

ANALISIS PERANCANGAN SISTEM PENTANAHAN *GRID* SECARA OPTIMAL PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Riyanto

S1 Teknik Elektro, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
riyantoriyanto@mhs.unesa.ac.id

Achmad Imam Agung / Mahendra Widyardono / Aditya Chandra Hermawan

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
achmadimam@unesa.ac.id / mahendrawidyardono@unesa.ac.id / adityahermawan@unesa.ac.id

Abstrak

Energi listrik dari masa ke masa telah berkembang dengan pesat, hal ini menjadikan listrik dewasa ini menjadi salah satu dari kebutuhan utama masyarakat. Seiring dengan perkembangan listrik, berkembang pula teknologi untuk sistem pengamanan dari listrik tersebut. Salah satu dari proteksi sistem kelistrikan adalah sistem pentanahan. Sistem pentanahan bertujuan untuk mengamankan peralatan dan pengguna peralatan listrik dari kemungkinan dari arus bocor pada saat penggunaan peralatan listrik. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sistem pentanahan yang memiliki nilai resistansi yang baik untuk pengamanan sistem kelistrikan, serta mengimplementasikan rancang bangun sistem pentanahan dengan menggunakan sistem *grid* pada proteksi sistem kelistrikan sehingga dapat mengamankan baik sistem kelistrikan maupun peralalatan listrik yang terhubung. Dalam penelitian ini metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan *true experiment* dimana variabel yang mempengaruhi yakni, jumlah elektroda, model, dan jarak antar elektroda. Dan hasil penelitian yang diperoleh antara lain, besar nilai resistansi yang mendekati standar didapat pada jenis tanah liat dengan jumlah elektroda 6 buah yang dipasang secara *grid* dimana jarak antar elektroda melintang 4meter tiap elektroda yaitu sebesar 1,92ohm pada tanah liat, 2,19 pada tanah pasir, dan 3,05 pada tanah kapur. Dari hasil yang didapat oleh penulis dapat disimpulkan bahwa nilai resistansi yang dihasilkan oleh bentuk *grid* memiliki hasil nilai resistansi yang paling kecil, sehingga sesuai digunakan pada sistem kelistrikan sehingga dapat mengamankan sistem kelistrikan dan juga mengamankan peralatan yang terhubung, kemudian sistem *grid* merupakan sistem yang paling sesuai diimplementasikan pada sistem kelistrikan karena memiliki nilai resistansi paling kecil daripada bentuk pentanahan lainnya.

Kata Kunci : Sistem Pentanahan, Elektroda, Nilai Resistansi

Abstract

Electrical energy from time to time has grown rapidly, this makes electricity today one of the main needs of society. Along with the development of electricity, technology also developed for the security system of electricity. One of the electrical system protection is grounding system. Grounding system aims to secure equipment and users of electrical equipment from the possibility of a leakage current when using electrical equipment. The purpose of this study is to design a grounding system that has a good resistance value for securing the electrical system, as well as implementing the design of the grounding system by using a grid system on the protection of the electrical system so that it can secure both the electrical system and the connected electrical equipment. In this research the research method used is to do a true experiment where the variables that influence are, the number of electrodes, the model, and the distance between the electrodes. And the research results obtained include, the value of resistance approaching the standard obtained in the type of clay with the number of electrodes 6 pieces mounted in a grid where the distance between the electrodes crosswise 4 meters per electrode is equal to 1.92ohm in clay, 2.19 in soil sand, and 3.05 in lime soil. From the results obtained by the author, it can be concluded that the value of resistance produced by the grid form has the lowest resistance value, so that it is suitable for use in electrical systems so as to secure the electrical system and also secure connected equipment, then the grid system is the most suitable system implemented in electrical systems because it has the lowest resistance value than other forms of ground.

Keywords : Grounding Systems, Electrodes, Resistance Values

PENDAHULUAN

Listrik dewasa ini menjadi salah satu dari kebutuhan primer untuk masyarakat. Seiring dengan perkembangan teknologi industri serta komunikasi maka semakin berkembang pula kebutuhan listrik oleh masyarakat guna menyelaraskan dengan kebutuhan komunikasi serta industri.

Meskipun kebutuhan masyarakat akan listrik semakin tinggi, namun tidak boleh mengesampingkan tentang kualitas sistem serta keamanan dan kenyamanan para pengguna listrik agar masyarakat terpuaskan dengan pelayanan penyedia listrik. Salah satu dari sistem pengamanan yang ada adalah sistem pentanahan.

Pengertian pentanahan peralatan adalah penyambungan komponen – komponen pada peralatan listrik yang berada pada keadaan normal yang tidak teraliri oleh arus. Hubungan dengan tanah dilakukan dengan cara menanam konduktor menuju kedalam tanah. Konduktor yang dimaksud tadi disebut elektroda pentanahan. Sedangkan yang dimaksud dengan elektroda pentanahan merupakan sebuah konduktor yang ditanam di dalam tanah yang digunakan untuk menyalurkan dan melepas arus pentanahan menuju kedalam tanah.

Proses dari pentanahan dilakukan dengan cara menyambungkan semua komponen benda yang memiliki kemungkinan menjadi sumber muatan yang akan tersalur menuju ke tanah. Proses pentanahan juga memiliki arti sebagai pembuatan jalur untuk arus gangguan menuju kedalam tanah atau membuat peralatan berada pada nilai potensial yang hampir sama dengan nilai potensial dari tanah (nol).

Tahanan pentanahan merupakan nilai tahanan antara nilai tahanan elektroda pada sistem pentanahan dengan elektroda yang lainnya pada jarak tertentu. Pentanahan dibagi menjadi dua fungsi yakni pentanahan yang difungsikan untuk mengamankan sistem dan pentanahan yang difungsikan untuk mengamankan peralatan. Sehingga dapat diartikan bahwa pentanahan merupakan proses penghubungan komponen - komponen peralatan listrik yang berada pada keadaan normal yang tidak teraliri oleh arus atau penghubungan pada titik netral dari suatu sistem tenaga listrik atau komponen dari peralatan listrik dengan tanah. Penghubungan dengan tanah dilakukan dengan cara menanam konduktor menuju kedalam tanah. Konduktor yang ditanam kedalam tanah disebut dengan elektroda. (Tajuddin, 1998).

Terdapat beberapa tujuan dari penggunaan sistem pentanahan yang disebutkan oleh Tajuddin (1998) antara lain: (1) Untuk memberikan batasan tegangan antara komponen peralatan yang tidak teraliri oleh arus dengan tanah sehingga sampai pada titik

yang aman untuk segala kondisi, baik normal maupun pada saat terdapat gangguan. (2) Untuk menghasilkan nilai potensial yang rata dalam suatu bagian struktur dan peralatan serta untuk menghasilkan nilai impedansi yang kecil sehingga dapat digunakan sebagai jalur untuk jalan balik bagi arus hubung singkat menuju kedalam tanah. Bila arus hubung singkat yang menuju kedalam tanah dipaksakan mengalir melalui tanah dengan nilai tahanan yang besar akan menghasilkan akibat pada perbedaan nilai tegangan yang tinggi dan akan menimbulkan bahaya.

Sedangkan keuntungan penerapan pentanahan antara lain : (1) Semua sistem kelistrikan akan berada pada nilai potensial yang sama dan tidak mungkin memiliki tegangan yang mengambang. (*Floating Voltage*) (2) Dengan menghubungkan peralatan yang dibuat dari bahan logam menuju ke tanah dengan menggunakan elektroda pentanahan, maka akan tersedia jalur gangguan menuju ke tanah. (3) Meningkatkan sistem keamanan pada peralatan, sehingga memperkecil resiko kecelakaan akibat arus bocor pada saat penggunaan peralatan.

Sistem pentanahan akan dapat berfungsi dengan baik dan secara efektif bila memenuhi beberapa persyaratan antara lain : (1) Membuat jalur impedansi dengan nilai yang rendah menuju kedalam tanah guna memberikan keamanan manusia dan peralatan, menggunakan rangkaian yang efektif. (2) Dapat mengurangi resiko dari gangguan yang berasal dari arus yang diakibatkan oleh surja hubung (*surge currents*). (3) Memakai bahan yang kuat bertahan terhadap korosi dari berbagai kondisi kimiawi dari tanah, untuk menjamin ketangguhan dari pengamanan selama umur peralatan yang dilindungi.

Secara umum, sistem pentanahan akan diusahakan memiliki hasil sekecil mungkin agar gangguan lebih cepat menuju kedalam tanah. Namun terdapat beberapa nilai standar yang diterapkan pada beberapa jenis bangunan tertentu. Untuk secara umum, nilai resistansi maksimal adalah 5 ohm. Namun untuk memberikan nilai keamanan yang lebih baik besar nilai resistansi juga ditentukan berdasarkan fungsi dari tempat tersebut, yaitu antara lain : (1) Dibawah 5 ohm ditentukan jika sistem pentanahan digunakan pada bangunan secara umum. (2) Dibawah 3 ohm ditentukan untuk melindungi barang elektronik di dalam gedung. (3) Dibawah 1 ohm ditentukan untuk bangunan – bangunan vital misalkan rumah sakit dan gedung pemerintahan.

Maka dari itu nilai pentanahan yang didapat harus sekecil mungkin agar dapat memenuhi standar yang sudah ditentukan pada setiap jenis gedung agar sistem proteksi menjadi semakin maksimal. Pada umumnya,

jenis elektroda pentanahan yang digunakan untuk pengamanan sistem maupun pengamanan peralatan antara lain yaitu pita, pelat, dan batang (Hermawan, 1985).

Dalam memasang elektroda pentanahan, perlu diperhatikan juga bagaimana susunan penanaman. Hal ini perlu dilakukan untuk mendapat nilai resistansi yang minimal agar arus lebih mudah mengalir ke tanah. Beberapa jenis pemasangan elektroda menurut Hutauruk (1987) dan Hermawan (1985) antara lain adalah penanaman secara vertikal, secara horisontal, penanaman bentuk *radial*, bentuk *ring*, serta bentuk *grid*, serta penanaman bentuk pelat.

Dalam menentukan elektroda, terdapat beberapa hal yang harus ditentukan. Hal ini diperlukan guna meminimalisir nilai resistansi, sehingga membuat sistem pentanahan semakin baik. Beberapa hal yang perlu ditentukan dalam memilih elektroda antara lain adalah menentukan jenis konduktor elektroda, semakin baik nilai konduktivitas, maka akan semakin baik sistem pentanahan.

Selain menentukan jenis, juga harus ditentukan jumlah serta panjang elektroda yang akan dipasang, sehingga mencapai nilai yang diinginkan. Dalam menentukan jumlah dan panjang elektroda, ada beberapa variable yang perlu diperhatikan, yakni nominal arus gangguan kedalam tanah serta kerapatan arus yang diperbolehkan.

Berbicara tentang sistem pentanahan, selain melindungi peralatan dari berbagai gangguan akibat arus lebih, sistem pentanahan juga dapat melindungi manusia dari arus berlebih. Nilai tahanan yang terdapat pada tubuh manusia pada umumnya berada pada nilai di antara 500 hingga 100.000 Ω bergantung pada tegangan, keadaan dari kulit yang terjadi hubungan (kontak) dan aliran arus dalam tubuh.

Kulit manusia yang tersusun dari lapisan tanduk memiliki nilai tahanan yang tinggi, tetapi jika pada tegangan yang tinggi kulit yang melakukan kontak dengan konduktor, maka lapisan kulit akan langsung terbakar, sehingga nilai tahanan dari kulit akan langsung menghilang. Berdasarkan pada hasil penyelidikan yang dilakukan oleh para ahli, sebagai pendekatan diambil nilai tahanan pada tubuh manusia paling tinggi hanya sebesar 1000 Ω (Hutauruk, 1987).

Jika seseorang memegang konduktor yang diberi tegangan mulai dari nilai nol lalu kemudian ditingkatkan nilainya secara perlahan, maka arus listrik yang mengalir pada tubuh orang tersebut akan menghasilkan efek. Pada awalnya syaraf akan terangsang sehingga akan menghasilkan rasa getaran yang tidak berbahaya bila dialiri dengan arus bolak balik dan akan mulai merasakan panas secara perlahan

pada bagian telapak tangan bila dilalirkan arus searah (arus persepsi). Jika tegangan yang mengakibatkan terjadinya tingkat arus persepsi ditingkatkan lagi nilainya, maka orang akan terasa sakit dan jika terus ditingkatkan maka otot-otot akan menjadi kaku sehingga orang tersebut tidak memiliki kekuatan lagi untuk lepas dari konduktor.

Jika nilai arus yang mengalir pada tubuh manusia lebih tinggi dari nilai arus yang mempengaruhi dapat otot maka akan dapat mengakibatkan seseorang yang teraliri arus tersebut mengalami kehilangan kesadaran dan bahkan sampai mengakibatkan kematian, hal tersebut disebabkan oleh arus listrik tersebut mempengaruhi kerja dari jantung dan menghentikan detak jantung sehingga darah tidak teralir ke seluruh tubuh. Batasan dari nilai arus yang dapat mengalir pada tubuh manusia serta pengaruhnya pada tubuh ditunjukkan pada tabel.1 (Hutauruk, 1987)

Tabel 1. Tabel Batas arus yang melewati tubuh manusia

Batas Arus (mA)	Pengaruh Pada Tubuh Manusia
0 – 0,9	Tidak merasakan pengaruh
0,9 – 1,2	terasa adanya aliran arus listrik namun belum merasa kejang
1,2 – 1,6	Mulai terasa seperti ada sesuatu yang merayap di dalam tangan
1,6 – 6,0	Kesemutan pada tangan hingga ke siku
6,0 – 13,0	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan semakin bertambah
13,0 – 15,0	Rasa sakit tak tertahankan namun penghantar masih dapat dilepas
15,0 – 20,0	Otot tidak sanggup lagi melepaskan penghantar
20,0 – 50,0	Dapat mengakibatkan kerusakan pada tubuh manusia
50,0 – 100,0	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian

Sumber: (PUIL, 2000)

Selain jenis, panjang, serta jumlah konduktor, hal yang perlu diperhatikan dalam membuat sistem pentanahan adalah resistansi jenis pada tanah. Tahanan jenis tanah adalah faktor keseimbangan antara nilai tahanan dan nilai kapasitansi di sekelilingnya yang disimbolkan dengan ρ . Nilai dari tahanan jenis tanah bergantung pada beberapa faktor yaitu : (1) Jenis tanah, misalnya tanah liat, berpasir, berbatu dan yang lainnya. (2) Lapisan tanah yang dimiliki, terdiri dari berbagai lapisan dengan memiliki nilai tahanan berbeda atau seragam. (3) Kelembaban dari tanah. (3) Suhu pada dalam tanah.

Untuk mengurangi keragaman dari nilai tahanan jenis tanah yang diakibatkan oleh pengaruh musim, dapat dilakukan dengan cara menanamkan elektroda pentanahan hingga mencapai kedalaman yang telah

ditentukan dimana terdapat aliran air tanah yang konstan. Guna menghasilkan nilai rata – rata dari nilai tahanan jenis tanah untuk perencanaan maka diperlukan pengukuran dengan waktu yang telah ditentukan. Jika didapatkan nilai dari tahanan jenis tanah maka diambil nilai yang tertinggi dari suatu kondisi tanah. Karena terkadang penanaman dimungkinkan untuk mendapat nilai kelembaban dan suhu yang beragam, nilai dari tahanan jenis tanah yang harus digunakan pada keadaan yang paling buruk yakni pada saat kondisi tanah kering dan dingin. Berikut ini merupakan tabel 2 yang menunjukkan rata- rata nilai tahanan jenis tanah pada beberapa jenis tanah (PUIL 2000).

Tabel 2. Tabel Tahanan Berbagai Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm-meter)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Tanah Lading	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil Kering	1000
Tanah Berbatu	3000

Sumber: (PUIL, 2000)

Pada sistem pentanahan bisa terdapat berbagai jenis tanah yang berbeda, tapi memiliki sifat yang hampir sama sehingga dapat digolongkan kedalam kelompok tertentu yang kemudian dapat disebut dengan klasifikasi tanah. Sistem klasifikasi dalam jenis tanah ini memiliki tujuan guna memberikan penjelasan tentang sifat teknis dari bahan itu dengan cara yang sama seperti dengan pernyataan secara geologis yang memiliki maksud untuk mengetahui kejelasan mengenai asal geologis dari bahan tersebut.

Tujuan dari klasifikasi tanah adalah untuk beberapa hal, antara lain : (1) Mengorganisir (menata) pengetahuan tentang jenis tanah. (2) Mengetahui hubungan antar individu tanah satu sama lain. (3) Memudahkan dalam mengingat sifat dari berbagai jenis tanah. (4) Mengelompokkan tanah dengan tujuan yang lebih praktis seperti untuk melakukan penaksiran sifat dari tanah. menentukan lahan terbaik.serta memperkirakan nilai dari produktivitas tanah tersebut. (5) Menentukan area untuk digunakan sebagai tempat penelitian, atau untuk kepentingan ekstrapolasi dari hasil penelitian yang dilakukan pada suatu lokasi. (6) Mempelajari hubungan dan sifat tanah yang baru. Jika dilihat dengan sudut pandang teknis, jenis tanah dapat

digolongkan kedalam macam pokok antara lain Batu krikil (*gravel*), Pasir (*Sand*), Lanau (*Silt*), dan Liat (*Clay*).

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan diatas, penulis melaksanakan penelitian dengan memakai beberapa variable agar mendapat hasil nilai resistansi minimal agar mencapai sistem yang baik. Beberapa hal yang menjadi variable penelitian penulis antara lain adalah jumlah dan jarak antara elektroda serta mengubah rangkaian penanaman, yaitu dengan beberapa bentuk pentanahan, yaitu elektroda ditanam horisontal sejumlah satu sampai tiga elektroda dipasang paralel, bentuk *ring*, serta penanaman bentuk *grid*.

Selain itu penelitian dilakukan di 3 tempat yang memiliki nilai resistansi jenis tanah berbeda agar digunakan sebagai pembanding sistem yang digunakan. Tiga tempat yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah lapangan sepak bola Universitas Negeri Surabaya yang memiliki jenis tanah liat, pantai Kenjeran yang memiliki jenis tanah pasir basah, serta tempat Wisata Bukit Jamur Gresik yang memiliki jenis tanah kapur.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pentanahan yang baik dengan nilai resistansi yang dihasilkan dapat sekecil mungkin sehingga mempercepat aliran arus lebih menuju ke tanah pada sistem kelistrikan Dan mengimplementasikan sistem *grid* pada sistem pentanahan tenaga listrik.

METODE

Pada saat melakukan penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan penelitian yaitu pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif adalah salah satu pendekatan dengan upaya pencarian secara ilmiah yang berdasarkan pada filsafat positivisme logikal yang berjalan dengan menggunakan aturan yang ketat mengenai logika, kebenaran, hukum-hukum, dan prediksi. Fokus dari penelitian kuantitatif ini dapat dikenali sebagai proses kerja yang berlangsung dengan ringkas, terbatas dan mengelompokkan masalah menjadi beberapa bagian yang dapat dilakukan pengukuran atau dapat dinyatakan dengan angka.

Awal penelitian dilakukan dengan melakukan studi literatur dengan melakukan proses pengumpulan dari beberapa sumber jurnal yang dignakan sebagai sumber rujukan. Kemudian dirancang dan dilakukan uji coba rancangan dari alat. Setelah proses uji coba berhasil, maka akan dilakukan implementasi dari alat yang telah dilakukan uji coba secara langsung sebagaimana kinerja dan hasil dari perancangan sistem pentanahan dengan bentuk *grid* tersebut dapat menjadi

alat dalam pengembangan pendidikan maupun untuk penelitian.

Metode penelitian yang diaplikasikan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimen (*true experiment*), yaitu dimana metode yang diaplikasikan guna mencari pengaruh pemberian perlakuan tertentu terhadap yang lain dengan kondisi yang masih dapat dikendalikan. Dalam hal ini penulis menggunakan kelas kontrol sebagai pembanding, sehingga penelitian ini dapat disebut juga dengan eksperimen murni. Metode ini digunakan berdasarkan pada pertimbangan bahwa sifat penelitian eksperimental, yaitu melakukan percobaan pada sesuatu untuk mengetahui akibat dari suatu percobaan tersebut.

Selain itu peneliti juga memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh kinerja dari variabel bebas terhadap kinerja dari variabel terikat yang diamati. Tentang metode eksperimen ini Sugiono (2008:3) menjelaskan bahwa secara umum, metode penelitian dijelaskan sebagai cara ilmiah guna mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan yang telah ditentukan. Sedangkan eksperimen menurut penjelasan dari Sugiono (2008:107) adalah suatu penelitian yang digunakan guna mencari hasil dari perlakuan tertentu terhadap suatu yang lain dalam kondisi yang dikendalikan. Selain itu, menurut Arikunto (2010:16) metode penelitian adalah cara yang digunakan oleh peneliti dalam menghimpun data dari penelitiannya.

Sementara itu, eksperimen menurut penjelasan dari Arikunto (2010:3) adalah suatu cara untuk menemukan hubungan sebab-akibat yang terjadi pada dua faktor yang sengaja dimunculkan oleh peneliti dengan mengurangi atau menghilangkan faktor lain yang dirasa mengganggu. Berdasarkan metode penelitian tersebut penulis menggunakan metode eksperimen. Sehingga dapat diartikan bahwa metode penelitian eksperimen merupakan suatu rangkaian kegiatan percobaan dengan tujuan untuk meneliti sesuatu hal atau masalah sehingga didapatkan hasil. Maka karena itu, dalam metode eksperimen tersebut harus terdapat faktor yang dilakukan proses uji coba, dalam hal ini faktor yang dilakukan proses uji coba adalah jumlah dan jarak antar elektroda untuk dapat diketahui pengaruh dari jumlah dan jarak antar elektroda dengan nilai resistansi yang dihasilkan oleh sistem pentanahan bentuk *grid*.

Dalam melakukan penelitian, penulis memilih tiga tempat, antara lain : Lapangan sepak bola Universitas Negeri Surabaya, Pantai Ria Kenjeran, serta tempat wisata Bukit Jamur Gresik. Tiga tempat tersebut dipilih karena memiliki jenis tanah yang berbeda, sehingga memiliki nilai resistansi jenis tanah yang berbeda pula.

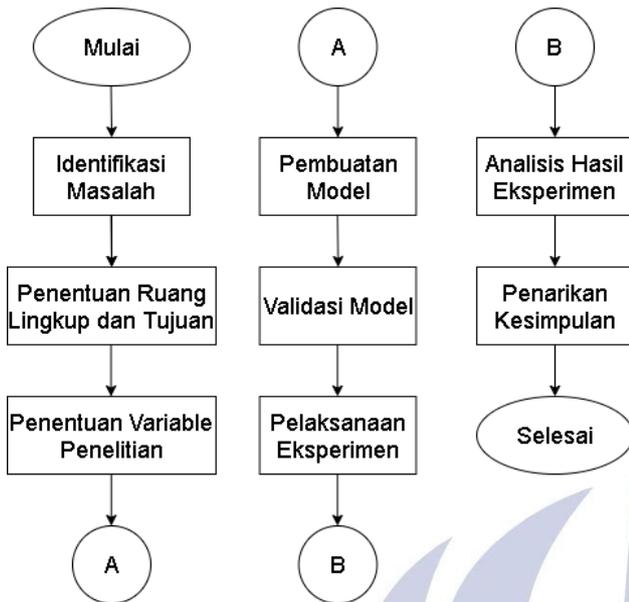
Dalam melakukan penelitian, penulis memiliki tiga sumber utama penelitian, yakni sumber literatur, sumber data dari pengukuran di tempat penelitian, serta sumber data dari perhitungan dengan menggunakan Matlab 2009b. Sedangkan untuk jenis data penelitian dibagi menjadi dua, yaitu data primer yaitu data hasil dari proses pengukuran langsung dilapangan mengenai modifikasi jarak dan jumlah batang elektroda pada sistem pentanahan yang ditanam secara tegak lurus terhadap tanah, dan data sekunder yaitu merupakan data nilai resistansi yang didapat dari perhitungan menggunakan Matlab 2009b.

Untuk metode pengumpulan data, penulis menggunakan metode pengumpulan data penelitian secara kuantitatif dimana metode ini merupakan metode pengumpulan data yang datanya bersifat angka secara statistik yang dapat dilakukan perhitungan. Data tersebut berbentuk variabel – variable dan operasionalnya pada skala ukuran tertentu misalkan dengan skala nominal, ordinal, interval serta ratio.

Proses pengumpulan data dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan di berbagai tempat serta berbagai sumber dan dengan berbagai proses cara. Jika diperhatikan menurut tempat pengumpulannya, maka data dapat dikumpulkan melalui laboratorium dengan metode eksperimen, di rumah ataupun di tempat yang lain (Sugiyono, 2013:224).

Teknik yang digunakan untuk melakukan analisis data dari hasil data dari penulis adalah dengan menggunakan teknik analisis korelasi, dimana teknik ini dilakukan guna mencari keterkaitan antara dua variabel atau bahkan lebih. Tujuan dari analisis korelasi adalah : (1) Mencari bukti hubungan berdasar pada analisis data yang ada antara variabel satu dengan variabel lain memiliki hubungan atau korelasi. (2) Menjelaskan tentang hubungan antar variabel tersebut jika memang memiliki hubungan, termasuk hubungan yang kuat, cukup atau bahkan lemah. (3) Menjelaskan kejelasan secara sistematis tentang hubungan variabel tersebut, merupakan hubungan yang berarti dan meyakinkan (signifikan) atau hubungan yang tidak berarti dan tidak meyakinkan.

Dalam tahap penelitian ini dijelaskan tentang bagaimana tahap-tahap perancangan sampai dengan kesimpulan. Pada Gambar 1 dibawah dijelaskan flowchart alur tahap penelitian dimulai dengan pembuatan rancangan sistem pentanahan dengan bentuk *grid*. Kemudian dilanjutkan dengan proses pengujian dari sistem tersebut. Setelah itu akan dilakukan proses analisis data yang didapat pada proses dari pengujian sistem tersebut sehingga dapat ditarik kesimpulan berdasarkan hasil dari penelitian ini.



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

Dalam melakukan eksperimen, penulis menggunakan beberapa tahapan eksperimen, dimulai dari menyiapkan alat dan bahan, sampai melakukan pengambilan data di lapangan.

Bahan dan alat penelitian yang digunakan oleh penulis pada saat melakukan penelitian ini antara lain : (1) Elektroda yang terbuat dari tembaga diameter 14mm dengan panjang 1.5m. (2)Kawat BC secukupnya selama penelitian berlangsung. (3) Alat ukur Earth Tester Kyoritsu 4105a. Sedangkan alat Bantu yang digunakan pada penelitian ini adalah martil, linggis, dan bor Biopori.

Sementara itu, teknis penanaman dan pengukuran resistansi tanah terdiri dari beberapa tahapan, antara lain : (1) Mengukur resistansi tanah (2) Menggali tanah untuk ground rod sedalam 1.5m. (3) Menggali tanah untuk jalur kabel penghubung sedalam 40cm. (4) Menanam ground rod di tiap titik yang sudah digali. (5) Mengukur nilai resistansi tiap elektroda. (6) Menghubungkan tiap titik elektroda dengan kabel sesuai dengan yang disesuaikan (7) Menanam kabel penghubung (8) Mengukur nilai resistansi rangkaian elektroda (9) Mencatat hasil pengukuran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penulis membahas tentang hasil penelitian pada tiga jenis tanah, yaitu tanah liat yang berada di lapangan sepak bola UNESA, tanah pasir yang berada di daerah Kelurahan Tambak Wedi, Kenjeran Surabaya, dan tanah kapur yang berada di tempat wisata Bukit Jamur Gresik. Hasil dari penelitian tersebut dibandingkan dengan hasil dari perhitungan yang menggunakan aplikasi MatLab 2009.

Hasil Penelitian

Penelitian pada lokasi yang telah ditentukan dilakukan selama rentang waktu 7 hari. Dalam penelitian ini penulis melakukan modifikasi jumlah elektroda yang dipasang, bentuk rangkaian, dan jarak antar elektroda. Hal tersebut dilakukan agar mencapai nilai resistansi yang diinginkan.

Modifikasi yang dimaksud diatas adalah merubah jumlah elektroda dengan besaran 1 elektroda, 2, 3, 4, dan 6 elektroda dan juga dilakukan perubahan jarak antar elektroda dengan besaran 1-4 meter, selainitu juga dilakukan perubahan bentuk rangkaian elektroda, antara lain dengan bentuk paralel, ring, dan grid, agar mencapai nilai resistansi yang diinginkan.

Berdasarkan modifikasidiatas, maka ada beberapa data yang diperoleh penulis, yaitu data perlakuan 1 elektroda, 2 elektroda dengan jarak antar elektroda 1-4 meter dirangkai paralel, kemudian 3 elektroda dengan jarak antar elektroda 1-4 meter dirangkai paralel, 4 elektroda dengan jarak 1-4 meter dirangkai ring, dan 6 elektroda dirangkai grid dengan jarak 1-4 meter.

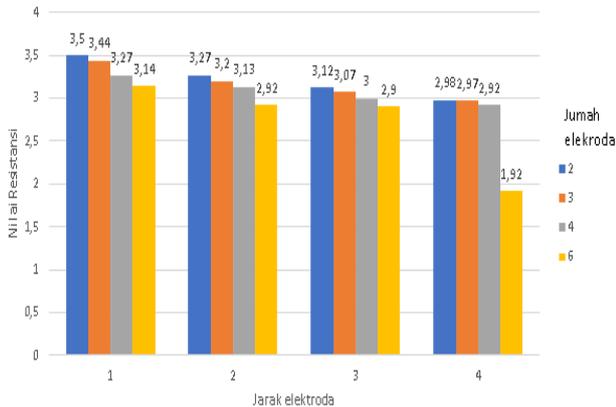
1. Hasil Penelitian Tanah Liat

Berdasarkan rancangan penelitian, didapatkan hasil pengukuran nilai resistansi pada tanah liat yang berlokasi di lapangan bola Universitas Negeri Surabaya seperti yang tertera pada tabel 3 di bawah :

Tabel 3. Tabel hasil penelitian di lokasi tanah liat

No	Jumlah elektroda	Jarak elektroda (m)	Hasil (Ω)
1	1	-	3.53
2	2	1	3.50
		2	3.27
		3	3.12
		4	2.98
3	3	1	3.44
		2	3.20
		3	3.07
		4	2.97
4	4	1	3.27
		2	3.13
		3	3.00
		4	2.92
5	6	1	3.14
		2	2.92
		3	2.90
		4	1.92

Jika ditampilkan pada grafik maka dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Perbandingan Jumlah elektroda dan Jarak Elektroda terhadap nilai resistansi pada tanah liat

Jika dilihat pada Gambar 2 terdapat penurunan nilai resistansi dimana semakin banyak jumlah elektroda yang dipasang pada sistem dengan jarak yang semakin jauh maka menghasilkan nilai resistansi yang semakin kecil hingga melampaui standart yang ditetapkan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2 nilai resistansi paling kecil dicapai oleh penanaman 6 elektroda dengan jarak antar elektroda 4 meter yaitu mendapatkan nilai resistansi 1,92 ohm.

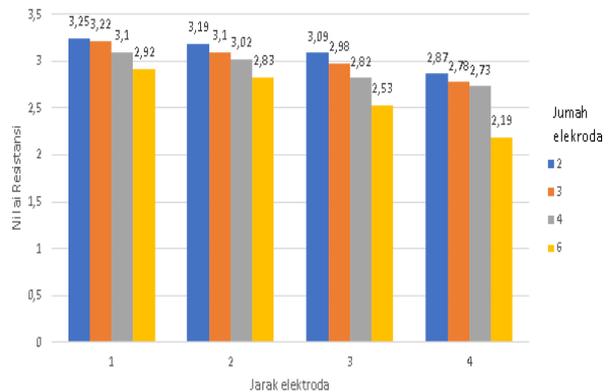
2. Hasil Penelitian Tanah Pasir Pantai

Hasil pengukuran nilai resistansi pada tanah pasir yang berlokasi di Pantai Kenjeran Surabaya seperti yang tertera pada tabel 4 dibawah :

Tabel 4. Tabel hasil penelitian di lokasi tanah pasir

No	Jumlah elektroda	Jarak elektroda (m)	Hasil (Ω)
1	1	-	3.32
2	2	1	3.25
		2	3.19
		3	3.09
		4	2.87
3	3	1	3.22
		2	3.10
		3	2.98
		4	2.78
4	4	1	3.10
		2	3.02
		3	2.82
		4	2.73
5	6	1	2.92
		2	2.83
		3	2.53
		4	2.19

Jika dipresentasikan pada grafik, maka akan terlihat pada gambar 3 di bawah ini



Gambar 3 Perbandingan Jarak dan Jumlah Elektroda terhadap nilai resistansi di tanah pasir

Jika dilihat pada Gambar 3 terdapat penurunan nilai resistansi dimana semakin banyak jumlah elektroda yang dipasang pada sistem dengan jarak yang semakin jauh maka menghasilkan nilai resistansi yang semakin kecil hingga melampaui standart yang ditetapkan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3 nilai resistansi paling kecil dicapai oleh penanaman 6 elektroda dengan jarak antar elektroda 4 meter yaitu mendapatkan nilai resistansi 2,19 ohm.

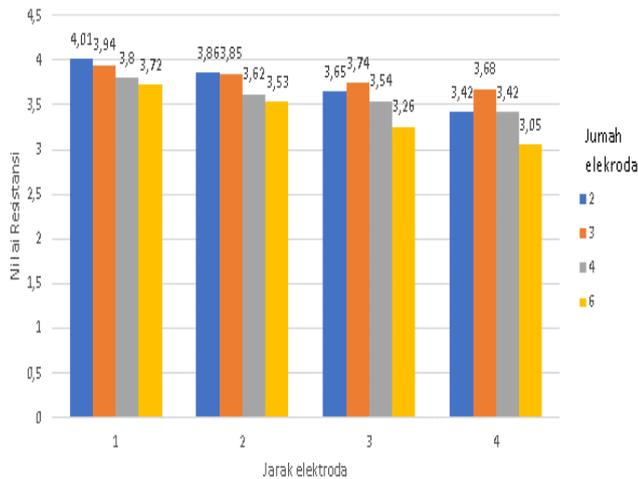
3. Hasil Penelitian Tanah Kapur

Hasil pengukuran nilai resistansi pada tanah kapur yang berlokasi di Tempat Wisata Bukit Jamur Gresik seperti yang tertera pada tabel 5 dibawah :

Tabel 5. Tabel hasil penelitian di lokasi tanah kapur

No	Jumlah elektroda	Jarak elektroda (m)	Hasil (Ω)
1	1	-	4.23
2	2	1	4.01
		2	3.86
		3	3.65
		4	3.42
3	3	1	3.94
		2	3.85
		3	3.74
		4	3.68
4	4	1	3.80
		2	3.62
		3	3.54
		4	3.42
5	6	1	3.72
		2	3.53
		3	3.26
		4	3.05

Jika hasil penelitian pada tabel 5 diatas dipresentasikan pada grafik, maka dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini



Gambar 4. Perbandingan Jarak dan Jumlah Elektroda terhadap nilai resistansi pada tanah kapur

Pembahasan

Setelah mendapatkan hasil dari penelitian, maka pada pembahasan data akan dianalisis dengan membandingkan antara hasil yang didapat pada saat penelitian dengan data yang didapat pada hasil perhitungan menggunakan Matlab 2009b dengan menggunakan rumus yang tertera di bawah ini antara lain :

Untuk pemasangan dengan satu elektroda dipasang vertikal terhadap permukaan tanah menggunakan persamaan di bawah ini

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

Dimana :

- R = Tahanan pentanahan (Ω)
- ρ = Tahanan jenis tanah (Ω-m)
- L = Panjang elektroda pentanahan (m)
- a = Jari-jari elektroda pentanahan (m)

Untuk pemasangan dengan dua dan tiga elektroda dipasang secara paralel menggunakan persamaan di bawah ini :

$$R_n = \frac{\eta R}{n} \tag{2}$$

- R = Tahanan pentanahan tiap elektroda (Ω)
- η = Koefisien kombinasi
- n = Jumlah elektroda pentanahan
- R_n = Nilai tahanan pentanahan keseluruhan(Ω)

Adapun koefisien kombinasi yang digunakan dapat diliha pada tabel di bawah ini :

Tabel 6. Koefisien kombinasi

Jarak antara	0,5	1	2	3	4	5
Koefisien kombinasi	1,35	1,20	1,15	1,10	1,05	1,0

Sumber : (Arismunandar, 1991)

Untuk pemasangan menggunakan 4 elektroda yang dibentuk menjadi bentuk *ring*, menggunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln 1,27 \frac{L}{\sqrt{2}ad} \tag{3}$$

Keterangan :

- a = Jari-jari cincin (m)
- d = Kedalaman pentanahan (m)

Sementara itu untuk pemasangan dengan 6 elektroda yang dipasang dengan sistem grid menggunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$R_g = \rho \left\{ \frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} + \left[1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20/A}} \right] \right\} \tag{4}$$

Dimana:

- R_g = Tahanan pentanahan dengan sistem grid (Ω)
- L = Panjang keseluruhan rod (m)
- A = Luas Grid (m)
- h = tinggi penanaman grid (m)

Untuk mempercepat proses perhitungan, maka persamaan diatas akan dimasukkan ke dalam Matlab 2009b. Hal tersebut bertujuan untuk agar dapat melakukan perhitungan dengan akurat dan cepat serta mempermudah dalam proses perhitungan sehingga didapatkan hasil yang benar dan dalam waktu yang relatif singkat. Setelah melakukan perhitungan maka didapat hasil yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Jika dilihat pada tabel 7 dibawah, nilai yang didapat pada hasil penelitian di lokasi pemasangan sistem pentanahan berbeda dengan hasil perhitungan yang menggunakan Matlab 2009b. Hal tersebut karena kondisi lapangan pada saat pengambilan data berubah – ubah baik karena cuaca ataupun struktur tanah yang tidak merata pada satu lokasi pengambilan data. Hal tersebut membuat adanya selisih antara hasil

perhitungan dengan menggunakan Matlab 2009b dengan hasil dari lokasi pemasangan.

Tabel 7. Perbandingan hasil penelitian dengan hasil dari Matlab 2009b

Jumlah elektroda	Jarak elektroda (m)	Hasil (Ω)					
		Tanah Liat		Tanah Pasir		Tanah Kapur	
		Lapangan Data	Hasil Matlab	Lapangan Data	Hasil Matlab	Lapangan Data	Hasil Matlab
1	-	3.53	3.31	3.32	3.41	4.23	4.41
2	1	3.50	3.34	3.25	3.32	4.01	4.20
	2	3.27	3.10	3.19	3.21	3.86	4.01
	3	3.12	3	3.09	3.11	3.65	3.87
	4	2.98	2.41	2.87	2.94	3.42	3.76
3	1	3.44	3.25	3.22	3.28	3.94	4.03
	2	3.20	3.01	3.10	3.08	3.85	3.94
	3	3.07	2.74	2.98	2.94	3.74	3.85
	4	2.97	2.63	2.78	2.81	3.68	3.77
4	1	3.27	3.10	3.10	3.07	3.80	3.97
	2	3.13	3.01	3.02	3	3.62	3.73
	3	3.00	2.73	2.82	2.77	3.54	3.61
	4	2.92	2.64	2.73	2.68	3.42	3.51
6	1	3.14	3.03	2.92	3.01	3.72	3.80
	2	2.92	2.67	2.83	2.98	3.53	3.67
	3	2.90	2.56	2.53	2.73	3.26	3.54
	4	1.92	2.45	2.19	2.65	3.05	3.41

Untuk mengetahui apakah sistem yang diterapkan pada lapangan sesuai dengan rumus persamaan yang telah dicantumkan pada pembahasan, maka dihitung nilai dari presentase kesalahan (*error percentage*) dari perbandingan antara hasil yang didapat pada saat pengujian dan hasil pada perhitungan dengan Matlab.

Untuk mengetahui presentase kesalahan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{NL - NM}{NM} \times 100\% \tag{5}$$

Dimana :

- E = Nilai Error (%)
- NL = Nilai Lapangan
- NM = Nilai Matlab

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka dapat dihitung nilai dari persentase kesalahan dan mendapatkan hasil yaitu untuk nilai pada tanah liat

mendapatkan persentase kesalahan sebesar 0,216%, pada tanah pasir mendapat persentase kesalahan 0,173% dan pada tanah kapur mendapat nilai persentase kesalahan pada 0,105%.

SIMPULAN

Setelah melakukan penelitian, penulis mendapatkan beberapa hasil dan sehingga dapat menarik beberapa kesimpulan dari penelitian ini, diantaranya adalah bahwa sistem pentanahan model *grid* dengan 6 elektroda yang dipasang dengan jarak masing – masing elektroda 4 meter menghasilkan nilai resistansi paling kecil, yaitu 1,92 ohm di tanah liat, 2,19 ohm di tanah pasir, serta 3,05 ohm di tanah kapur. Kemudian sistem pentanahan model *grid* paling sesuai digunakan pada sistem kelistrikan karena pada penelitian yang dilakukan oleh penulis menghasilkan nilai resistansi paling kecil daripada model yang lain.

SARAN

Saran dari penulis guna menyempurnakan penelitian ini adalah dengan mengembangkan jenis penanaman elektroda dengan bentuk lainnya serta mengubah jumlah dan kedalaman dari elektroda agar bisa menghasilkan nilai resistansi tanah yang lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

_____. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000)*. Jakarta : _____ 1

Arif Dermawan, Juningtyastuti, Abdul Syakur. 2015. “Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan yang Ditanam di Tanah dan di Septictank pada Perumahan”.*Makalah Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*.

Arismunandar, A. 1991. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik - Gardu Induk*. Jakarta : Pradnya Paramita.

Haris Isyanto, “Nurchosid. 2016. Disain Optimalisasi Jarak Grid Ground Rod Pada Sistem Pembumian”. *Jurnal Elektum* Vol. 14 No. 1

Herman Nawir, Muhammad Ruswandi Djalal, Sonong. 2018. “Rancang Bangun Sistem Pentanahan Penangkal Petir pada Tanah Basah dan Tanah Kering pada Laboratorium Teknik Konversi Energi”. *Jurnal Ilmu – Ilmu Teknik Elektro dan Rekayasa*. Vol. 2 (2): hal. 48 – 55

- Hermawan. 1985. *Perencanaan Sistem Pentanahan dengan Multigrid*. Bandung : Institut Teknologi Bandung. (<http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener31.html> diakses 21 Mei 2019)
- Hutauruk, T S. 1987. *Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- I Made Suartika. 2017. "Sistem Pembumian (Grounding) Dua Batang Sistem Pengaman Tenaga Listrik". *Karya Ilmiah Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana*.
- Jamaaluddin. 2017. "Petunjuk Praktis Perancangan Pentanahan Sistem Tenaga Listrik". Sidoarjo. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
- Jamaluddin, Izza Anshory, Eko Agus Suprayitno. 2015. "Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik". *Jurnal Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*. Vol 1 (1)
- Marsudi, Djiteng. 2011. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga
- Mosik, Supriadi, Susilo. 2012. "Rancang Bangun Sistem Grounding Untuk Pengembangan Laboratorium Fisika Unnes Semarang". *Jurnal Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. Semarang: Universitas Negeri Semarang. Vol 10 (2): hal 115 – 124
- Pabla, A S. 1986. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Terjemahan dari Hadi, A. Jakarta :Erlangga
- Suyamto, Sutadi, Elin Nuraini. 2015. "Evaluasi dan Perencanaan *Grounding* Untuk Penangkal Petir Gedung Sikoltron". Pusat Sains dan Teknologi Akselerator, Badan Tenaga Nuklir Nasional. Yogyakarta
- Tadjudin, 1998. *Analisis Perbandingan Kemampuan Elektroda Batang (Rod) dan Kombinasinya Dalam Mereduksi Nilai Tahanan Berdasarkan Struktur Tanah*, (online), (<http://elektroindonesia.com/elektro/ener14a.htm> l, diakses 21 Mei 2019)
- Tadjudin. 2000. *Penerapan Sistem Grid Tak Simetris Pada Pentanahan Gardu Induk Bulukumba*, (online),
- Webb, R.P. 1981. *Analysis of Grounding System*. Atlanta : IEEE.
- Zainal Abidin, Abdul Ghufro. 2015. "Analisa Perbaikan Sistem Pentanahan Instalasi Listrik di Tanah Kapur dan Padas Menggunakan Metode SIGARANG (Sistem Grounding Arang dan Garam)". *Jurnal Teknik Elektro*