

ANALISIS PERANCANGAN SISTEM PEMBUMIAN PADA GARDU KA 3267 DI PERUMAHAN NUSA DUA HIGHLAND

I Komang Suarjana¹, I Wayan Arta Wijaya², IGN Janardana³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Denpasar – Bali
Email : suarjanakomang60@gmail.com, artawijaya@ee.unud.ac.id, janardana@ee.unud.ac.id.

ABSTRAK

Perencanaan sistem pembumian gardu KA 3267 yang memiliki keterbatasan lahan namun memiliki tahanan jenis (ρ) tanah yang tinggi. Tanah dengan tahanan jenis tinggi diperlukan menggunakan sistem pembumian pelat, grid atau mesh. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sistem pembumian yang sesuai untuk mengamankan gardu KA 3267 dan peralatannya. Pada hasil pengukuran tahanan tanah di sekitar gardu distribusi KA 3267 di perumahan Nusa Dua Highland rata-rata $>2 \Omega$ sehingga tahanan jenis tanah $\geq 251,2 \Omega\text{-m}$. Berdasarkan besarnya tahanan jenis tanah tersebut sistem pembumian yang dianjurkan adalah sistem pembumian pelat dan grid. Dari hasil analisis perhitungan, bahwa sistem pembumian pelat didapatkan pemasangan sebanyak 13 pelat ukuran $2\text{m} \times 1\text{m}$ dengan biaya total Rp33.888.000. Sedangkan pembumian sistem grid didapatkan panjang total grid 1000 m pada kedalaman 2 m diparalel 3 grid dengan biaya Rp 38.690.000. sistem pembumian yang di pilih adalah yang lebih ekonomis yaitu sistem pelat. Untuk mengamankan gardu distribusi KA 3267 di perumahan nusa dua highland dengan nilai tahanan $4,594 \Omega (\leq 5 \text{ ohm})$ untuk jenis tanah berbatu kapur menggunakan sistem pembumian pelat yang di parallelkan sebanyak 13 lembar pelat.

Kata Kunci : Sistem Pembumian, Gardu Distribusi.

ABSTRACT

Planning for the grounding system of KA 3267 substation which has land limitations but has high soil resistance (ρ). High resistivity soils are required using plate, grid or mesh earthing systems. The purpose of this study was to find out an appropriate earthing system for securing the 3267 KA substation of its equipment. The results of measurements of soil resistance around the 3267 KA distribution substation in Nusa Dua Highland Housing in average $>2 \Omega$ so that the prisoner soil type $\geq 251.2 \Omega\text{-m}$. Based on the amount of resistance of the soil type, the recommended earthing system is the plate and grid earthing system. From the results of the calculation analysis, that the plate grounding system found 13 plates of $2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ installed with a total cost of Rp. 33,800,000. While the earthing of the grid system is obtained a total grid length of 1000 m at a depth of 2 m in parallel to 3 grids at a cost of Rp. 38,690,000. The chosen earthing system is the more economical one, the plate system. To secure KA 3267 distribution substation in Nusa Dua Highland Housing with a resistivity value of $4.594 \Omega (\leq 5 \text{ ohms})$ for the type of limestone soils using a plate earthing system in parallel as many as 13 plates.

Keywords : Earthing System, Distribution Substation

1. PENDAHULUAN

Pada gardu KA 3267 kemungkinan terjadinya kegagalan terutama disebabkan oleh tidak berfungsinya sistem pembumian sangat memungkinkan karena di lokasi tersebut memiliki tahanan jenis tanah yang tinggi sebesar $251,2 \Omega\cdot m$. Sangat sulit membuat sistem pembumian. menurut hutahuruk (1991) sistem pembumian yang di anjurkan hanya sistem pelat dan grid. [1] Untuk mengatasi hal tersebut maka gardu distribusi KA3267 harus memiliki sistem pembumian yang memenuhi standar PUIL 2011 [2]. dan standar IEEE Std 80-2013. Dalam perencanaan sistem pembumian gardu KA 3267 yang memiliki keterbatasan lahan namun memiliki tahanan jenis (ρ) tanah yang tinggi diharuskan memiliki tahanan lebil kecil $\leq 5 \Omega$. [3].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembumian

Sistem pemubian merupakan suatu metode pengamanan gedung beserta peralatan apabila terjadi arus lebih akan dialirkan ke tanah melalui elektroda pembumian sehingga dapat mengamankan komponen-komponen peralatan dan manusia dari gangguan baik itu gangguan surja petir dan hubung singkat. Sistem pembumian yang ideal dengan nilai tahanan pembumian mendekati nol atau $< 1 \text{ ohm}$ [4].

2.2 Tujuan Pemasangan Pembumian

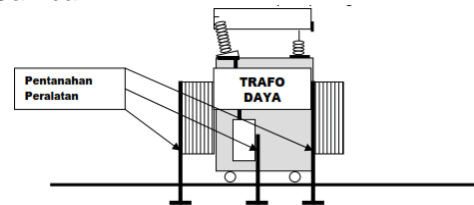
Tujuan dari pemasangan sistem pembumian adalah [2].

1. Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi, baik kondisi normal maupun saat terjadi gangguan.
2. Untuk memperoleh potensial yang merata dalam suatu bagian struktur dan peralatan serta untuk memperoleh impedansi yang rendah sebagai jalan balik arus hubung singkat ke tanah. Bila arus hubung singkat ke tanah dipaksakan mengalir melalui tanah dengan tahanan tinggi akan menimbulkan perbedaan tegangan yang besar dan berbahaya.

2.3 Pengertian Peralatan pembumian

Bila seseorang berdiridi tanah dan memegang peralatan yang bertegangan, maka aka nada arus yang mengalir melalui tubuh orang tersebut yang dapat membahayakan. Untuk menghindari hal ini maka peralatan tersebut perlu dibumikan.

Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Pembumian Peralatan

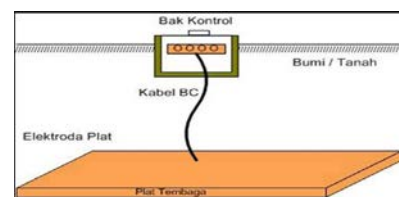
2.4 Jenis – Jenis Pembumian

2.4.1 Sistem Pembumian Grid

Sistem pembumian *grid* dilakukan dengan cara menanamkan batang – batang konduktor sejajar dengan permukaan tanah pada kedalaman tertentu. Batang – batang konduktor tersebut terhubung satu dengan yang lainnya, sehingga membentuk beberapa buah mesh. Biasanya sistem pembumian grid juga dikombinasikan dengan batang rod agar mendapatkan nilai tahanan pembumian yang rendah dan batas tegangan di antara peralatan dan permukaan tanah pada nilai yang diizinkan.

2.4.2 Sistem Pembumian Plat

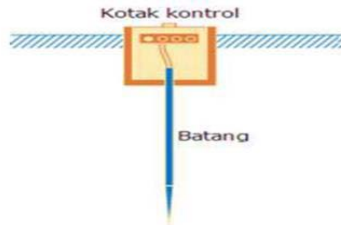
Elektroda plat ialah elektoda dari bahan logam utuh atau berlubang. Pada umumnya elektoda plat ditanam secara dalam. Elektroda plat ditanam tegak lurus dalam tanah, ukurannya disesuaikan dengan resistan pembumian yang diperlukan dan pada umumnya cukup menggunakan plat berukuran $1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$. sisi atas plat harus terletak minimum 1 m dibawah permukaan tanah. Jika diperlukan beberapa plat logam untuk memperoleh resistan pembumian yang lebih rendah, maka jarak antara plat logam jika dipasang paralel di arjurkan minimum 3 m [2].



Gambar 2. Sistem Pembumian Plat

2.4.3 Sistem Penumian Rod

Elektroda batang (grounding rod) adalah elektroda dari pipa atau besi baja yang dilapisi tembaga yang dipancangkan dalam tanah secara tegak lurus [2].



Gambar 3. Sistem Penumian Rod

Elektroda penumian satu batang (single grounding rod) adalah elektroda dari pipa besi baja profil atau batangan logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah secara dalam. Besarnya nilai penumian dari single grounding rod dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [5].

$$R = \rho 2\pi L \ln(4La - 1) \quad (2)$$

Diketahui :

- R : tahanan penumian (ohm)
- ρ : tahanan jenis tanah (ohm-meter)
- L : panjang elektroda penumian (m)
- π : jari – jari elektroda penumian (m)

2.4.4 Sistem Penumian Mesh

Sistem penumian mesh adalah sistem penumian dengan konduktor yang ditanam secara horizontal yang terhubung satu sama lainnya, berbetuk jaring – jaring yang ditanam sejajar dengan permukaan tanah [3].

Tahanan penumian mesh dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [6].

$$R = \rho 4(1 - 4t\pi r)$$

Diketaui :

- R : tahanan penumian (ohm)
- ρ : tahanan jenis tanah (ohm-meter)
- t : dalamnya kawat jaringan penumian di tanam (meter)
- r : radius ekuivalen dari luas jaringan (meter)

Untuk harga R, bila $1 > \frac{4t}{\pi r}$ maka besarnya

$$R = \frac{\rho}{4r}$$

2.5 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah merupakan faktor keseimbangan antara tahanan dan kapasitansi disekelilingnya yang akan direpresentasikan dengan ρ (rho) dalam sebuah persamaan matematik. Tahanan

jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\rho = 2\alpha\pi R \quad (1)$$

Diketahui:

ρ = resistansi jenis rata – rata tanah (ohm-meter)

α = jarak antara batang penumian yang terdekat (meter)

R = besar resistansi yang terukur (ohm)

Nilai tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu :

- Jenis tanah : tanah liat, berpasir, berbatu dan lain – lain.
- Lapisan tanah : berlapis –lapis dengan tahanan berbeda atau uniform.
- Kelembaban tanah.
- Suhu.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di perumahan Nusa Dua *Highland* yang dimana tempat penelitian mengambil analisis perancangan sistem penumian gardu KA 3267 di perumahan nusa dua *highland*, di jalan Siligita, Nusa Dua, Badung, Bali. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Maret 2019.

Sumber data yang diperoleh adalah hasil penelitian secara langsung dilokasi mulai dari tahap peninjauan ke lokasi sampai analisis

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran di lapangan didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tahanan Tanah Pada Nusa Dua Highland

No	Hari (tanggal)	Pukul (wita)	R (Ω)	$\rho = (2\pi \times \alpha \times R)$ (Ω -meter)
1	Senin (10-03-2019)	09.00	2,03	255,097
2	Senin (10-06-2019)	11.00	2,03	255,097

4.1 Tekstur Tanah di Nusa Dua Highland

Perumahan Nusa Dua *Highland* memiliki jenis tanah berbatu kapur yang memiliki kelembaban yang sangat rendah. Sangat sulit mendapatkan resistensi tanah di bawah 5 ohm. Pada hasil pengukuran tanah di sekitar gardu distribusi KA 3267 di

perumahan Nusa Dua Highland rata-rata $>2 \Omega$ sehingga tahanan jenis tanah $\geq 251,2 \Omega$ -m berdasarkan tahanan jenis tanah tersebut sistem pembumian yang dianjurkan adalah sistem pembumian pelat dan grid.



Gambar 4. Struktur Tanah di Nusa Dua Highline

4.2 Sistem Pembumian Plat

Besarnya nilai pembumian tipe pelat dapat di hitung dengan menggunakan persamaan

Diketahui:

$$\rho = 255,097 \text{ ohm-meter}$$

Untuk pembumian pelat dengan kedalaman $t=2$, $L=2$ dan $b=1$ meter adalah:

$$R_p = \frac{\rho}{4,1L} \left[\left(1 + 1,84 \frac{b}{t} \right) \right]$$

$$R_p = \frac{255,097}{4,1 \times 2} \left[\left(1 + 1,84 \frac{1}{2} \right) \right]$$

$$= 31,109 \times 1,92$$

$$= 59,729 \Omega$$

Dengan menanam sistem pembumian pelat seperti yang di hitung di atas dapat di hitung tahanan pembumian sebesar $59,729 \Omega$. Pada kedalaman 2 meter, dengan panjang dan lebar 2×1 meter, belum memenuhi syarat yang di tetapkan yaitu sebesar $\leq 5 \Omega$. Untuk memperkecil nilai tahanan pembumian dapat di lakukan dengan memperbanyak jumlah elektroda pelat yang dipararel Maka untuk $R = 59, 729 \Omega$ dapat di hitung sebagai berikut:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_t} + \frac{1}{R_t} + \frac{1}{R_t} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \frac{1}{59,729} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{13}{59,729}$$

$$R_t = \frac{59,729}{13} = 4,594 \Omega$$

Jika R total adalah = 4, 594 Ω , maka plat yang di butuhkan adalah:

$$N_{\text{plat}} = \frac{R_{\text{pembumian}}}{R_{\text{total}}}$$

$$N_{\text{plat}} = \frac{59,729}{4,594}$$

$$N_{\text{plat}} = 13 \text{ lembar}$$

4.3 Sistem Pembumian Grid

Sistem pembumian tipe *grid* di gunakan bila pembumian tipe mes tidak dapat memberikan nilai resistansi pembumian yang di inginkan. Sehingga diambil solusi dengan menggunakan sistem pembumian tipe *grid* dengan menggabungkan sistem pembumian tipe mes dan rod. Besarnya nilai pembumian *grid* dapat di hitung dengan persamaan di bawah:

$$R_G = \rho \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

Diketahui:

$$\rho = 255, 097$$

$L = 1000$ (Jumlah total panjang konduktor *grid*)

Untuk pembumian *grid* dengan $L = 1000$, $h = 2$ dan $A=20$ meter adalah:

$$R = \rho \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

$$R = 255,094 \left[\frac{1}{1000} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 20}} \left(1 + \frac{1}{1+2\sqrt{20/20}} \right) \right]$$

$$R = 255,094 (0,001 + 0,05 (1,3))$$

$$R_g = 225,094 (0,006)$$

$$R_g = 14,856 \Omega$$

Nilai pembumian yang didapat $14,856 \Omega$, dimana nilai tersebut masih jauh

dari nilai yang diharapkan yaitu $R < 5 \text{ ohm}$, sehingga dibutuhkan untuk memparalel grid dengan ukuran tersebut. Jika sistem pembumian grid diparalel seperti pada elektroda pelat maka :

$$N_{\text{Grid}} = \frac{R_{\text{Pembumian}}}{R_{\text{total}}}$$

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Maka untuk R pembumian $14,856 \Omega$,

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{14,856} + \frac{1}{14,856} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{3}{14,856}$$

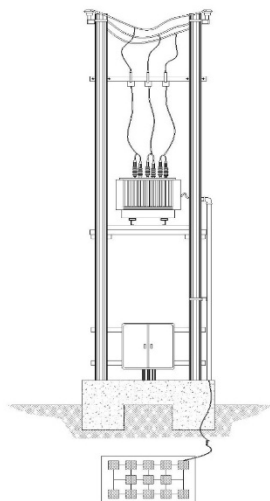
$$R_{\text{total}} = 4,952 \text{ ohm}$$

$$N_{\text{Grid}} = \frac{14,856}{4,952}$$

$$N_{\text{Grid}} = 3 \text{ buah}$$

4.4 Analisis Teknis Pembumian

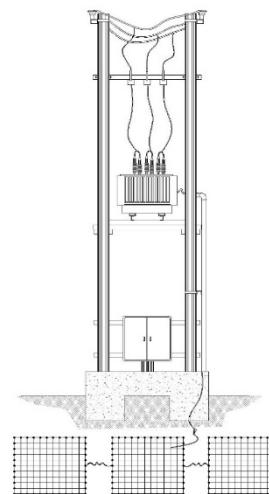
Berdasarkan analisis di lapangan Sistem pembumian pelat yang di tanam pada kedalam 2 meter, menggunakan pelat lebar $2 \times 1 \text{ m}$, yang dipararel sebanyak 13 lembar pelat dan mendapatkan nilai sebesar $4,594 \Omega$.



Gambar 5. Teknis Pembumian Sistem Pelat

Berdasarkan analisis di lapangan Sistem pembumian *grid* yang di tanam dikedalaman 2 meter dan jumlah panjang

konduktor yang di gunakan adalah 1000 panjang dan lebar grid 5×4 yang mendapatkan nilai sebesar $R = 4,952 \Omega$



Gambar.6 Teknis Pembumian Sistem Grid

4.5 Analisis Ekonomis Pembumian

Tabel 1. Biaya Pembumian Sistem Pelat

No	Uraian	Volume	Harga satuan	Jumlah
1	Pelat $2 \times 1 \text{ m}$	13 lembar	2.196.000	28.548.000
2	Kawat BC 50 mm	35 m	50.000	1.750.000
3	Terminal unit	1 lot	150.000	150.000
4	Ongkos pasang	1 lot	1500.000	1.500.000
5	Ongkos Las	1 lot	940.000	940.000
6	Ongkos gali	1 lot	5000	1.000.000
	Jumlah			33.888.000

Tabel 2. Biaya Pembumian Sistem Grid

No	Uraian	Volume	Harga satuan	Jumlah
1	Rod 2m, 50 mm	360	95.000	34.200.000
2	Kawat BC 50 mm	10m	50.000	500.000
3	Terminal unit	1 Lot	150.000	150.000
4	Ongkos pasang	1 Lot	1.500.000	1.500.000
5	Ongkos Las	1 Lot	840.000	840.000
6	Ongkos gali	3 m	500.000	1.500.000
	Jumlah			38.690.000

4.6 Pemilihan Sistem Pembumian Pada Gardu KA 3267 di Perumahan Nusa Dua Highland

Berdasarkan hasil analisis perancangan pembumian dan analisis ekonomis untuk jenis tanah berbatu kapur. Dalam analisis tersebut menggunakan dua tipe sistem pemumian yaitu sistem pelat dan sistem grid. Pada sistem pelat mendapatkan hasil analisis sebesar $4,594 \Omega$, dan memerlukan 13 lembar pelat dan membutuhkan biaya sebesar Rp. 33.888.000. Sedangkan analisis sistem pembumian *grid* mendapatkan nilai sebesar

4,952 Ω dan memerlukan jumlah total panjang konduktor *grid* 1000, dan membutuhkan biaya sebesar Rp 38.690.000. Melihat dari hasil perhitungan di atas maka dapat di pilih sistem pembumian yang tepat untuk jenis tanah berbatu kapur adalah dengan memasang sistem pembumian tipe pelat dengan menggunakan 13 lembar pelat dan biaya sebesar Rp.; 33.888.000.

Berdasarkan uraian di atas dalam penelitian ini di pilih sistem pembumian yang lebih ekonomis yaitu tipe pelat untuk mengamankan gardu distribusi KA 3267 di perumahan nusa dua *highland*.

Tabel 3. Hasil Pembumian Sistem Plat dan Grid

No	Sistem pembumian	Teknis	Nilai R	Harga
1	Pelat	13 pelat 2m x 1m Kedalaman 2 m	4,594 Ω	33.888.000
2	Grid	1000 m, 3 grid diparalel kedalaman 2 m	4,952 Ω	38.690.000

5. Simpulan

Pada sistem pelat mendapatkan hasil analisis sebesar 4,594 Ω , dan memerlukan 13 lembar pelat dan membutuhkan biaya sebesar Rp. 33.888.000. Sedangkan analisis sistem pembumian *grid* mendapatkan nilai sebesar 4,952 Ω dan memerlukan jumlah total panjang konduktor *grid* 1000, dan membutuhkan biaya sebesar Rp 38.690.000. Melihat dari hasil perhitungan di atas maka dapat di pilih sistem pembumian yang lebih ekonomis untuk jenis tanah berbatu kapur adalah dengan memasang sistem pembumian tipe pelat dengan menggunakan 13 lembar pelat dan biaya sebesar Rp.; 33.888.000.

6. Daftar Pustaka

[1] Hutauruk, T.S. 1991. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Erlangga. Buku.

[2] PUIL. 2011. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011. Jakarta.

[3] IEEE.Std 80-2003. IEEE Guide for Safety in AC Substation – IEEE Standard.

[4] Janardana IGN.2005. perbedaan penambahan Garam dengan penambahan Bentonit Terhadap Nilai Tahanan pentanahan pada sistem

pentanahan. Jurnal teknologi elektro.4 (1). 24-28.

[5] Sumardjati, P., dkk. 2008, Teknik pemanfaatan Tenaga Listrik .Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional Buku.

[6] Arismunandar, 1991 Teknik Tenaga Listrik. Jakarta: PT. Pradnya Paramita Buku.