

ANALISIS PERUBAHAN KUAT MEDAN LISTRIK TERHADAP JARAK PADA BUSBAR GITET 500kV

Anung¹, Yusuf Bahtiar², Herawati Ys³, Rahmad Hidayat⁴

^{1,2,4} Jurusan Teknik Elektro, Sub. Teknik Tenaga Listrik, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung

³ Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perubahan kuat medan listrik terhadap jarak pada busbar GITET 500kV. Penelitian dilakukan dibawah busbar out door dengan isolasi udara dalam keadaan cuaca cerah. Data diperoleh dari pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur Holaday EMF HI 3604 Tipe. Nilai ambang batas paparan medan listrik sesuai SNI, ICNIRP, IRPA/INIRP dan WHO adalah 10kV/m untuk masyarakat pekerja. Jarak andongan terendah konduktor busbar ke permukaan tanah 15,56m. Dilakukan pengukuran dan perhitungan kuat medan listrik melintang dari fasa T, S, dan R. Ketinggian titik uji 0,2m sampai 2m dari permukaan tanah. Dari hasil pengukuran kuat medan listrik diperoleh nilai terbesar medan listrik adalah 19,2kV/m di ketinggian 2m sedangkan nilai terkecil adalah 2,9kV/m di ketinggian 0,2m sedangkan dalam perhitungan kuat medan listrik nilai terbesar adalah 551,16kV/m di ketinggian 15,4m dan nilai terkecil adalah 5,54kV/m di ketinggian 0 m. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi titik uji/ukur, maka semakin besar pula kuat medan listriknya.

Kata kunci: andongan, busbar, jarak, kuat medan listrik

Abstract

This study aims to analyze changes the strength of an electric field to the distance on the 500kV extra high voltage substation busbar. The research was carried out under the outdoor busbar with air insulation in sunny weather conditions. Data obtained from direct measurements using the Holaday EMF HI 3604 Type gauge. The threshold value for electric field exposure according to SNI, ICNIRP, IRPA / INIRP and WHO is 10kV / m for the working community. The lowest distance of the busbar conductor to the ground is 15.56m. Measurements and calculations of the transverse electric field strengths of the T, S and R phases were carried out. The height of the test point was 0.2m to 2m from the ground surface. From the measurement results of the electric field strength, the greatest value of the electric field is 19.2 kV / m at an altitude of 2m while the smallest value is 2.9kV / m at an altitude of 0.2m while in the calculation of the electric field strength the largest value is 551.16kV / m at an altitude 15.4m and the smallest value is 5.54kV / m at an altitude of 0 m. So it can be concluded that the higher the test / measuring point, the greater the strength of electric field.

Keywords: busbar, distance, sag, strength of an electric field

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik sudah menjadi kebutuhan yang sangat pokok dan sangat penting. Konsumsi energi listrik di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi

nasional. Berdasarkan sumber dari Kementerian ESDM bahwa konsumsi energi listrik di Indonesia dari tahun 2009 sampai tahun 2017 mengalami kenaikan dengan rata rata kenaikan sebesar 52,5 kWh setiap tahunnya. [1]

Penggunaan jaringan tegangan 500kV mempunyai banyak keuntungan diantaranya daya yang disalurkan semakin besar dan juga kerugian daya pada saluran transmisi dapat ditekan. Selain keuntungan, ada juga kerugian dengan digunakannya GITET. Salah satunya adalah dengan adanya medan magnet dan medan listrik yang ditimbulkan oleh kawat konduktor yang dialiri arus listrik. Sistem GITET 500kV telah diterapkan di Indonesia yaitu di pulau Jawa. [2]

Medan listrik yang tinggi telah menimbulkan banyak kecemasan bagi kesehatan manusia, khususnya bagi mereka yang sering keluar masuk kedalam *switchyard* GITET. Maka dari itu, batas aman paparan medan listrik harus memiliki standarisasi yang baik sehingga dapat meminimalisir risiko bagi para pekerja di bawah busbar gardu induk tegangan ekstra tinggi.

The Internasional Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP) telah menerbitkan pedoman baru tentang paparan pekerjaan yang aman terhadap EMF frekuensi daya. Sesuai ICNIRP tahun 2010 untuk frekuensi 50Hz, nilai ambang batas paparan medan listrik sebesar 5kV/m untuk masyarakat umum dan 10kV/m untuk masyarakat pekerja, sedangkan nilai ambang batas paparan medan magnet sebesar 200 μ T untuk masyarakat umum dan 1000 μ T untuk masyarakat pekerja.

Sesuai IRPA/INIRP 1990, WHO 1989 dan SNI 04-6950-2003 untuk nilai ambang batas paparan medan listrik dan magnet untuk frekuensi rendah, nilai ambang batas paparan medan listrik sebesar 5kV/m untuk masyarakat umum dan 10kV/m untuk masyarakat pekerja, sedangkan nilai ambang batas paparan medan magnet sebesar 0,1mT untuk masyarakat umum dan 0,5mT untuk masyarakat pekerja. [3]

Pada [2] menyatakan bahwa intensitas medan listrik lebih dari 10kV/m di sebagian besar area *switchyard* gardu induk 500kV melebihi dari nilai ambang batas yang ditetapkan oleh *Internasional Commission on Non-ionizing Radiation Protection* (ICNIRP).

Pada [4] menyatakan bahwa hasil perhitungan kuat medan listrik tertinggi berada di bawah lendutan terendah atau andongan pada titik pengukuran 40 meter yang telah melewati standar batas yang ditetapkan oleh SNI 04-6918-2002 yaitu 5 kV/m berada pada ketinggian 5 meter di atas permukaan tanah sebesar 5,14 kV/m, sehingga dari hasil tersebut tidak direkomendasikan membangun rumah dengan tinggi lantai lebih dari 4 meter di atas permukaan tanah pada titik lendutan atau andongan terendah.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian tentang perubahan kuat medan listrik terhadap jarak pada busbar GITET 500 kV penting untuk dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar perubahan kuat medan listrik terhadap perubahan jarak baik secara perhitungan maupun secara pengukuran dibawah busbar Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) Bandung Selatan 500kV.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai analisis perubahan kuat medan listrik terhadap perubahan jarak dilakukan dibawah busbar Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) Bandung Selatan 500kV.

Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

2.1 Menentukan titik andongan terendah busbar.

Pengukuran andongan terendah konduktor busbar ke tanah diperlukan sebagai salah satu variabel dalam perhitungan kuat medan listrik di bawah busbar GITET. Pelaksanaan pengukuran andongan terendah busbar GITET dilakukan dengan metode langsung yaitu melihat hasil pengukuran dari alat ukur *LASER DISTANCE* Meter merk Leica Disto D810. Pengukuran dimulai dari konduktor fasa T, S, ke R tepat di bawah konduktor busbar GITET. Pengukuran dilakukan di setiap fasa konduktor busbar.

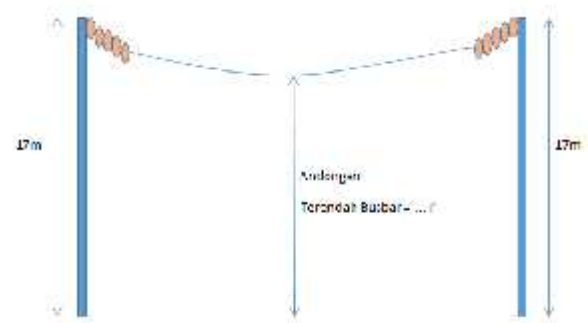
- 2.2 Menentukan titik ukur medan listrik
Tahapan ini dilakukan guna mengetahui di titik mana perbedaan medan listrik terhadap jarak.
- 2.3 Melakukan perhitungan kuat medan listrik di bawah busbar.
- 2.4 Pengukuran kuat medan listrik di bawah busbar
Tahapan ini dilakukan guna mengetahui secara langsung hasil pengukuran kuat medan listrik di bawah busbar dengan isolasi udara menggunakan alat ukur Holaday EMF HI 3604.
- 2.5 Memasukkan data hasil pengukuran secara langsung menggunakan tabel di *microsoft excel*, lalu mentransformasikannya.
- 2.6 Melakukan analisis data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

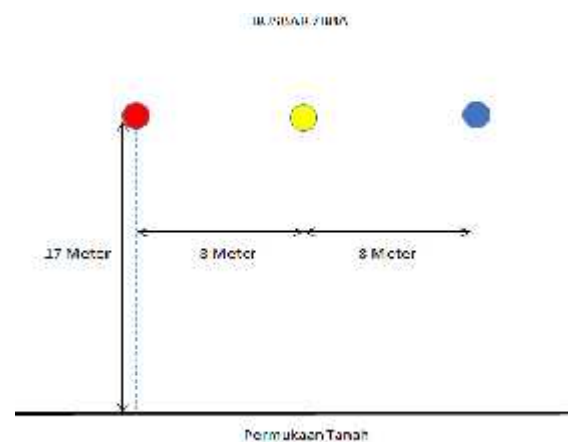
3.1 Lokasi Penelitian

- Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500kV Bandung Selatan
- Tegangan Sistem 500kV
- Jarak antar Fasa 8meter
- Tinggi busbar 17meter

3.2 Kondisi Busbar



Gambar 1. Andongan Busbar GITET Bandung Selatan



Gambar 2. Kondisi Busbar GITET Bandung Selatan

3.3 Penentuan Jarak Aman

Tegangan fasa ke netral,

$$V_{f-n} = \frac{500k}{\sqrt{3}} = 288,675135k$$

dengan nilai ambang batas paparan medan listrik untuk masyarakat pekerja sebesar 10kV/m, diperoleh jarak aman minimum:

$$\frac{288,675135k}{10} = 28,8675135m$$

Tinggi busbar 17m, dibandingkan dengan jarak aman minimum secara perhitungan yang sebesar 28,87m maka, jarak aman di bawah busbar tidaklah aman untuk pekerja bila dikurangi tinggi pekerja.

Berdasar pertimbangan jarak aman, cara pengoperasian alat ukur medan listrik, dan jangkauan peneliti dalam pengukuran medan listrik yang terbatas, maka pengukuran dan

perhitungan medan listrik mulai dari ketinggian 0,2 m sampai dengan 2 m dari permukaan rata-rata tanah.

3.4 Andongan Terendah

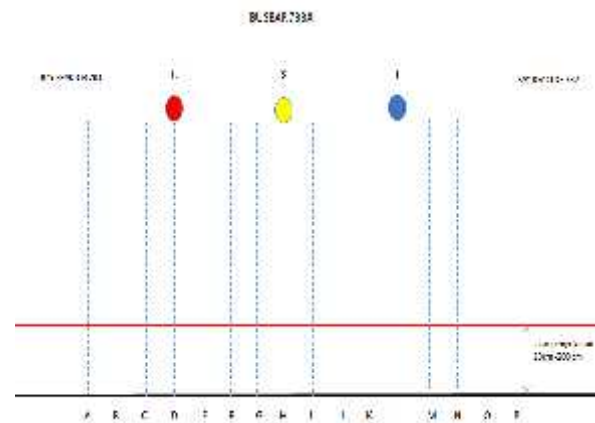
Andongan terendah konduktor busbar ke tanah diperlukan sebagai salah satu variabel dalam perhitungan kuat medan listrik di bawah busbar gardu induk tegangan ekstra tinggi.

Pengukuran andongan terendah konduktor busbar dilakukan di tengah gawang busbar gardu induk. Pelaksanaan pengukuran dengan metode langsung yaitu melihat hasil pengukuran dari alat ukur. Pengukuran dimulai dari konduktor busbar 1 menuju busbar 2 tepat di bawah konduktor busbar GITET. Pengukuran dilakukan di setiap fasa konduktor busbar dengan alat bantu Laser Distance Meter.



Gambar 3. Laser Distance Meter Merek Leica DISTO D810

3.5 Penentuan titik ukur/uji medan listrik



Gambar 4. Titik Pengukuran Medan Listrik Busbar 7BBA di antara Bay Reaktor 7R1 dan Bay Reaktor 7R2

Dimana :

- Jarak dari kelompok A sampai dengan kelompok P adalah 3200 cm
- Jarak antar kelompok titik pengukuran medan listrik dengan interval 200 cm. Contoh : Kelompok titik A menuju titik B berjarak 200cm dst.
- Kelompok titik pengukuran medan listrik dibagi menjadi 10 titik pengukuran dengan interval 20 cm Contoh: Kelompok titik A terdiri dari A1 sampai dengan A 10

3.6 Pengukuran Kuat Medan Listrik

Pengukuran kuat medan listrik dilakukan di bawah busbar gardu induk tegangan ekstra tinggi Bandung Selatan sesuai dengan titik pengukuran yang sudah ditentukan sebelumnya. Pelaksanaan pengukuran dengan metode langsung yaitu melihat hasil pengukuran dari alat ukur. Pengukuran dimulai dari fasa T menuju Fasa S dan di akhiri pada Fasa R yaitu dari titik A menuju titik O di bawah konduktor busbar.



Gambar 5. Alat ukur medan listrik dan medan magnet Holaday EMF HI 3604

3.7 Perhitungan Kuat Medan Listrik Di bawah Busbar GITET

Dengan menggunakan persamaan (1) untuk menghitung kuat medan listrik di sekitar konduktor silinder :

$$E = \frac{V_S}{z} \frac{h}{r} \quad (1)$$

Dimana:

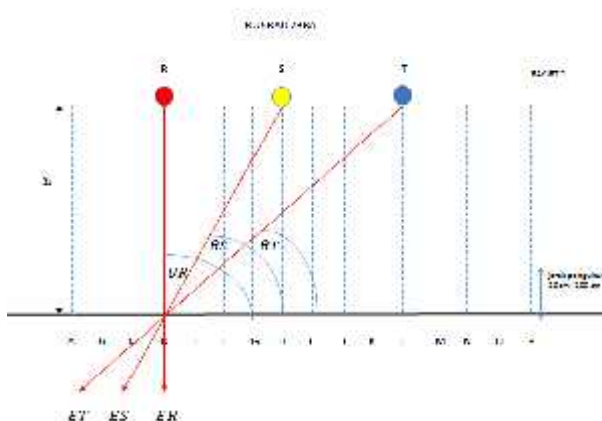
E = kuat medan listrik disekitar konduktor silinder

V = tegangan fasa ke netral

h = ketinggian konduktor penghantar dari permukaan tanah

r = jari-jari konduktor

z = jarak konduktor ke titik yang diamati



Gambar 6. Menghitung E di bawah busbar GITET

Tegangan fasa-fasa dan fasa-netral

- Tegangan rata-rata line ke line = 507kV
- Tegangan fasa ke netral = 290kV

Dimana V_p = tegangan fasa ke netral = $\frac{U_l}{\sqrt{3}}$

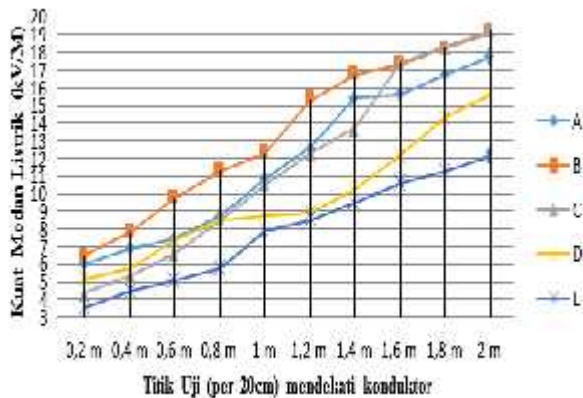
Perhitungan kuat medan listrik selengkapnya untuk titik A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P dilakukan dengan bantuan program Microsoft Excel

3.8 Hasil Pengukuran Medan Listrik

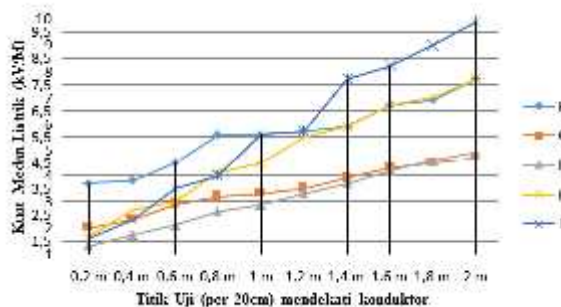
Pengukuran medan listrik busbar 7BBA di antara bay reaktor 7R1 dan bay reaktor 7R2 dan data hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Medan Listrik Busbar 7BBA di antara Bay Reaktor 7R1 dan Bay Reaktor 7R2

Titik Pengukuran (kV/m)																
No	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	0.0	0.50	4.45	5.11	3.61	3.11	2.0	1.3	1.7	1.6	2.3	2.7	2.9	2.8	1.5	1.2
2	0.91	1.10	5.21	5.81	4.51	3.81	2.5	1.72	2.7	2.3	3.3	4.52	4.7	3.5	2.6	2.4
3	1.50	1.65	6.61	7.25	5.12	4.5	2.9	2.1	3.0	2.2	4.04	5.25	5.7	5.2	2.8	2.5
4	0.75	1.13	6.21	6.52	5.15	3.53	3.2	2.6	4.1	4	5.3	6.51	7.3	6.7	3.3	3.7
5	0.33	1.23	5.53	6.11	4.83	3.6	3.3	2.8	4.2	2.6	4.3	6.7	9.3	7.8	4.3	4.0
6	1.26	1.53	7.23	8.51	6.5	5.7	3.5	3.3	5.5	2.7	6.1	9.3	10.3	8.6	4.5	4.6
7	1.54	1.67	7.57	8.53	6.5	5.8	3.8	3.1	5.5	2.7	6.8	10.6	11.5	9.3	5.2	5.0
8	1.56	1.73	7.74	12.2	11.3	6.7	4.3	4.2	6.7	3.2	10.3	11.0	13.2	11.3	9.7	5.5
9	1.67	1.82	7.83	14.3	11.3	6.8	4.3	4.6	7.0	5.0	11.5	11.5	15.3	12.3	10.4	6.2
10	1.7	1.91	7.92	15.8	12.1	7.7	4.7	4.9	7.7	5.5	12.0	12.3	17.3	13.5	11.7	6.5



Gambar 7. Grafik hasil pengukuran kuat medan listrik GITET Bandung Selatan di titik A sampai titik E antara bay reaktor 1 dan bay reaktor 2



Gambar 8. Grafik hasil pengukuran kuat medan listrik GITET Bandung Selatan di titik F sampai titik J antara bay reaktor 1 dan bay reaktor 2

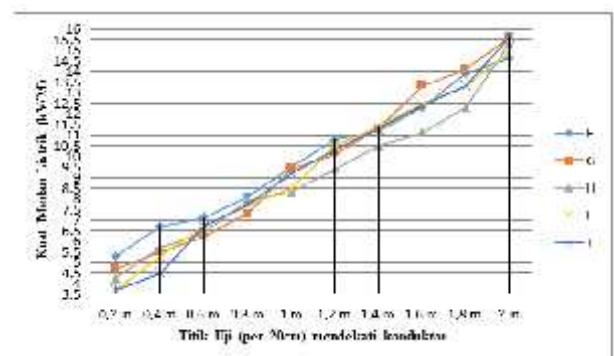
Pengukuran medan listrik busbar diantara bay IBT 1 dan Bay IBT 2 dan hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Medan Listrik Busbar di antara Bay IBT 1 dan Bay IBT 2

No	Titik Pengukuran (kV/m)															
	A	E	O	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	2,0	3,2	6,2	6,4	6,5	2,3	4,7	4,3	3,7	3,7	3,0	3,7	3,2	3,2	4,3	3,0
2	3,0	6,1	7,3	7,1	7,3	6,7	5,0	5,7	5,3	4,5	4,3	4,0	5,7	5,7	6,3	6,7
3	4,5	8,3	8,2	8,3	8,5	7,1	6,2	6,4	6,7	6,7	5,3	5,4	6,2	3,5	7,3	7,3
4	1,5	1,0	0,8	0,8	0,7	1,1	1,5	1,5	1,1	1,1	1,7	1,7	1,0	0,8	0,7	0,8
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
6	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,7	1,7	1,7	1,7
7	7,0	12,4	15,7	13,4	13,0	11,2	11,3	11,3	11,4	11,3	9,5	10,3	13,4	12,3	13,2	14,3
8	8,1	14,2	18,0	14,3	14,0	12,3	12,3	12,1	12,3	12,4	10,3	11,4	14,3	14,3	14,3	15,2
9	8,1	15,1	18,2	15,2	15,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	11,3	12,0	15,3	15,3	16,7	17,0
10	11,0	16,3	19,2	16,0	16,2	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,1	15,1	16,6	16,4	17,5	18,0



Gambar 9. Grafik hasil pengukuran kuat medan listrik GITET Bandung Selatan di titik A sampai titik E Bay IBT 1 dan Bay IBT 2



Gambar 10. Grafik hasil pengukuran kuat medan listrik GITET Bandung Selatan di titik F sampai titik J Bay IBT 1 dan Bay IBT 2

3.10 Analisa Data

Berdasarkan SNI 04-6950-2003 tentang batas paparan medan listrik selama hari kerja untuk masyarakat pekerja adalah 10kV/m. Nilai ini akan terlewati pada ketinggian titik uji/ukur yang berbeda di GITET Bandung Selatan, baik secara pengukuran maupun perhitungan. Dari nilai batas paparan kuat medan listrik ini, dapat dihitung jarak aman minimum dan durasi paparan kuat medan listrik yang diizinkan di GITET Bandung Selatan.

Berdasar pengukuran

- Jarak Aman Minimum

Dari hasil pengukuran kuat medan listrik, nilai 10kV/m akan terlewati pada ketinggian $\geq 0,8$ m dari permukaan tanah ($\leq 14,76$ m dari andongan busbar GITET). Dengan jarak aman minimum yaitu 28,8m, dan andongan busbar 15,56m seharusnya jarak $\leq 14,76$ m dari andongan busbar GITET tidaklah memenuhi jarak aman. Tetapi berdasar hasil pengukuran kuat medan listrik, jarak $> 14,76$ m dari andongan busbar GITET masih di bawah nilai 10kV/m. Jika tinggi badan ideal pria Indonesia 168cm, maka jarak aman minimum di bawah busbar GITET adalah:

$$14,76m + 1,68m = 16,44m$$

Jadi andongan busbar harus naik sebesar

$$16,44m - 15,56m = 0,88m$$

Berdasar perhitungan

- Jarak aman minimum

Dari perhitungan kuat medan listrik, nilai 10kV/m akan terlewati pada ketinggian ≥ 4 m dari permukaan tanah. Dengan jarak aman minimum yang dibahas yaitu 28,8m, dan andongan busbar 15,56m seharusnya jarak $\leq 11,56$ m dari andongan busbar tidaklah memenuhi jarak aman. Tetapi berdasar hasil perhitungan kuat medan listrik, jarak $> 11,56$ m dari andongan busbar masih di bawah nilai

10kV/m. Jika tinggi badan ideal pria Indonesia 168cm, maka jarak aman minimum di bawah busbar GITET Bandung Selatan

$$11,56m + 1,68m = 13,28m$$

Jadi andongan busbar masih memenuhi syarat yaitu sebesar

$$15,56m - 13,28m = 2,28m$$

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Dari hasil pengukuran dan perhitungan kuat medan listrik diperoleh bahwa: semakin tinggi titik uji/ukur, semakin besar pula kuat medan listriknya (semakin dekat dengan konduktor busbar semakin besar kuat medan listriknya)

Berdasarkan perhitungan, jarak aman minimum di bawah busbar GITET 500kV Bandung Selatan adalah $< 2,28$ m di atas permukaan tanah. Sedangkan berdasarkan pengukuran yang dilakukan langsung di GITET Bandung Selatan, jarak aman minimum di bawah busbar GITET 500kV Bandung Selatan adalah $< 0,88$ m di atas permukaan tanah. Dikarenakan tinggi rata-rata orang Indonesia adalah 1,68m, maka jarak aman minimum di bawah busbar GITET 500kV tidak terpenuhi sehingga direkomendasikan untuk menambah tinggi andongan sebesar 0,88 m yaitu $15,56m + 0,88m$ yaitu menjadi 16,44 m

5.2 Saran

Untuk menaikkan tingkat keakuratan pengukuran dan perhitungan diperlukan sampel yang lebih banyak.

Metode yang sama dapat diterapkan pada tegangan yang lainnya misalnya pada GITET 375 kV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Safala, Maula Firdha. 2016. Penstabilan Tegangan Sekunder Pada Transformator Daya 150/20kV Akibat Jatuh Tegangan. Skripsi. Semarang : Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- [2]. Nugroho, Dedi. 2011. Pengaruh Perubahan konfigurasi Saluran Jaringan SUTET 500kV Terhadap Medan Magnet. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- [3]. ICNIRP. 2010. ICNIRP statement-guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100kHz). Health Phys; 99: 818 36
- [4]. Prayoga, Amriya& Partha. 2015. Studi Intensitas Medan Listrik di SUTT 150kV Konfigurasi Vertikan Untuk Lingkungan Pemukiman. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [5]. Tobing, Bonggas L. 2012. *Dasar-dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi Edisi Kedua*. Jakarta : Erlangga
- [6]. I Gusti Ngurah Adi Kurniawan. 2015. *Studi Intensitas Medan Listrik SUTT 150kV Konfigurasi Horizontal Untuk Lingkungan Pemukiman*. Bali : Universitas Udayana
- [7]. Jr.,William H. Hayt ; Jhon A. Buck. 2006. *Elektromagnetika Edisi Ketujuh*. Alih Bahasa Irzam Harmein, S.T. Jakarta : Erlangga
- [8]. Andry. 2004. Perhitungan Kuat Medan Listrik di Bawah Saluran Transmisi. Sumatera Utara : Universitas Sumatera Utara