Course No E-5002., *Electric Distribution Overvoltage Protection*.
- [10] Roy B. Carpenter,Jr. Joseph A.Lanzoni., *Designing For A Low Resistance Earth Interface (Grouding)*, An LEC Publication Revised 2007
- [11] Tadjuddin. Bentuk - bentuk elektroda pentanahan. *Elektro Indonesia* Edisi ke Lima Belas, Nopember 1998