

STUDI PEMANFAATAN LISTRIK UNTUK MENAIKAN TAHANAN PENTANAHAN KAKI MANUSIA PADA AREA GARDU INDUK PT SEMEN PADANG

Oleh:
Rosnita Rauf,

Teknik Elektro, Fakultas teknik
Universitas Ekasakti

Abstrac

One of the most important aspects to design a secure grounding system is the resistance of the foot, where the prisoner's feet need to have high resistivity. Because prisoners foot greatly influences the magnitude of touch voltages in the substation, then the detainee raise big toe will automatically affect the voltage.

To get custody feet high polyethelene plastic used as insulating soil that produces 90.71% increase soil prisoners, so expect to plan a substation that has good soil prisoners and detainees are also sizable land them using polyethelene plastic, with plastic thickness and different weather.

Keywords: Grounding Systems, Detainees Feet, ground isolation, polyethelene

Abstrak

Salah satu aspek yang terpenting untuk merancang sistem pembumian yang aman adalah tahanan kaki, dimana tahanan kaki ini perlu mempunyai tahanan yang tinggi. Karena tahanan kaki sangat mempengaruhi besarnya tegangan sentuh dalam gardu induk, maka dengan menaikkan tahanan kaki otomatis akan mempengaruhi besar tegangan tersebut.

Untuk mendapatkan tahanan kaki yang tinggi digunakan plastik *polyethelene sebagai isolasi tanah* yang menghasilkan 90,71% penambahan tahanan tanah, sehingga diharapkan untuk merencanakan gardu induk yang mempunyai tahanan tanah yang baik dan juga tahanan tanah yang cukup besar diantaranya dengan menggunakan plastik Polyethelene, dengan ketebalan plastik dan cuaca yang berbeda.

Kata Kunci : Sistem Pembumian, Tahanan Kaki, isolasi tanah, polyethelene

I. PENDAHULUAN

Seringkali terjadi gangguan di dalam area Gardu Induk, gangguan yang terjadi sering mengakibatkan adanya hubungan langsung dan hal ini bisa menimbulkan bahaya terhadap manusia atau dalam hal ini manusia berada didalam suatu daerah yang mempunyai gradien tegangan yang tinggi. Tetapi sebenarnya yang menyebabkan bahaya tersebut adalah besar arus yang mengalir ke tanah. Tahanan pentanahan adalah tahanan yang dialiri arus yang mengalir dari elektroda ke tanah atau dari tanah ke elektroda. Arus gangguan ini akan mengalir pada bagian-bagian peralatan yang terbuat dari metal dan juga mengalir dalam tanah didalam gardu induk. Arus gangguan tersebut

menimbulkan gradien tegangan diantara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan juga gradien tegangan pada permukaan tanah itu sendiri.

Untuk menjamin keamanan dan keselamatan manusia terhadap bahaya tegangan lebih pada gardu induk diperlukan sistem pembumian yang baik, yaitu sistem pembumian yang dirancang dan dibuat dengan perhitungan-perhitungan yang sangat teliti dari berbagai aspek yang mempengaruhinya. Adapun aspek-aspek yang mempengaruhi tersebut diantaranya besarnya arus gangguan tanah yang mungkin timbul, luas gardu induk, tahanan jenis tanah, tahanan kontak kaki (tahanan kaki), ukuran konduktor yang digunakan dan banyak lagi aspek yang lainnya.

Salah satu aspek yang terpenting untuk merancang sistem pembumian yang aman

adalah tahanan kaki, dimana tahanan kaki ini perlu mempunyai tahanan yang tinggi. Karena tahanan kaki sangat mempengaruhi besarnya tegangan sentuh dalam gardu induk, maka dengan menaikkan tahanan kaki otomatis akan mempengaruhi besar tegangan tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

PT Semen Padang merupakan perusahaan terbesar di Sumatera Barat, dan produk yang dihasilkan adalah semen yang berkualitas. Dan untuk menghasilkan produk tersebut membutuhkan proses, yaitu : keempat bahan baku (batu kapur, batu silika, tanah liat dan pasir besi) di transport ke *Raw Mill* untuk digiling, setelah dari *Raw Mill*, bahan tersebut di transport ke *Kiln* untuk pembakaran dan terakhir untuk menghaluskan semen, maka bahan tersebut di transport ke *Cemet Mill*. Transport-transport yang digunakan di PT Semen Padang untuk menghantarkan bahan-bahan tersebut, antara lain : *belt conveyor*, *bucket elevator*, *screw conveyor*, *air slide*, dll. Dari proses yang disebutkan membutuhkan motor-motor listrik. Motor listrik yang menggerakkan *Raw Mill* mempunyai daya yang cukup besar, sehingga apabila terjadi gangguan arus, maka akan timbul busur listrik diantara kawat dengan tanah, yang mana hal ini akan menimbulkan bahaya karena dapat merusak peralatan listrik. Oleh karena itu, badan logam suatu peralatan harus dihubungkan dengan tanah. Dalam keadaan normal badan logam peralatan itu tidak dialiri arus listrik, sehingga orang dapat menyentuhnya dengan aman. Tetapi saat terjadi gangguan, misalnya kerusakan isolasi pada peralatan tersebut atau gangguan yang lain, akan menimbulkan aliran arus pada body atau logam peralatan tersebut. Dengan adanya pentanahan peralatan ini diharapkan arus gangguan tersebut akan secepatnya mengalir ke dalam tanah.

Selain memiliki pembangkit sendiri PT Semen Padang juga memiliki gardu induk yang berkapasitas trafo 3 X 30 MVA/ 150 KV/6,3 KV. Dan sistem pentanahannya menggunakan pentanahan system switchyard, dimana kisi-kisi ditanam secara horizontal pada daerah switchyard dengan kedalaman dari permukaan tanah berkisar 30-80 cm dengan rentang panjangnya 60 meter dan lebar 30 meter dan

pembagian jarak dari kisi-kisi tersebut 10 m X 5 m.

Pengetanahan peralatan gardu induk biasanya menggunakan sistem pengetanahan kisi-kisi (*grid*) dan dilokasi *switchyard* diberi lapisan koral berkisar 10 cm diatas permukaan tanah untuk mengurangi besar perbedaan tegangan pada permukaan tanah dan untuk menaikkan tahanan kaki manusia yang ada dalam gardu induk.

Plastik banyak sekali dipakai sebagai bahan penyekat. Sifat baik bahan plastik ini antara lain : ringan, daya hantar panas sangat rendah, tahan air dan daya sekat tinggi. Oleh karena itu plastik sangat baik jika dimanfaatkan untuk menaikkan tahanan kaki manusia dalam gardu induk dengan menanam plastik tepat dibawah lapisan koral yang ada didalam gardu induk dimana sangat dibutuhkan tahanan kaki yang tinggi. Jenis plastik bermacam-macam seperti *Polyethylene*, *Parmalon*, *Vinilidene Chloride*, *Vynil Polymers* dan *Copolymers* dan lain lain, dan plastik ini juga memiliki ketebalan yang bermacam-macam. Untuk itu akan dibandingkan pemakaian plastik *Polyethelene* dalam ketebalan yang berbeda untuk menaikkan tahanan pentanahan dari kaki manusia pada area Gardu Induk PT Semen Padang”.

2.1. Sistem Pentanahan Gardu Induk PT Semen Padang

2.2.1. Pentanahan Sistem Switchyard

Gardu induk yang ada di PT Semen Padang berkapasitas trafo 3 X 30 MVA/ 150 KV/6,3 KV. Dan sistem pentanahannya menggunakan pentanahan sistem switchyard, dimana kisi-kisi ditanam secara horizontal pada daerah switchyard dengan kedalaman dari permukaan tanah berkisar 30-80 cm dengan rentang panjangnya 60 meter dan lebar 30 meter dan pembagian jarak dari kisi-kisi tersebut 10 m X 5 m.

2.2.2. Luas Penanaman Plastik

Luas grid (kisi-kisi) pada daerah switchyard yang ada di gardu induk PT. Semen Padang adalah 10 m x 5 m. Lapisan plastik tidak akan menimbulkan efek yang mengganggu untuk tujuan pentanahan dengan catatan ukuran plastik yang digunakan lebih kecil dari ukuran mesh.

Namun, lokasi pengukuran adalah seluas 80 x 80 cm, yang ditanamkan dekat dengan peralatan.

2.2.3. Metode Pengukuran

Dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan beberapa macam pengukuran, dengan memakai alat seperti dibawah ini :

Earth Resistance Tester

Alat ini berfungsi untuk mengukur tahanan tanah dan tegangan tanah, yang mempunyai Model 4102 buatan *Kyoritsu Electrical Instruments Work, LTD Tokyo Japan*.

Data-data (*Specifications*) dari alat ukur tersebut adalah :

1. Range Pengukuran (Measuring Range) :
 - a. Tahanan Tanah (Earth Resistance), 10/100/1000 Ohm
 - b. Tegangan Tanah (Earth Voltage), 30 V AC (5 kOhm/V)
2. Ketelitian (*Accuracy*) :
 - a. *Earth Resistance*, $\pm 3\%$ pada skala penuh (*full scale*)
 - b. *Earth voltage*, $\pm 3\%$ pada skala penuh (*full scale*)
3. Baterai : 8 buah, masing-masing 1,5 Volt.
4. Dimensi : 140 x 140 x 90 mm
5. Berat : 800 Gram
6. Assesoris :
 - a. Kabel penghubung warna merah 15 m
 - b. Kabel penghubung warna merah 10 m
 - c. Kabel penghubung warna merah 5 m
 - d. Elektroda bantu 2 batang
 - e. Tas perlengkapan (*carrying case*)

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan pengukuran adalah :

1. Jarum petunjuk meter harus diseting pada posisi nol (*Meter zero adjustment*)
2. Menghubungkan kabel-kabel penghubung,
 - a. Elektroda bantu ditanam yaitu c_1 dan p_1
 - b. Terminal E (kabel warna hijau), dihubungkan ke terminal e, yaitu peralatan pentanahan (earth equipment).
 - c. Kabel warna kuning dihubungkan dari terminal P ke terminal p_1
 - d. Kabel warna merah dihubungkan dari terminal C ke terminal c_1

e. Jarak antara c_1 dan p_1 dibuat sejauh 5-10 meter dan jarak p_1 ke terminal e dibuat sejauh 5-10 meter.

3. Setelah semua kabel penghubung disambung ke terminal masing-masing maka pengukuran dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Tekan tombol *OFF BATT CHECK*, yaitu : untuk memeriksa apakah baterai masih dalam kondisi baik. Bila jarum meter menunjuk ke posisi *GOOD*, maka pengukuran dapat dilaksanakan, tetapi bila posisi meter menunjuk posisi *BAD*, maka baterai harus diganti dengan yang baru.
- b. Tekan tombol range 10, lalu tekan tombol *Meas*. Setelah tombol *Meas* ditekan, maka jarum pada alat ukur bergerak dan menunjuk angka pada skala Ohm dan lampu *OK* akan menyala.

Megger

Alat ini berfungsi untuk mengukur isolasi. Caranya dengan melakukan injeksi tegangan terhadap isolator yang akan dilakukan pengujian dan dilihat berapa tegangan tembus yang terjadi. Dalam hal pengujian ini direncanakan untuk mengukur tahanan batu yang menyentuh tanah. Tegangan maksimum yang dibangkitkan adalah 5kV. Alat ini bekerja dengan menggunakan tegangan yang bersumber dari 6 buah baterai 1,5 Volt, yang totalnya yaitu : 9 Volt.

Metode pengumpulan data yang digunakan kali ini adalah metode observasi. Data yang diambil adalah tiap-tiap kondisi dengan 2 ketebalan yang berbeda. Semua tabel (pada lampiran) yang diperoleh berpijak pada gambar rangkaian di atas.

2.3. Dasar Perhitungan

Dalam melakukan penelitian ini, akan dapat kita ketahui, apakah penambahan plastik akan berpengaruh terhadap penambahan tahanan pentanahan dari kaki manusia. Dengan melakukan pengukuran memakai earth resistance tester akan dapat diketahui berapa penambahan tahanan setelah ditanami plastik.

2.3.1. Batas Tegangan Sentuh yang Diizinkan

Setelah didapat nilai tahanan tersebut, selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai tegangan sentuh yang yang diperbolehkan

setelah penambahan plastik. Untuk mengetahui berapa besar batas toleransi tegangan sentuh yang diperbolehkan sebelum dan sesudah penanaman plastik, maka dipergunakan persamaan 3.1 atau 3.2.

$$E_s = (R_k + R_f / 2) \cdot I_k$$

dimana tahanan badan tersebut setelah dilakukan penyelidikan oleh beberapa ahli sesuai dengan tabel 2.1 maka diambil harga pendekatan senilai 1000 ohm. Dan tahanan R_f mendekati harga $3\rho_s$ dimana ρ_s adalah tahanan jenis tanah disekitar permukaan yang diketahui dengan cara melakukan pengukuran.

$$E_s = (1000 + \frac{3\rho_s}{2}) \frac{0.116}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots(3.1)$$

(TS.Hutauruk, 1999 : 131)

$$E_s = I_k (R_k + 1,5 \rho_s) \dots\dots\dots (3.2)$$

TS. Hutauruk, 1999 : 151)

dimana :

- E_s = Tegangan sentuh (volt)
- R_k = Tahanan badan manusia (= 1000 Ohm)
- R_f = Tahanan kontak ke tanah dari satu kaki pada tanah yang diberi lapisan koral 10 cm
- I_k = Besarnya arus yang melalui badan (dalam ampere)
- ρ_s = tahanan jenis tanah disekitar permukaan tanah (Ohm-meter) untuk permukaan tanah yang dilapisi koral 10 cm dan setelah ditambah plastik.
- t = waktu kejut (detik) atau lama gangguan tanah

2.3.2. Batas Tegangan Langkah yang Diizinkan

Untuk mengetahui berapa batas toleransi tegangan langkah yang sebenarnya terjadi sebelum dan sesudah ditanami plastik, kita lakukan penghitungan dengan mempergunakan persamaan 3.3.

$$E_l = (R_k + R_f / 2) \cdot I_k$$

$$= (1000 + 6 \rho_s) \times \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

$$E_l = \frac{116 + (0,696 \cdot \rho_s)}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots (TS.$$

Hutauruk, 1999 : 132)

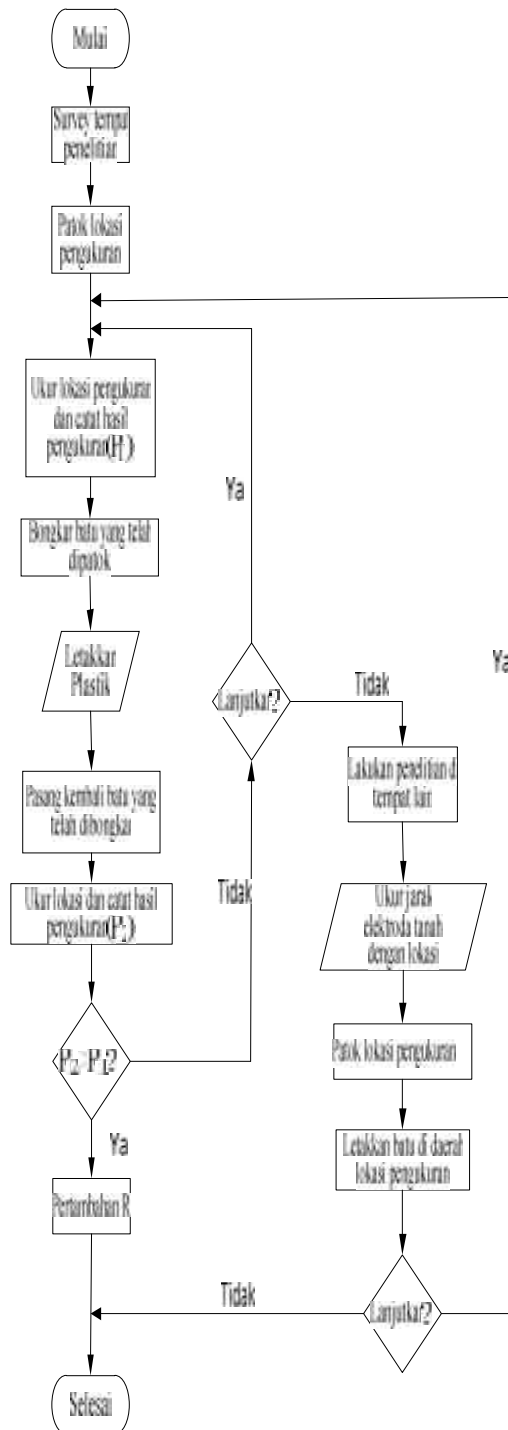
dimana :

- E_l = tegangan langkah
- R_k = tahanan badan orang (= 1000 ohm)
- R_f = tahanan kontak ke tanah dari satu kaki (dalam ohm) = $3\rho_s$
- t = waktu kejut (dalam detik)
- ρ_s = tahanan jenis tanah disekitar permukaan tanah (Ohm-meter) untuk permukaan tanah yang dilapisi koral 10 cm dan setelah ditambah plastik.

3.1 Metodologi Penelitian

Pengukuran yang telah dilakukan memunculkan data hasil yang terdiri dari tahanan pengetanahan. Tahanan pengetanahan diukur dengan menggunakan Earth Tester. Penelitian ini dilakukan di setiap kondisi cuaca baik hujan, kemarau dan mendung. Yang menjadi objek utama dalam penelitian ini adalah plastik, namun penelitian ini ingin memperlihatkan seberapa besar tahanan yang bertambah dengan menambah isolasi pada tanah, seperti ijuk (lihat tabel yang telah ada)

Flowchart Pengukuran



3.1.1 Batas Tegangan Sentuh yang diizinkan

Tegangan sentuh yang diizinkan pada tabel didapat dengan memakai tahanan tanah standar, namun dalam penelitian ini akan didapat batas baru dengan memakai tahanan tanah yang sesuai dengan pengukuran langsung. Untuk mendapatkannya dipergunakan persamaan 3.1 atau 3.2.

Untuk penghitungannya akan diambil contoh dari tabel 1 (pada lampiran) pada titik pengukuran 1, dengan memakai plastik dengan ketebalan 0,11 mm. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah pemasangan plastik :

$$E_s = (1000 + \frac{3\rho_s}{2}) \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

Pengukuran pada saat **sebelum pemasangan plastik** pada titik 1 mendapatkan nilai tahanan tanah senilai 26 KΩ.

$$E_s = (1000 + \frac{3 \times 26000}{2}) \frac{0.116}{\sqrt{1}}$$

$$E_s = (1000 + 39000) \times 0,116$$

$$E_s = 4640 \text{ Volt}$$

Pengukuran pada saat **sesudah pemasangan plastik** pada titik 1 mendapatkan nilai tahanan tanah senilai 280 KΩ.

$$E_s = (1000 + \frac{3 \times 280000}{2}) \frac{0.116}{\sqrt{1}}$$

$$E_s = (1000 + 420000) \times 0,116$$

$$E_s = 48836 \text{ Volt}$$

3.1.2 Batas Tegangan Langkah yang Diizinkan

Tegangan langkah yang diizinkan pada tabel didapat dengan memakai tahanan tanah standar, namun dalam penelitian ini akan didapat batas baru dengan memakai tahanan tanah yang sesuai dengan pengukuran langsung. Untuk mendapatkannya dipergunakan persamaan 3.3.

Pengukuran pada saat sebelum pemasangan plastik pada titik 1 mendapatkan nilai tahanan tanah senilai 26 KΩ.

$$E_l = \frac{116 + (0,696 \cdot \rho_s)}{\sqrt{t}}$$

$$= \frac{116 + (0,696 \cdot 26000)}{\sqrt{1}}$$

$$E \ell = \frac{18212}{1} = 18212 \text{ Volt}$$

Pengukuran pada saat sesudah pemasangan plastik pada titik 1 mendapatkan nilai tahanan tanah senilai 280 KΩ.

$$E \ell = \frac{116 + (0,696 \cdot \rho_s)}{\sqrt{t}} = \frac{116 + (0,696 \cdot 280000)}{\sqrt{1}}$$

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah + Pasir + plastik + batu	1	280000	48836	194996
	2	250000	43616	174116
	3	275000	47966	191516
	4	290000	50576	201956
	5	250000	43616	174116
	6	255000	44486	177596
	7	270000	47096	188036
	8	230000	40136	160196
	9	295000	51446	205436

$$E \ell = \frac{194996}{1} = 194996 \text{ Volt}$$

4.1 Analisa Data

Analisa data ini berfungsi untuk mengetahui sejauh mana sistem pengetanahan dapat menanggulangi gangguan apabila terjadi arus gangguan tanah pada Gardu Induk.

4.1.1 Dari percobaan hari pertama

Diperoleh hasil bahwa :

- Tahanan yang diperoleh dengan menggunakan plastik Polyethelene dengan ketebalan 0,22 mm lebih tinggi nilainya dibanding dengan menggunakan plastik polyethelene ketebalan 0,11 mm.
- Ketika sampel tidak diberi plastik, maka nilai tahanan yang diperoleh kecil, dan

sebaliknya ketika lokasi pengukuran diberi plastik, maka nilai tahanan yang diperoleh lebih besar.

4.1.2 Dari percobaan hari kedua

Diperoleh hasil :

- Sore hari dan suhu semakin turun mempengaruhi nilai tahanan bandingkan dengan tabel 2.a dan tabel 3
- Tahanan setelah dipijak akan lebih besar nilai tahanan dari sebelum dipijak.
- Jika kita melangkah dekat dengan titik pengukuran akan menambah nilai tahanan dalam pengukuran.
- Semakin besar tekanan pada lokasi pengukuran, maka nilai tahanan yang diperoleh semakin kecil.
- Berat badan orang yang besar akan menambah nilai tahanan dibanding dengan berat badan yang ringan, namun apabila kedua orang tersebut berdiri melangkah diatas lokasi pengukuran, nilai tahanan semakin kecil, karena tekanannya besar dan merata.

Tabel 2.a Setelah Dipasangi Plastik

Pukul : 15.35Wib

Tabel 3.a Sebelum Dipasangi Plastik

Pukul : 15.30 Wib

Tebal :

Kondisi : Basah/hujan

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah + Pasir + batu	1	2700	585,8	1995,2
	2	900	272,6	742,4
	3	900	272,6	742,4
	4	900	272,6	742,4
	5	1200	324,8	951,2
	6	1500	377	1160
	7	1000	290	812
	8	1200	324,8	951,2
	9	1000	290	812

4.1.3 Dari percobaan hari ketiga

Diperoleh hasil :

- Walaupun percobaan dilakukan pada kondisi basah, lokasi pengukuran yang diletakkan plastik, akan lebih besar tahanannya dibanding dengan yang tidak diletakkan plastik, bandingkan dengan tabel 2.b dan tabel 3.a

Tabel 2.b Setelah Dipasangi Plastik

Pukul : 12.40 Wib

Tebal : 0,11 mm

Kondisi : Basah/selesai hujan

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah + Pasir + plastik + batu	1	7800	1473,2	5544,8
	2	4900	968,6	3526,4
	3	5000	986	3596
	4	5800	1125,2	4152,8
	5	3800	777,2	2760,8
	6	5300	1038,2	3804,8
	7	5800	1125,2	4152,8
	8	4800	951,2	3456,8
	9	11500	2117	8120

4.1.4 Dari percobaan hari keempat

Diperoleh hasil :

- a Karena pada hari keempat mendung atau baru selesai hujan, maka tahanan yang diperoleh kecil.

Sewaktu dilakukan pengukuran terjadi rintik-rintik hujan yang membuat tahanan semakin kecil

4.1.5 Dari percobaan hari kelima

Diperoleh hasil :

- a. Dimana nilai tahanan yang diperoleh adalah kecil apabila dibandingkan dengan nilai tahanan pada lokasi pengukuran yang menggunakan plastik dengan ketebalan 0,22 mm, bandingkan tabel 3 dan tabel 5.a disebabkan karena kemarau.

- b. Dalam kondisi basah, pengaruh sentuhan dari luar terhadap lokasi pengukuran tidak ada atau dapat dikatakan bahwa sentuhan tidak akan menambah tekanan yang membuat tahanan semakin kecil.
- c. Di dalam kondisi basah, di tiap titik-titik pengukuran mempunyai nilai tahanan yang sama karena tidak terbentuk rongga udara yang membuat nilai tahanan besar dan berbeda-beda (tanpa plastik).
- d. Semakin terjadi pengeringan maka akan terbentuk rongga udara pada sampel pengukuran yang membuat nilai tahanan di tiap titik-titik pengukuran berbeda-beda.
- e. Apabila plastik diletakkan di atas pasir dan tanah yang basah maka nilai tahanannya semakin bertambah.
- f. Pada tabel 4.a dilakukan penyiraman air di atas batu sehingga plastik menjadi basah dan tahanan yang diperoleh semakin kecil.

Tabel 3.a Sebelum Dipasangi Plastik

Pukul : 15.30 Wib

Tebal :

Kondisi : Basah/hujan

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah + Pasir + batu	1	2700	585,8	1995,2
	2	900	272,6	742,4
	3	900	272,6	742,4
	4	900	272,6	742,4
	5	1200	324,8	951,2
	6	1500	377	1160
	7	1000	290	812
	8	1200	324,8	951,2
	9	1000	290	812

Tabel 5.a Setelah Dipasangi Plastik

Pukul : 15.10 Wib

Tebal : 0,22 mm

Kondisi : kemarau, kecuali tanah lembab

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah + Pasir + Plastik + batu	1	1200	324,8	951,2
	2	1200	324,8	951,2
	3	1300	342,2	1020,8
	4	1600	394,4	1229,6
	5	1600	394,4	1229,6
	6	1700	411,8	1299,2
	7	1800	429,2	1368,8
	8	1900	446,6	1438,4
	9	2000	464	1508

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah + Pasir	1	205000	35786	142796
	2	182000	31784	126788
	3	170000	29696	118436
	4	175000	30566	121916
	5	164000	28652	114260

+Plastik + batu	6	180000	31436	125396	Pengukuran	Tanah (Ω)	Sentuh (Volt)	Langkah (Volt)
	7	210000	36656	146276				
	8	200000	34916	139316				
	9	192000	33524	133748				
	1	34000	6032	23780				
	2	54000	9512	37700				
	3	50000	8816	34916				
	4	45000	7946	31436				
	5	24000	4292	16820				
	6	24000	4292	16820				
	7	38000	6728	26564				
	8	36000	6380	25172				
	9	39000	6902	27260				

- b. Nilai tahanan sebelum dipijak atau melangkah lebih kecil dibandingkan tanah dengan nilai tahanan sesudah dipijak Pasir karena semakin terbentuk rongga-rongga Plastik + batu udara yang semakin besar.
- c. Pada tabel 5.b, plastik yang digunakan adalah plastik yang berlubang, sehingga nilai tahanannya lebih kecil dibandingkan dengan plastik yang tidak berlubang pada kondisi lembab.

- b. Pada tabel 7.a dan 7.b dapat dilihat nilai tahanan yang sangat jauh berbeda, dimana kondisi yang mempergunakan plastik jauh lebih besar dibanding dengan tidak mempergunakan plastik dalam kondisi kemarau.

Tabel 5.b Setelah Dipasangi Plastik

Pukul : 18.00 Wib

Plastik : Berlubang

Tebal : 0,11 mm

Kondisi : Basah / Lembab

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah + Pasir + Plastik + batu	1	3700	759,8	2691,2
	2	1700	411,8	1299,2
	3	1400	359,6	1090,4
	4	12200	2238,8	8607,2
	5	2800	603,2	2064,8
	6	2500	551	1856
	7	3800	777,2	2760,8
	8	2800	603,2	2064,8
	9	3200	672,8	2343,2

Tabel 7.a Setelah Dipasangi Plastik

Pukul : 12.25 Wib

Tebal : 0,22 mm

Kondisi : kemarau

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah + Ijuk Pasir + + batu	1	63000	11078	43964
	2	44000	7772	30740
	3	25000	4466	17516
	4	25000	4466	17516
	5	22000	3944	15428
	6	32000	5684	22388
	7	19800	3561,2	13896,8
	8	15800	2865,2	11112,8
	9	28000	4988	19604

4.1.6 Dari percobaan hari keenam

Diperoleh hasil :

- a. Nilai tahanan yang diperoleh tidak terlalu jauh bedanya dengan nilai tahanan yang menggunakan plastik yang ketebalannya 0,11, bandingkan Tabel 5.b dan tabel 6.a

Tabel 7.b. Setelah Dipasangi Plastik

Pukul : 14.20 Wib

Tebal : 0,22 mm

Kondisi : Kemarau

Tabel 6.a Setelah Dipasangi Plastik

Pukul : 11.15 Wib

Plastik : Berlubang

Tebal : 0,22 mm

Kondisi : kemarau

Kondisi	Titik	Tahanan	Tegangan	Tegangan

Tanah	4	323500	56405	225272
+ Ijuk +	5	340000	59276	236756
Pasir	6	325000	56666	226316
+Plastik	7	325000	56666	226316
+ batu	8	345000	60146	240236
	9	340000	59276	236756

terbaik, yaitu dilakukan dengan memakai plastik dengan ketebalan 0,22 mm dan dengan kondisi plastik tidak berlobang, dan juga cuaca dalam kondisi kemarau.

Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- c. Dan jika dibandingkan lagi dengan tabel 8.a, dimana plastik berlubang mempengaruhi nilai tahanan, dimana nilai tahanannya jauh lebih kecil dari plastik yang tidak berlubang.

Tabel 8.a Setelah Dipasang Plastik

Pukul : 15.15 Wib

Plastik : Berlubang

Tebal : 0,22 mm

Kondisi : kemarau

Kondisi	Titik Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tegangan Sentuh (Volt)	Tegangan Langkah (Volt)
Tanah +Ijuk Pasir + Plastik + batu	1	90000	15776	62756
	2	35000	6206	24476
	3	141000	24650	98252
	4	82500	14471	57536
	5	81000	14210	56492
	6	120000	20996	83636
	7	190000	33176	132356
	8	12200	2238,8	8607,2
	9	62500	10991	43616

- d. Apabila orang melangkah dekat elektroda pengukuran dengan kondisi plastik yang berlubang, mempunyai pengaruh, dimana nilai tahanan semakin kecil.
- e. Tabel 7.b dan 8.a terbukti bahwa nilai tahanan yang mempergunakan plastik yang tidak berlubang lebih besar hasilnya dibanding dengan plastik yang berlubang dalam kondisi yang sama.
- f. Dalam kondisi cuaca kemarau, pengaruh sentuhan dari luar sangat kelihatan, dimana jika lokasi pengukuran disentuh saat pengukuran, maka nilai tahanannya semakin kecil.
- g. Dari seluruh hasil pengukuran dengan mempergunakan berbagai macam kondisi cuaca dan ketebalan dan kondisi plastik yang berbeda dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan pengukuran yang

- Sebelum dilakukan percobaan, nilai tahanan tanah yang diperoleh dalam kondisi tanah + pasir + batu adalah 26 K Ω , dan setelah diletakkan plastik maka nilai tahanan yang diperoleh adalah 280 K Ω , sehingga terjadi peningkatan nilai tahanan sebesar 90,71%, dalam kondisi kemarau.
- Sementara pada kondisi basah, sebelum dipasang plastik nilai tahanan tanah adalah 2,7 K Ω , dan setelah dipasang plastik berubah menjadi 7,8 K Ω , sehingga diperoleh peningkatan nilai tahanan tanah sebesar 65,4 %.
- Setelah dilakukan pengujian terhadap plastik polyethelene, terbukti bahwa sangat baik jika plastik polyethelene menjadi tambahan komponen untuk menaikkan tahanan tanah yang berfungsi untuk menjaga keselamatan manusia, namun tidak menutup kemungkinan plastik jenis lain memiliki kemampuan yang lebih dari plastik polyethelene ini, untuk itu dibutuhkan penelitian lebih lanjut terhadap berbagai jenis plastik.
- Plastik yang berlubang sangat mengurangi fungsi plastik sebagai isolasi tanah, dapat dilihat pada tabel 6.b (lampiran 6).
- Dalam pengujian diketahui bahwa tekanan dan sentuhan pada sampel pengukuran sangat berpengaruh terhadap nilai tahanan, dimana nilai tahanan tersebut akan semakin berkurang atau semakin kecil pada kondisi kemarau. Namun pada kondisi hujan dan setelah hujan tidak mempengaruhi tahanan di sekitar gardu induk.
- Apabila terjadi gangguan terhadap peralatan gardu induk maka arus gangguan akan mengalir kepada elektroda pentanahan, karena nilai pentanahan lebih kecil dibanding dengan nilai tahanan manusia yang menyentuh peralatan tersebut ($R_{E2} < R_K$).
- Ketika melakukan percobaan di PT Semen Padang selama 1 minggu tidak diperoleh

hasil yang maksimal, karena elektroda pentanahan terhadap peralatan belum dilepas.

8. Selain menjadi isolasi tanah, batu koral juga berfungsi untuk “menghindari kenaikan tegangan langkah”.
9. Dalam pengujian ini dibuktikan pula bahwa dengan menambah komponen ijuk pada tahanan tanah sangat lebih baik lagi (kondisi pasir + ijuk + plastik + batu). Perbedaannya dapat dilihat pada tabel 9.b (lampiran 9)
10. Dari hasil pengujian, dapat kita ambil kesimpulan bahwa, untuk hasil yang terbaik dari pemanfaatan plastik untuk menaikkan tahanan pentanahan dari kaki manusia pada area Gardu Induk, plastik yang digunakan adalah plastik jenis Polyethelene dengan tebal 0,22 mm, dikarenakan plastik ini mempunyai struktur yang baik untuk isolasi dan mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap tegangan tembus, dan juga plastik ini sebaiknya di pasang dengan kondisi tidak berlobang.

Daftar Pustaka

- [1] Feri Sonefil, “*Sistem Pentanahan Gardu Induk PT Semen Padang*”, Fakultas Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, 1999
- [2] Hutaaruk, T.S. Ir, “*Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*”, Penerbit Erlangga, 1999
- [3] John Cadick, D.e, “*Electrical Safety Handbook*”, Mc Graw-Hill, Inc
- [4] Maurits Benyamin, “*Study Pemanfaatan Plastik untuk Menaikkan Tahanan Pentanahan dari kaki Manusia dalam Gardu Induk*”,
- [5] FT Elektro Universitas Sumatera Utara, Medan, 2000
- [6] Standart Nasional Indonesia, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL) 2000*, Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000

[7] Sumanto, Drs. MA, “*Pengetahuan Bahan Untuk Mesin dan Listrik*”, PT Andi Pratita Triarsa Mulia, 1994

[8] Syarifudin, “*System Pentanahan Gardu Induk untuk Keperluan Keamanan Manusia*”, Politeknik Engineering Universitas Andalas, Juni 1992.

[9] www.elektroindonesia.com, “*Penerapan Sistem Grid Tak Simetri pada Pentanahan Gardu Induk Bulukumba*”, Nomor 31, Tahun VI, Mei 2000

Biodata Penulis

Rosnita Rauf, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 5 September 1974, merupakan anak ketujuh dari tujuh bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN 6 Bandar Lampung, SMP Negeri I Pahoman dan SMA Negeri 4 Langkapura, Bandar Lampung. Setelah Lulus dari SMU tahun 1992 kemudian melanjutkan pendidikan S1 Program Studi Elektro Fakultas Teknik di Universitas Ekasakti, Padang dan lulus pada tahun 1997, lalu bekerja di Universitas Ekasakti, Padang. Dan sekarang melanjutkan Pasca Sarjana di UNAND aliansi ITB Fakultas Teknik pada program studi Teknik Elektro.