

**ANALISIS PENGARUH MEDAN ELEKTROMAGNETIK  
TERHADAP MAKHLUK HIDUP DAN LINGKUNGAN  
DI SEKITAR SUTT 150 KV**



**M. RIDWAN  
105 82 0053410**

**RIZAL ANANDA  
105 82 0070110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2014**

**ANALISIS PENGARUH MEDAN ELEKTROMAGNETIK  
TERHADAP MAKHLUK HIDUP DAN LINGKUNGAN  
DI SEKITAR SUTT 150 KV**

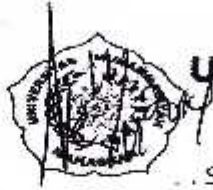


**M. RIDWAN**  
**105 82 0053410**

**RIZAL ANANDA**  
**105 82 0070110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2014**



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi Ujian Skripsi. Program Studi Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH MEDAN ELEKTROMAGNETIK TERHADAP MAHLUK HIDUP DAN LINGKUNGAN DISEKITAR SUTT 150 KV**

Nama : **1. M. RIDWAN**

**2. RIZAL ANANDA**

Stambuk : **1. 105 82 00 534 10**

**2. 105 82 00 701 10**

Makassar, 09 Oktober 2014

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Pembimbing II

Ir. Abu Hafid, MT

Mengetahui,  
Kepala Jurusan



Umar Kati, ST., MT

NBM. 990 410



# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

## FAKULTAS TEKNIK

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

Skripsi atas nama M. Ridwan dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 0534 10 dan Rizal Ananda dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 0701 10, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 085/05/A.4-II/XII/36/2014, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu Tanggal 03 Desember 2014

Makassar, 18 Shafar 1436 H  
11 Desember 2014 M

#### Panitia Ujian :

##### 1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Irwan Akib, M.Pd.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

##### 2. Penguji

a. Ketua : Rizal A Duyo, ST., MT.

b. Sekertaris : Rahmania, ST., MT.

##### 3. Anggota

1. Dr. Ir. Indra Jaya Mansur, MT.

2. Andi Faharuddin, ST., MT.

3. Adriani, ST., MT.

#### Mengetahui :


Pembimbing I

  
Dr. Zahir Zainuddin, M.Sc.

Pembimbing II

  
Ir. Abd. Hapid, MT.

Ketua Program Studi  
Teknik Elektro

  
Umar Katu, ST., MT.  
NBM : 990 410

## ABTRAK

Jaringan transmisi tegangan yang tampak berupa rentangan kawat telanjang yang membentang di udara, disangga oleh menara yang cukup tinggi. Secara teknis, jaringan tersebut dikenal sebagai SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi). Seperti diketahui, SUTT adalah saluran tenaga listrik di udara yang bertegangan antara 35 kV sampai 245 kV. SUTT ini biasanya dipergunakan dari pusat pembangkit ke pusat beban.

Ketentuan yang paling banyak diikuti adalah rekomendasi yang dikeluarkan oleh WHO tahun 1987 dan sampai sekarang masih dianggap relevan sehingga tak dilakukan koreksi. Dalam ketentuan tersebut, disebutkan bahwa dengan intensitas medan listrik dibawah 5 kV/m manusia boleh terpapar dalam jangka waktu tak terbatas. Hal ini dapat berarti, seseorang yang tinggal dibawah SUTT, sejauh intensitas yang diterima oleh manusia yang bersangkutan masih dibawah 5 kV/m, boleh tinggal selama 24 jam dalam sehari. Namun bila intensitasnya 10 kV/m, hanya boleh selama 180 menit dalam 24 jam. Makin besar intensitasnya, makin sedikit waktu pemaparan yang diperbolehkan.

Hasil medan listrik dan medan magnet diperoleh nilai maksimum dan minimum, Untuk medan listrik : Nilai maksimumnya = 1,922 kV/m, Nilai minimumnya = 0,695 kV/m. Untuk medan magnet : Nilai maksimumnya = 8,4 mG  $0,84 \cdot 10^{-6}$  Tesla. Nilai minimumnya = 2,875 mG  $0,2875 \cdot 10^{-6}$  Tesla.

Dengan demikian kita dapat mengetahui tingkat pemaparan radiasi elektromagnetik di lingkungan, baik di lingkungan masyarakat umum, maupun di lingkungan kerja. Sedangkan ketentuan WHO untuk medan listrik = 5 kV/m dan untuk medan magnet = 2 Tesla, sehingga disimpulkan bahwa nilai medan elektromagnetik masih jauh dibawah ambang batas.



## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah : *“Analisis Pengaruh Medan Elektromagnetik Terhadap Makhluk Hidup Dan Lingkungan Di Sekitar SUUT 150KV”*.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Umar Katu, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak DR. Ir. H. Zainuddin, M. Sc, selaku Pembimbing I dan Bapak Ir Abd. Hafid, MT, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus ngkatan 2010 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, November 2014

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR. ....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Alasan Memilih Judul.....	4
C. Tujuan Penulisan.....	5
D. Pembatasan Masalah.....	5
E. Metode Penulisan.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Medan Listrik.....	8
B. Medan Magnet.....	10
C. Medan Elektromagnetik.....	12
1. Medan Elektromagnetik sebagai Sumber Energi.....	12
2. Medan Elektromagnetik disekitar Lingkungan.....	12
3. Medan Elektromagnetik Alami.....	14
4. Medan Elektromagnetik Buatan.....	15

D. Manusia di dalam Medan Elektromagnetik .....	16
1. Manusia di dalam Medan Listrik .....	16
2. Manusia di dalam Medan Magnet .....	16
E. Saluran Transmisi.....	17
1. Klasifikasi Saluran Transmisi .....	17
a. Klasifikasi Saluran Transmisi menurut Tegangan Kerja.. .....	17
b. Klasifikasi Saluran Transmisi berdasarkan Fungsinya	
Dalam Operasi.....	18
2. Kategori Saluran Transmisi.....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Waktu Dan Tempat .....	20
a. Waktu .....	20
b. Tempat.....	20
B. Tahapan Penelitian .....	20
<b>BAB IV PENGARUH MEDAN TERHADAP LINGKUNGAN</b>	
<b>DAN MAKHLUK HIDUP</b>	
A. Medan Listrik dan Medan Magnet dibawah Jaringan Tinggi .....	23
B. Medan Listrik dan Medan Magnet pada Peralatan Elektronik.....	24
C. Batas Ambang Pengaruh Jaringan Listrik Tegangan Tinggi .....	26
D. Pemajanan ( Pemaparan ).....	29
1. Sumber Pemajanan (EXPOSURE) .....	29
2. Kriteria Pajanan Medan Listrik dan Medan Magnet.....	30
3. Standarisasi Pajanan Medan Listrik dan Medan Magnet.....	33



E. Ruang Bebas dan Ruang Aman.....	34
1. Di Tengah Gawang .....	35
2. Pada Menara.....	37
F. Pengamanan Terhadap Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) .....	40
G. Data Pengukuran .....	43
1. Data Transmisi 150 kV UPG-Takalar.....	43
2. Data Pengukuran Tegangan Induksi .....	43
3. Data Pengukuran 150 kV Pangkep-UPG.....	45
4. Data Pengukuran Tegangan Induksi .....	45
5. Medan Elektromagnetik SUTT 150 kV Takalar - UPG –Pangkep.....	47
6. Pengaruh Medan Elektromagnetik pada Peralatan Elektronik.....	47
H. Alat Ukur Medan Elektromagnetik.....	50
<b>BAB V ANALISA PENGARUH MEDAN ELEKTROMAGNETIK DIBAWAH</b>	
<b>JARINGAN SUTT 150 KV</b>	
A. Pengaruh Medan Listrik.....	52
1. SUTT 150 kV UPG-Takalar .....	52
2. SUTT 150 kV UPG-Pangkep.....	54
B. Pengaruh Medan Magnet .....	56
C. Pengaruh M. Elektromagnetik dari Alat-alat Elektronik .....	58
<b>BAB VI PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan .....	60
B. Saran-saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 M. Listrik dan Medan Magnet pada Sebuah Penghantar Diatas Tanah .....	9
Gambar 2.2 Medan-medan Listrik dan Medan-medan Magnet Natural .....	15
Gambar 2,3 Manusia didalam Medan Listrik Bolak-Balik .....	16
Gambar 2.4 Manusia didalam Medan Magnet Bolak-Balik Ideal dan Homogen .....	17
Gambar 3.1 Ruang Bebas dan Ruang Aman .....	35
Gambar 3.2 Ruang Bebas dan Ruang Aman ditengah Gawang .....	36
Gambar 3.3 Ruang Bebas dan Ruang Aman ditinggikan 9 m .....	37
Gambar 3.4 Ruang Bebas dan Ruang Aman pada Menara Normal .....	38
Gambar 3.5 Ruang Bebas dan Ruang Aman ditinggikan 9 m .....	39
Gambar 3.6 Penampang Memanjang Jaringan Ruang Bebas Pada satu Gawang .....	40
Gambar 3.7 Pengukuran Tegangan Induksi dari Tanah Ke Titik Udara Pengukuran dengan Jarak 2 m .....	44
Gambar 3.8 Pengukuran Tegangan Induksi dari Tower Ke Titik Tanah Pengukuran dengan Jarak 2 m .....	46
Gambar 3.9 Pengukuran Medan Elektromagnetik .....	51
Gambar 4.1 Manusia dibawah Jaringan Transmisi .....	52
Gambar 4.2 Manusia dibawah Jaringan Transmisi dengan Jarak 15 m dari Tower .....	56

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Nilai Kapasitansi Beberapa Benda Terhadap Bumi ..	14
Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Kuat Medan Magnetik dari Peralatan RumahTangga.....	26
Tabel 3.2 Kuat Medan Listrik dan Batas Aman bagi Manusia.....	28
Tabel 3.3 Batas Aman Pajanan Medan Listrik dan Medan Magnet.....	33
Tabel 3.4 Jarak Bebas Antara Penghantar SUTT dengan Tanah Dan Benda Lain.....	42
Tabel 3.5 Hasil Pengukuran Tegangan Induksi pada SUTT Dengan Skala Pengukuran 250 mV.....	43
Tabel 3.6 Hasil Pengukuran Tegangan Induksi pada SUTT Dengan Skala Pengukuran 2500 mV.....	44
Tabel 3.7 Hasil Pengukuran Tegangan Induksi pada SUTT Dengan Skala Pengukuran 2500 mV.....	45
Tabel 3.8 Hasil Pengukuran Tegangan Induksi pada SUTT Dengan Skala Pengukuran 2500 mV.....	45
Tabel 3.9 Hasil Pengukuran Tegangan Induksi pada SUTT Dengan Skala Pengukuran 2500 mV.....	46
Tabel 3.10 Hasil Pengukuran Medan Elektromagnetik pada SUTT 150 kV Makassar .....	47
Tabel 3.11 Hasil Pengukuran Medan Elektromagnetik pada Komputer.....	48
Tabel 3.12 Hasil Pengukuran Medan Elektromagnetik pada Komputer.....	48
Tabel 3.13 Hasil Pengukuran Medan Elektromagnetik pada Televisi.....	49

Tabel 3.14 Hasil Pengukuran Medan Elektromagnetik pada Televisi.....	49
Tabel 3.15 Hasil Pengukuran Medan Elektromagnetik pada Microwave .....	49
Tabel 3.16 Hasil Pengukuran Medan Elektromagnetik pada Handphone.....	50
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Medan Listrik dengan Skala Pengukuran 250 mV.....	53
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Medan Listrik dengan Skala Pengukuran 2500 mV.....	53
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Medan Listrik dengan Skala Pengukuran 2500 mV.....	54
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Medan Listrik dengan Skala Pengukuran 2500 mV.....	55
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Medan Listrik dengan Skala Pengukuran 2500 mV.....	55
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Medans Magnet.....	57



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Selaras dengan pertambahan kegiatan industri maupun pemukiman yang meningkat pesat, maka penggunaan tenaga listrik pun dan tahun ke tahun semakin meningkat pula. Dengan begitu, pembangkit listrik serta perluasan jaringan listrik tegangan tinggi merupakan kebutuhan yang tidak bisa ditawar-tawar lagi.

Dalam upaya peningkatan mutu dan keandalan penyediaan tenaga listrik dan peningkatan kesejahteraan rakyat secara adil dan merata serta mendorong peningkatan kegiatan ekonomi dan mengusahakan keuntungan agar dapat membiayai pengembangan penyediaan tenaga listrik untuk melayani kebutuhan masyarakat, PLN membangun dan memperluas jaringan baik berskala besar maupun yang berskala kecil yaitu dengan jalan membangun saluran jaringan transmisi atau yang lebih dikenal dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT ) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi ( SUTET ) yang dapat menyalurkan daya listrik dari pusat tenaga ( sumber ) ke pemakai daya ( konsumen ).

Sebagian besar wilayah yang dilalui SUTT/ SUTET adalah wilayah pedesaan, pegunungan, perbukitan yang masih memiliki lingkungan alami dan kondisi sosial yang sederhana. Namun tidak jarang SUTT/ SUTET melintasi daerah pemukiman, hutan produksi dan perkebunan, yang diupayakan untuk mengatasinya dengan alternatif teknis.

Dalam pihak kehadiran tenaga listrik ini menimbulkan kekhawatiran terutama terhadap kemungkinan pengaruh medan listrik dan medan magnet yang akan mengganggu atau membahayakan kesehatan manusia yang tinggal dibawah atau disekitar SUTT/SUTET.

Bangunan dibawah jaringan tegangan tinggi dapat menepis 90 % medan listrik dan medan magnet yang ditimbulkannya. Hal ini disebabkan kebanyakan bagian rumah dapat menyerap medan listrik dan medan magnet yang datang dari luar.

Namun radiasi elektromagnetik tidak saja ditimbulkan oleh SUTT/ SUTET tetapi juga dapat ditimbulkan oleh peralatan - peralatan listrik lainnya.

Kita tidak menyadari bahwa secara alami tubuh kita bermuatan medan listrik dan medan magnetik yang menjamin kelangsungan hidup kita. Tubuh kita dalam keadaan normal memerlukan keberadaan muatan listrik, baik dalam bentuk muatan listrik diam ( statis ) maupun yang bergerak ( dinamis ), Oleh karena itu di dalam tubuh kita pun ada medan listrik dan medan magnet. Medan listrik dapat dirasakan apabila kita memakai pakaian yang terbuat dari bahan nilon, sedangkan medan magnet dapat nampak pada pergerakan jarum kompas yang selalu menunjukkan arah Utara - Selatan.

Medan listrik maupun medan magnet manusia, memiliki kuat medan yang sangat kecil sebab energi listrik yang diperlukan tubuh manusia juga kecil bila dibandingkan dengan energi listrik yang diperlukan oleh peralatan listrik.



Kedua jenis medan tersebut senantiasa terjadi apabila ada kabel atau peralatan listrik yang dihidupkan ( dialiri listrik ). Oleh karena itu tubuh kita sesungguhnya sudah sangat akrab dengan medan listrik dan medan magnet ini. Bahkan sesungguhnya keberadaan kedua medan tersebut sudah merupakan bagian dari kehidupan manusia,

Dengan semakin modern kehidupan masyarakat sekarang ini, itu berarti elektromagnetik semakin meluas di masyarakat baik di kantor maupun rumah tangga, ditandai dengan kehadiran peralatan-peralatan dengan menggunakan energi listrik misalnya lampu pijar, penanak nasi, televisi, *tape*, komputer, AC, *hand phone* dan lain-lain.

Medan listrik dan medan magnet yang lemah (kuat medan kecil) sama sekali tidak berbahaya, bahkan diperlukan oleh tubuh manusia. Sedangkan untuk medan listrik dan medan magnet yang kuat (kuat medan besar) dapat menimbulkan sengatan atau gangguan-gangguan badan tertentu.

Orang awam cenderung menganggap bahwa setiap rangsangan terhadap sel-sel atau jaringan tubuh akan menimbulkan deformasi, yang pada gilirannya akan menimbulkan gangguan kesehatan. Anggapan ini tidak seluruhnya benar sebab reaksi sel/ jaringan tubuh terhadap rangsangan memang bersifat kodrati. Misalnya saja, rangsangan panas terhadap sel/ jaringan tubuh akan memaksa organ tubuh : mengeluarkan keringat, tetapi tidak sampai menimbulkan gangguan kesehatan.

## **B. Alasan Memilih Judul**

Kekhawatiran masyarakat awam terhadap pengaruh negatif medan listrik dan medan magnet di bawah jaringan tegangan tinggi terjadi di semua negara yang telah mengoperasikan listrik tegangan tinggi.

Melihat kondisi seperti ini sangatlah tepat kiranya jika mulai dipikirkan tentang pengaruh medan listrik dan medan magnet terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup lainnya serta lingkungan disekitar kita.

Dampak atau pengaruh yang diduga berkaitan dengan pemaparan medan listrik dan medan magnet, diantaranya adalah :

- Dapat menimbulkan penyakit kanker, kemandulan, pusing-pusing, sulit tidur dan lain-lain.
- Dapat menimbulkan Leukimia, berpengaruh terhadap pertumbuhan tulang, perubahan kulit, perubahan metabolisme, apabila pemaparan medan listrik dan medan magnet melampaui Nilai Ambang Batas (NAB).

Bertitik tolak dari latar belakang yang ada serta beberapa permasalahan yang sering timbul dimasyarakat maka penulis tertarik untuk mengangkat masalah Pengaruh Medan Elektromagnetik menjadi sebuah tugas akhir dengan judul; "**ANALISIS PENGARUH MEDAN ELEKTROMAGNETIK TERHADAP MAKHLUK HIDUP DAN LINGKUNGAN DI SEKITAR SUTT 150 KV**".

### **C. Tujuan Penulisan**

Berdasarkan topik penulis maka uraian - uraian yang diperoleh diharapkan dapat:

- Memahami bahaya potensial radiasi elektromagnetik yang banyak terdapat di sekitar kehidupan mulai dari peralatan listrik rumah tangga, kantor, alat komunikasi, pemancar radio, pesawat TV, radar dan peralatan dengan gelombang mikro seperti *oven microwave*.
- Mengetahui mengenai tingkat paparan radiasi elektromagnetik di lingkungan, baik di lingkungan masyarakat umum maupun di lingkungan kerja.

### **D. Batasan Masalah**

Masalah mengenai pengaruh medan elektromagnetik terhadap makhluk hidup dan lingkungan di sekitar jaringan SUTT 150 kV mempunyai ruang lingkup pembahasan yang luas, agar lebih terperinci dan mudah dipahami berdasarkan tujuan penulisan maka penulis membatasi permasalahan, meliputi:

- Medan Listrik dan Medan Magnet disekitar SUTIT 150 kV
- Medan Listrik dan Medan Magnet pada peralatan listrik.
- SUTT 150 KV Makassar – Takalar, Makassar – Pangkep

### **E. Metode Penulisan**

Penulisan ini tergolong dalam penelitian yaitu penelitian mengenai pengaruh yang ditimbulkan oleh medan listrik dan medan magnet di bawah jaringan SUTT 150 Kv maupun dari peralatan - peralatan listrik rumah tangga dan

kantor yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Oleh karena itu dalam melengkapi bahan penulisan ini maka penulis mengadakan penelitian, dengan cara:

- *Library research* (tinjauan pustaka ), yaitu melakukan penelaah literatur yang berhubungan dengan pembahasan.
- *Field research* ( pengamatan langsung ), yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap obyek penulisan.
- Mengadakan *interview* atau tanya jawab secara langsung, khususnya kepada dosen pembimbing yang secara langsung membimbing penulis dalam penelitian. Tidak lepas dari itu, penulis juga mengadakan tanya jawab kepada orang lain yang penulis anggap mampu atau sanggup sehubungan dengan masalah yang penulis teliti, Serta tanya jawab kepada masyarakat yang bermukim di bawah jaringan SUTT 150 kV.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Untuk lebih terturnya penulisan ini, maka penulis menyusun komposisi sebagai gambaran umum atau garis-garis besar yang akan dibahas dalam beberapa bab. Adapun komposisi bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I Merupakan bab pendahuluan yang terdiri atas latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II Merupakan bab tinjauan pustaka yang berisikan hal-hal yang berhubungan dengan medan listrik dan medan magnet.

BAB III Merupakan bab metode dalam melakukan penelitian.

BAB IV Merupakan bab yang membahas tentang pengaruh medan elektromagnetik terhadap makhluk hidup dan lingkungan.

BAB V Merupakan bab analisa yang berisikan analisa pengaruh medan elektromagnetik serta perbandingan antara pengaruh medan elektromagnetik yang berasal dari SUTT dengan yang berasal dari alat elektronik.

BAB VI Merupakan bab penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Medan Listrik

Apabila di suatu titik diletakkan muatan listrik, maka muatan lain pada setiap titik di sekeliling muatan tadi mengalami gaya listrik. Dikatakan pada setiap titik disekeliling tadi terdapat medan listrik. Seperti pada medan gravitasi, medan listrik merupakan medan gaya, sehingga medan listrik merupakan medan vektor. Kuat medan listrik pada suatu titik dalam medan listrik dapat didefinisikan gaya yang dialami oleh satu satuan muatan titik positif ( muatan uji), bila diletakkan pada titik tersebut Untuk menentukan kuat medan listrik pada suatu titik, ditempatkan pada titik itu muatan titik uji (tes charge )  $q'$ . Jika  $F$  adalah gaya yang dialami oleh muatan  $q'$ , maka kuat medan listrik pada titik itu adalah :

$$E = F/q'(N/C).....(2. 1)$$

Dan persamaan diatas, arah kuat medan listrik sama dengan arah gaya listrik yang dialami muatan  $q'$ .

Sedangkan pengertian dari medan listrik adalah suatu medan atau ruangan yang dapat menimbulkan daya pada partikel yang terletak didalam medan tersebut, Medan listrik timbul karena adanya partikel yang bermuatan listrik/ tegangan listrik sehingga medan listrik mempunyai arah sesuai dengan jenis muatan listrik penyebabnya ( positif atau negatif ).

Sedangkan medan elektrostatik adalah medan listrik yang dihasilkan oleh jaringan pada keadaan bertegangan ( bermuatan  $Q$  ). Besarnya medan elektrostatik

(medan listrik) pada suatu tempat adalah berbanding langsung dengan besarnya tegangan (muatan) dan berbanding terbalik dengan jarak. Karena besarnya medan listrik di suatu titik dapat didekati secant sederhana dengan persamaan:

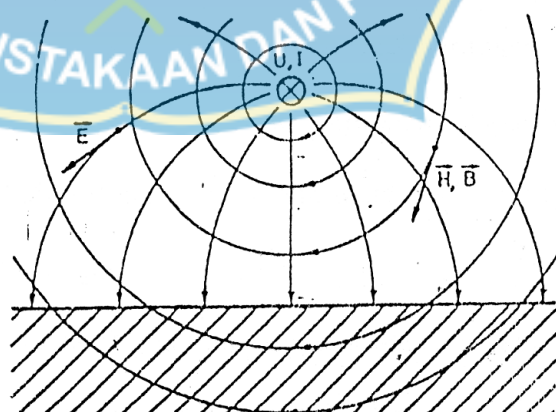
$$E = V/d \text{ (kV/m)}, \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :  $E$  = medan listrik ( kV/m )

$V$  = tegangan listrik muatan ke tanah (kV)

$d$  = jarak titik ke saluran ( m )

Dari hubungan persamaan dasar tersebut, semakin jauh obyek dari sumber tegangan maka medan listrik yang dirasakan semakin kecil. Kuat medan listrik bergantung pada besarnya muatan listrik pada partikel atau bergantung pada besarnya tegangan yang bekerja pada penghantar dan bergantung kepada jarak dari sumber. Kuat medan listrik semakin melemah jika jarak dari sumber semakin jauh. Medan listrik dari sumber tegangan bolak-balik akan mempunyai arah bolak balik juga. Suatu kawat penghantar yang bertegangan dan dialiri arus listrik akan dilingkupi medan elektromagnetik dengan garis-garis medan seperti yang digambarkan dibawah ini.



Gambar. 2.1 Medan Listrik dan Medan Magnet pada sebuah Penghantar di atas tanah.

Pada gambar 2.1, diperlihatkan bahwa suatu medan listrik garis medannya memiliki awal dan akhir yaitu berawal dari penghantar bertegangan sebagai sumbernya dan berakhir pada ujung struktur penghantar ke tanah atau pada permukaan benda-benda di atas tanah seperti : bangunan, pohon-pohon, mobil yang cukup konduktif dan merupakan titik akhir garis medan listrik tersebut. Besaran medan listrik dinyatakan dalam kuat medan listrik  $E$  dengan satuan  $kV/m$ , kuat medan listrik tertinggi adalah pada permukaan penghantar dan yang terendah adalah pada permukaan tanah .

## **B. Medan Magnet**

Dewasa ini dapat dipandang bahwa semua fenomena kemagnetan itu terjadi karena adanya gaya antara muatan-muatan listrik yang bergerak artinya, muatan yang bergerak menimbulkan muatan magnet ( selain medan listrik) dan medan magnet itu mengerjakan gaya pada muatan lain yang bergerak dalam medan magnet tersebut. Jadi, medan magnet mengerjakan gaya pada partikel bermuatan hanya jika partikel tersebut dalam keadaan bergerak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa disuatu titik dikatakan ada medan magnet bila muatan listrik yang bergerak di titik tersebut mengalami gaya magnet.

Jadi medan magnet adalah suatu medan atau ruangan yang dapat menimbulkan gaya pada benda-benda magnet atau partikel bermuatan listrik, medan magnet merupakan medan tertutup yang artinya garis medannya selalu merupakan lingkaran tertutup. Pada suatu penghantar yang dialiri arus listrik garis medan magnetnya merupakan lingkaran-lingkaran tertutup yang berpusat pada penghantar tersebut. Selain itu, medan magnet juga merupakan medan vektor,



artinya besaran yang dilukiskan medan tersebut adalah besaran vektor. Besaran vektor medan magnet ini biasanya disebut induksi magnet, yang dinyatakan dengan vektor B.

Medan magnet dapat dilukiskan dengan garis-garis yang dinamakan garis induksi magnet, yaitu garis yang arah garis singgung pada setiap titiknya menyatakan arah induksi magnet B di titik tersebut. Besar vektor induksi magnet B menyatakan rapat garis induksi, yaitu banyaknya garis induksi magnet yang melalui satu satuan luas bidang yang tegak lurus arah medan di titik itu.

Besaran medan magnet dinyatakan sebagai kuat medan magnet H atau sebagai rapat fluksi magnetik B dengan satuan T (Tesla) atau G (Gauss).

$$1\text{T}=1 \text{ Wb/sqtn}= 10.000 \text{ G}$$

$$1 \text{ mG}= 0,1\mu\text{T}$$

Seperti halnya medan listrik, medan magnet juga bergantung pada besarnya arus I yang mengalir pada penghantar dan jarak dari penghantar. Semakin dekat dengan penghantar, maka kuat medan semakin membesar dan semakin jauh maka medan magnet yang dirasakan semakin mengecil. Secara sederhana medan magnet yang timbul berbanding terbalik terhadap jarak. Pengertian tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan;

$$B= I/d \text{ (A/m)}\dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana : B = Rapat Fluksi Magnetik ( A/m)

I = Arus yang mengairi pada penghantar ( Amp )

d = Jarak dari penghantar ( meter )

Medan magnet terbesar adalah di dekat penghantar. Medan magnet akan menembus dan tidak terhalangi oleh benda-benda yang tidak permiable seperti tubuh manusia, tanah, bangunan dan pohon-pohon.

### C. Medan Elektromagnetik

#### 1. Medan Elektromagnetik Sebagai Sumber Energi

Sebagaimana diketahui, bilamana energi listrik mengalir suatu saluran transmisi, maka akan terjadi dua jenis medan yaitu medan magnet dan medan listrik. Medan magnet diakibatkan mengalirnya arus listrik dan energi yang terkandung di dalam medan itu adalah ;

$$E = 0,5LI, \dots \dots \dots < 2.6)$$

Dengan: E = energi medan magnet

L = koefisien induksi sendiri ( Henri )

I = arus yang mengalir ( A )

Medan listrik diakibatkan adanya tegangan pada konduktor dan besar energi yang terkandung di dalamnya adalah :

$$E = 0,5CV^2 \dots \dots \dots ( 2.7)$$

Dengan: E = energi medan magnet

C = kapasitansi (  $\mu$ F)

V = tegangan (Volt)

#### 2. Medan Elektromagnetik disekitar Lingkungan

Medan elektromagnetik yang terjadi di sekitar saluran udara tegangan tinggi memiliki pengaruh pada setiap benda konduktif yang berada di dalam medan itu. Lebih tinggi tegangan nominal saluran, lebih besar pengaruh itu. Benda-benda

logam dari bangunan, pagar., besi dan kendaraan termasuk benda konduktif yang dapat digolongkan sebagai benda mati. Manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan dapat digolongkan sebagai benda hidup. Manusia yang terhubung dengan tanah, misalnya karena tidak memakai alas kaki dan berada didalam medan elektromagnetik itu dapat mengalami pengaruh dan suatu arus induksi mengalir melalui tubuh ke tanah. Benda konduktif yang terinduksi, misalnya pagar besi, bila tersentuh manusia akan dapat dialami suatu kejutan, karena terjadi pelepasan muatan transien dan arus listrik yang mengalir melalui tubuhnya.

Secara umum intensitas medan elektromagnetik yang dialami seseorang diklasifikasikan menurut sensasi yang dirasakannya, dan terdapat empat jenis reaksi, yaitu:

1. Tidak dapat dirasakan.
2. Dapat dirasakan.
3. Merupakan kejutan sekunder.
4. Merupakan kejutan primer.

Pada keadaan yang berat yaitu kejutan primer dapat mengakibatkan adanya luka fisik sedangkan pada kejutan sekunder tidak, tetapi luka fisik, akan terjadi menyebabkan adanya gerak refleks yang mengganggu.

Suatu benda, termasuk manusia, yang berada di permukaan bumi, memiliki suatu nilai kapasitansi terhadap bumi. Lebih besar benda itu, lebih besar pula nilai kapasitansinya.

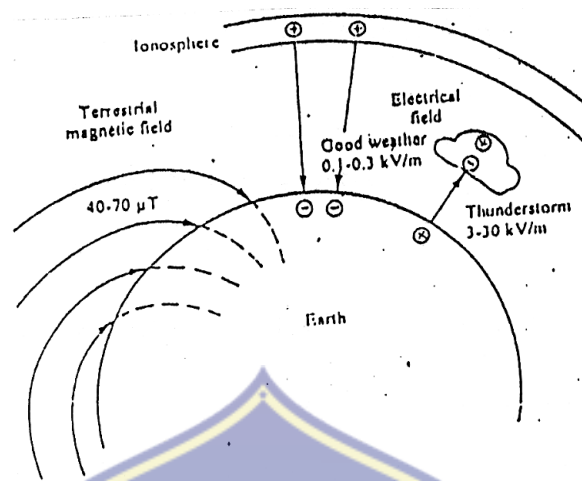
Tabel di bawah ini memberi suatu gambaran mengenai nilai kapasitansi itu secara kasar.

Tabel 2.1. Nilai kapasitansi beberapa benda terhadap bumi.

Benda	Kapasitansi ( pF )
Manusia	100
Kendaraan	700
Sedan	900
Bus	2000
Truk besar	3000

### 3. Medan Elektromagnetik Alami

Telah diketahui secara umum, bahwa bumi memiliki medan magnet bumi yang disebut sebagai medan magnet statis yaitu sebesar kira-kira 40 T yang permanen dan sedikit berubahannya terhadap waktu, sedang pada permukaan bumi terdapat pula medan listrik statis sebesar 0,5 kV/ m sewaktu cuaca cerah dan bisa mencapai 30 kV/ m pada kondisi badai petir (data dan WHO 1984). Pengaruh langsung medan elektromagnetik natural terhadap sistem biologi manusia sebagai penyebab kelainan organ tubuh tidak terungkap, karena manusia secara evolusi dalam ruang waktu yang lama telah menyesuaikan diri. Termasuk dalam medan elektromagnetik natural dalam radiasi panas, cahaya tampak, sinar ultraviolet, radiasi Gamma dan lain-lain.



Gambar 2.2. Medan-medan listrik dan medan-medan magnet natural

#### 4. Medan Elektromagnetik Buatan

Dengan semakin berkembang dan berperannya teknik elektro dalam kehidupan manusia, maka medan elektromagnetik buatan semakin bertambah, baik yang digunakan untuk frekuensi tenaga listrik 50 HZ dan 60 HZ, serta 400 HZ untuk keperluan khusus di kapal dan militer, frekuensi untuk komunikasi, baik melewati radio maupun televisi serta untuk telekomunikasi, serta penggunaan gelombang mikro (*microwaves*) untuk memasak.

Yang termasuk didalam medan elektromagnetik buatan adalah Generator Listrik pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik, Motor-Motor Listrik yang dipakai konsumen tenaga listrik, Transformator Daya pada gardu-gardu induk dan gardu-gardu distribusi, Peralatan elektromedik dan Elektronikamedik pada bidang kedokteran, Mesin *Fotocopy*, Mesin *Faximile*, Pesawat Telepon dan banyak lagi.

## D. Manusia Di Dalam Medan Elektromagnetik

### 1. Manusia di dalam Medan Listrik

Arus yang mengalir pada obyek konduktif seperti pada manusia akibat pajanan medan listrik ditentukan oleh tinggi kuat medan, frekuensi dan juga dipengaruhi oleh bentuk dan besar obyek tersebut. Konduktivitas obyek secara praktis tidak banyak berpengaruh pada besar arus konduksi, dimana untuk suatu obyek metalik aliran arusnya secara esensial melalui elektron bebas dan pada jaringan biologis seperti pada manusia aliran arus pada dasarnya terjadi dengan mekanisme transportasi ion-ion.



Gambar 2-3. Manusia di dalam Medan Listrik Bolak Balik

Nilai pegangan yang dapat digunakan untuk menentukan besar aliran arus pada permukaan tubuh manusia akibat pajanan medan listrik frekuensi 50 Hz adalah:  $I=14 \text{ pA}$  untuk setiap  $\text{kV/m}$  medan listrik  $E_0$  homogen permukaan tanah

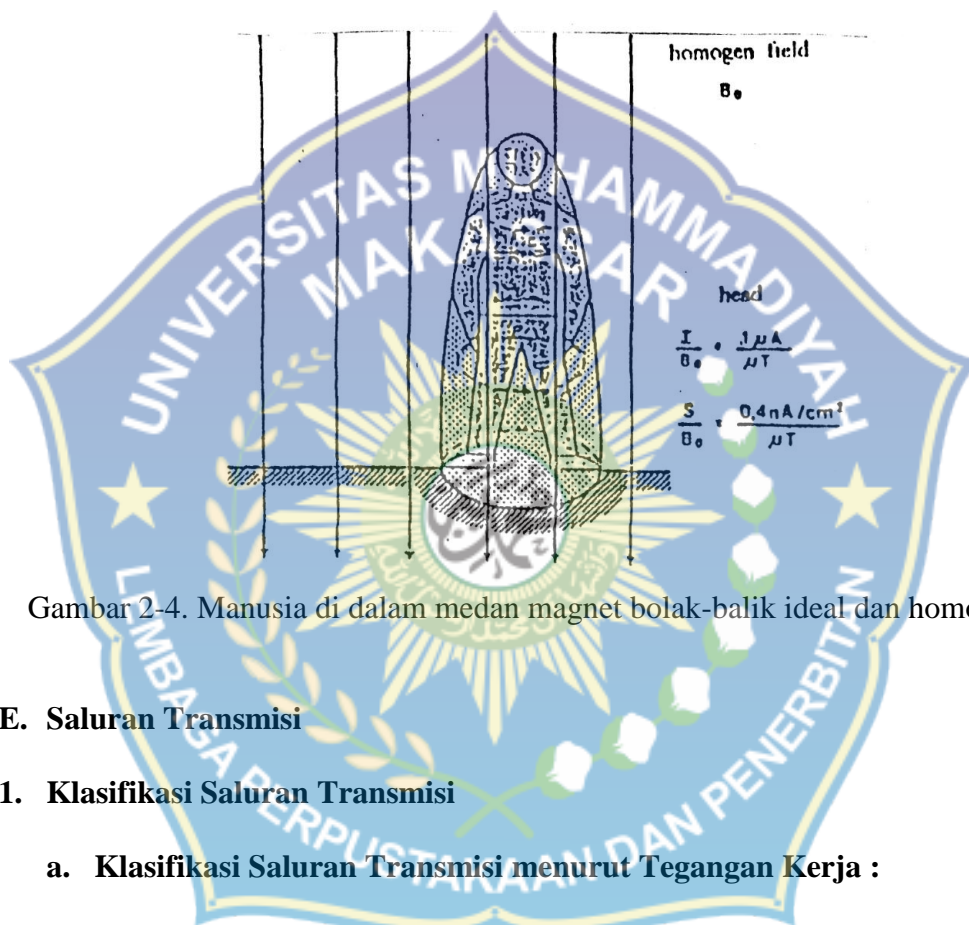
### 2. Manusia Di Dalam Medan Magnet

Medan magnet menginduksi arus pusar padatubuh manusia yang besarnya ditentukan oleh tingginya kuat medan magnet, frekwensi serta luas bidang

permukaan tubuh dan karakteristik materialnya. Perkiraan besar rata-rata kerapatan arus dalam tubuh manusia adalah:

$S = 2 \mu\text{A}/\text{m}^2$  untuk setiap kerapatan fluksi magnetik homogen  $B_0$ . Sebagai pendekatan, jumlah arus keseluruhan yang mengalir dalam tubuh manusia adalah:

$I = 1 \mu\text{A}$  untuk setiap  $\mu\text{T}$  kerapatan fluksi magnetik homogen  $B_0$ .



Gambar 2-4. Manusia di dalam medan magnet bolak-balik ideal dan homogen

## E. Saluran Transmisi

### 1. Klasifikasi Saluran Transmisi

#### a. Klasifikasi Saluran Transmisi menurut Tegangan Kerja :

Di Indonesia standar tegangan transmisi adalah : 66 kV, 150 kV, 380 kV dan 500 KV dan klasifikasi menurut tegangan ini masih kurang digunakan. Tetapi di negara-negara yang telah maju, terutama dalam bidang transmisi, seperti : USA, RUSIA, CANADA, dimana tegangan transmisi telah mencapai harga 1000 KV, maka disana klasifikasi berdasarkan tegangan adalah:

1. Tegangan Tinggi: sampai 138 kV
2. Tegangan Ekstra Tinggi ( *Ekstra High Voltage*, EHV ) antara 220 sampai 675 kV.
3. Tegangan Ultra Tinggi ( *Ultra High Voltage*, UHV ) diatas tegangan 675 kV.

**b. Klasifikasi Saluran Transmisi berdasarkan Fungsinya dalam Operasi.**

Berdasarkan fungsinya dalam operasi, saluran transmisi sering diberi nama

1. Transmisi, yaitu yang menyalurkan daya besar dari pusat-pusat pembangkit kearah beban, atau antara dua atau lebih system,
2. Sub-transmisi, yaitu transmisi percabangan dari saluran yang tinggi ke saluranyang rendah.
3. Distribusi, di Indonesia telah ditetapkan bahwa tegangan distribusi adalah 20 kV

**2. Kategori Saluran Transmisi**

Saluran transmisi pada umumnya dikelompokkan menurut tiga kategori, yaitu :

- a. Saluran transmisi pendek.

Saluran transmisi dengan panjang kurang dari kira-kira 100 km dan menggunakan tegangan 70 kV ke bawah dikategorikan sebagai saluran transmisi pendek. Karena tidak panjang dan tegangan yang tidak begitu tinggi , efek kapasitansi tidak besar dan bahkan dapat diabaikan.



b. Saluran transmisi menengah.

Saluran transmisi dengan panjang 100 sampai 200 km dengan tegangan hingga 150 kV dapat dianggap sebagai saluran jarak menengah. Karena saluran ini cukup panjang sedangkan tegangannya juga tinggi, efek adanya kapasitansi perlu diperhitungkan. Kapasitansi ini dapat dianggap terkonsentrasi pada satu atau beberapa tempat.

c. Saluran transmisi panjang.

Saluran transmisi dengan panjang di atas 200 km dan tegangan melebihi 150 kV termasuk kategori saluran transmisi panjang.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat

##### a. Waktu

Pembuatan tugas akhir ini akan dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan Juni - November 2014 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

##### JADWAL PELAKSANAAN

No	Kegiatan	bulan ke-							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Literatur	■							
2.	Pengmpulan data	■	■						
3.	Diskusi			■					
4.	Pormulasikan				■				
5.	Penyusunan Laporan						■	■	
6.	Seminar								■

##### b. Tempat

Penelitian ini dilakukan di Makassar.

#### B. Tahapan penelitian

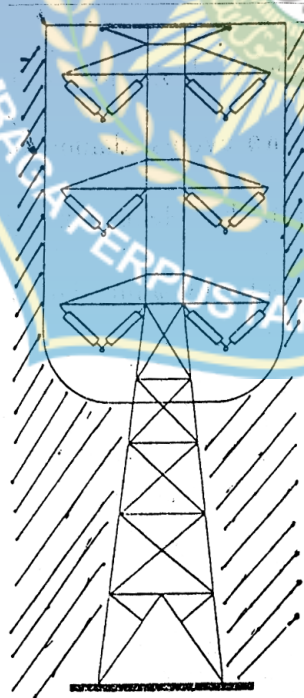
##### Metode Penulisan



Penulisan ini tergolong dalam penelitian yaitu penelitian mengenai pengaruh yang ditimbulkan oleh medan listrik dan medan magnet di bawah jaringan SUTT 150 kV maupun dari peralatan - peralatan listrik rumah tangga dan

kantor yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Oleh karena itu dalam melengkapi bahan penulisan ini maka penulis mengadakan penelitian, dengan cara:

- *Library research* (tinjauan pustaka ), yaitu melakukan penelaah literatur yang berhubungan dengan pembahasan.
- *Field research* ( pengamatan langsung ) , yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap obyek penulisan. :
- Mengadakan *interview* atau tanya jawab secara langsung, khususnya kepada dosen pembimbing yang secara langsung membimbing penulis dalam penelitian. Tidak lepas dari itu, penulis juga mengadakan tanya jawab kepada orang lain yang penulis anggap mampu atau sanggup sehubungan dengan masalah yang penulis teliti, Serta tanya jawab kepada masyarakat yang bermukim di bawah jaringan SUTT 150 Kv.

#### GAMBAR



Ket Gambar:  Ruang Bebas  = Ruang Aman

## Ruang Bebas dan Ruang Aman

Disekitar SUTT atau SUTET terdapat ruang bebas dan ruang aman. Yang dimaksud dengan ruang bebas dan ruang aman adalah sebagai berikut:

1. Ruang bebas adalah ruang sekeliling penghantar (kawat listrik) SUTT yang besarnya tergantung tegangan, tekanan angin dan suhu kawat penghantar. Ruang tersebut harus dibebaskan dari orang, makhluk hidup lain maupun benda apapun demi keselamatan orang, makhluk hidup dan benda lain tersebut demikian pula keamanan dari SUTT itu sendiri.
2. Ruang aman adalah ruang yang berada di luar ruang bebas, yang tanahnya masih dapat dimanfaatkan. Dalam ruang aman pengaruh kuat medan listrik dan kuat medan magnet sudah dipertimbangkan dengan mengacu kepada peraturan yang berlaku.

Ruang bebas dan ruang aman dapat diatur besarnya, sesuai dengan kebutuhan pada saat mempersiapkan rancang bangun. Pada saat mempersiapkan rancang bangun tersebut, ruang aman dapat diperluas dengan cara meninggikan menara dan atau memperpendek jarak antara menara sehingga bila ada pemukiman yang akan dilintasi SUTT yang akan dibangun berada didalam ruang yang aman. Faktor-faktor yang menentukan ruang bebas dan ruang aman adalah tegangan, kekuatan angin dan suhu di sekitar penghantar.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### A. Medan Listrik dan Medan Magnet dibawah Jaringan Tegangan Tinggi

Secara sederhana, tenaga listrik yang dipergunakan oleh konsumen dibangkitkan dari berbagai pusat pembangkit tenaga listrik. Dari pusat pembangkit itu tenaga listrik dialirkan melalui jaringan transmisi dengan berbagai tegangan, yaitu ekstra tinggi, tinggi, menengah dan tegangan rendah hingga ke lokasi pemakai. Dalam proses penyaluran itulah kemudian timbul medan listrik dan medan magnet disekitarnya.

Yang kerap dipersoalkan adalah jaringan transmisi tegangan yang tampak berupa rentangan kawat telanjang yang membentang di udara, disangga oleh menara yang cukup tinggi. Secara teknis, jaringan tersebut dikenal sebagai SUTT ( Saluran Udara Tegangan Tinggi ). Seperti diketahui, SUTT adalah saluran tenaga listrik di udara yang bertegangan antara 35 kV sampai 245 kV. SUTT ini biasanya dipergunakan dari pusat pembangkit ke pusat beban.

Dibawah dan disekitar rentangan kawat telanjang itulah terdapat medan listrik dan medan magnet. Kuat medan listrik dan medan magnet yang ditimbulkan tergantung dari besarnya muatan listrik pada partikel atau besarnya tegangan yang bekerja pada penghantar serta tergantung dari seberapa jauh jarak objek dari sumber aliran listrik tersebut. Oleh karena itu kuat medan listrik dan medan magnet makin melemah jika jarak dari sumber aliran listrik makin jauh. Atau dengan kata

lain, semakin jauh dari jaringan tegangan tinggi maka kekuatan medan magnet dan medan listrik kecil. Selain itu medan listrik dan medan magnet juga sangat dipengaruhi oleh benda-benda yang ada disekitarnya. Sebagai contoh, kuat medan dalam suatu bangunan akan lebih kecil dibanding kuat medan di luar bangunan tersebut.

Menurut penelitian, bangunan dibawah jaringan tegangan tinggi dapat menepis lebih dari 90 % medan listrik dan medan magnet yang ditimbulkannya. Hal ini disebabkan kebanyakan bagian rumah dapat menyerap medan listrik dan medan magnet yang datang dari luar. Sebuah bangunan bahkan dapat meniadakan medan listrik dan medan magnet sama sekali sehingga dalam bangunan tersebut tidak ada lagi medan listrik dan medan magnet yang tersisa.

Secara alamiah, medan listrik dan medan magnet terdapat pada permukaan bumi. Ini berasal dari arus listrik yang mengalir dari tempat-tempat yang mempunyai muatan listrik yang berbeda.

#### **B. Medan Listrik dan Medan Magnet pada Peralatan Elektronik.**

Medan listrik dan medan magnet sebenarnya sudah sangat akrab dalam kehidupan manusia sekarang. Kedua jenis medan tersebut senantiasa hadir dalam setiap segi kehidupan baik di rumah, kantor bahkan di perjalanan sekalipun. Hal tersebut disebabkan karena jika ada kabel listrik atau ada peralatan listrik yangdihidupkan (disambungkan ke stop kontak) maka dengan sendirinya medan listrik dan medan magnet pun akan hadir.

Maka, tak berlebihan jika dikatakan bahwa dalam kehidupan modern saat ini, yang ditandai dengan makin banyaknya peralatan yang digerakkan oleh tenaga

listrik atau alat-alat elektrik, manusia sudah demikian akrab dengan medan magnet dan medan listrik. Kedua jenis medan itu merupakan bagian yang terpisahkan dari kehidupan masa kini. Bahkan dalam tubuh manusia sebenarnya terdapat medan listrik dan medan magnet karena tubuh kita pun secara alamiah memerlukannya.

Medan listrik dan medan magnet yang terdapat dalam tubuh manusia ini kuat medannya kecil karena kebutuhan manusia akan energi listrik juga relatif kecil jika dibandingkan dengan energi listrik yang diperlukan untuk menjalankan peralatan listrik.

Oleh karena itu, dalam kehidupan sehari-hari manusia tidak bisa menghindari dari kedua medan itu. Di rumah, medan listrik dan medan magnet hadir seiring dengan dihidupkannya lampu-lampu, radio, kulkas. Televisi, kipas angin, AC dan peralatan listrik lainnya.

Di tempat pekerjaan, kantor atau pabrik, keberadaan energi listrik dan peralatan yang menggunakan tenaga listrik makin banyak saja. Semua itu tentu saja menghadirkan medan listrik dan medan magnet. Sulit dibayangkan zaman yang serba cepat ini sebuah perusahaan dapat dijalankan tanpa bantuan peralatan yang menggunakan tenaga listrik. Sebab dengan tenaga listrik maka kegiatan produksi akan bergulir lebih cepat dan efisien juga dapat lebih nyaman.

Tenaga listrik yang terdapat dirumah-rumah, di kantor atau dimana pun, tidak hadir dengan sendirinya. Mereka yang sudah terbiasa dengan peralatan listrik, jarang yang memperhatikan bahwa untuk mendapatkan sinar lampu yang terang atau menyotel acara televisi yang menawan, menggerakkan peralatan listrik yang

membantu dan melancarkan pekerjaan, terdapat sebuah proses yang panjang dan rumit.

Tabel. 3.1. Hasil Pengukuran Kuat Medan Magnetik dan Peralatan Rumah Tangga

Peralatan	Medan Magnetik ( $\mu\text{T}$ )		
	Pada jarak z (cm)		
	Z=3cm	Z = 30cm	Z=1m
Pengering rambut	6-200	0,01-7	0,01-0,3
Pencukur kumis listrik	15-1500	0,08-9	0,01-0,3
Penyedot debu	200-800	2-20	0,1-2
Mikser	60-700	0,6-10	0,02-0,025
Lampu fluoresen	40-400	0,5-2	0,01-3
Oven microwave	75-200	4-8	0,25-0,6
Blender	25-130	0,6-2	0,03-0,12
Oven listrik	2,5-50	0,15-0,5	0,01-0,04
Setrika	1-50	0,12-0,3	0,01-0,025
Kipas angin & blower	2-30	0,03-4	0,01
Lemari es	0,5-1,7	0,01-0,25	0,01
Televisi	2,5-130	0,04-2	1-0,15

### C. Batas Ambang Pengaruh Jaringan Listrik Tegangan Tinggi

Penyaluran tenaga listrik mutlak memerlukan saluran, yang dikenal dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT). Dalam hal ini kuat medan listrik dan medan magnet yang ditimbulkannya tergantung atas besarnya tegangan yang bekerja pada saluran tadi serta seberapa jauh jarak objek dengan saluran tersebut.



Semakin jauh jarak objek terhadap SUTT maka semakin kecil pengaruh medan listrik dan medan magnet yang timbul.

Kekhawatiran masyarakat awam terhadap pengaruh SUTT sebenarnya wajar-wajar saja. Terlebih lagi dengan adanya publikasi yang luas, seakan-akan tegangan ini dapat mengakibatkan berbagai pengaruh negatif terhadap kesehatan.

Karena itulah WHO menganggap perlu menetapkan ambang batas yang dapat menjamin keamanan dan kenyamanan manusia, mengingat tenaga listrik mutlak diperlukan untuk berbagai kegiatan. Di Indonesia belum ada penetapan baku mutu untuk medan listrik dan medan magnet, sehingga tetap mengacu pada standar yang ditetapkan WHO.

Ketentuan yang paling banyak diikuti adalah rekomendasi yang dikeluarkan oleh WHO tahun 1987 dan sampai sekarang masih dianggap relevan sehingga tak dilakukan koreksi. Dalam ketentuan tersebut, disebutkan bahwa dengan intensitas medan listrik dibawah 5 kV/m manusia boleh terpapar dalam jangka waktu tak terbatas. Hal ini dapat berarti, seseorang yang tinggal dibawah SUTT, sejauh intensitas yang diterima oleh manusia yang bersangkutan masih dibawah 5 kV/m, boleh tinggal selama 24 jam dalam sehari. Namun bila intensitasnya 10 kV/m, hanya boleh selama 180 menit dalam 24 jam. Makin besar intensitasnya, makin sedikit waktu pemaparan yang diperbolehkan. Contohnya jika intensitas medan listrik yang diterima 25 kV/m, hanya boleh terpapar selama 5 menit dalam 24 jam.

Bagi tenaga kerja, jika pengaruh intensitas listrik sebesar 10 kV/m, hanya diperbolehkan selama 180 menit. Begitu pula jika intensitasnya 15 kV/m boleh

selama 90 menit dalam 24 jam. Jarang sekali tenaga kerja yang memperoleh pengaruh medan listrik sebesar 20 kV/m atau 25kV/m, yang hanya diperbolehkan terpapar masing-masing selama 10 dan 5 menit 24 jam. Untuk lebih jelasnya ditampilkan tabel berikut:

Tabel. 3.2. Kuat Medan Listrik dan Batas Waktu Aman bagi Manusia

Intensitas Medan Listrik	Lama Pemaparan /24 jam Yang Diperbolehkan (Menit)
5 kv/m	Tidak terbatas
10 kv/m	180
15 kv/m	90
20 kv/m	10
25 kv/m	5

Sedangkan IRPA (*International Radiation Protection Association*) memberikan standar 10-30 kV/m dalam pekerjaan, sementara untuk publik 10 kV/m selama 2 jam per hari atau 5 kV/m selama 24 jam.

Untuk medan magnet, beberapa negara merekomendasikan berbeda. Standar IRPA, batas maksimum intensitas medan magnet yang diperbolehkan ialah 0,1 mT untuk jangka waktu 24 jam atau diperuntukkan bagi publik. Sedangkan bagi tenaga kerja 5 mT untuk 2 jam dan 0,5 mT sepanjang hari kerja.

Bagi masyarakat umum WHO merekomendasikan nilai ambang batas maksimum adalah 5 kV/m untuk medan listrik dan 2 Tesla (T) untuk medan magnet.

## **D. Pemajanan (Pemaparan)**

### **1. Sumber Pemajanan ( EXPOSURE )**

#### **a. Sumber Alam**

Secara alamiah, medan listrik dan medan magnet terdapat pada permukaan bumi, yang berasal dari arus listrik yang mengalir dan tempat-tempat yang mempunyai muatan listrik yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya pengaruh matahari terhadap atmosfer bumi. Dari data WHO tahun 1984 menunjukkan bahwa pada cuaca biasa didapat medan listrik sebesar 0,1 kV/m dan bervariasi sampai 1,5 kV/m sesuai dengan perubahan atmosfer.

Berdasarkan dari data WHO (1987) besarnya medan magnet pada kutub bumi mencapai  $6,7 \times 10^{-5}$  T (67  $\mu$ T) dan pada bidang equator besarnya berkisar  $3,3 \times 10^{-5}$  T (33 $\mu$ T)

#### **b. Sumber Buatan**

Yang dimaksud sumber buatan yaitu medan listrik dan medan magnet yang berasal dari aktivitas manusia. Medan listrik dan medan magnet buatan ini secara umum mempunyai intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang terjadi secara alamiah. Sumber medan listrik dan medan magnet buatan adalah sebagai berikut:

##### **1. Peralatan rumah tangga**

Intensitas medan elektromagnetik di sekitar rumah dan tempat-tempat umum berkisar pada tingkat 0,03 $\mu$ T sampai 30  $\mu$ T yang berasal dari peralatan rumah tangga seperti televisi, kulkas dan sebagainya.

## 2. Pembangkit Listrik

Sumber lain medan listrik dan medan magnet buatan adalah dari berbagai kegiatan industri, pembangkit listrik dan transportasi serta alat-alat yang menggunakan tenaga listrik yang besar.

Medan listrik dan medan magnet yang dihasilkan oleh pembangkit listrik ini berasal dari stasiun pembangkit, gardu induk dan jaringan transmisi. Hasil survey Krause pada tahun 1986, seperti yang dikutip oleh WHO tahun 1987, bahwa besarnya medan magnet yang ada disekitar tempat kerja pembangkit listrik dan sub stasiun adalah sebesar 0,05 mT.

## 3. Lingkungan Industri

Pemajanan kepada medan listrik dan medan magnet karena pekerjaan menggunakan perlengkapan industri yang memakai arus listrik tinggi. Dari berbagai pengukuran di tempat kerja, didapatkan medan magnet yang cukup tinggi berasal dari mesin las, furnace (dapur api), yaitu lebih dari 100 mT (Lousund tahun 1982)

## 2. Kriteria Paparan Medan Listrik dan Medan Magnet

Menurut LNIRC (*International Non Ionizing Radiation Comittee*) dari IRPA (*International Radiation Protection Association*) nilai medan listrik dan medan magnet yang merupakan ciri kondisi paparan tidak terganggu ialah medan yang ada bila semua benda dihilangkan, karena medan listrik pada umumnya akan terganggu jika pada atau dekat permukaan suatu benda.

Efek biologis dikaitkan dengan pajanan medan pada permukaan tubuh, medan-medan induksi yang mengakibatkan pengaliran arus dan rapat arus yang diinduksi dalam tubuh sehingga standar atau kriteria yang dipakai dalam penentuan batas pajanan biasanya adalah rapat arus yang diinduksi dalam tubuh, Karena arus-arus induksi dalam tubuh tidak dapat dengan mudah diukur langsung, maka batasan-batasan dalam kuat medan listrik (E) yang tidak terganggu dan rapat fluks magnetik (B) diturunkan dari nilai kriteria arus induksi.

UNEP (*United Nations Environmental Programme*), WHO (*World Health Organization*) dan IRPA pada tahun 1987 mengeluarkan suatu pernyataan tentang nilai rapat arus induksi dengan efek-efek biologisnya yang ditimbulkan oleh pajanan medan-medan 50/60 Hz pada seluruh tubuh sebagai berikut:

- a. Antara 1 dan 10 mA/m<sup>2</sup> tidak menimbulkan efek biologis yang berarti.
- b. Antara 10 dan 100 mA/m<sup>2</sup> menimbulkan efek biologis yang terbukti termasuk efek pada sistem penglihatan dan syaraf.
- c. Antara 100 dan 1000 mA/m<sup>2</sup> menimbulkan stimulasi pada jaringan-jaringan yang dapat dirangsang dan ada kemungkinan bahaya terhadap kesehatan.
- d. Antara 10 dan 100 mA/m<sup>2</sup> menimbulkan ekstrasistole, dan fibrasi ventrikuler dari jantung (bahaya akut terhadap jantung).

Melihat kondisi diatas maka medan elektromagnetik dapat mempengaruhi materi biologis walaupun memerlukan dosis yang besar untuk dapat berinteraksi. Dengan demikian DNA sebagai molekul merupakan struktur dasar yang menyusun sel-sel makhluk hidup. Perubahan pada DNA atau enzim yang berperan dalam sintesisnya berarti akan menimbulkan gangguan pada,tingkat seluler.

Selain itu eksitasi elektron yang timbul oleh adanya medan listrik dapat menyebabkan terjadinya polarisasi dari ion-ion yang memegang peranan penting dalam menunjang fungsi sel.

Dengan perkataan lain, tingkat pemajanan, yang dilihat dari besarnya medan dan lama pemajanan yang terjadi tidak menyebabkan tampaknya gangguan pada kesehatan.

Dengan demikian jelas bahwa medan listrik dan medan elektromagnet merupakan faktor resiko terjadinya gangguan kesehatan, tetapi perlu selalu mengacu pada prinsip hubungan antara tingkat pemajanan dan kemungkinan efek yang terjadi.

### **3. Standarisasi Paparan Medan Listrik dan Medan Magnet**

Standarisasi ini berorientasi lebih banyak pada hasil penelitian termasuk dengan medan yang kuat. Dalam penentuan batas pertimbangan resiko langsung yang dapat diakibatkan oleh medan-medan, serta efek-efek yang berhubungan dengan kesehatan dan yang merugikan. Menurut pendapat umum yang mendasari penyusunan standarisasi adalah bahwa efek-efek paparan medan-medan merupakan akibat dari arus-arus dan rapat arus dalam tubuh yang diinduksikan oleh medan-medan magnet atau listrik yang mempunyai pengaruh biologis yang potensial. Selain hal tersebut, dipertimbangkan pula hasil-hasil studi dalam bidang kesehatan, biofisika dan elektro fisiologi dalam perkembangan standarisasi serta dipertimbangkan hasil-hasil eksperimen khusus pada manusia dan hewan selama 20 tahun.

Dalam menentukan standar pajanan medan magnet dan medan listrik yang dipandang belum mengganggu kesehatan, setiap negara ketentuannya berbeda-beda. IRPA telah menyetujui batas pajanan yang dipersiapkan oleh INIRC pada tanggal 3 Mei 1990. Batasan pajanan medan magnet dan medan listrik untuk frekuensi 50/ 60 Hz berdasarkan standar IRPA tertera pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel. 3.3. Batas Aman Pajanan medan listrik dan medan magnet dengan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz , menurut IRP A/WHO 1990.

Pajanan Untuk	Kuat Medan Listrik KV/m (rms)	Kerapatan Fluks Magnetik mT ( rms )
<b>Lingkungan Kerja</b>		
1.Sepanjang hari kerja	10	0,5
2.Waktu singkat	30	5
3.Anggotatubuh		25
<b>Lingkungan Umum</b>		
1 .sampai 24 jam/hari	5	0,1
2.beberapa jam/hari	10	1

Tabel 3.3, menunjukkan bahwa batasan pajanan terhadap kerapatan fluksi 0,1 mT s/d 1,0 mT atau 100  $\mu$ T s/d 1000  $\mu$ T harus dibatasi dengan lama pajanan maksimum per hari adalah 2 jam. Anggota masyarakat pada umumnya harus dihindarkan dari pengaruh medan magnet secara terus menerus yang melampaui 0,1 mT (100  $\mu$ T ). Batas ini berlaku pada daerah dimana besar kemungkinan anggota masyarakat melewati sebagian besar waktunya perhari.

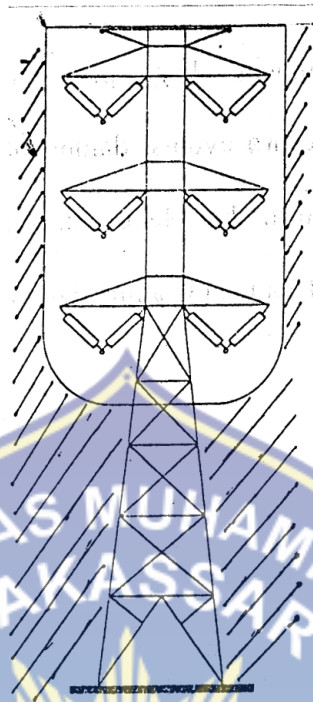
## **E. Ruang Bebas dan Ruang Aman**

Disekitar SUTT atau SUTET terdapat ruang bebas dan ruang aman. Yang dimaksud dengan ruang bebas dan ruang aman adalah sebagai berikut:

- Ruang bebas adalah ruang sekeliling penghantar (kawat listrik) SUTT yang besarnya tergantung tegangan, tekanan angin dan suhu kawat penghantar. Ruang tersebut harus dibebaskan dari orang, makhluk hidup lain maupun benda apapun demi keselamatan orang, makhluk hidup dan benda lain tersebut demikian pula keamanan dari SUTT itu sendiri.
- Ruang aman adalah ruang yang berada di luar ruang bebas yang tanahnya masih dapat dimanfaatkan. Dalam ruang aman pengaruh kuat medan listrik dan kuat medan magnet sudah dipertimbangkan dengan mengacu kepada peraturan yang berlaku.

Ruang bebas dan ruang aman dapat diatur besarnya, sesuai dengan kebutuhan pada saat mempersiapkan rancang bangun. Pada saat mempersiapkan rancang bangun tersebut, ruang aman dapat diperluas dengan cara meninggikan menara dan atau memperpendek jarak antara menara sehingga bila ada pemukiman yang akan dilintasi SUTT yang akan dibangun berada didalam ruang yang aman. Faktor-faktor yang menentukan ruang bebas dan ruang aman adalah tegangan, kekuatan angin dan suhu di sekitar penghantar.





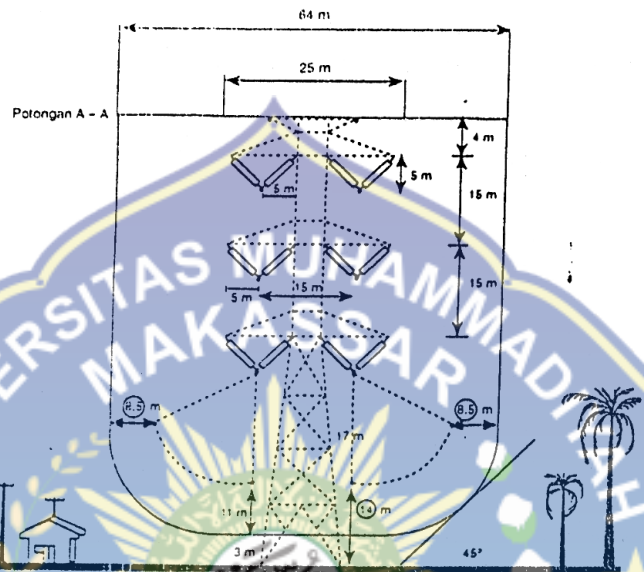
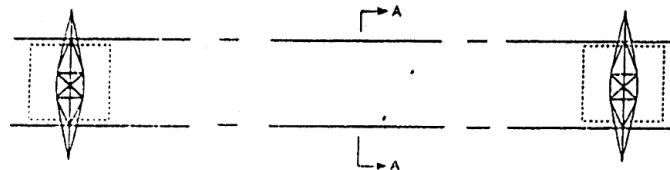
Gambar. 3.1 Ruang bebas dan ruang aman

KetGambar:=[ ] Bebas= Ruang Aman [ ]

### 1. Di Tengah Gawang

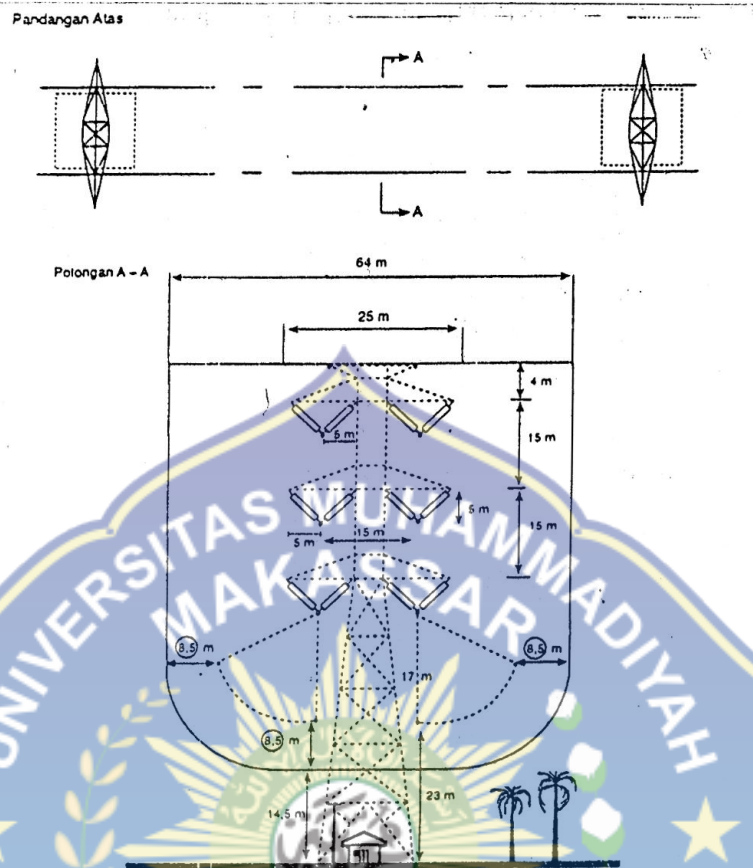
Ruang bebas dan ruang aman pada tengah gawang untuk menara normal sangat dekat ke tanah sehingga bangunan maupun tanaman yang lebih dari 3 meter harus dibebaskan dan diganti rugi. Untuk kondisi ini tidak diperkenankan membangun rumah atau menanam tanaman yang lebih tinggi dari 3 meter.

Pandangan Atas



Gambar. 3.2. Ruang bebas dan ruang aman di tengah gawang

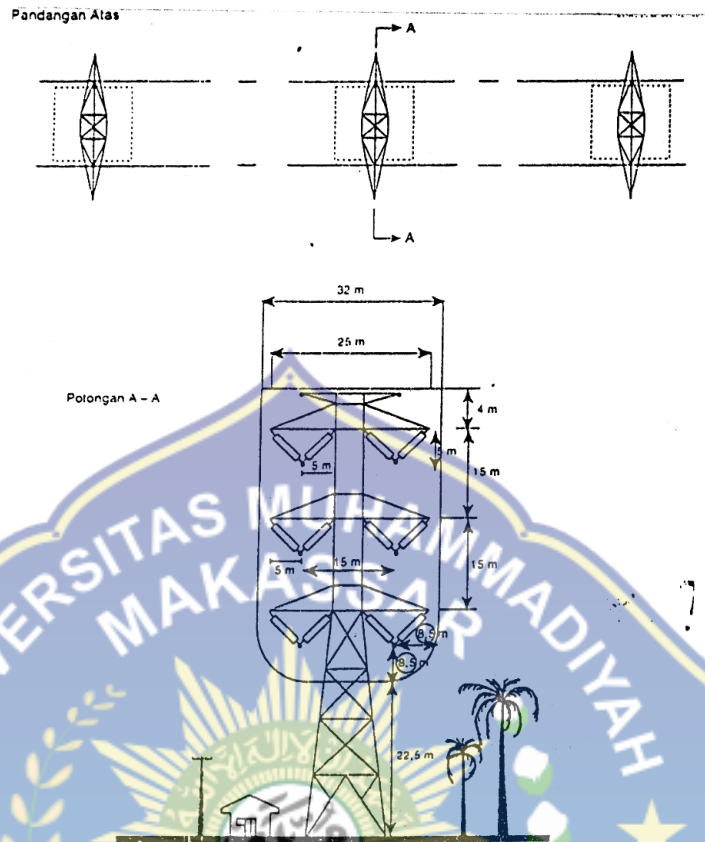
Ruang bebas dan ruang aman pada tengah gawang bila menara ditinggikan 9 meter berada jauh di atas tanah maupun bangunan, sehingga bangunan yang ada tidak perlu dibebaskan dan karena itu tidak diganti rugi ( lihat gambar 3.3 ). Tinggi ruang aman 14,5 meter dari tanah sampai dengan batas ruang bebas.



Gambar. 3.3. Ruang bebas dan ruang aman ditinggikan 9 m

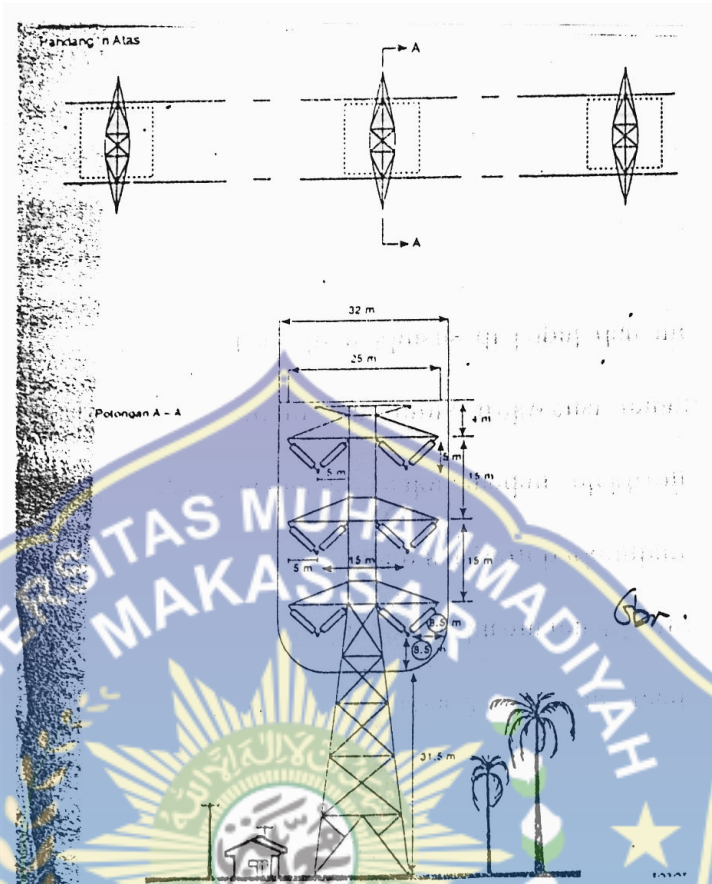
## 2. Pada Menara

Ruang bebas dan ruang aman pada menara normal berada pada cukup tinggi diatas tanah maupun bangunan yang berada di sekitarnya, sehingga bangunan yang ada tersebut tidak perlu dibebaskan dan karena itu tidak dibebaskan dan juga tidak diganti rugi (gambar 3.4 ). Tinggi ruang aman 22,5 meter dari tanah sampai dengan batas ruang bebas.



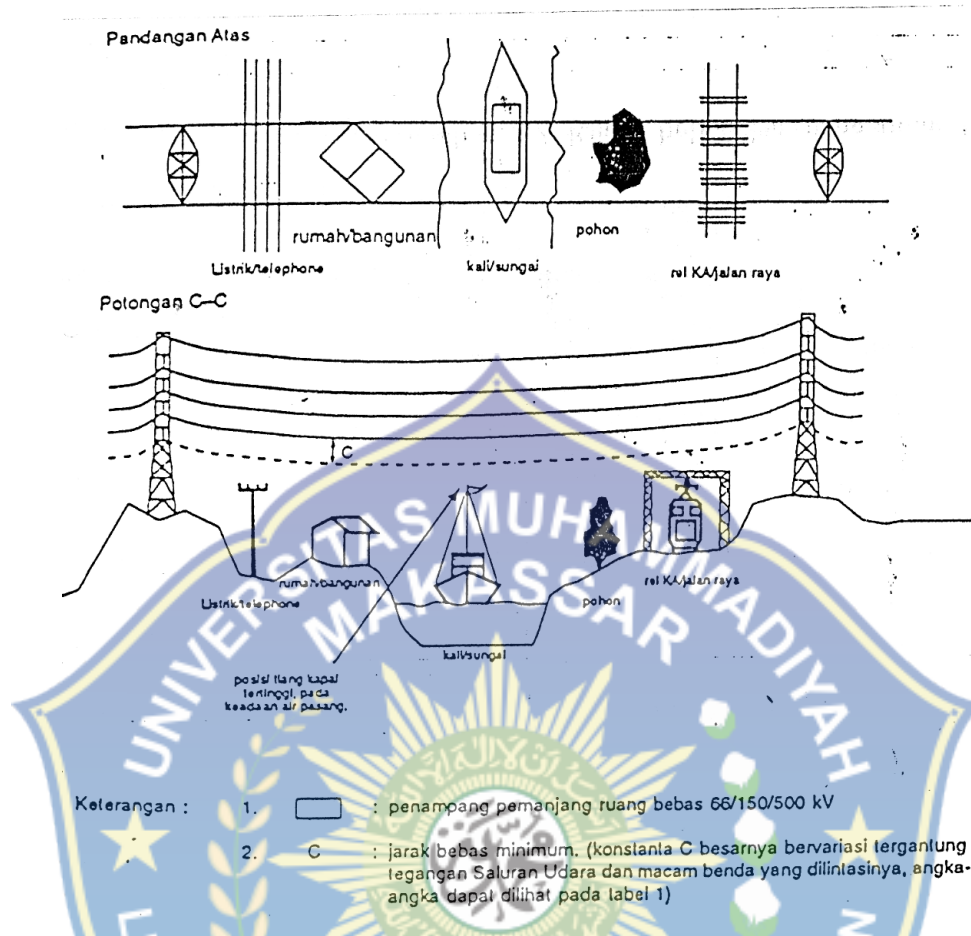
Gambar. 3.4. Ruang bebas dan ruang aman pada menara normal

Ruang bebas dan ruang aman pada menara yang ditinggikan 9 meter berada jauh lebih tinggi lagi di atas tanah maupun bangunan sehingga bangunan yang berada di bawah/disekitarnya tidak perlu dibebaskan dan karena itu tidak diganti rugi dan tetap digunakan oleh pemiliknya ( gambar 3.5 ). Tinggi ruang aman 31,5 meter dari tanah sampai dengan batas ruang bebas.



Gambar.3.5. Ruang bebas dan ruang aman ditinggikan 9 m.

Contoh penampang memanjang ruang bebas pada satu gawang dapat dilihat pada gambar. 3.6



Gambar, 3.6 Penampang Memanjang Ruang Bebas pada 1 gawang

## F. Pengamanan terhadap Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT )

Pada setiap tiang SUTT yang melalui daerah perumahan harus dipasang papan pemberitahuan dan rambu bahaya listrik yang jelas dan mudah dilihat. Selain itu juga tiang SUTT harus dipasang nomor unit dan tanda pengenal.

Pada setiap persidangan dengan jalan umum, jalan kereta ret, saluran telepon, tempat ramai seperti pasar, terminal bis dan sebagainya, pemasangan penghantar udara telanjang tegangan tinggi dapat membahayakan keselamatan umum, maka harus diindahkan syarat teknis keamanannya, terutama jarak minimum penghantar udara telanjang tersebut terhadap benda yang dilalui dan

faktor keamanannya daripengantar sendiri. Daerah dengan jejari 6 m disekeliling tiang SUTT harus bebasdari segala macam bangunan, pohon dan benda tinggi sejenis itu, Disekitar dan dibawah SUTT dilarang mendirikan bangunan atau benda lainnya dan menanam atau membiarkan tumbuh pohon atau tanaman lainnya yang bagiannya memasuki ruang bebas.

Jarak minimum yang diperkenankan dari tepi pondasi tiang SUTT ke :

- a. Pondasi talut bagian dari sungai adalah 3 m.
- b. Tiang listrik dan tiang telepon adalah 1,5 kali tinggi tiang listrik dan tiang telepon.
- c. Rel kereta diukur dari sumbunya adalah 18m dan galian diukur dari tepinya adalah 6 m.

Dilarang membuat jalan umum sejajar dibawah SUTT atau sebaliknya dan jika hal ini terjadi dalam keadaan terpaksa maka harus diperhatikan ketentuan yang ada pada PUIL. Diperkenankan membuat jalan kecil di bawah SUTT selebar 1 m untuk pengontrolan. Untuk keadaan tertentu maka jarak terdekat antara pengantar SUTT dengan bagian benda disekitarnya sekurang-kurangnya harus memenuhi angka-angka pada tabel berikut:

Tabel. 3,4. Jarak bebas (minimum) antara penghantar SUTT dengan tanah dan benda lain.

No	Lokasi	SUTT 66 kV (m)	SUTT150kV (m)
1	Lapangan terbuka pada luar kota.	6,5	7,5
2	Jalan raya	8	9
3	Pohon-pohon pada umumnya.	3,5	4,5
4	Bangunan tidak tahan api dan lapangan olahraga.	12,5	13,5
5	Bagian bangunan yang tahan api.	3,5	4,5
6	SUTT lainnya: penghantar udara Tegangan rendah, jaringan telekomunikasi, dan kereta gantung.	3	4
7	Rel kereta biasa.	8	9
8	Jembatan besi, rangka besi penahan penghantar kereta listrik terdekat dsb.	3	4
9	Titik tertinggi tiang kappalpada kedudukan air pasang/ tertinggi pada lalu lintas air.	3	4



## G. Data Pengukuran

### 1. Data Transmisi 150 kV Makassar–Takalar

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan induksi pada tanggal 8 september 2014 pada SUTT 150 kV dengan lokasi pengukuran yaitu pada Gardu Induk Sungguminasa, pukul 11.30 - 12.00 wita dengan keadaan cuaca yang mendung dan disekitar daerah pengukuran terdapat persawahan dengan besar tahanan tanah ( r tanah ) yaitu 0,5 ohm sehingga didapatkan data transmisi sebagai berikut:

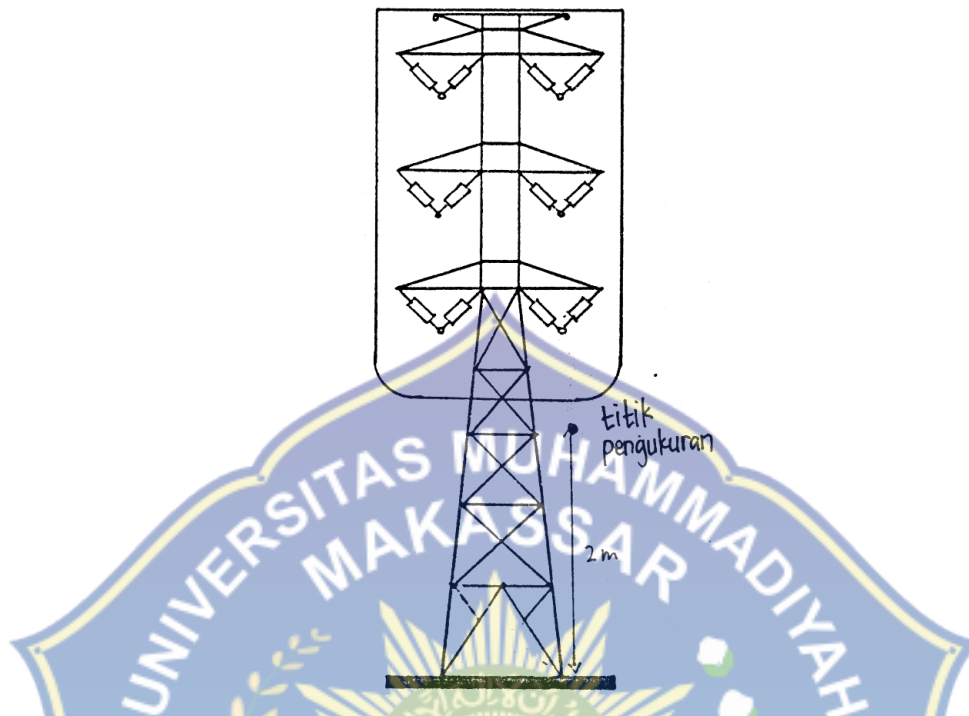
- Tinggi kawat transmisi yang diukur : 12 meter
- Jenis transmisi : double circuit

### 2. Data Pengukuran Tegangan Induksi

Dari hasil pengukuran pada SUTT 150 kV dengan menggunakan voltmeter pada skala alat ukur sebesar 250 mV, maka diperoleh data primer sebagai berikut:

Tabel.3.5, Hasil pengukuran tegangan induksi pada SUTT 150 kV dengan skala pengukuran 250 mV.

Jarak dari tanah ke titik udara Pengukuran (meter)	Tegangan induksi (mV)
1	115
2	119



Gambar. 3.7, Pengukuran tegangan induksi dari tanah ke titik udara pengukuran dengan jarak 2 m

Untuk pengukuran dengan menggunakan skala alat ukur sebesar 2500 mV, diperoleh data sbb:

Tabel. 3.6. Hasil pengukuran tegangan induksi pada SUTT 150 kV dengan skala pengukuran 2500 mV.

Jarak dari tanah ke titik udara Pengukuran (meter)	Tegangan induksi (mV)
1	80,8
2	24,3

Untuk pengukuran dengan menggunakan skala alat ukur sebesar 2500 mV, diperoleh data sbb:.

Tabel. 3.7. Hasil pengukuran tegangan induksi pada SUTT 150 kV dengan skala pengukuran 2500 mV.

Jarak dari tanah ke titik udara Pengukuran (meter)	Tegangan induksi (mV)
2	3,4
3	4,4

### 3. Data Transmisi 150 kV Pangkep – UPG

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan induksi pada tanggal 8 Juni 2014 pada SUTT 150 kV dengan lokasi pengukuran yaitu pada Gardu Induk Tello Jl. Perintis Kemerdekaan, pukul 13.30 - 14.00 Wita dengan keadaan cuaca yang mendung dan disekitar daerah pengukuran terdapat persawahan dengan besar tahanan tanah ( $r$  tanah) yaitu 0,5 ohm sehingga didapatkan data transmisi sebagai berikut:

- Tinggi kawat transmisi yang diukur : 12 meter
- Jenis transmisi : double circuit

### 4. Data Pengukuran Tegangan Induksi

Dari hasil pengukuran pada SUTT 150 kV dengan menggunakan skala alat ukur sebesar 2500 mV, maka diperoleh data sebagai berikut:

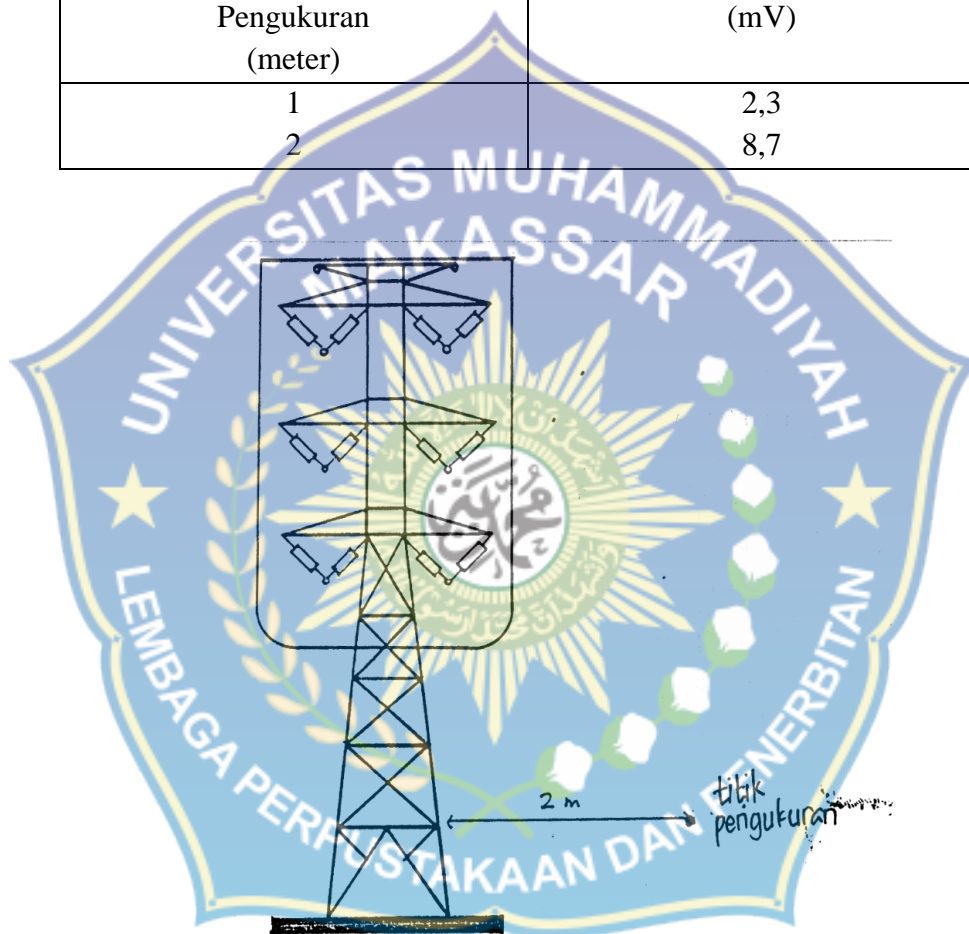
Tabel. 3.8. Hasil pengukuran tegangan induksi pada SUTT 150 kV dengan skala pengukuran 250 mV.

Jarak dari tanah ke titik udara Pengukuran (meter)	Tegangan induksi (mV)
1	63,6
2	84,3

Untuk pengukuran dengan menggunakan skala alat ukur sebesar 2500 mV.,  
diperoleh data sbb:

Tabel. 3.9. Hasil pengukuran tegangan induksi pada SUTT 150 kV dengan skala  
pengukuran 2500 mV.

Jarak dari tanah ke titik udara Pengukuran (meter)	Tegangan induksi (mV)
1	2,3
2	8,7



Gambar, 3.8. Pengukuran tegangan induksi dari tower ke titik tanah pengukuran  
dengan jarak 2 m

## 5. Medan Elektromagnetik SUTT 150 kV Takalar- UPG - Pangkep.

Dari perbandingan antara hasil pengukuran medan elektromagnetik pada SUTT 150 kV Makassar berdasarkan jenis dan tinggi transmisi, didapatkan data sebagai berikut.

Tabel. 3.10, Hasil pengukuran medan elektromagnetik pada SUTT 150 kV Makassar

Jarak Mendatar ( meter)	Medan Listrik (kV/m)	Medan Magnet (mG)
0	1,922	8,4
3	1,877	8,025
6	1,853	6,85
7,5	1,720	6,175
9	1,373	5,6375
12	1,347	3,950
15	0,695	2,875

Sumber: Makalah Seminar Nasional, 18 Desember 2013 di Makassar

## 6. Pengaruh Medan Elektromagnetik pada Peralatan Elektronik

Kehidupan modern ditandai dengan kehadiran peralatan listrik yang tidak terlepas dan penggunaan energi listrik, Ini berarti keberadaan medan listrik dan medan magnet di sekitar manusia dalam era modern sekarang ini tidak asing lagi. Bahkan sudah merupakan bagian dari kehidupan manusia. Karena peralatan listrik banyak terdapat di sekitar kehidupan manusia sekarang, maka dalam hal ini dilakukan pengukuran terhadap peralatan listrik dimana hasil pengukuran yang diperoleh merupakan data sekunder ( Sumber : Makalah Seminar Nasional 18 Desember 2013 di Makassar), sbb:

### a. Monitor Komputer

- Nama monitor : Fortuna
- Jenis : 14 inci

- Lokasi pengukuran ; di dalam ruangan
- Kondisi sekitar; tertutup

Dan hasil pengukuran medan elektromagnetik pada Komputer di peroleh data sbb ;

Tabel. 3.11. Hasil pengukuran Medan Elektromagnetik pada Komputer

Jarak di depan layar ( meter)	Medan listrik (kV/m)	Medan magnet (mG)
Dekat (Om)	2,08	0,2788
0,5	0,315	0,2338
1	0,044	0,1937

Tabel. 3.12. Hasil pengukuran Medan Elektromagnetik pada Komputer

Jarak di belakang layar (meter)	Medan listrik (W/m)	Medan magnet (mG)
Dekat ( 0 m )	1,237	0,53
0,5	0,151	0,2525
1	0,063	0,1937

*b. Televisi*

- Nama TV : Sony Trinitron
- Jenis : 21 inch
- Lokasi pengukuran : di dalam ruangan
- Kondisi sekitar : tertutup

Dari hasil pengukuran medan elektromagnetik pada Televisi di peroleh data sbb

Tabel. 3.13. Hasil pengukuran Medan Elektromagnetik pada Televisi

Jarak di depan layar ( meter )	Medan listrik (kV/m)	Medan magnet (mG)
Dekat (0m)	12,88	2,75
0,2	0,492	0,667
0,5	0,248	0,5238
1	0,061	0.3825

Tabel. 3.14. Hasil pengukuran Medan Elektromagnetik pada Televisi

Jarak di belakang layar ( meter )	Medan listrik (kV/m)	Medan magnet (mG)
Dekat ( 0 m )	0,872	32,875
0,2	0,413	3,6
0,5	0,108	0,9275
1	0,011	0,7162

c. *Microwave*

- Lokasi pengukuran : di dalam ruangan
- Kondisi sekitar : tertutup

Tabel. 3.15. Hasil pengukuran Medan Elektromagnetik pada *Microwave*

Jarak didepan microwave ( meter )	Medan listrik (kV/m)	Medan magnet (mG)
Dekat (0m)	1,05	33,125
0,5	0,1794	4,775
1	0,0275	3,600

d. *Handphone* ( Telepon Genggam)

- Nama Handphone : Nokia
- Lokasi pengukuran : di dalam ruangan
- Kondisi sekitar : tertutup

Dari hasil pengukuran medan elektromagnetik pada *Handphone* di peroleh data sbb:

Tabel. 3.16. Hasil pengukuran Medan Elektromagnetik pada *Handphone*

Jarak didepan handphone ( meter )	Medan listrik (kV/m)	Medan magnet (mG)
Dekat (Om)	0,54	0,4675

**H. Alat Ukur Medan Elektromagnetik**

Untuk pengukuran medan elektromagnetik digunakan suatu alat yang dinamakan HI-3604 ELF (*Field Strength Measurement System*), dimana alat ini terdiri dari:

**Sensor :**

- Untuk medan listrik 2 piringan konsentris



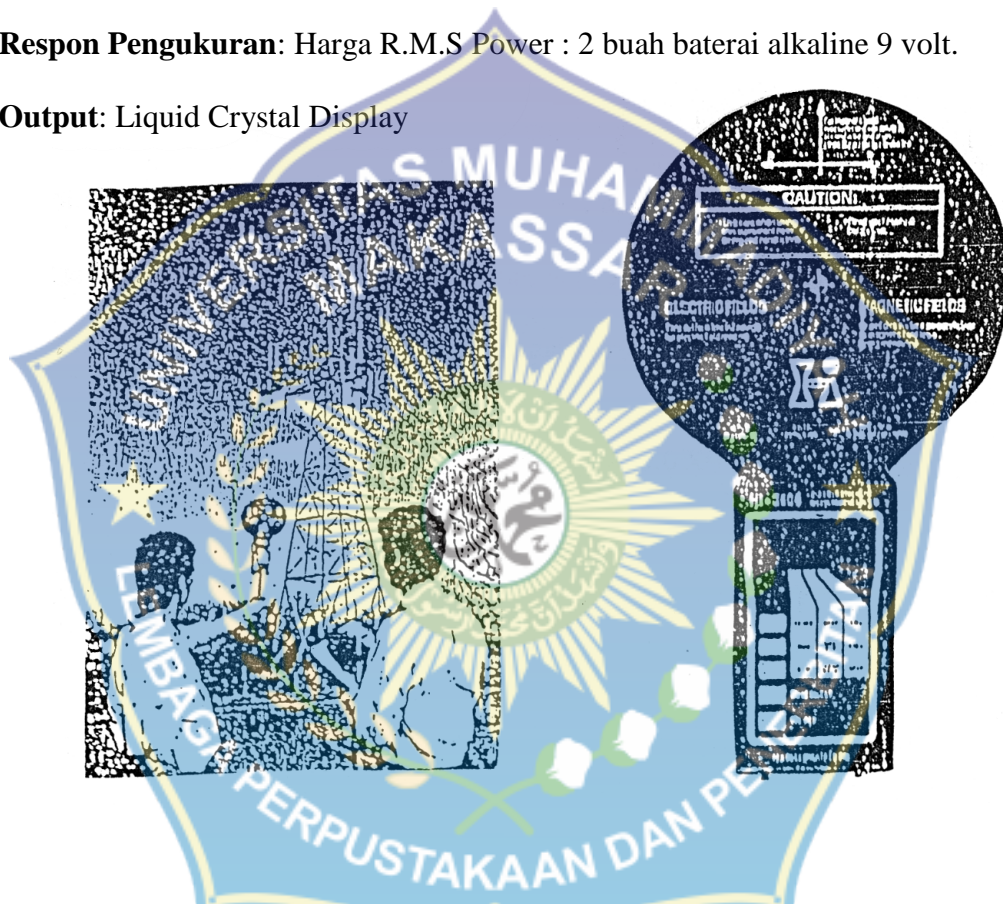
- Untuk medan magnet adalah coil dengan diameter 6,5 inch (16,5cm) dan terdiri atas 400 lilitan

**Sensitivitas:**

- Untuk medan listrik 1 V/m - 199 kV/m.
- Untuk medan magnet 0,1 mG - 20 Mg ( 1 Tesla - 10.000 Gauss )

**Respon Pengukuran:** Harga R.M.S Power : 2 buah baterai alkaline 9 volt.

**Output:** Liquid Crystal Display



Gambar. 3.9 Pengukuran Medan Elektromagnetik

## BAB V

### HASIL PENELITIAN

#### A. Pengaruh Medan Listrik

Medan listrik disekitar jaringan transmisi 150 kV dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.1, maka dari itu kita dapat menghitung besar medan listrik hasil pengukuran tegangan induksi pada jaringan ;

##### 1. SUTT 150 kV Makassar– Takalar

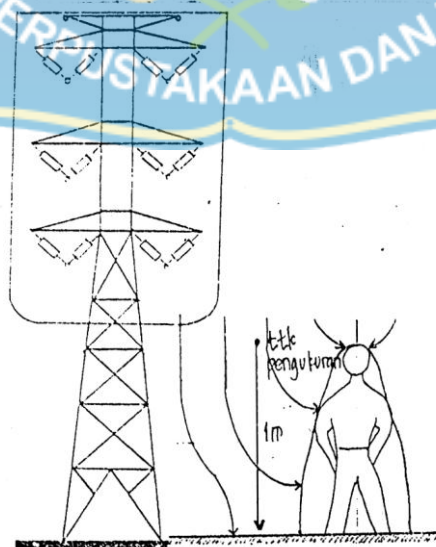
Berdasarkan data jaringan sebagai berikut :

Jarak dari tanah ke titik pengukuran= 1 meter

Tegangan induksi dari hasil pengukuran = 115 mV=  $1,15 \cdot 10^{-4}$  KV

Besar medan listrik dapat dihitung sebagai berikut :

$$E = \frac{V}{d} = \frac{1,15 \cdot 10^{-4}}{1} = 1,15 \cdot 10^{-4} = 0,000115 \text{ KV/m}$$



Gambar 4.1, Manusia di bawah jaringan transmisi

Dengan menggunakan cara yang sama maka besar medan listrik dari jarak dan tegangan induksi dari hasil pengukuran yang lain dapat dihitung. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Medan Listrik Skala alat ukur yang digunakan pada saat pengukuran tegangan 250 mV

Jarak dari tanah ke titik pengukuran (m)	Tegangan Induksi (pengukuran) (kV)	Medan Listrik (perhitungan) (kV/m)
1	$1,15 \cdot 10^{-4}$	0,000115
2	$1,19 \cdot 10^{-4}$	0,000595

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Medan Listrik Skala alat ukur yang digunakan pada saat pengukuran tegangan 2500 mV

Jarak dari tanah ke titik pengukuran (m)	Tegangan Induksi (pengukuran) (kV)	Medan Listrik (Perhitungan) (kV/m)
1	$80,8 \cdot 10^{-4}$	0,0000808
2	$2,43 \cdot 10^{-4}$	0,00001215

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Medan Listrik Skala alat ukur yang digunakan pada saat pengukuran tegangan 2500 mV

Jarak dari tower ke titik pengukuran (m)	Tegangan Induksi (pengukuran) (kV)	Medan Listrik (perhitungan) (kV/m)
2	$3,4 \cdot 10^{-6}$	0,0000017
3	$4,4 \cdot 10^{-6}$	0,00000147

## 2. SUIT 150 kV Makassar– Pangkep

Berdasarkan data jaringan sebagai berikut:

Jarak dari tanah ke titik pengukuran= 1 meter

Tegangan induksi dari hasil pengukuran = 63,6 mV =  $6,36 \cdot 10^{-5}$  kV

Besar medan listrik dapat dihitung, sebagai berikut:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{63,6 \cdot 10^{-5}}{1} = 6,36 \cdot 10^{-5} = 0,0000636 \text{ kV/m}$$

Dengan menggunakan cara yang sama maka besar medan listrik dari jarak dan tegangan induksi dari hasil pengukuran yang lain dapat dihitung. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Medan Listrik Skala alat ukur yang digunakan pada saat pengukuran tegangan 2500 mV

Jarak dari tanah ke titik pengukuran (m)	Tegangan Induksi (pengukuran) (kV)	Medan Listrik (perhitungan) (kV/m)
1	$6,36 \cdot 10^{-5}$	0,0000636
2	$8,43 \cdot 10^{-5}$	0,0000421

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Medan Listrik Skala alat ukur yang digunakan pada saat pengukuran tegangan 2500 mV

Jarak dari tower ke titik pengukuran (m)	Tegangan Induksi (pengukuran) (kV)	Medan Listrik (perhitungan) (kV/m)
1	$2,3 \cdot 10^{-6}$	0,0000023
2	$4,35 \cdot 10^{-6}$	0,00000435

Dari data pengukuran yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa semakin dekat titik pengukuran dengan tower maka tegangan induksi yang terukur semakin besar, begitu pula dengan medan listriknya. Sebagaimana diketahui bahwa kuat medan listrik tergantung dari seberapa jauh jarak objek dari sumber aliran listrik tersebut, dan medan listrik berbanding lurus dengan tegangan induksi. Maka berdasarkan data dari analisa perhitungan medan listrik, dapat diketahui bahwa medan listrik disekitar jaringan tidak berpengaruh terhadap manusia dan lingkungan, karena nilai medan listrik masih dibawah nilai ambang batas.

Sedangkan standar yang ditetapkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) yang dikeluarkan tahun 1987 yaitu untuk medan listrik sebesar 5 kV/m.

## B. Pengaruh Medan Magnet

Medan magnet disekitar jaringan transmisi 150 kV dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.5, dengan demikian besar medan magnet disekitar jaringan dapat dihitung. Adapun data hasil pengukuran :

Jarak mendatar pada saat pengukuran =15 meter

Arus pada saat pengukuran =125 Amp

Sehingga didapatkan besarmedan magnet, sebagai berikut:

$$B = \frac{I}{d} = \frac{125}{15} = 8,3 \text{ A/m} = 8,3 \mu\text{T} = 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$



Gambar, 4.2. Manusia dibawah jaringan transmisi dengan jarak 15 m dari tower

Dengan menggunakan cara yang sama maka besar medan listrik dari jarak dan tegangan induksi dari basil pengukuran yang lain dapat dihitung. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6. Hasil perhitungan medan magnet

Jarak Mendatar ( meter )	Medan Magnet (Tesla)	
	Pengukuran	Perhitungan
0	0,0000084	0
3	0,000008025	0,0000416
6	0,00000685	0,0000208
7,5	0,000006175	0,0000166
9	0,0000056375	0,0000138
12	0,000003950	0,0000104
15	0,000002875	0,0000083

Dari hasil analisa medan magnet maka dapat diketahui bahwa besar medan magnet secara pengukuran berbeda dengan besar medan magnet secara perhitungan, tetapi perbedaannya kecil/sedikit, hal ini disebabkan karena banyaknya faktor yang mempengaruhi pada saat pengukuran, misalnya kesalahan pada alat ukur, cuaca serta kurang ketelitian alat ukur tersebut.

Berdasarkan data dari analisa perhitungan medan magnet, dapat diketahui bahwa medan magnet disekitar jaringan sama halnya dengan medan listrik yaitu tidak berpengaruh terhadap manusia dan lingkungan, karena nilai medan magnet masih jauh dibawah ambang batas. Sedangkan standar yang ditetapkan oleh WHO untuk medan magnet sebesar 2 Tesla.

### C. Pengaruh Medan Elektromagnetik dari Alat-alat Elektronik

Berdasarkan data yang diperoleh, seperti halnya medan listrik dan medan magnet pada jaringan transmisi 150 kV, maka medan listrik dan medan magnet pada alat-alat elektronik akan semakin kecil pada jarak yang jauh dari alat elektronik tersebut.

Dari data medan listrik dan medan magnet pada jaringan transmisi dan alat elektronik maka dapat diperbandingkan sebagai berikut :

- Pengaruh yang ditimbulkan oleh SUTT lebih kecil atau bahkan tidak ada karena medan listrik dan medan magnet pada SUTT tersebut masih jauh dibawah nilai ambang batas yang telah ditetapkan oleh WHO.

Nilai Ambang Batas yang ditetapkan oleh WHO untuk jaringan transmisi maupun alat elektronik, yaitu :

Untuk medan listrik = 5 kV/ m

Untuk medan magnet = 2 Tesla

Sedangkan pada alat elektronik, medan listrik dan medan magnetnya juga masih dibawah ambang batas. Dan data untuk alat elektronik tersebut dapat dilihat pada label 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, dan 3.16. Tetapi karena alat-alat elektronik tersebut banyak terdapat disekitar kehidupan dan untuk kelancaran, kenyamanan, serta efisiensi kegiatan-kegiatan di rumah, kantor, pabrik frekuensi pemakaian alat-alat elektronik yang dioperasikan oleh tenaga listrik tersebut semakin sering, mulai dari peralatan listrik rumah tangga, kantor, alat komunikasi dll, sehingga



dapat mengakibatkan timbulnya medan elektromagnetik yang berlebihan yang dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan. Adapun potensi gangguan kesehatan apabila seseorang terpapar (terpapar ) oleh medan listrik dan medan magnet yang melampaui Nilai Ambang Batas pemajanan, antara lain sebagai berikut : kanker, kemandulan, leukimia, pusing-pusing, cacat kogential bawaan (reproduksi), dsb. ( Sumber : BERITA PLM NO. 178 TH.XX1 ED1S1 OKT-NOP-DES2013).



## BAB VI

### PENUTUP DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

- Pengaruh medan listrik dan medan magnet terhadap kesehatan masyarakat yang berada di sekitar atau di bawahnya, tergantung pada intensitas medan listrik dan medan magnet yang diterima. Semakin jauh dari sumber, semakin lemah intensitas yang diterima.
- Selain jarak, besar medan listrik dan medan magnet juga dapat dipengaruhi oleh cuaca atau keadaan lingkungan di sekitar jaringan tersebut.
- Dari data sekunder peralatan listrik yang diperoleh, kita dapat mengetahui bahwa medan elektromagnetik yang dihasilkan peralatan listrik sangat kecil dan masih dibawah ambang batas, sehingga tidak berpengaruh terhadap kesehatan manusia.
- Dari hasil interview dengan masyarakat pada BTN Makkio Baji (daerah pemukiman yang dilalui SUTT 150 kV Makassar - Takalar) membuktikan bahwa medan elektromagnetik pada SUTT yang melintas diatas rumah mereka tidak berpengaruh baik terhadap kesehatan maupun peralatan elektronik di rumah mereka.
- Dari data medan listrik dan medan magnet diperoleh nilai maksimum dan minimum sebagai berikut:

Untuk medan listrik : Nilai maksimumnya = 1,922 kV/m

Nilai minimumnya = 0,695 kV/m

Untuk medan magnet: Nilai maksimumnya = 8,4 mG -  $0,84 \cdot 10^{-6}$  Tesla

Nilai minimumnya = 2,875 mG =  $0,2875 \cdot 10^{-6}$  Tesla

Dengan demikian kita dapat mengetahui tingkat paparan radiasi elektromagnetik di lingkungan, baik di lingkungan masyarakat umum. maupun di lingkungan kerja. Sedangkan ketentuan WHO untuk medan listrik = 5 kV/m dan untuk medan magnet = 2 Tesla, sehingga disimpulkan bahwa nilai medan elektromagnetik masih jauh dibawah ambang batas.

## **B. Saran-Saran**

Penelitian tentang pengaruh medan listrik dan medan magnet terhadap kesehatan perlu dikembangkan lagi, terutama pada penggunaan peralatan rumah tangga yang menggunakan listrik.

Perlu dilakukan pemantauan mengenai tingkat paparan radiasi elektromagnetik di lingkungan masyarakat umum maupun di lingkungan kerja. Risiko paparan terhadap medan listrik dan elektromagnetik ini hendaknya menjadi perhatian dengan mengacu pada besarnya paparan yang terjadi terhadap tenaga kerja dan masyarakat, mengingat pembangunan pembangkit listrik serta penggunaannya di masyarakat semakin luas.

Kepada masyarakat yang berada dibawah jalur SUTT/ SUTET dan sekitarnya, tak perlu merasa khawatir terhadap dampak negatif medan listrik dan medan magnet jaringan transmisi tegangan tinggi. Karena sejumlah penelitian telah menunjukkan bukti mengenai keamanan hal itu.

## DAFTARPUSTAKA

Abd Kadir, 1998, Transmisi Tenaga Listrik, Jakarta

Hermagasantos, 1994, Teknik Tegangan Tinggi, Jakarta

Kumpulan Makalah Seminar Nasional, 10 Desember 2013, **Pengaruh Medan Elektromagnetik Terhadap Kesehatan**, Padang : PLN

Kumpulan Makalah Seminar Nasional, 18 Desember 2013, **Aspek Teknik Medan Elektromagnetik**, Makassar; PLN

Kumpulan Makalah Penyuluhan, 19 Desember 2013, **Dampak Medan Listrik dan Medan Magnet Saluran Udara Tegangan Tinggi**, Makassar: PLN

Kumpulan Makalah Seminar Nasional, **Aspek Kesehatan Pengaruh Lisrik dan Medan Magnet Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi terhadap Kesehatan Manusia ;** PLN

Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 01.P/47/MPE/2012 tentang **Ruang Bebas Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi untuk Penyaluran Tenaga Listrik**, 2012, Jakarta

Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia ( PUIL), 2000, Jakarta: LIPI

T.S.Hutauruk,, 1985, **Transmisi Daya Listrik**, Bandung: Erlangga

# SINGLE LINE DIAGRAM SUTT 150 KV

