

REDISAIN SISTEM PEMBUMIAN DI HOTEL X JIMBARAN

Khana Eland N.A¹, I.G.N Janardana², I.W Arta Wijaya³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Bukit Jimbaran, Bali

Email: ¹khanaeland@student.unud.ac.id, ²janardana@unud.ac.id, ³artawijaya@ee.unud.ac.id

ABSTRAK

Semakin berkembangnya sistem tenaga listrik maka diperlukan sistem proteksi yang lebih efektif. Salah satu sistem pengamanan yakni sistem pembumian di Hotel X Jimbaran. Setelah dilakukan pengukuran didapatkan hasil pengukuran rata-rata $1,14\Omega\sim 2,47\Omega$ pada empat titik lokasi berbeda yang menyebabkan terjadinya arus atau tegangan lebih pada peralatan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki sistem pembumian yang sudah ada dengan jenis sistem pembumian yang lebih baik untuk mencapai tahanan pembumian $<1\ \Omega$ sesuai standar IEEE. Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu survey lokasi dilakukan pengukuran besar tahanan tanah (R) untuk menghitung nilai tahanan jenis tanah (ρ) selanjutnya menghitung nilai tahanan pembumian sesuai jenis sistem pembumian untuk mencapai tahanan pembumian $<1\ \Omega$ diantaranya Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda secara Vertikal pada kedalaman Z , Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda secara Horizontal, Sistem Pembumian Dua Batang Elektroda dengan syarat $S>L$, Sistem Pembumian Dua Batang Elektroda dengan syarat $S<L$, Sistem Pembumian Pelat, dan Sistem Pembumian Grid-Rod.

Hasil analisa perhitungan perancangan sistem pembumian dengan tahanan pembumian $<1\Omega$ di tiap-tiap lokasi yang mengalami gangguan, didapatkan hasil yang berbeda. Building 1000 direkomendasikan untuk memilih sistem pembumian pelat pada kondisi tanah basah dengan hasil tahanan pembumian $0,9594\Omega$; Building 2000 direkomendasikan untuk memilih sistem pembumian grid-rod pada kondisi tanah kering dengan hasil tahanan pembumian $0,84\Omega$; Building 3000 direkomendasikan untuk memilih sistem pembumian grid-rod pada kondisi tanah kering dengan hasil tahanan pembumian $0,976\Omega$; serta Ballroom direkomendasikan untuk memilih sistem pembumian grid-rod pada kondisi tanah basah dengan hasil tahanan pembumian $0,865\Omega$. Di tiap-tiap lokasi sesuai rekomendasi sistem pembumian yang telah dianalisa tersebut, didapatkan harga paling ekonomis terhitung dibawah Rp. 10.000.000,- (Sepuluh Juta Rupiah), pada Building 1000 dengan total biaya Rp. 4.034.000,-; Building 2000 dengan total biaya Rp. 6.698.650,-; Building 3000 dengan total biaya Rp. 7.448.200,-; serta Ballroom dengan total biaya Rp. 7.352.200,-

Kata kunci: Rancang Bangun Sistem Pembumian, *Grid-Rod*, Elektroda Rod, Gangguan Pentanahan, Harga Ekonomis untuk Sistem Pembumian

ABSTRACT

Due increases develop the electric power system, the more effective security system is needed. One of the security systems is the earthing system at Hotel X Jimbaran. After takes measurement the average measurement results of $1.14\ \Omega \sim 2.47\ \Omega$ at four different location points that cause the flow of overcurrent or overvoltage to electrical equipment. This study purpose to improve the existing earthing system to achieve earthing resistance $<1\Omega$ according to IEEE standards. This research method consist of several stages, first, survey location to measure the amount of soil resistance (R) to calculate the value of soil resistivity (ρ) then calculate the value of earthing resistance according to the type of earthing system to achieve an earthing resistance $<1\ \Omega$, including the Vertical One Earthing Electrode System at Depth Z , Horizontal Earthing One Electrode System, Two Earthing Electrode System with $S>L$ conditions, Two Earthing Electrode Earthing System with $S<L$ conditions, Plate Earthing System and Grid-Rod Earthing System.

The calculation analysis results design of the earthing system with earthing resistance $<1\Omega$ each

fault location obtained different results. Building 1000 recommended to choose plate earthing system in wet

soil conditions with the result of earthing resistance $0,9594\Omega$; Building 2000 recommended to choose grid rod earthing system in dry soil conditions with the result of earthing resistance $0,84\Omega$; Building 3000 recommended to choose grid-rod earthing system in dry soil conditions with the result of earthing resistance $0,976\Omega$; and Ballroom recommended to choose grid-rod earthing system in wet soil conditions with the result

of earthing resistance $0,865\Omega$. Each location according to the analyzed earthing system recommendations, the most economical prices were calculated below IDR 10,000,000,- (Ten Million Indonesia Rupiah Currency), at Building 1000 with a total cost of IDR.4.034.000,-; Building 2000 with a total cost of IDR.6.698.650,-; Building 3000 with a total cost of IDR.7.448.200,-; and Ballroom with a total cost of IDR.7.352.200,-.

Key Words: Design of Grounding System, Grid-Rod, Electrode-Rod, Ground Fault, Economics Prices for Grounding System

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya sistem tenaga listrik maka diperlukan sistem proteksi yang lebih efektif. Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya arus/tegangan lebih dibutuhkan nilai tahanan pentanahan $<5\ \Omega$ [1], sedangkan untuk pentanahan peralatan-peralatan elektronika dibutuhkan nilai tahanan pentanahan $<3\ \Omega$ bahkan beberapa perangkat membutuhkan nilai tahanan pentanahan $<1\ \Omega$ [2]. Hotel X Jimbaran terdapat gangguan arus atau tegangan lebih mengalir pada peralatan listrik dari sembilan (9) lokasi titik sistem pembumian yang diantaranya terdapat empat (4) lokasi yang tidak memenuhi standar IEEE tahanan pembumian $<1\ \Omega$. Hasil pengukuran rata-rata $1,14\sim 2,47$ ohm pada Building 1000, Building 2000, Building 3000, dan Ballroom. Sistem pembumian tersebut melindungi peralatan elektronik, seperti Alat Telekomunikasi (Television, Switch Router, Fire Alarm, Intercom), pendingin ruangan AC (Air Conditioning), alat pemanas elektrik, sound system, dan lighting dimmer.

Adapun penelitian sistem pembumian sebelumnya mengenai perbaikan sistem pentanahan sebagai pengamanan listrik pada Gedung Bertingkat di Universitas Udayana, Denpasar[3]. Dimana, nilai tahanan pembumian yang digunakan untuk pengamanan peralatan listrik sebesar $\leq 3\ \Omega$ dengan menggunakan lima jenis sistem pembumian antara lain, satu batang elektroda secara vertikal, dua batang elektroda secara vertikal dengan syarat $S>L$, dua batang elektroda secara vertikal dengan syarat $S<L$, sistem pelat, dan sistem *grid-rod*. Pada penelitian ini, akan membahas perbaikan sistem pembumian dengan menggunakan lima jenis sistem pembumian tersebut untuk mencapai tahanan pembumian $<1\ \Omega$ sehingga dapat melindungi peralatan sensitif seperti alat telekomunikasi dan

alat elektronik. Penelitian perbaikan sistem pentanahan untuk menghindari tegangan lebih maupun tegangan kejut akibat gangguan jaringan / petir sebagai pengamanan listrik pada bangunan[4] dengan memperbaiki kedalaman elektroda pentanahan sampai nilai tahanan pentanahan $<1\ \Omega$. Penelitian lain tentang perbaikan nilai tahanan pentanahan pada gedung penelitian tegangan tinggi yang memiliki peralatan sensitif[5] sampai mencapai nilai tahanan pentanahan $<0,3\ \Omega$.

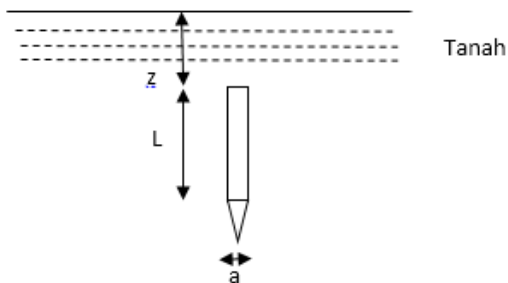
Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh tahanan pembumian $<1\ \Omega$ dan dapat memilih harga paling ekonomis dari perancangan sistem pembumian tersebut. Dalam perancangan sistem pembumian ini, dari referensi yang dirujuk didapatkan rumus menentukan sistem pembumian optimal pada pengamanan pentanahan sehingga dapat dihitung dan dicari harga paling ekonomis.

Pada penelitian ini, akan membahas mengenai perbaikan sistem pembumian pada kondisi tanah kering dan kondisi tanah basah dengan menggunakan lima jenis sistem pembumian, sehingga didapatkan nilai tahanan pembumian $<1\ \Omega$ untuk mendapatkan harga paling ekonomis

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Satu Elektroda secara Vertikal

Pembumian dengan elektroda secara vertikal adalah pembumian dengan cara menanam batang-batang elektroda ke dalam tanah sedalam z secara tegak lurus[6].



Gambar 1. Pembumian satu batang Elektroda Ditanam Vertikal[6]

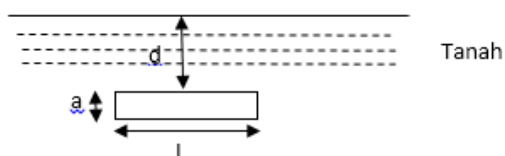
$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{\alpha} - 1 + \ln \frac{1+z/L}{1+2z/L} + \frac{z}{L} \ln \frac{4z/L + 4(z/L)^2}{1+4z/L + 4(z/L)^2} \right] \quad (1)$$

dengan keterangan

- R = tahanan pembumian (Ω)
- L = panjang elektroda pembumian (m)
- z = jarak ujung atas batang elektroda dengan permukaan tanah (m)
- ρ = tahanan jenis tanah (Ω -m)
- α = diameter konduktor pembumian (m)

2.2 Satu Elektroda secara Horizontal

Cara pembumian seperti ini adalah pembumian sederhana, yakni hanya satu batang elektroda yang ditanam sejajar permukaan tanah



Gambar 2. Pembumian satu batang Elektroda Ditanam Vertikal[6]

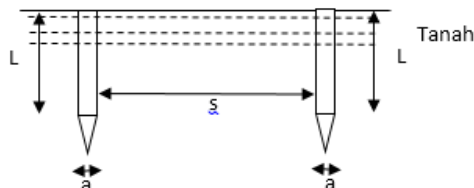
$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{\alpha} + \ln \frac{4L}{d} - 2 + \frac{d}{2L} - \frac{d^2}{16L^2} + \frac{d^4}{512L^4} - \dots \right) \quad (2)$$

Keterangan:

- R = tahanan pembumian (Ω)
- ρ = tahanan jenis tanah (Ω -m)
- L = panjang elektroda pembumian (m)
- α = diameter konduktor pembumian (m)
- d = jarak elektroda dari permukaan tanah (m)

2.3 Dua Elektroda Paralel secara Vertikal dengan Syarat $S > L$

Adapun usaha untuk memperkecil tahanan pembumian dapat dilakukan dengan cara menambahkan batang elektroda yang ditanam dalam tanah dan dihubungkannya secara paralel dengan syarat nilai jarak (S) lebih besar dibandingkan panjang rod (L)



Gambar 3. Pembumian Dua Batang Elektroda Paralel dengan Syarat $S > L$ [6]

$$R_{d2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \dots \dots \right) \dots (3)$$

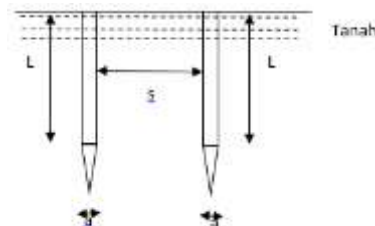
untuk $S > L$

Keterangan:

- R = tahanan pembumian (Ω)
- ρ = tahanan jenis tanah (Ω -m)
- L = panjang elektroda pembumian (m)
- α = diameter konduktor pembumian (m)
- d = jarak elektroda dari permukaan tanah (m)

2.4 Dua Elektroda Paralel secara Vertikal dengan Syarat $S < L$

Usaha menurunkan tahanan pembumian selanjutnya menggunakan dua elektroda paralel secara vertikal yang dengan syarat nilai jarak antara rod (S) lebih kecil dibandingkan panjang rod (L)



Gambar 4. Pembumian Dua Batang Elektroda Paralel dengan Syarat $S < L$ [6]

$$R_{d2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{\alpha} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} + \dots \right) \dots (4)$$

untuk $S < L$

Keterangan:

- R = tahanan pembumian (Ω)
- ρ = tahanan jenis tanah (Ω -m)
- L = panjang elektroda pembumian (m)
- α = diameter konduktor pembumian (m)
- S = jarak elektroda dari permukaan tanah (m)

2.5 Sistem Pembumian Pelat

Sistem pembumian pelat merupakan salah satu cara penurunan tahanan pembumian dengan menghubungkan konduktor pembumian dengan lempengan elektroda menyerupai pelat.



Gambar 5. Pembumian Pelat [6]

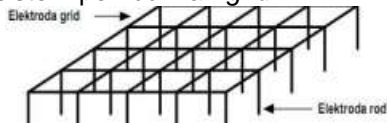
$$R_p = \frac{\rho}{4\pi L} \left(1 + 1,84 \frac{b}{t} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Dengan keterangan :

- R_p = Tahanan pembumian pelat (Ω)
- ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -meter)
- t = Tahanan kedalaman pelat (meter)
- b = Lebar elektroda pelat (meter)
- L = Panjang elektroda pelat (meter)

2.6 Sistem Pembumian Grid-Rod

Sistem pembumian *grid-rod* merupakan penggabungan metode sistem pembumian *mesh* dengan sistem pembumian *grid*



Gambar 6. Sistem Pembumian Pelat [7]

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana, tahanan pembumian sistem *grid* (R_1) menggunakan persamaan

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_C} \left[\ln \left(\frac{2L_C}{a'} \right) + \frac{K_1 L_C}{\sqrt{A}} - K_2 \right] \dots\dots\dots (7)$$

Tahanan pembumian *rod* (R_2) menggunakan persamaan

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi n_R L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{b} \right) - 1 + \frac{2K_1 L_R}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right] \dots\dots (8)$$

Tahanan pengetanahan bersama (R_m) menggunakan persamaan

$$R_m = \frac{\rho}{\pi L_C} \left[\ln \left(\frac{2L_C}{L_r} \right) + \frac{K_1 L_C}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right] \dots\dots\dots (9)$$

Dengan keterangan :

- R_g = Tahanan pengetanahan (Ω)
- ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -m)
- L_C = Panjang total konduktor grid (m)
- A = Luas area sistem pengetanahan (m^2)
- L_g = Panjang total konduktor rod (m)
- L_r = Panjang batang konduktor rod (m)
- n_R = Jumlah konduktor batang / rod (m)

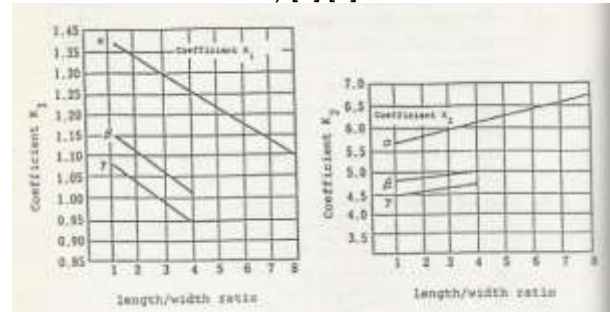
$a' = \sqrt{ax2h}$, untuk konduktor yang ditanam dalam kedalaman h

h = kedalaman penanaman konduktor (m)

a = Diameter konduktor pengetanahan *grid* (m)

b = Diameter konduktor pengetanahan *rod* (m)

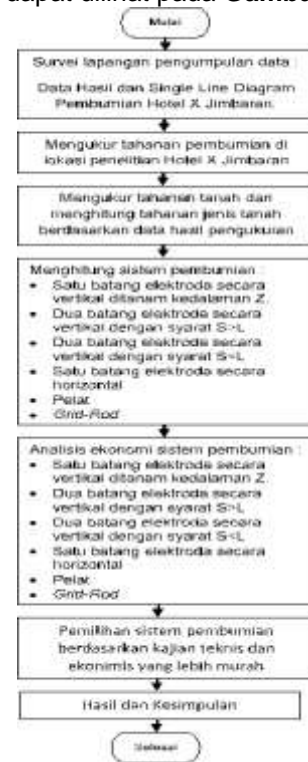
K_1 dan K_2 = koefisien yang tergantung dari perbandingan panjang dan lebar ($K_1 = 0.10$ dan $K_2 = 4.5$ dengan nilai C maksimal) [7] [8]



Gambar 7. Grafik hubungan antara koefisien K_1 dan K_2 dengan perbandingan panjang dan lebar [8]

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Hotel X Jimbaran, Jalan Uluwatu, Pantai Selatan, Pulau Bali. Waktu pelaksanaan dimulai pada bulan November 2019. Analisis data dapat dilihat pada Gambar 8. berikut



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Sistem Pembumian sebelum dilakukan Redisain

Data hasil pengukuran tahanan tanah serta hasil perhitungan tahanan jenis tanah pada saat kondisi tanah lempung kering dan tanah basah sebagai berikut

Tabel 1. Data hasil pengukuran tahanan tanah dan tahanan jenis tanah di Hotel X Jimbaran

No.	Lokasi	Waktu Pengukuran	Tahanan Tanah (Ω)	Tahanan Jenis Tanah (Ω .meter)
Bagian Tanah Kering				
1	Building 1000	7/10/2018	1,14	143,184
2	Building 2000	7/10/2018	2,01	252,46
3	Building 3000	7/10/2018	1,83	229,848
4	Ballroom	7/10/2018	2,7	339,12
Bagian Tanah Basah				
5	Building 1000	10/10/2018	0.39	48,984
6	Building 2000	10/10/2018	0,79	99,224
7	Building 3000	15/10/2018	1,39	184,632
8	Ballroom	9/10/2018	2,37	297,672

Berdasarkan hasil pengukuran Tahanan Tanah (Ω) dan hasil perhitungan Tahanan Jenis Tanah (Ω .meter) **tabel 1.** diatas terlihat bahwa nilai Tahanan Tanah (Ω) dan Tahanan Jenis Tanah (Ω .meter) lebih besar pada saat kondisi tanah kering dibandingkan pada saat kondisi tanah basah.

4.2 Analisis Sistem Pembumian setelah dilakukan Redisain

Analisis dilakukan dengan beberapa metode sistem pembumian untuk memperoleh nilai tahanan pembumian < 1 ohm. Untuk itu, di analisis sistem pembumian untuk memperbaiki sistem pembumian menjadi lebih optimal, berikut perhitungan perbaikan sistem pembumian di masing-masing lokasi titik sistem pembumian

4.2.1 Sistem Pembumian Satu Elektroda ditanam di Kedalaman (Z) secara Tegak Lurus

Hasil perhitungan menggunakan **persamaan (1)** dengan menggunakan data Tahanan Jenis Tanah (ρ) pada **Tabel.1** diatas didapatkan hasil perhitungan pada **Tabel 2.** dan berikut **Tabel 3.**

Tabel 2. Data hasil analisis sistem pembumian satu elektroda secara tegak lurus di kedalaman (Z) pada tanah kering

Lokasi	Diameter Rod (A) meter	Tahanan Pembumian (Ω)	Dalam Tanam (m)	Harga *1.000 (Rp.)
Building 1000	0,0254	0.98	220	49.723
Building 2000	0,0254	0,97	420	89.932
Building 3000	0,0254	0,987	370	80.653
Ballroom	0,0254	0,986	570	121.893

Tabel 3. Data hasil analisis sistem pembumian satu elektroda secara tegak lurus di kedalaman (Z) pada tanah basah

Lokasi	Diameter Rod (A) meter	Tahanan Pembumian (Ω)	Dalam Tanam (m)	Harga *1.000 (Rp.)
Building 1000	0,015875	0.98	70	9.749
Building 2000	0,01905	0,986	150	24.877
Building 3000	0,01905	0,986	300	64.157
Ballroom	0,0254	0,97	500	107.459

Perbandingan analisis harga diatas kondisi tanah basah lebih ekonomis dibandingkan dengan kondisi tanah kering. Berikut perhitungan harga pada masing-masing lokasi: *Building 1000* lebih hemat 80,393%; *Building 2000* lebih hemat 72,337%; *Building 3000* lebih hemat 20,453%; *Ballroom* kondisi tanah basah lebih hemat 11,842%.

4.2.2 Sistem Pembumian Satu Elektroda ditanam kedalaman (d) secara mendatar

Hasil perhitungan menggunakan **persamaan (2)** dengan menggunakan data Tahanan Jenis Tanah (ρ) pada **Tabel.1** diatas didapatkan hasil perhitungan pada **tabel 4.** dan **Tabel 5.** berikut.

Tabel 4. Data hasil analisis sistem pembumian satu elektroda secara mendatar di kedalaman (d) pada tanah kering

Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Kedalaman Tanam (m)	Harga *1.000 (Rp.)
Building 1000	0.994	110	27.041
Building 2000	0,979	210	47.661
Building 3000	0,976	190	43.537
Ballroom	0,98	290	64.157

Tabel 5. Data hasil analisis sistem pembumian satu elektroda secara mendatar di kedalaman (d) pada tanah basah

Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Kedalaman Tanam (m)	Harga *1.000 (Rp.)
Building 1000	0.905	39	4.959,525
Building 2000	0,994	72	18.889
Building 3000	0,998	149	24.887,5

Ballroom	0,986	249	55.909
----------	-------	-----	--------

Perbandingan analisis harga diatas kondisi tanah basah **Tabel 5.** lebih ekonomis dibandingkan dengan kondisi tanah basah **Tabel 3.** Berikut perhitungan harga pada masing-masing lokasi: *Building 1000* lebih hemat 49,128%; *Building 2000* lebih hemat 24,072%; *Building 3000* lebih hemat 61,208%; *Ballroom* lebih hemat 47,972%.

4.2.3 Sistem Pembumian Dua Elektroda ditanam paralel berjarak (S) kedalaman (L), dengan syarat S<L

Hasil perhitungan menggunakan persamaan (4) dengan menggunakan data Tahanan Jenis Tanah (ρ) pada **Tabel.1** diatas didapatkan hasil perhitungan pada **Tabel 6.** dan **Tabel 7.** berikut.

Tabel 6. Data hasil analisis sistem pembumian dua elektroda secara paralel tegak lurus, dengan syarat S<L pada tanah kering

No	Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Kedalaman Tanam (L)	Jarak Antar Rod (S)	Harga *1.000 (Rp.)
1	<i>Building 1000</i>	0.994	110	109	19.249,5
2	<i>Building 2000</i>	0,98	210	209	47.757
3	<i>Building 3000</i>	0,976	190	189	41.983
4	<i>Ballroom</i>	0,983	290	289	64.523

Tabel 7. Data hasil analisis sistem pembumian dua elektroda secara paralel tegak lurus, dengan syarat S<L pada tanah basah

No	Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Kedalaman Tanam (L)	Jarak Antar Rod (S)	Harga *1.000 (Rp.)
1	<i>Building 1000</i>	0.905	40	39	4.258,2
2	<i>Building 2000</i>	0,98	80	79	7.214,4
3	<i>Building 3000</i>	0,998	140	139	23.307
4	<i>Ballroom</i>	0,987	250	249	53.392

Perbandingan analisis harga diatas pada **Tabel 7.** lebih ekonomis dibandingkan dengan data harga pada **Tabel 5.** Berikut perhitungan harga pada masing-masing lokasi: *Building 1000* lebih hemat 14,141%; *Building 2000* lebih hemat 61,81%; *Building 3000* lebih hemat 6,351%; *Ballroom* lebih hemat 4,502%.

4.2.4 Sistem Pembumian Dua Elektroda ditanam paralel berjarak (S) kedalaman (L), dengan syarat S>L

Hasil perhitungan menggunakan persamaan (3) dengan menggunakan data Tahanan Jenis Tanah (ρ) pada **Tabel.1** diatas didapatkan hasil perhitungan pada **Tabel 8.** dan **Tabel 9.** Berikut.

Tabel 8. Data hasil analisis sistem pembumian dua elektroda secara paralel tegak lurus, dengan syarat S>L pada tanah kering

No	Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Dalam Tanam (L)	Jarak Antar Rod (S)	Harga *1.000 (Rp.)
1	<i>Building 1000</i>	0.967	110	111	26.298
2	<i>Building 2000</i>	0,996	200	201	39.630
3	<i>Building 3000</i>	0,997	180	181	35.506
4	<i>Ballroom</i>	0,988	280	281	50.900

Tabel 9. Data hasil analisis sistem pembumian dua elektroda secara paralel tegak lurus, dengan syarat S>L pada tanah basah

No	Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Dalam Tanam (L)	Jarak Antar Rod (S)	Harga *1.000 (Rp.)
1	<i>Building 1000</i>	0.89	40	41	4.911,750
2	<i>Building 2000</i>	0,98	80	81	10.536
3	<i>Building 3000</i>	0,995	140	141	15.488
4	<i>Ballroom</i>	0,998	240	241	21.117

Perbandingan analisis harga diatas kondisi tanah basah **Tabel 9.** dan **Tabel 7.** Berikut perhitungan harga pada masing-masing lokasi: *Building 1000* lebih hemat 13,306%; *Building 2000* lebih hemat 31,526%; *Building 3000* lebih hemat 33,548%; *Ballroom* lebih hemat 60,449%.

4.2.5 Sistem Pembumian Pelat

Hasil perhitungan menggunakan persamaan (5) dengan menggunakan data Tahanan Jenis Tanah (ρ) pada **Tabel.1** didapatkan hasil perhitungan pada **Tabel 10.** dan **Tabel 11.** berikut.

Tabel 10. Data hasil analisis sistem pembumian pelat pada tanah kering

No	Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Dalam Tanam (t)	Banyak Pelat (N-pelat)	Harga *1.000 (Rp.)
1	<i>Building 1000</i>	0.992	4	17 pelat	17.270
2	<i>Building 2000</i>	0,989	8	25 pelat	27.430
3	<i>Building 3000</i>	0,989	4	27 pelat	25.170
4	<i>Ballroom</i>	0,977	8	34 pelat	35.540

Tabel 11. Data hasil analisis sistem pembumian pelat pada tanah basah

No	Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Dalam Tanam (t)	Banyak Pelat (N-pelat)	Harga *1.000 (Rp.)
1	<i>Building 1000</i>	0.959	8	5 pelat	4.034
2	<i>Building 2000</i>	0,961	4	12 pelat	8.952
3	<i>Building 3000</i>	0,997	12	17 pelat	12.986
4	<i>Ballroom</i>	0,997	12	17 pelat	12.986

Perbandingan analisis harga diatas pada tanah basah **Tabel 11.** dan **Tabel 9.** Berikut perhitungan harga pada masing-masing lokasi: *Building 1000* lebih hemat 17,87%; *Building 2000* lebih hemat 15,03%; *Building 3000* lebih hemat 16,154%; *Ballroom* lebih hemat 38,505%.

4.2.6 Sistem Pembumian Grid-Rod

Perhitungan Tahanan Pembumian menggunakan **persamaan (6)** dengan menggunakan data Tahanan Jenis Tanah (ρ) pada **Tabel.1** didapatkan hasil sesuai **Tabel 12.** dan **Tabel 13.** berikut.

Tabel 12. Data hasil analisis sistem pembumian *grid-rod* pada tanah kering

No	Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Diameter Rod b (m)	Luas Area (m^2)	Harga *1.000 (Rp.)
1	<i>Building 1000</i>	0,918	0,01275	25	7.256,65
2	<i>Building 2000</i>	0,84	0,01275	22	6.698,65
3	<i>Building 3000</i>	0,976	0,01275	22	7.448,2
4	<i>Ballroom</i>	0,945	0,015875	20	8.562

Tabel 13. Data hasil analisis sistem pembumian *grid-rod* pada tanah basah

No	Lokasi	Tahanan Pembumian (Ω)	Diameter Rod b (m)	Luas Area (m^2)	Harga *1.000 (Rp.)
1	<i>Building 1000</i>	0,944	0,01275	27	7.448,65
2	<i>Building 2000</i>	0,918	0,01275	27	8.311,75
3	<i>Building 3000</i>	0,995	0,015875	23	9.656
4	<i>Ballroom</i>	0,865	0,01275	21	7.352,2

Berdasarkan **Tabel 12.** dan **Tabel 13.** diatas bahwa untuk mencapai nilai Tahanan Pembumian $<1\Omega$, Luas Area (A) yang diperlukan minimal seluas $20m^2$ dengan jarak kedalaman (Lr) masing-masing sepanjang 2 meter. Pada *Building 1000* lebih hemat 2,578%; Pada *Building 2000* lebih hemat 19,407%; Pada *Building 3000* lebih hemat 22,865%; Pada *Ballroom* kondisi tanah basah lebih hemat 14,13% dari data kondisi tanah kering;

Perbandingan analisis harga **Tabel 11.** dan **Tabel 12.** pada building 1000 masih lebih hemat 44,41% menggunakan sistem pembumian pelat kondisi tanah basah dibandingkan dengan sistem pembumian *Grid-Rod* kondisi tanah kering.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil perhitungan optimasi sistem pembumian baik secara teoritis maupun secara biaya ekenomis, dapat disimpulkan:

1. Setelah dilakukan pengukuran, Tahanan pembumian rata-rata 1,14~2,47 ohm di Hotel X Jimbaran menyebabkan tegangan atau arus

lebih pada peralatan listrik/elektronik dikarenakan tahanan pembumian pada sistem pembumian melebihi standar IEEE tahanan pembumian $< 1 \text{ Ohm}$.

2. Sistem pembumian yang paling efektif dan paling ekonomis dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Pada *Building 1000*

Kondisi tanah basah, direkomendasikan untuk memilih sistem pembumian pelat, didapatkan tahanan pembumian $0,9594\Omega$ dengan total biaya Rp.4.034.000,-

- b. Pada *Building 2000*

Pada tanah kering, direkomendasikan untuk memilih sistem pembumian *grid-rod*, didapatkan resistansi pembumian $0,84 \Omega$ dengan total biaya Rp.6.698.650,-.

- c. Pada *Building 3000*

Pada tanah kering, direkomendasikan untuk memilih sistem pembumian *grid-rod*, didapatkan resistansi pembumian $0,976 \Omega$ dengan total biaya Rp.7.448.200,-.

- d. Pada *Ballroom*

Pada tanah basah, direkomendasikan untuk memilih sistem pembumian *grid-rod*, didapatkan resistansi pembumian $0,865 \Omega$ dengan total biaya Rp.7.352.200,-.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). SNI 04-0225-2000. Jakarta:BSN.
- [2] *The Institute Electrical and Electronics Engineer*. 2012. IEEE:81-2012. IEEE: New York.
- [3]Janardana, IGN. 2017. "Analysis Grounding System as Building Equipment Security Udayana University Denpasar". Journal of Electrical, Electronics and Informatics, Vol.1 No.2 September 2017.
- [4] Jamaaluddin. 2017. "Petunjuk Praktis Perancangan Pentanahan Sistem Tenaga Listrik". Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA, vol. 1, no.1 (JEEE-U).
- [5] Abdurachman, Budi Sanusi. 2013. "Perencanaan dan Pembuatan Sistem Pentanahan Laboratorium Tegangan Tinggi". Skripsi. Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung, Jawa Barat.
- [6] Hutauruk T.S. 1991. "Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan, Edisi 2". Erlangga : Jakarta
- [7] *The Institute Electrical and Electronics Engineer*. 2000. IEEE:80-2000.IEEE: New York.

- [8] "The New Japan Engineering Consultants".
1989:128.