

KAJIAN KUAT MEDAN LISTRIK SALURAN TRANSMISI 150 KV PADA KONFIGURASI VERTIKAL

M.S. Ugustra¹, A.A.N.Amrita², I.G.N. Janardana³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : sani.ugustra@gmail.com¹, amrita_ngr@yahoo.com², janardana@ee.unud.ac.id³

Proses penyaluran tenaga listrik tegangan tinggi memiliki dampak terhadap lingkungan sekitar saluran transmisi. Salah satu dampak penyaluran tegangan tinggi adalah timbulnya medan listrik di sekitar konduktor saluran transmisi. Kajian kuat medan listrik saluran transmisi 150 kV pada konfigurasi vertikal, dilakukan dengan melakukan perhitungan dengan menggunakan metode bayangan dan pengukuran kuat medan listrik di bawah saluran transmisi. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik kuat medan listrik pada suatu titik di bawah saluran transmisi. Perhitungan kuat medan listrik tertinggi pada lokasi 1 sebesar 4283 V/m dan pada lokasi 2 sebesar 4521 V/m. Hasil pengukuran kuat medan listrik tertinggi pada lokasi 1 sebesar 4251 V/m dan pada lokasi 2 sebesar 4700 V/m. Perbedaan karakteristik hasil pengukuran kuat medan listrik pada titik dengan jarak yang sama, disebabkan pengukuran kuat medan listrik tidak dilakukan pada waktu yang sama, sehingga perubahan tegangan fase ke netral masing-masing fase konduktor mengakibatkan perbedaan hasil pengukuran.

Kata Kunci : Saluran Transmisi, Medan Listrik, Konfigurasi Vertikal.

1. PENDAHULUAN

Tingginya kebutuhan tenaga listrik menyebabkan semakin banyak yang perlu dibangkitkan dan disalurkan. Tenaga listrik yang disalurkan dari pusat pembangkit sampai ke Gardu Induk dan dari Gardu Induk ke Gardu Induk lainnya menggunakan Saluran Transmisi Tegangan Tinggi (SUTT). Saluran transmisi dibangun melalui lahan pertanian, perkebunan dan hutan, termasuk pemukiman-pemukiman penduduk. Proses penyaluran tenaga listrik tegangan tinggi memiliki dampak terhadap lingkungan sekitar saluran transmisi. Salah satu dampak penyaluran tegangan tinggi adalah timbulnya medan listrik di sekitar konduktor saluran transmisi.

Sri Soeswati Soesanto pada artikelnya menyatakan bahwa penelitian yang dilakukan pada 20 orang sukarelawan yang terpapar medan listrik dari 5 kV – 20 kV untuk jangka pendek pada keadaan laboratorium, membenarkan adanya perubahan pada sel darah periferi, biokimia darah, sedikit peningkatan kerusakan genetik atau kehamilan abnormal [1].

Penelitian lain yang terkait kuat medan listrik dilakukan oleh Irwan Prasetyo pada saluran transmisi 150 kV Peraan-Ubud dengan menggunakan metode bayangan. Hasil penelitiannya kuat medan listrik tertinggi adalah sebesar 685,9392 V/m [2].

Penelitian yang dilakukan oleh Suwitno dan Fri Murdiyah mengenai kuat

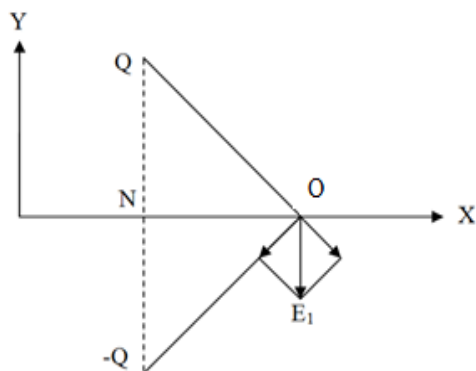
medan listrik pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV Kampar-Pekanbaru dengan menggunakan persamaan impedansi. Hasil penelitiannya kuat medan tertinggi sebesar 70 V/m [3].

Penelitian ini dilakukan di bawah saluran transmisi 150 kV antara GI Sanur - GI Gianyar yang beroperasi. Penelitian dilakukan dengan pengukuran kuat medan listrik secara langsung di bawah konduktor saluran transmisi konfigurasi vertikal sirkuit tunggal. Standar ambang batas yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI 04-6950-2003. [4].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Kuat Medan Listrik dan Metode Bayangan

Kuat medan listrik di sekitar saluran transmisi dapat ditentukan dengan menggunakan metode bayangan. Metode ini menjelaskan bahwa medan listrik di atas bumi dipengaruhi oleh muatan saluran dan bayangannya sebagai akibat pengaruh bumi (saluran transmisi dianggap tak terhingga) dapat dilihat pada gambar 1. Bila terdapat “n” buah saluran, maka kuat medan listrik di suatu titik merupakan penjumlahan dari kuat medan akibat masing-masing konduktor beserta bayangannya.



Gambar 1. Kuat medan listrik di titik O, di bawah saluran transmisi.

Muatan dari konduktor (Q) dapat ditentukan melalui tegangan (V) dan koefisien potensial Maxwell (P), dengan persamaan 1 [4]:

$$[Q] = [P]^{-1}[V] \text{ coloumb} \quad (1)$$

Elemen matrik P adalah :

$$P_{11} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \left[\frac{2H_1}{d} \right] \quad (2)$$

$$P_{12} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \left[\frac{L'_{12}}{L_{12}} \right] \quad (3)$$

$$P_{12} = P_{21} \quad (4)$$

Dengan :

P_{11} = Koefisien sendiri potensial Maxwell konduktor 1.

P_{12} = Koefisien sendiri potensial Maxwell konduktor 1 dan 2.

H_1 = Tinggi konduktor 1 di atas tanah.

d = Diameter konduktor.

ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa.

L_{12} = Jarak antara konduktor 1 dan 2.

L'_{12} = Jarak antara konduktor 1 dan 2 bayangan.

Kuat medan listrik di bawah saluran transmisi 3 fase merupakan penjumlahan kuat medan listrik dari 3 konduktor. kuat medan listrik konduktor 1 terhadap titik "o" dapat ditentukan dengan persamaan 2 :

$$E_1 = \frac{Q_{r1} + jQ_{r1}}{\pi\epsilon_0} \frac{Y_1}{(X_1 - X_p)^2 + Y_1^2} \text{ V/m} \quad (5)$$

Dengan :

E_1 = Kuat medan listrik konduktor 1.

$Q_{r1} + jQ_{r1}$ = Muatan konduktor 1.

X_1, Y_1 = Koordinat konduktor 1.

X_p = Koordinat pengamatan.

3. METODE PENELITIAN

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data spesifikasi konduktor SUTT antara GI Sanur – GI Gianyar.
2. Menghitung kuat medan listrik dengan metode bayangan.
3. Melakukan pengukuran kuat medan listrik di bawah konduktor saluran transmisi konfigurasi vertikal sirkuit tunggal dengan alat ukur *AC Electric Field Meter* [6].
4. Melakukan pengukuran sudut elevasi konduktor.
5. Menghitung tinggi konduktor.
6. Menentukan karakteristik hasil pengukuran saluran transmisi konfigurasi vertikal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Muatan Konduktor

Saluran transmisi 150 kV antara GI Sanur – GI Gianyar merupakan saluran transmisi sirkuit tunggal. Konstruksi tiang transmisi merupakan tiang beton, dimana isolator digunakan sebagai lengan penghubung dengan konduktor. Saluran transmisi 150 kV antara GI Sanur – GI Gianyar konfigurasi vertikal menggunakan konduktor jenis *ACSR Hawk* dengan luas penampang 240 mm² dan diameter 0,01748 m.

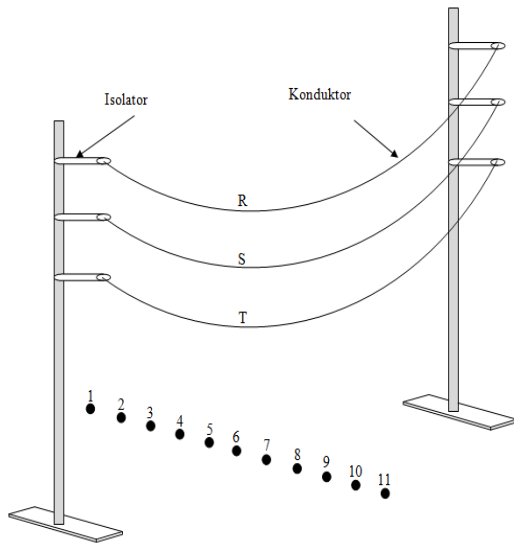
Perhitungan dan pengukuran dilakukan pada 2 lokasi berbeda. Lokasi 1 dilakukan di bawah konduktor antara tiang 73 – 74. Lokasi 2 dilakukan antara tiang 48 – 49. Besarnya muatan dari masing konduktor dapat ditentukan dengan persamaan (2). Tabel 1 merupakan hasil perhitungan muatan dari masing-masing konduktor.

Tabel 1 Muatan masing-masing konduktor

Tiang		Muatan Konduktor (Coulomb) x 10 ⁶		
		Q1	Q2	Q3
48	49	0,8961 -0,0914j	-0,5053 +0,8709j	-0,3861 -0,8473j
73	74	0,8808 -0,0892j	-0,4966 +0,8528j	-0,3815 -0,8318j

4.2 Perhitungan Kuat Medan Listrik

Perhitungan dan pengukuran kuat medan listrik di bawah konduktor saluran transmisi 150 kV konfigurasi vertikal antara GI Sanur - GI Gianyar dilakukan pada 11 titik. Gambar 2 menunjukkan titik-titik perhitungan dan pengukuran. Titik 6 merupakan titik tengah perhitungan dan pengukuran, titik 1 dan 11 merupakan titik terjauh dengan jarak 5 meter dari titik 6. Masing-masing titik berjarak 1 meter.



Gambar 2 Ilustrasi titik pengukuran

4.2.1 Hasil Perhitungan Lokasi 1

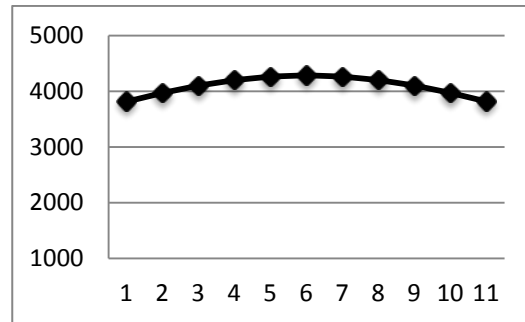
Perhitungan kuat medan listrik di lokasi 1 antara tiang 73 – 74 dengan tinggi konduktor fase R 17,04 m, fase S 14,31 m dan fase T 11,73 m dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil perhitungan kuat medan listrik lokasi 1

Titik	Kuat Medan Listrik (V/m)
1	3815
2	3970
3	4100
4	4200
5	4262
6	4283
7	4262
8	4200
9	4100
10	3970
11	3815

Berdasarkan tabel 2 grafik hasil perhitungan kuat medan listrik di lokasi 1

antara tiang 73 – 74 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Grafik hasil perhitungan lokasi 1

Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat kuat medan listrik antara tiang 73 - 74 tertinggi terdapat di titik 6. Kuat medan listrik di suatu titik dengan jarak yang sama dari titik tengah perhitungan, nilai kuat medan listriknya juga sama. Hasil perhitungan di titik 5 dan 7, kuat medan listriknya sama sebesar 4262 V/m. Titik 5 dan 7 merupakan titik yang berjarak 1 meter dengan titik 6 yang berada tepat di bawah konduktor saluran transmisi. Semakin menjauhi titik tengah perhitungan kuat medan listrik akan berkurang.

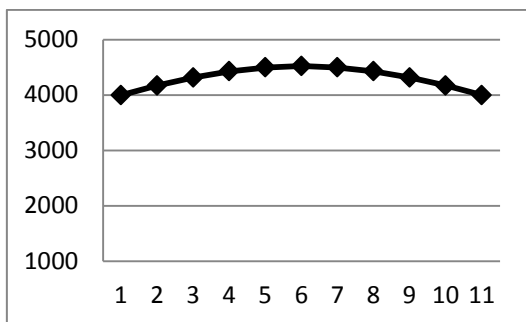
4.2.1 Hasil Perhitungan Lokasi 2

Perhitungan kuat medan listrik di lokasi 2 antara tiang 48 – 49 dengan tinggi konduktor fase R 16,26 m, fase S 13,77 m dan fase T 11,43 m dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil perhitungan kuat medan listrik lokasi 2

Titik	Kuat Medan Listrik (V/m)
1	3997
2	4170
3	4316
4	4427
5	4497
6	4521
7	4497
8	4427
9	4316
10	4170
11	3997

Berdasarkan tabel 3 grafik hasil perhitungan kuat medan listrik di lokasi 2 antara tiang 48 – 49 dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Grafik hasil perhitungan lokasi 2

Berdasarkan gambar 4 hasil perhitungan kuat medan listrik antara tiang 48 – 49 tertinggi terdapat di titik 6 yaitu sebesar 4521 V/m.

4.3 Pengukuran Kuat Medan Listrik

Pengukuran kuat medan listrik dilakukan dibawah konduktor terendah. Berdasarkan SPLN-112-1994 pengukuran dilakukan dengan tinggi alat ukur 1 meter di atas permukaan tanah [7].

4.3.1 Hasil Pengukuran Lokasi 1

Lokasi 1 pengukuran berada di lingkungan Banjar Gumicik- Ketewel yang berada disebelah utara Jl. Prof. Dr. Ida Bagus Mantra. Gambar 5 merupakan lokasi 1 pengukuran kuat medan listrik.



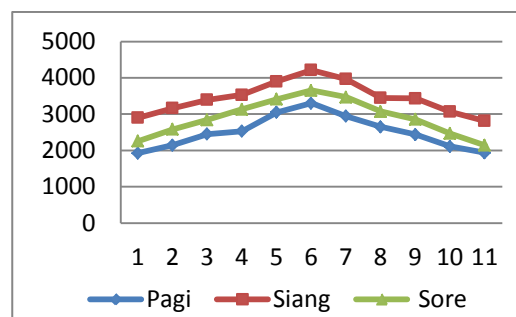
Gambar 5 Lokasi 1 pengukuran kuat medan listrik

Hasil pengukuran kuat medan listrik di lokasi 1 antara tiang 73 – 74 tertinggi yaitu pada siang hari sebesar 4215 V/m dan kuat medan listrik terendah pada pagi hari yaitu sebesar 1927 V/m. Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran kuat medan listrik di lokasi 1 pada pagi, siang dan sore hari.

Tabel 4 Hasil pengukuran kuat medan listrik lokasi 1

Titik Pengukuran	Kuat Medan Listrik (V/m)		
	Pagi	Siang	Sore
1	1927	2899	2258
2	2148	3165	2583
3	2449	3396	2845
4	2532	3529	3134
5	3052	3903	3411
6	3303	4215	3656
7	2944	3965	3468
8	2649	3445	3072
9	2440	3435	2856
10	2114	3068	2468
11	1937	2811	2144

Berdasarkan tabel 4 grafik hasil pengukuran kuat medan listrik di lokasi 1 antara tiang 73 – 74 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Grafik hasil pengukuran lokasi 1

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat karakteristik hasil pengukuran kuat medan listrik pada lokasi 1. Kuat medan tertinggi berada di titik 6 yang merupakan titik tengah pengukuran. Hasil pengukuran terendah berada di titik 1 dan 11 yang merupakan titik pengukuran dengan jarak terjauh. Kuat medan listrik pada suatu titik dibawah saluran transmisi konfigurasi vertikal semakin berkurang apabila menjauhi titik 6 yang merupakan titik tengah pengukuran.

4.3.2 Hasil Pengukuran Lokasi 2

Lokasi 2 pengukuran berada di Pantai Lembeng- Ketewel yang berada di pinggir Jl. Prof. Dr. Ida Bagus Mantra. Gambar 7 merupakan lokasi 2 pengukuran kuat medan listrik.



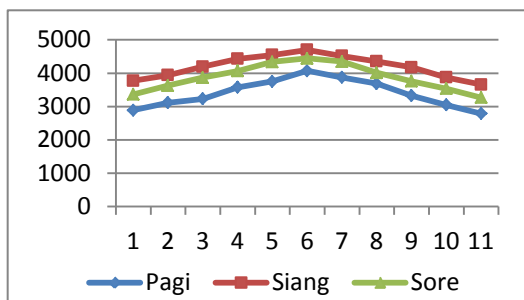
Gambar 7 Lokasi 2 pengukuran kuat medan listrik

Hasil pengukuran kuat medan listrik di lokasi 2 antara tiang 48 – 49 tertinggi yaitu pada siang hari sebesar 4700 V/m dan kuat medan listrik terendah pada pagi hari yaitu sebesar 2787 V/m. Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran kuat medan listrik di lokasi 2 pada, siang dan sore hari.

Tabel 5 Hasil pengukuran kuat medan listrik lokasi 2

Titik Pengukuran	Kuat Medan Listrik (V/m)		
	Pagi	Siang	Sore
1	2886	3775	3364
2	3116	3941	3629
3	3232	4193	3869
4	3575	4430	4065
5	3751	4546	4342
6	4069	4700	4444
7	3875	4516	4349
8	3687	4353	4013
9	3324	4175	3758
10	3047	3875	3537
11	2787	3655	3269

Berdasarkan tabel 5 grafik hasil pengukuran kuat medan listrik di lokasi 2 antara tiang 48 – 49 dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Grafik hasil pengukuran lokasi 2

Berdasarkan gambar 8 dapat dilihat karakteristik kuat medan listrik di lokasi 2 antara tiang 48 - 49. Besarnya kuat medan listrik pada suatu titik dengan jarak yang sama dari titik tengah pengukuran harusnya sama. Terdapat perbedaan hasil pengukuran kuat medan listrik pada jarak yang sama seperti titik 5 dan 7. Perbedaan hasil pengukuran pada titik 5 dan 7 disebabkan karena pengukuran dilakukan tidak pada waktu yang bersamaan, sehingga terdapat perubahan tegangan fase ke netral fase R, fase S dan fase T. Perubahan tegangan tersebut menyebabkan hasil pengukuran kuat medan listrik di titik 5 dan 7 berbeda.

5. Simpulan

Simpulan penelitian ini adalah :

1. Perhitungan kuat medan listrik Saluran Transmisi 150 kV pada konfigurasi vertikal GI Sanur – GI Gianyar tertinggi pada lokasi 1 sebesar 4283 V/m dan terendah sebesar 3815 kV. Pada lokasi 2 tertinggi 4521 V/m dan terendah 3997 V/m.
2. Karakteristik kuat medan listrik saluran transmisi vertikal akan berkurang apabila mejauhi titik tengah perhitungan dan pengukuran.
3. Pengukuran kuat medan listrik Saluran Transmisi 150 kV pada konfigurasi vertikal GI Sanur – GI Gianyar antara tiang 73 - 74 yang dilakukan tanggal 19 Februari 2015 tertinggi sebesar 4215 V/m dan terendah sebesar 1927 V/m. Hasil pengukuran antara tiang 48 – 49 tertinggi sebesar 4700 V/m dan terendah sebesar 2787 V/m. Besar kuat medan listrik masih berada di bawah ambang batas standar SNI 04-6950-2003 yaitu sebesar 5 kV/m.
4. Karakteristik hasil pengukuran saluran transmisi konfigurasi vertikal menunjukkan kuat medan listrik pada suatu titik dibawah saluran transmisi konfigurasi vertikal semakin berkurang apabila menjauhi titik 6 yang merupakan titik tengah pengukuran. Perbedaan hasil pengukuran kuat medan listrik pada jarak yang sama disebabkan pengukuran kuat medan listrik tidak dilakukan pada waktu yang sama, sehingga perubahan tegangan fase ke netral pada masing-masing fase konduktor mengakibatkan perbedaan hasil pengukuran.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soewasti S. Medan Elektromagnetika, *Artikel Ilmiah Media Litbangkes* Vol. VI No. 03, 1996 : 6-12. Tersedia di : <http://ejournal.litbang.depkes.go.id/index.php/MPK/article/viewFile/958/803>. Diakses tanggal 16 Mei 2014.
- [2] Prasetyo I. Analisis Kuat Medan Listrik Dan Medan Magnet Pada Perencanaan Pengoperasian SUTT 150kv Peraan-Ubud, Tugas Akhir. Jimbaran : Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana; 2002.
- [3] Suwitno dan Murdiah F. Kajian Medan Magnet dan Medan Listrik Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Kampar-Pekanbaru Berdasarkan Rekomendasi IRPA/INIRC WHO, *Jurnal Elektro ELTEK* Vol. 1 No. 2, 2010 : 106-109. Tersedia di : http://elektro.itn.ac.id/images/eltek-2/jurnal_9.pdf. Diakses tanggal 17 April 2014.
- [4] SNI, 04-6950-2003, Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) - Nilai ambang batas medan listrik dan medan magnet, Jakarta : BSN; 2003
- [5] Anonim, *Transmission Line Reference Book*, 2nd Edition, New York : Electric Power Research Institute 1982 : 330-341
- [6] AlphaLab. Inc.2009. AC Electric Field Meter Product Details. Tersedia di: <http://www.globalspec.com/specsearch/partspecs?partId={6424B8585FF5-4264-BDCE-AE2EB403483C}&vid=110625&comp=2204®event=new#>. Diakses tanggal 13 November 2014.
- [7] SPLN 112 : 1994, Ambang Batas Kuat Medan Listrik dan Induksi Medan Magnet di Bawah Saluran Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi, PT PLN (Persero); 1994.