

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA  
TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA *BACK FLASHOVER*  
KARENA SAMBARAN PETIR**

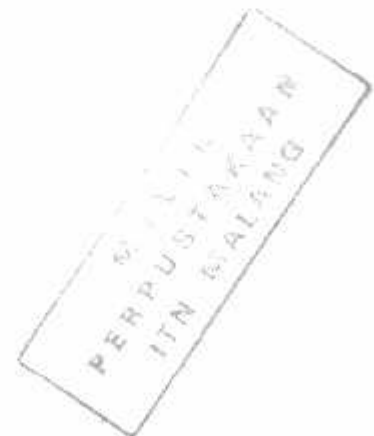
**SKRIPSI**

**Disusun Oleh:**

**MARLINCON**

**NIM : 96.12.080**

**APRIL 2005**



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA  
TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA *BACK FLASHOVER*  
KARENA SAMBARAN PETIR**

**SKRIPSI**

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat  
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh  
**MARLINCON**  
96.12.080



Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIP. Y. 105 9500 274

Disetujui  
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP. Y. 103 8900 209

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Thank's to Elwin atas kalkulatormu sehingga membantu Oncon dalam membuat perhitungan skripsi. Thank's to Yosua atas dukungan dan semangatmu. Printer dan flashdiskmu menolong Oncon pada detik-detik terakhir.

Thank's to Adit atas kerjasamamu dalam pembuatan program.

Terimakasih juga untuk semua pihak yang turut membantu sehingga Oncon bisa sampai ke garis finish. Walaupun Oncon tidak dapat sebutkan satu persatu, tetapi tanpa kalian semua rangkaian peristiwa yang Oncon lewati tidak sempurna.

---

## ABSTRAK

### ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA BACK FLASHOVER KARENA SAMBARAN PETIR

*Kata kunci : tahanan kaki menara, back flashover*

Sambaran petir yang mengenai kawat tanah yang cukup dekat ke menara saluran transmisi maka surja petir akan berjalan atau merambat ke berbagai jurusan. Ada yang merambat melalui kawat tanah menuju tiang menara berikutnya dan ada yang menuju ke tanah melalui tiang menara. Dan kemungkinan terjadinya lompatan api balik (*back flashover*) karena pantulan gelombang berjalan dari tanah masih ada.

Untuk melihat pengaruh tahanan kaki menara terhadap kemungkinan terjadinya *back flashover* karena sambaran petir secara langsung pada kawat tanah atau menara perlu dilakukan analisa yang lebih mendalam sehingga dapat diperoleh pemecahan masalah untuk menanggulangi atau meminimalisir gangguan tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa besar tahanan kaki menara memiliki pengaruh yang signifikan terhadap gangguan yang terjadi akibat sambaran petir yang mana dapat mengakibatkan terjadinya *back flashover*.

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan, yang telah melimpahkan berkat dan kasihNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S1) pada Program Studi Energi Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan skripsi ini telah banyak mendapatkan bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, untuk itu kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEF selaku rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing.
5. Teman-teman seperjuangan semuanya yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan masukan serta dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun bagi kesempurnaan skripsi ini sangat penyusun harapkan.

Malang, Maret 2005  
Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	x
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1. 1 Latar Belakang .....	1
1. 2 Rumusan Masalah.....	2
1. 3 Batasan Masalah .....	2
1. 4 Tujuan Pembahasan .....	2
1. 5 Metodologi.....	2
 <b>BAB II KARAKTERISITIK SUTT 150 KV DAN FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP GANGGUAN</b>	
2. 1 Karakteristik SUTT.....	4
2. 2 Gangguan Petir.....	5
2. 3 Faktor-Fakor Yang Mempengaruhi Angka Keluaran Pada Sistem Transmisi.....	6
2. 3. 1 Faktor Alamiah.....	6
2. 3. 2 Faktor Teknis .....	10

**BAB III MEKANISME GANGGUAN PETIR PADA MENARA TRANSMISI  
DAN PARAMETER-PARAMETER PERHITUNGAN GANGGUAN  
KARENA SAMBARAN PETIR**

3.1	Gangguan Petir Pada Kawat Tanah .....	15
3.2	Sambaran Petir Pada Menara Transmisi .....	15
3.3	Lompatan Api Balik (Back Flashover) .....	16
3.4	Parameter-Parameter Dalam Perhitungan Gangguan Petir Di Menara	
3.4.1	Faktor Gandengan (K) .....	18
3.4.2	Impedansi Surja Kawat Tanah ( $Z_{gw}$ ) .....	19
3.4.3	Impedansi Surja Menara ( $Z_t$ ) .....	20
3.4.4	Koefisien Terusan (a) .....	20
3.4.5	Koefisien Pantulan (b) .....	20
3.4.6	Koefisien Pantulan (d) .....	21
3.4.7	Tegangan Puncak Menara ( $E_0$ ) .....	21
3.4.8	Waktu Kritis ( $T_c$ ) .....	21
3.4.9	Tegangan Pada Isolator ( $V_i$ ) .....	22
3.4.10	Tegangan Lompatan Api Kritis ( $V_{50\%}$ ) .....	23
3.4.11	Jumlah Sambaran Petir ( $N_L$ ) .....	24
3.5	Tahanan Kaki Menara .....	24
3.5.1	Pengaruh Tahanan Kaki Menara .....	25
3.5.2	Menentukan Tahanan Kaki Menara .....	25

**BAB IV ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP  
KEMUNGKINAN TERJADINYA BACK FLASHOVER AKIBAT  
SAMBARAN PETIR**

4.1	Data Teknis Saluran Transmisi 150 KV .....	28
4.2	Flowchart Penyelesaian Masalah .....	30
4.3	Analisis Data Dengan Tahanan Kaki Menara 1,2 Ohm .....	33
4.3.1	Jumlah Sambaran Petir .....	33
4.3.2	Impedansi Surja Kawat Tanah ( $Z_{gw}$ ) .....	33

4.3.3	Impedansi Surja Menara ( $Z_i$ ).....	34
4.3.4	Koefisien Transmisi Atau Terusan (a) Pada Puncak Menara Untuk Gelombang Yang Datang Dari Dasar Menara.....	34
4.3.5	Koefisien Refleksi (b) Pada Puncak Menara Untuk Gelombang Yang Datang Dari Dasar Menara.....	35
4.3.6	Koefisien Pantulan (d) Pada Dasar Menara Untuk Gelombang Yang Datang Dari Puncak Menara .....	36
4.3.7	Faktor Gandengan (K).....	36
4.3.8	Tegangan Puncak Menara ( $e_o$ ).....	38
4.3.9	Waktu Kritis ( $t_c$ ) <sup>3</sup> .....	38
4.3.10	Perhitungan Tegangan Pada Isolator ( $V_i$ ).....	39
4.3.11	Tegangan Lompatan Api Kritis ( $V_{50\%}$ ).....	41
4.4	Analisis Data Dengan Perubahan Tahanan Kaki Menara .....	43

## **BAB V KESIMPULAN**

5.1	Kesimpulan .....	51
-----	------------------	----

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN



**DAFTAR GAMBAR**

**Gambar 2-1 Menara transmisi no. 44 SUTT 150 KV**  
    **Sengkaling – Kebon Agung ..... 4**

**Gambar 2-2 Kurva hubungan antara jumlah isolator**  
    **Dengan Kemungkinan Angka Keluaran .....13**

**Gambar 2-3 Pengaruh panjang span terhadap angka keluaran .....14**

**Gambar 3-1 Sambaran petir pada kawat tanah dekat menara.....16**

**Gambar 3-2 Kemungkinan terjadinya loncatan api balik (*back flashover*)...32**

**Gambar 4-1 Jarak kawat tanah dan kawat fasa .....37**

**DAFTAR TABEL.**

<b>Tabel 2-1</b>	<b>Nilai Tahanan Spesifik Berbagai Jenis Tanah.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabel 2-2</b>	<b>Hubungan Antara Arus Petir Dan Seringnya Terjadi Petir.....</b>	<b>9</b>
<b>Tabel 2-3</b>	<b>Hubungan Antara Waktu Untuk Mencapai Puncak Dan Seringnya Terjadi Petir .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabel 4-1</b>	<b>Hasil Perhitungan Gangguan Petir Pada Menara .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabel 4-2</b>	<b>Perubahan tegangan pada isolator (<math>V_i</math>) terhadap arus (<math>I_o</math>) .....</b>	<b>44</b>

**DAFTAR GRAFIK**

**Grafik 4-1 Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ ) dengan  $T = 0,5$  mikrodetik .....45**

**Grafik 4-1 Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ ) dengan  $T = 1$  mikrodetik .....46**

**Grafik 4-1 Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ ) dengan  $T = 1,5$  mikrodetik .....47**

**Grafik 4-1 Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ ) dengan  $T = 2$  mikrodetik .....48**

**Grafik 4-1 Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap tahanan kaki menara ( $R$ ) dengan  $T = 2$  mikrodetik .....49**

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Secara garis besar sistem tenaga listrik dapat dibagi menjadi sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Keandalan masing-masing komponen tersebut sangat diperlukan guna menentukan berlangsungnya operasi sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Di sebagian tempat saluran transmisi (SUTT) melewati daerah yang mempunyai tingkat guruh yang tinggi, sehingga daerah tersebut rawan terhadap gangguan sambaran petir. Adanya hubungan erat antara banyaknya hari guruh rata-rata pada setiap tempat dan banyaknya gangguan saluran transmisi akibat sambaran petir di tempat yang sama, maka tingkat guruh (*Iso Keraunic Level*) sangat bermanfaat sebagai petunjuk untuk frekuensi gangguan petir.

Sambaran petir yang mengenai kawat tanah yang cukup dekat ke menara saluran transmisi maka surja petir akan berjalan atau merambat ke berbagai jurusan. Ada yang merambat melalui kawat tanah menuju tiang menara berikutnya dan ada yang menuju ke tanah melalui tiang menara. Dan kemungkinan terjadinya lompatan api balik (*back flashover*) karena pantulan gelombang berjalan dari tanah masih ada.

Untuk melihat pengaruh tahanan kaki menara terhadap kemungkinan terjadinya *back flashover* karena sambaran petir secara langsung pada kawat tanah atau menara perlu dilakukan analisa yang lebih mendalam sehingga dapat diperoleh pemecahan masalah untuk menanggulangi atau meminimalisir gangguan tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

- Bagaimanakah pengaruh tahanan kaki menara terhadap kemungkinan terjadinya *back flashover* yang disebabkan oleh sambaran petir ?
- Bagaimanakah cara mengurangi gangguan karena terjadinya loncatan api balik tersebut ?

## **1.3 Batasan Masalah**

- Analisis dilakukan pada salah satu menara transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 KV antara G.I. Sengkaling dan G.I. Kebon Agung.
- Analisa data hanya untuk parameter-parameter untuk gangguan karena sambaran petir secara langsung pada kawat tanah.
- Tidak melakukan perubahan pada jumlah dan panjang string isolator.

## **1.4 Tujuan Pembahasan**

Tujuan pembahasan dalam skripsi ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh tahanan kaki menara apabila terjadi loncatan api balik karena sambaran petir secara langsung pada menara.
2. Menganalisa besar tahanan kaki menara yang efektif supaya dapat mengurangi gangguan yang disebabkan oleh loncatan api balik.

## **1.5 Metodologi**

Metode yang digunakan penulis dalam penyusunan skripsi ini adalah :

- Studi literatur.

- Pengumpulan data dengan melakukan observasi lapangan.
- Analisa data lapangan sebagai uji validitas.
- Menggunakan program *Visual Basic* untuk membantu dalam proses perhitungan.
- Dari hasil analisa dibuat kesimpulan dan saran.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan skripsi ini adalah :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan alasan pemilihan judul, ruang lingkup masalah, metode penelitian yang digunakan dan sistematika penulisan.

### **BAB II KARAKTERISTIK SUTT 150 KV DAN FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP GANGGUAN**

Bab ini akan membahas mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap gangguan dan angka keluaran akibat gangguan petir.

### **BAB III MEKANISME GANGGUAN PETIR PADA MENARA TRANSMISI DAN PARAMETER-PARAMETER PERHITUNGAN GANGGUAN KARENA SAMBARAN PETIR**

Bab ini membahas parameter-parameter dan langkah-langkah dalam perhitungan gangguan petir pada menara.

### **BAB IV ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA *BACK FLASHOVER* KARENA SAMBARAN PETIR**

Bab ini membahas tentang pengaruh tahanan kaki menara terhadap kemungkinan terjadinya *hack flashover*, dan menentukan besar tahanan kaki menara yang efektif untuk mengurangi gangguan.

### **BAB V KESIMPULAN**

Merupakan bab penutup dari penulisan skripsi yang berisikan kesimpulan.

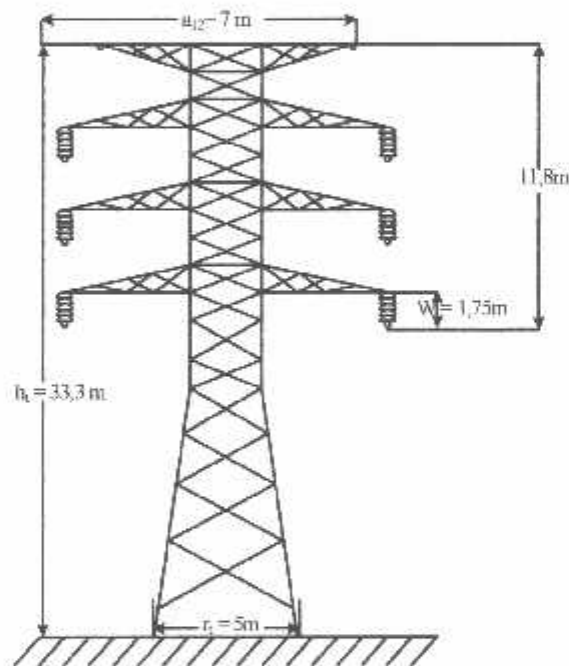
## BAB II

### KARAKTERISTIK SUTT 150 KV DAN FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP GANGGUAN

#### 2.1 Karakteristik SUTT

Berikut ini akan dijelaskan karakteristik teknis dari saluran transmisi 150 KV antara G. I. Sengkaling dan G. I. Kebon Agung.

##### a. Menara transmisi



**Gambar 2-1**  
**Menara transmisi no. 44 SUTT 150 KV Sengkaling – Kebon Agung**

Menara yang digunakan pada saluran transmisi 150 KV antara G. I. Sengkaling dan G. I. Kebon Agung adalah tipe *lattice*. Secara umum menara yang digunakan diklasifikasikan atas menara *tension* yang dipasang untuk jalur yang membentuk sudut dan menara *suspension* untuk jalur yang lurus.

b. Isolator-isolator

Isolator yang digunakan adalah isolator gantung tipe ball and socket, I string, terbuat dari bahan porselin, dengan jumlah piringan 12 buah.

c. Kawat tanah

Kawat tanah yang digunakan adalah kawat tanah dari bahan *galvanized steel wire* dengan luas penampang  $55 \text{ mm}^2$ .

d. Kawat penghantar

Kawat penghantar yang digunakan adalah kawat penghantar ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), yang artinya konduktor tersebut terdiri atas aluminium di permukaan luar dan baja pada bagian intinya. Luas penampang aluminium dan baja masing-masing  $241,3 \text{ mm}^2$  dan  $56,29 \text{ mm}^2$ .

## **2.2 Gangguan Petir**

Gangguan petir atau kilat pada saluran transmisi ialah gangguan akibat sambaran petir pada saluran transmisi, baik secara langsung maupun tidak langsung (sambaran induksi), dan menyebabkan terganggunya saluran transmisi dalam menghantarkan daya listrik. Sambaran petir secara langsung terdiri dari dua macam, yaitu sambaran pada kawat tanah dan sambaran pada kawat fasa atau kegagalan perisai (*shielding failure*).

Satuan gangguan atau yang disebut juga "angka keluaran" akibat sambaran petir secara langsung diberikan dalam jumlah gangguan tidak berfungsinya sistem saluran transmisi per 100 km per tahun.



## **2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Angka Keluaran Pada Sistem Transmisi**

Besarnya angka keluaran pada saluran transmisi dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik yang secara langsung dapat mempengaruhi, atau secara tidak langsung dapat mempengaruhi besarnya angka keluaran.

Faktor-faktor tersebut antara lain :

1. Faktor alamiah
  - Keadaan tanah
  - Ketinggian tempat
  - Amplitudo arus petir
  - Hari guruh (IKL)
  
2. Faktor Teknis
  - Jumlah kawat tanah
  - Tahanan kaki menara
  - Konfigurasi hantaran transmisi
  - Jumlah dan jenis isolator yang digunakan
  - Jarak antara dua menara

Selanjutnya dalam bab ini akan dibahas masing-masing faktor tersebut.

### **2.3.1 Faktor Alamiah**

Faktor-faktor yang bersifat alamiah merupakan kondisi yang telah ada di tempat dimana saluran transmisi didirikan, seperti keadaan tanah, ketinggian tempat,

amplitudo arus petir dan hari guruh. Kondisi ini memang sudah merupakan sifat alam, sehingga sulit bagi manusia untuk menghindarinya.

- Keadaan tanah

Apabila petir menyambar kawat tanah atas pada saluran transmisi, maka gelombang arus petir akan mengalir melalui menara menuju ke tanah, karena besarnya tahanan kaki menara maka dapat mengakibatkan lompatan api ke kawat fasa yang menyebabkan terjadinya gangguan.

Besarnya tahanan kaki menara tergantung pada keadaan tanah atau tahanan jenis tanah dimana saluran transmisi itu didirikan. Pada tabel 2-1 diperlihatkan beberapa macam tahanan spesifik dari berbagai jenis tanah. <sup>[1, 102]</sup>

**Tabel 2-1**  
**Nilai Tahanan Spesifik Berbagai Jenis Tanah**

Jenis Tanah	Resistivitas ( $k\Omega\text{-cm}$ )
Sawah, Rawa (tanah liat)	0 – 15
Tanah garapan (tanah liat)	1 – 20
Sawah, tanah garapan (krikil)	10 – 100
Pegunungan (biasa)	20 – 200
Pegunungan (batu)	200 – 500
Pinggir sungai (berbatu)	100 – 500

- Ketinggian Tepat

Pada sistem tenaga listrik yang dipasang diatas tanah maka kemungkinan akan sangat besar sekali terkena sambaran petir. Pada awan terdapat muatan positif yang mengumpul pada bagian atas dan yang negatif berada disebelah bawah.

Sedangkan bumi dapat dikatakan sebagai benda yang mempunyai muatan positif pada permukaannya. Antara awan dan permukaan bumi akan terbentuk medan listrik. Medan listrik ini akan membantu proses terbentuknya lidah-lidah muatan dari awan, bila medan listrik tersebut melebihi kekuatan medan tembus udara akan terjadi pelepasan muatan (*discharge*) dan terjadilah petir, yang berupa kilatan dan umumnya pelepasan muatan ini tidak sekaligus tetapi berulang-ulang dan disertai dengan suara yang bergemuruh.

Gradien potensial di permukaan bumi tidak pernah lebih besar dari 100 volt/cm.<sup>[4,8]</sup> Jadi pelepasan muatan akan cenderung berasal dari awan. Tempat-tempat di permukaan bumi yang disambar petir tergantung dari gradien potensialnya dan tinggi tempat dibawah awan. Makin besar gradien potensial dan makin tinggi tempat di permukaan bumi maka kecenderungan akan terkena sambaran petir akan semakin besar. Bentuk dari gelombang arus petir biasanya berbentuk gelombang impuls, dimana harga puncak gelombang dicapai dalam waktu beberapa mikrodetik saja.<sup>[4,9]</sup>

#### - Amplitudo Arus Petir

Arus sambaran petir mempunyai bentuk gelombang impuls, dimana harga puncak gelombang dicapai dalam waktu yang singkat, dan biasanya mempunyai polaritas negatif. Setiap sambaran rata-rata besarnya arus petir 20 kA dan dalam keadaan tertentu bahkan dapat mencapai 100 kA.<sup>[4,10]</sup>

Waktu untuk mencapai puncak gelombang berkisar antara 0,5 sampai 2,5 mikrodetik.

Hubungan antara besarnya arus petir dan seringnya terjadi sambaran petir ditunjukkan pada tabel 2-2, sedangkan hubungan antara waktu mencapai harga puncak gelombang dan seringnya terjadi dapat dilihat pada tabel 2-3.

Harga-harga besaran pada tabel 2-2 dan tabel 2-3 merupakan harga-harga besaran statistik, jadi hasil perhitungan dengan menggunakan harga-harga tersebut akan merupakan hasil-hasil probabilitas.

**Tabel 2-2**  
**Hubungan Antara Arus Petir Dan Seringnya Terjadi Petir**

<b>Arus Petir (kA)</b>	<b>Seringya Terjadi (%)</b>
20	36
40	34
60	20
80	8
$\geq 100$	2

**Tabel 2-3**  
**Hubungan Antara Waktu Untuk Mencapai Puncak Dan Seringnya Terjadi Petir**

<b>Waktu untuk mencapai harga puncak (<math>\mu</math>s)</b>	<b>Seringya Terjadi (%)</b>
0,5	7
1,0	23
1,5	22
$\geq 2,0$	48

- Hari Guruh (IKL)

Hari guruh (*Iso Keraunik Level*) adalah jumlah rata-rata hari guruh per tahun yang didengar dalam periode 24 jam dalam satu hari pada suatu tempat. Indonesia yang terletak di daerah tropis mempunyai IKL cukup tinggi, yaitu berkisar antara 30 sampai 150 per tahun.

### **2.3.2 Faktor Teknis**

Faktor-faktor yang bersifat teknis yaitu faktor yang tergantung dari sistem saluran transmisi. Oleh karena saluran transmisi merupakan hasil perencanaan manusia maka dengan sendirinya faktor-faktor teknis yang mempengaruhi besarnya angka keluaran tersebut dapat ditentukan menurut teknoekonomis.

- Jumlah Kawat Tanah

Tempat-tempat yang lebih tinggi mempunyai kecenderungan akan terkena sambaran petir. Oleh karena itu maka kawat fasa dari saluran transmisi yang biasanya mempunyai tempat lebih tinggi dari benda-benda sekitarnya perlu dilindungi dari sambaran petir.

Untuk melindungi kawat fasa dari sambaran petir dipasang kawat tanah diatas kawat fasa yang akan dilindungi. Kawat tanah ini menangkap kilat-kilat dan menghantarkan arus petir melalui menara transmisi langsung ke tanah. Baik buruknya perisaian tergantung dari besarnya sudut perisaian atau jumlah kawat tanah. Untuk melindungi kawat fasa terhadap sambaran langsung dari petir digunakan satu atau dua kawat tanah yang terletak di atas kawat fasa dengan sudut perlindungan lebih kecil  $18^{\circ}$ , dengan demikian kemungkinan terjadinya loncatan api

karena sambaran petir secara langsung dapat diabaikan.<sup>[3,145]</sup> Satu kawat tanah digunakan sebagai perisai terhadap kawat-kawat fasa bagi saluran-saluran yang jarang terkena petir atau yang kurang penting, sedang dua kawat tanah digunakan pada saluran-saluran yang sering terkena petir.<sup>[1,100]</sup>

#### - Tahanan Kaki Menara

Gelombang arus petir pada kawat tanah akibat sambaran petir yang mengenai kawat tanah akan mengalir ke tanah melalui menara transmisi. Karena adanya impedansi surja kawat tanah, impedansi surja menara dan tahanan kaki menara menyebabkan timbulnya tegangan menara. Besar kecilnya tegangan ini ditentukan oleh tahanan kaki menara dan besarnya arus petir. Tegangan menara akan semakin besar dengan semakin besarnya tahanan kaki menara dan arus petir. Tegangan menara yang sangat besar dan melebihi tegangan kritis isolator dapat menimbulkan lompatan api pada isolator tersebut, sehingga akan terjadi gangguan pada saluran transmisi.

Tegangan menara dapat diturunkan dengan menurunkan tahanan kaki menara, karena memperkecil arus petir yang menyambar kawat tanah adalah suatu hal yang tidak mungkin dilakukan.

Penurunan tahanan kaki menara dapat dilakukan dengan memasang elektroda / batang pentanahan pada kaki menara.

#### - Konfigurasi Hantaran Transmisi

Konfigurasi pemasangan kawat fasa pada menara transmisi tergantung dari bentuk menara tersebut. Secara umum konfigurasi saluran transmisi dapat

digolongkan menjadi dua, yaitu :

- konfigurasi saluran transmisi horizontal
- konfigurasi saluran transmisi vertikal

Konfigurasi saluran transmisi menyangkut juga jarak antara kawat fasa dengan kawat fasa lainnya, jarak antara kawat fasa dengan kawat tanah dan jarak antara kawat fasa dengan menara serta jarak antara kawat fasa dengan tanah. Semua besaran tersebut akan mempengaruhi besar kecilnya faktor gandengan, dimana faktor gandengan ini akan menentukan besar kecilnya tegangan lompatan api pada isolator. Konfigurasi hantaran transmisi juga akan berpengaruh kepada besarnya sudut perisaian serta kebutuhan akan kawat tanah.

#### - Jumlah Dan Jenis Isolator Yang Digunakan

Dalam perencanaan saluran transmisi semakin besar tegangan yang digunakan maka semakin besar pula tingkat isolasi yang diperlukan. Besarnya tingkat isolasi tergantung dari jumlah dan jenis isolator yang digunakan. Tiap jenis isolator mempunyai karakteristik tersendiri yang tergantung dari bahan dan bentuk dari isolator tersebut.

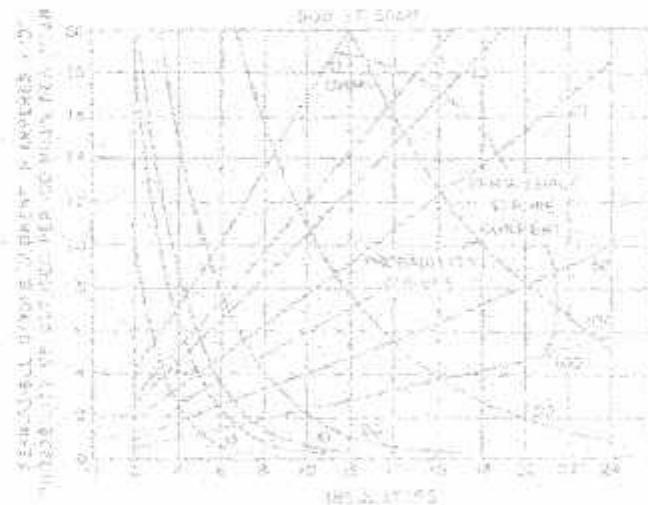
Pada saluran transmisi tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi, jenis isolator yang digunakan adalah isolator gantung (*suspension insulator*) yang digandeng sampai jumlah tertentu sesuai dengan tingkat isolasi yang diperlukan. Dalam pembahasan selanjutnya isolator yang dimaksudkan adalah isolator gantung.

Isolator gantung yang digunakan adalah type :

- ball and socket type suspension insulator

Lompatan api akan terjadi apabila petir menyambar kawat tanah atau menara dari saluran transmisi. Gelombang arus petir akan merambat melalui kawat tanah dan menara menuju tanah, adanya tahanan kaki menara menimbulkan tegangan pada menara. Apabila tegangan menara melebihi dari BIL isolator yang digunakan akan terjadi lompatan api ke saluran transmisi (kawat fasa) sehingga terjadi hubung singkat yang menyebabkan *tripout*.

Hubungan antara angka keluaran dan jumlah unit isolator yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2-2.



**Gambar 2-2**  
**Kurva Hubungan Antara Jumlah Isolator**  
**Dengan Kemungkinan Angka Keluaran**

Dari kurva tersebut terlihat untuk saluran transmisi dengan 10 unit isolator dan jarak antara dua menara (span) 800 ft, tahanan kaki menara 5 ohm mempunyai probabilitas angka keluaran sebesar 0,2 per 100 mile per tahun.

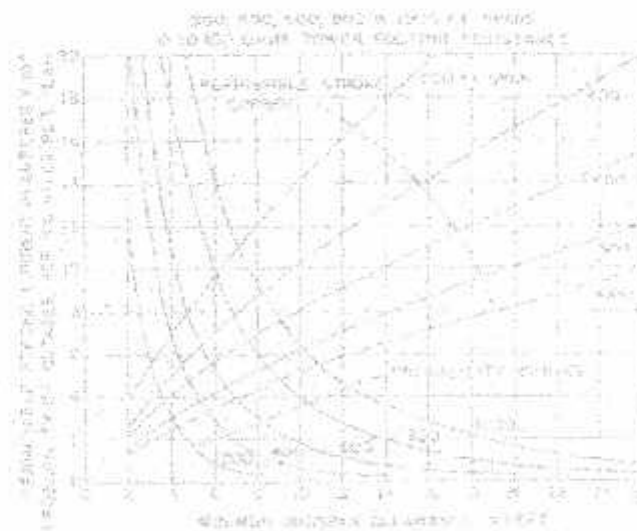


- Jarak Antara Dua Menara (Span)

Pengaruh span pada angka keluaran memang tidak sebesar pengaruh jumlah isolator atau tahanan kaki menara, tetapi untuk span yang sangat panjang pengaruhnya adalah cukup besar. Semakin panjang span yang digunakan membuat daerah yang dilalui semakin panjang pula, sehingga kemungkinan akan terkena sambaran petir semakin besar.

Jarak antara dua menara akan berpengaruh dalam penentuan *midspan clearance* (jarak aman minimum), sedangkan *midspan clearance* ini akan mempengaruhi dalam perhitungan angka keluaran pada setengah gawang dan seperempat gawang. Hubungan antara jarak dua menara terhadap besarnya angka keluaran dapat dilihat pada kurva gambar 2-3.

Dari kurva gambar 2-3 terlihat bahwa untuk *midspan clearance* 18 ft dengan panjang span 800 ft mempunyai probabilitas angka keluaran sebesar 1 per 100 mile per tahun pada IKL 30 hari guruh per tahun.



**Gambar 2-3**  
**Pengaruh Panjang Span Terhadap Angka Keluaran**

### **BAB III**

## **MEKANISME GANGGUAN PETIR PADA MENARA TRANSMISI DAN PARAMETER-PARAMETER PERHITUNGAN GANGGUAN KARENA SAMBARAN PETIR**

### **3.1 Gangguan Petir pada Kawat Tanah**

Gangguan kilat atau petir pada kawat tanah dibagi dalam tiga macam gangguan berdasarkan tempat dimana petir menyambar kawat tanah, yaitu :

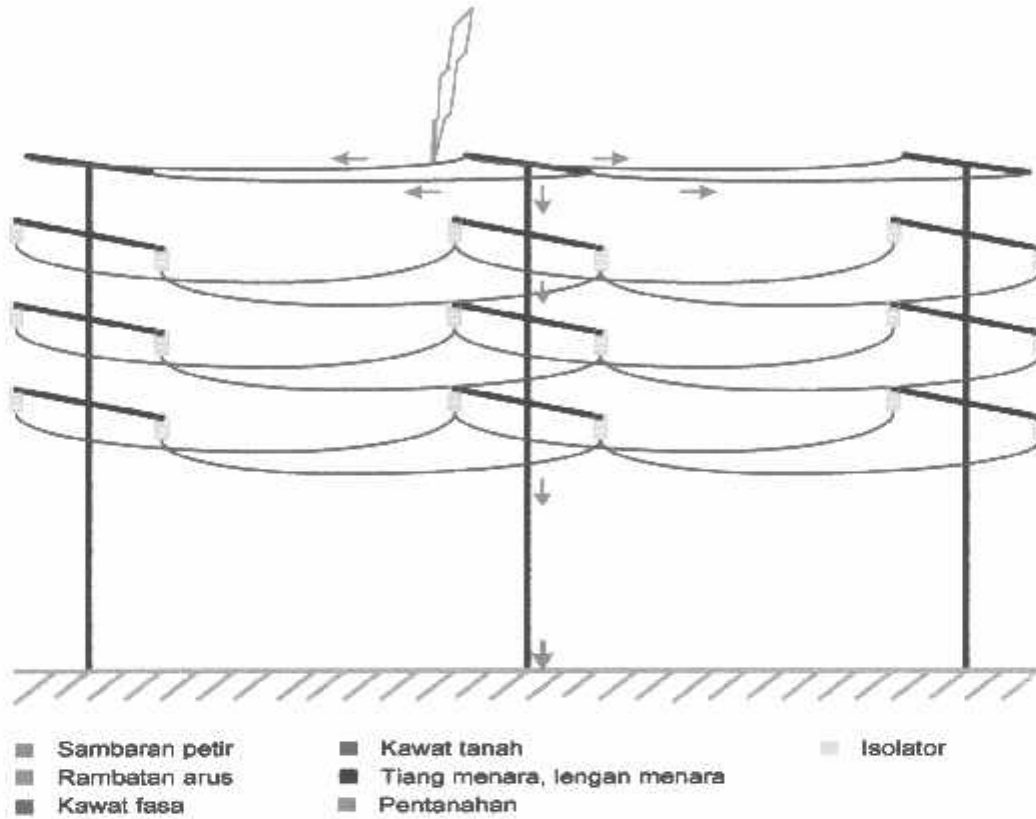
1. Gangguan petir pada menara transmisi, yaitu gangguan yang disebabkan sambaran petir pada kawat tanah yang cukup dekat ke menara.
2. Gangguan petir pada seperempat gawang.
3. Gangguan petir pada pertengahan gawang.

### **3.2 Sambaran Petir Pada Menara Transmisi**

Jika petir yang menyambar saluran udara tegangan tinggi yang mempunyai kawat tanah, maka kemungkinan petir mengenai langsung pada kawat fasa adalah kecil dibandingkan apabila saluran transmisi tersebut tidak mempunyai kawat tanah. Sambaran petir yang tidak mengenai kawat fasa akan menyambar kawat tanah atau tiang menara transmisi secara langsung. Akibat sambaran tersebut akan menimbulkan gangguan juga.

Sambaran petir yang mengenai kawat tanah yang cukup dekat ke menara saluran transmisi maka surja petir akan berjalan atau merambat ke berbagai jurusan. Ada yang merambat melalui kawat tanah menuju tiang menara berikutnya dan ada yang menuju ke tanah melalui tiang menara.

Pada Gambar 3-1 menunjukkan sambaran petir yang mengenai kawat tanah dekat menara.



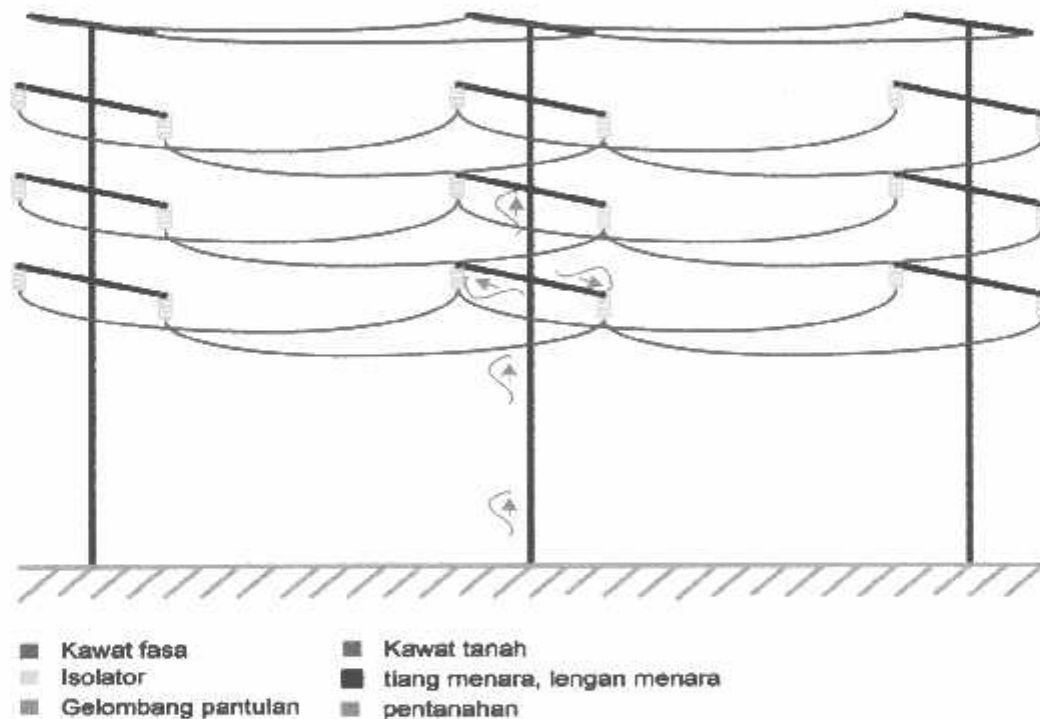
**Gambar 3-1**  
**Sambaran petir pada kawat tanah dekat menara**

### 3.3 Lompatan Api Balik (*Back Flashover*)

Jika sambaran petir mengenai kawat tanah atau tiang menara saluran transmisi, maka surja petir akan berjalan atau merambat ke berbagai jurusan dan selanjutnya akan menimbulkan pantualan-pantulan gelombang yang berinterferensi satu sama lain.

Gelombang berjalan yang melalui tiang menara menuju tanah ada juga yang terpantul kembali. Begitu pula melalui tiang-tiang yang lain. Pantulan gelombang berjalan pada bagian tiang menara yang bertemu dengan tanah akan menjadi lebih besar apabila tahanan kaki menara (pentanahannya) besar. Gelombang-gelombang berjalan ini saling berinterferensi dan tegangannya bisa cukup tinggi untuk menimbulkan loncatan api balik (*back flashover*) dari ground ke fasa pada isolator.

Gambar 3-2 menunjukkan keadaan dimana kemungkinan terjadinya loncatan api balik dapat terjadi.



**Gambar 3-2**  
**Kemungkinan terjadinya loncatan api balik (*back flashover*)**

### 3.4 Parameter-Parameter dalam Perhitungan Gangguan Petir di Menara

Untuk menghitung gangguan petir pada menara transmisi, yaitu gangguan karena lompatan api balik, digunakan teori gelombang berjalan, langkah-langkahnya sebagai berikut.

#### 3.4.1 Faktor Gandengan (K)

Faktor gandengan (K) adalah perbandingan tegangan induksi pada konduktor terhadap tegangan kawat tanah (*ground wire voltage*) akibat arus sambaran petir. Untuk menentukan faktor kopling terlebih dahulu harus dihitung tinggi rata-rata kawat tanah di atas tanah. Tinggi rata-rata kawat tanah dapat dihitung dengan tinggi kawat tanah pada menara dikurangi 2/3 dari andongan.<sup>[3,135]</sup> Faktor gandengan antara kawat tanah dengan kawat fasa diberikan dengan persamaan :

$$K = \frac{Z_{a1} + Z_{a2}}{Z_{11} + Z_{12}} \dots\dots\dots (3-1)$$

dimana :

K = faktor gandengan

$Z_{a1}$  = impedansi surja bersama antara kawat fasa dengan kawat tanah 1.

$$= 60 \ln \frac{a_1'}{a_1} \text{ ohm}$$

$Z_{a2}$  = impedansi surja bersama antara kawat fasa dengan kawat tanah 2.

$$= 60 \ln \frac{a_2'}{a_2} \text{ ohm}$$

$Z_{11}$  = impedansi surja sendiri kawat tanah 1

$$= 60 \ln \frac{2h_1}{r_{gw}} \text{ ohm}$$

$Z_{12}$  = impedansi surja bersama antara kawat tanah 1 dan 2

$$= 60 \ln \frac{h_{12}}{a_{12}} \text{ ohm}$$

dimana :

$a_1$  = jarak antara kawat tanah 1 dengan kawat fasa (m)

$a_1'$  = jarak antara kawat fasa dengan kawat tanah 1 bayangan (m)

$a_2$  = jarak antara kawat tanah 2 dengan kawat fasa (m)

$a_2'$  = jarak antara kawat fasa dengan kawat tanah 2 bayangan (m)

$h_i$  = tinggi rata-rata kawat tanah diatas tanah (m)

$r_{gw}$  = jari-jari kawat tanah (m)

$a_{12}$  = jarak antara kawat tanah 1 dengan kawat tanah 2 (m)

$b_{12}$  = jarak antara kawat tanah 2 dengan kawat tanah 1 bayangan (m)

### 3. 4. 2 Impedansi Surja Kawat Tanah ( $Z_{gw}$ )

Impedansi surja kawat tanah ( $Z_{gw}$ ) untuk dua kawat tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut<sup>[3,155]</sup> :

- untuk dua kawat tanah :

$$Z_{gw} = 60 \ln \left( \frac{2h_i}{\sqrt{a_{12} r_{gw}}} \right) \text{ ohm} \dots\dots\dots (3-2)$$

dimana :

$Z_{gw}$  = impedansi surja kawat tanah (ohm)

$h_i$  = tinggi rata-rata kawat tanah diatas tanah (m)

$r_{gw}$  = jari-jari kawat tanah (m)

$a_{12}$  = jarak antara kawat tanah satu dengan kawat tanah dua (m)

### 3.4.3 Impedansi Surja Menara ( $Z_t$ )

Impedansi surja menara ( $Z_t$ ) menurut Sargen dan Darveniza dapat dihitung dengan persamaan berikut<sup>[3,156]</sup> :

- untuk menara type vertikal

$$Z_t = 30 \ln \left[ \frac{2(h_t^2 + r_t^2)}{r_t^2} \right] \text{ohm} \dots\dots\dots (3-3)$$

dimana :

$Z_t$  = impedansi surja menara (ohm)

$h_t$  = tinggi menara (m)

$r_t$  = jarak kaki menara (m)

### 3.4.4 Koefisien Terusan (a)

Koefisien transmisi atau refleksi/terusan (a) untuk gelombang-gelombang yang datang dari dasar menara dapat dihitung menurut persamaan berikut<sup>[3,156]</sup> :

$$a = \frac{2Z_{gw}}{Z_{gw} + 2Z_t} \dots\dots\dots (3-4)$$

dimana :

$Z_{gw}$  = impedansi surja kawat tanah (ohm)

$Z_t$  = impedansi surja menara (ohm)

### 3.4.5 Koefisien Pantulan (b)

Koefisien refleksi/pantulan (b) pada puncak menara untuk gelombang yang datang dari dasar menara dengan persamaan<sup>[3,156]</sup> :

$$b = a - 1 \dots\dots\dots (3-5)$$

### 3. 4. 6 Koefisien Pantulan (d)

Koefisien refleksi/pantulan (d) pada dasar menara untuk gelombang yang datang dari puncak menara dengan persamaan<sup>[3,157]</sup> :

$$d = \frac{R - Z_t}{R + Z_t} \dots\dots\dots (3-6)$$

dimana :

R = tahanan kaki menara (ohm)

Z<sub>t</sub> = impedansi surja menara (ohm)

### 3. 4. 7 Tegangan Puncak Menara (e<sub>o</sub>)

Tegangan pada puncak menara dapat dihitung dengan persamaan :

$$e_o = \frac{Z_{gw} Z_t}{Z_{gw} + 2Z_t} \frac{I_o}{T} \text{ kV} \dots\dots\dots (3-7)$$

dimana :

e<sub>o</sub> = tegangan pada puncak menara (V)

Z<sub>gw</sub> = impedansi surja kawat tanah (ohm)

Z<sub>t</sub> = impedansi surja menara (ohm)

I<sub>o</sub> = harga puncak arus kilat (kA)

T = waktu untuk mencapai harga puncak (μs)

### 3. 4. 8 Waktu Kritis (t<sub>c</sub>)

Waktu kritis (t<sub>c</sub>) adalah waktu pada saat mana tegangan pada puncak menara berkurang secara mendadak karena gelombang pantulan negatif dari dasar menara dengan persamaan<sup>[3,157]</sup> :



$$t_c = T + \frac{x_1}{c} \dots\dots\dots (3-8)$$

dimana :

$t_c$  = waktu kritis ( $\mu s$ )

$T$  = waktu untuk mencapai harga puncak ( $\mu s$ )

$x_1$  = jarak vertikal antara puncak menara dan kawat fasa pada menara (m)

$c$  = kecepatan merambat gelombang

= 300 meter per mikrodetik

### **3.4.9 Tegangan pada Isolator ( $V_i$ )**

Besar tegangan yang timbul pada isolator transmisi tergantung pada kedua parameter kilat, yaitu puncak dan kecuraman kilat.

Tidak semua sambaran kilat dapat mengakibatkan lompatan api pada isolasi saluran. Demikian juga tidak semua lompatan api yang timbul dapat beralih menjadi busur api (*power arc*) yang mengakibatkan gangguan saluran (*line outage*).

Apakah akan terjadi lompatan api bila saluran disambar kilat tergantung dari besar tegangan yang timbul dan melebihi tegangan lompatan api kritis atau kekuatan impuls  $V_{50\%}$ .

Probabilitas beralihnya lompatan api impuls menjadi busur api tergantung dari sejumlah faktor termasuk daya sumber. Tetapi yang paling berpengaruh ialah intensitas medan yang ditimbulkan oleh tegangan kerja dalam kanal pelepasan impuls. Makin tinggi intensitas medan makin baik konduktivitas kanal pelepasan impuls dan makin tinggi probabilitas beralihnya lompatan api menjadi busur api, dan yang terakhir ini akan selalu mengakibatkan gangguan saluran (*Line Outage*).

Hubungan tegangan pada isolator dinyatakan dengan persamaan<sup>[3.159]</sup> :

$$\begin{aligned}
 V_i = & e_o \left(1 - K\right) \left(t_c - \frac{x_1}{c}\right) + \\
 & de_o \left(t_c - \frac{2h_1 - x_1}{c}\right) + de_o (h - Ka) \left(t_c - \frac{2h_1 + x_1}{c}\right) + \\
 & d^2 e_o \left(t_c - \frac{4h_1 - x_1}{c}\right) + d^2 e_o (b - Ka) \left(t_c - \frac{4h_1 - x_1}{c}\right) + \\
 & d^3 b^2 e_o \left(t_c - \frac{6h_1 - x_1}{c}\right) + d^3 b^2 e_o (b - Ka) \left(t_c - \frac{6h_1 + x_1}{c}\right) \quad (3-9)
 \end{aligned}$$

dengan syarat bahwa :

$$t_c - \frac{x_1}{c} > 0$$

$$t_c - \frac{2h_1 + x_1}{c} > 0$$

$$t_c - \frac{4h_1 \pm x_1}{c} > 0 \text{ dan seterusnya.}$$

Bila,  $t_c - \frac{4h_1 \pm x_1}{c} \leq 0$ , harganya dibuat  $-0$

#### 3. 4. 10 Tegangan Lompatan Api Kritis ( $V_{50\%}$ )

Lompatan api dianggap terjadi bila tegangan pada isolator  $V_i$  sama atau lebih besar dari tegangan lompatan api kritis. Tegangan lompatan api kritis ini diperoleh dari lengkung tegangan waktu (*volt time curve*) isolator yang bersangkutan, dapat dicari dengan persamaan<sup>[3.160]</sup> :

$$V_{50\%} = \left( K_1 + \frac{K_2}{t^{0.75}} \right) \times (10^3 \text{ kV}) \dots\dots\dots (3-10)$$

dimana :

$$K_1 = 0,4 \text{ W}$$

$$K_2 = 0,71 \text{ W}$$

W = panjang rentengan isolator (m)

t = waktu tembus atau waktu lompatan api isolator ( $\mu\text{s}$ )

### 3. 4. 11 Jumlah Sambaran Petir ( $N_L$ )

Jumlah sambaran petir  $N_L$  yang mungkin menyambar kawat transmisi dihitung dengan persamaan<sup>[3,160]</sup> :

$$N_L = 0,015IKL(a_{12} + 4h^{1,09}) \dots\dots\dots (3-11)$$

dimana :

$N_L$  = jumlah sambaran per 100 km per tahun

$a_{12}$  = jarak pemisah antara kedua kawat tanah (m)

h = tinggi rata-rata kawat tanah diatas tanah

$$= h_1 - \frac{2}{3} \text{ andongan}$$

IKL = jumlah hari guruh per tahun

### 3. 5 Tahanan Kaki Menara

Untuk melindungi kawat fasa terhadap sambaran langsung dari petir digunakan satu atau dua kawat tanah yang terletak diatas kawat fasa dengan sudut perlindungan lebih kecil  $18^\circ$ . Dengan demikian kemungkinan terjadinya loncatan api karena sambaran petir secara langsung dapat diabaikan. Kemungkinan terjadinya loncatan api balik (*back flashover*) karena sambaran kilat secara langsung pada puncak menara atau kawat tanah tetap masih ada, dan untuk menguranginya tahanan

kaki menara harus dibuat tidak melebihi 10 ohm. Tahanan kaki menara 10 ohm dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batang pengetanahan (*ground rod*) dan /atau sistem *counterpoise* tergantung dari tahanan jenis tanah dimana menara transmisi tersebut berada.

### **3. 5. 1 Pengaruh Tahanan Kaki Menara**

Tahanan kaki menara yang rendah mempunyai keuntungan-keuntungan :

- a. Mengurangi tegangan kawat tanah.
- b. Mengurangi tegangan kawat fasa.
- c. Mengurangi tegangan pada isolator.
- d. Memperpendek lama terjadinya tegangan yang berbahaya.

### **3. 5. 2 Menentukan Tahanan Kaki Menara**

Ada dua cara untuk menentukan besar tahanan kaki menara, yaitu :

1. Batang pengetanahan

Tahanan kaki menara dihitung dengan menggunakan persamaan<sup>[2,157]</sup> :

$$R = (\rho / 2\pi L) \ln(2L / d) \dots\dots\dots (3-12)$$

dimana :

- R = tahanan kaki menara (ohm)
- $\rho$  = tahanan jenis tanah (ohm-m)
- L = panjang dari batang pengetanahan (m)
- d = diameter batang pengetanahan (m)

Tahanan kaki menara akan berkurang dengan menambah panjang batang pengetanahan. Tetapi hubungan ini tidak langsung dan akan mencapai satu titik

dimana penambahan panjang batang pengetanahan hanya akan mengurangi tahanan kaki menara sedikit. Dalam hal ini batang pengetanahan paralel digunakan. Bila batang pengetanahan paralel digunakan, persamaan (3-14) tetap dapat digunakan untuk menghitung tahanan kaki menara, bila variabel "d" diubah menjadi "A" dan jari-jari batang pengetanahan sama. Harga A adalah kelipatan batang pengetanahan yang tergantung dari penempatan masing-masing batang pengetanahan sebagai berikut :

Penempatan :

- 2 batang diletakkan dimana saja  $A = \sqrt{ar}$
- 3 batang diletakkan membentuk segitiga  $A = \sqrt[3]{a^2r}$
- 4 batang diletakkan membentuk segiempat  $A = \sqrt[4]{2\frac{1}{2}a^3r}$

dimana :

- r = jari-jari dari masing-masing batang pengetanahan (harus sama)
- a = jarak antara batang pengetanahan

## 2. Counterpoise

Untuk daerah-daerah yang mempunyai lapisan tanah yang keras dan berbatu-batu atau daerah yang tahanan jenis tanahnya tinggi, batang pengetanahan tidak praktis digunakan. Bilamana digunakan sistem *counterpoise*, tahanan kaki menara secara teoritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan<sup>[2,158]</sup> :

$$R = \sqrt{r\rho} \cdot \cotan(L\sqrt{r\rho}) \dots\dots\dots (3-13)$$

dimana :

- L = panjang kawat (m)

$\rho$  = tahanan jenis tanah (ohm-m)

$r$  = tahanan kawat (ohm/m)

Ketika surja petir mencapai *counterpoise*, tahanan efektif *counterpoise* tersebut permulaannya tinggi (sekitar 150 ohm). Tahanan mula ini adalah impedansi surja dari *counterpoise*. Pada saat surja merambah sepanjang kawat, tahanannya menurun sampai suatu harga yang tetap yang diberikan oleh persamaan diatas.

Tujuan disain *counterpoise* adalah mencapai tahanan yang tetap dari *counterpoise* sebelum tegangan pada puncak menara mencapai tingkat loncatan api dari isolator. Panjang minimum *counterpoise*, dapat dihitung dengan persamaan<sup>[2,158]</sup>:

$$L = \sqrt{\frac{\rho}{r}} \cotan^{-1} \left[ R / \sqrt{r\rho} \right] \dots\dots\dots (3-14)$$

Bila *counterpoise* terlalu panjang, 2 atau lebih kawat dapat digunakan dalam *counterpoise*, sampai tahanan 10 ohm yang diinginkan diperoleh.

## **BAB IV**

### **ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA *BACK FLASHOVER* AKIBAT SAMBARAN PETIR**

#### **4.1 Data Teknis Saluran Transmisi 150 KV**

1. Panjang saluran :

Sengkaling – Kebon Agung = 15,098 km (49 Menara)

2. Konduktor :

a. Bahan konduktor = ACSR/HAWK

b. Spesifikasi konduktor

- Ukuran nominal = 240 mm<sup>2</sup>

- Jumlah / diameter dalam :

Alumunium = 30/3,2 mm

Baja = 7/3,2 mm

- Diameter luar :

Alumunium = 22,4 mm

Baja = 9,6 mm

- Andongan = 6 m

3. Panjang span rata-rata

G.I Sengkaling – G.I Kebon Agung = 350 m

4. Kawat tanah :

a. Bahan = Galvanisasi berlilit

b. Spesifikasi :

- Ukuran nominal            – 55 mm<sup>2</sup>
- Jumlah / diameter dalam = 7/3,2 mm
- Diameter luar               – 9,6 mm

5. Isolator gantung :

- Type isolator   = ball socket
- Bahan isolator  – porselin
- Jumlah string  = 12
- Panjang         = 1,75 m

6. Menara transmisi

Jenis-jenis menara yang dipakai pada saluran transmisi 150 KV antara G. I Sengkaling - G. I Kebon Agung dapat dilihat pada lampiran.

Untuk analisa data lapangan dipilih salah satu menara antara G. I Sengkaling – G. I Kebon Agung yaitu menara no. 44. Alasannya adalah :

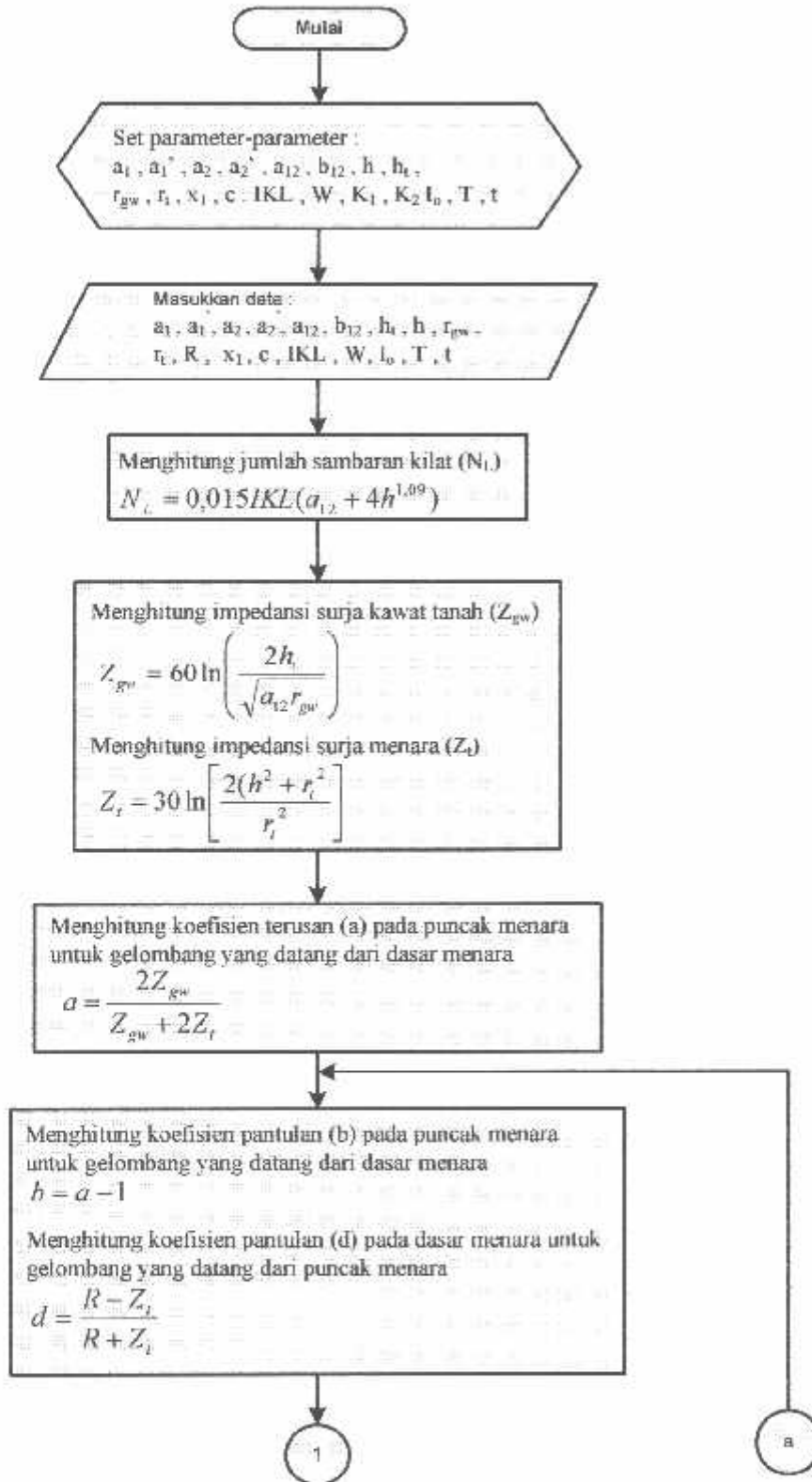
- Menara yang digunakan jenisnya double suspension.
- Menara dibangun pada kondisi tanah yang basah (daerah persawahan).
- Terletak pada daerah yang cukup tinggi dibandingkan daerah lainnya.

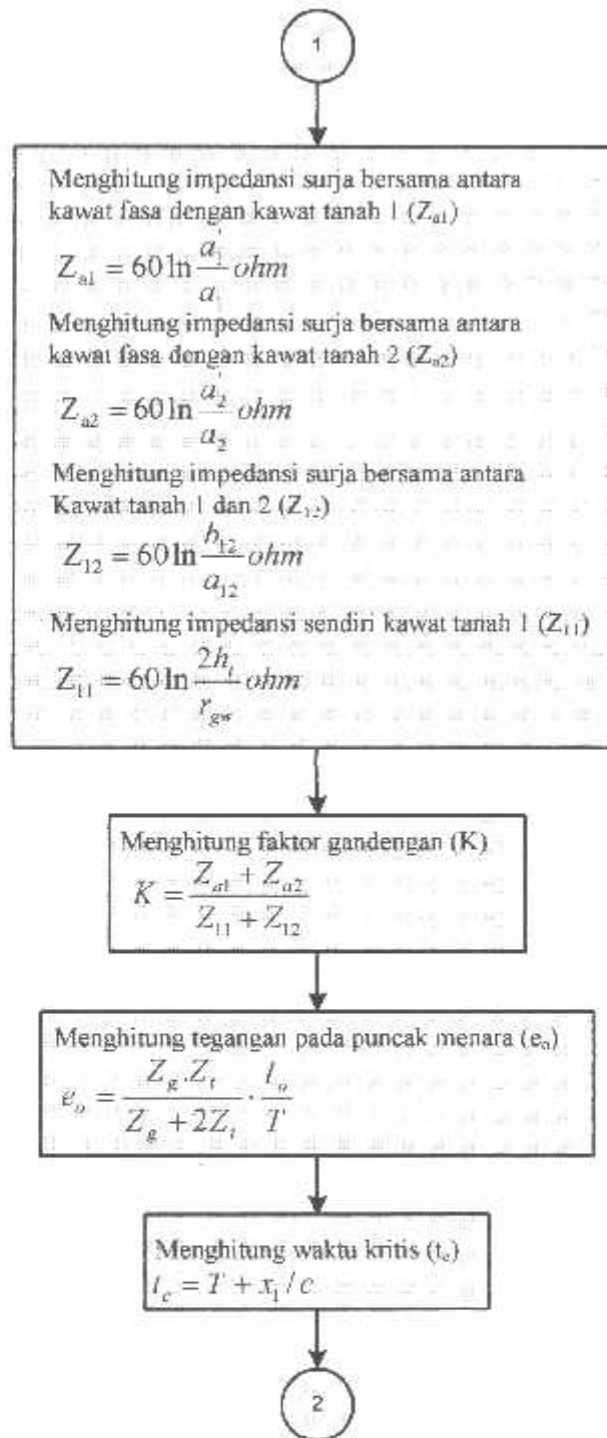
7. Tahanan kaki menara rata-rata antara Sengkaling – Kebon Agung = 1,9 ohm.

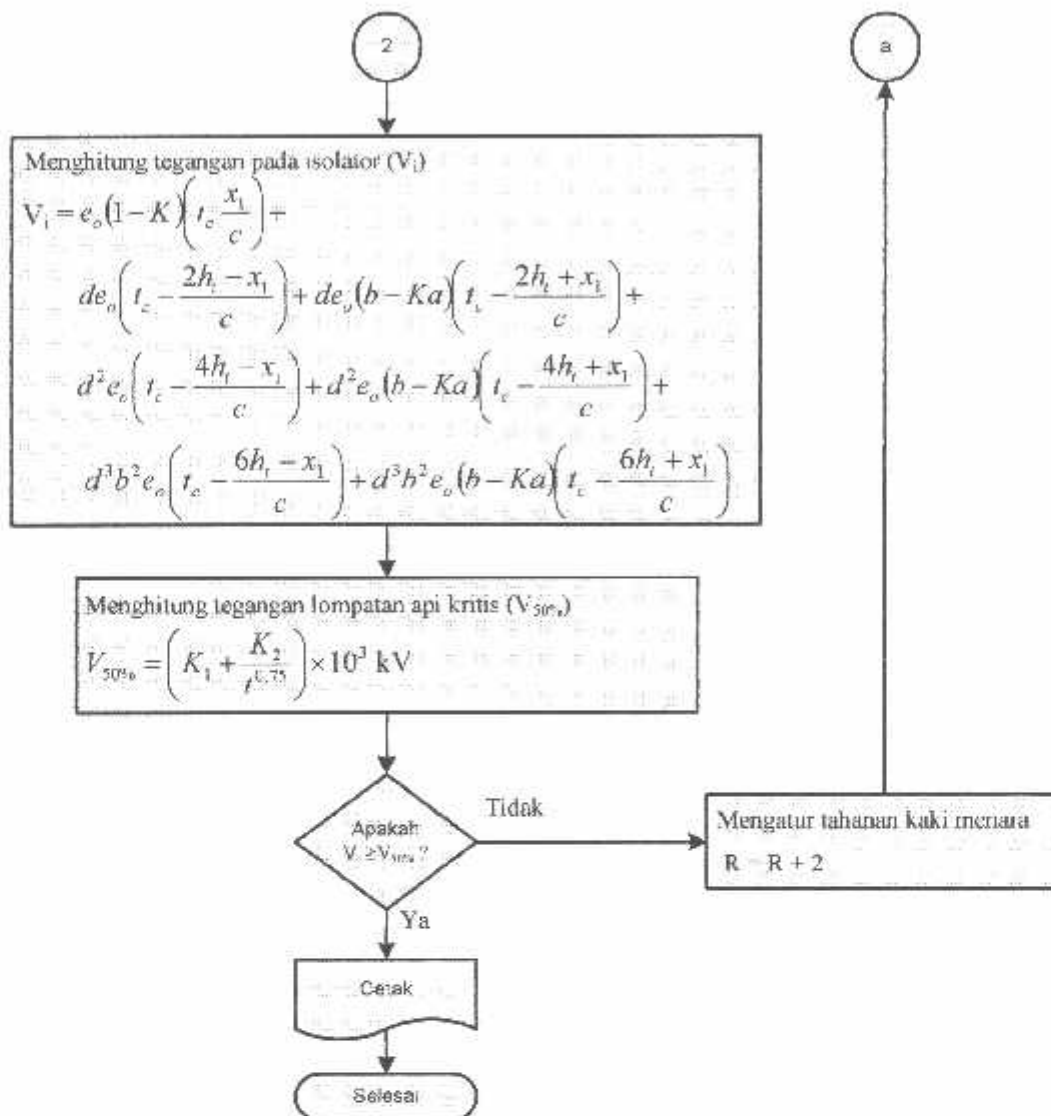
8. Tahanan kaki menara pada tower no. 44 = 1,2 ohm.



#### 4.2 Flowchart Penyelesaian Masalah







#### 4.3 Analisis Data Dengan Tahanan Kaki Menara 1,2 Ohm

Langkah-langkah perhitungan berikut ini adalah untuk menganalisis kemungkinan terjadinya *back flashover* pada menara no. 44 antara G.I Sengkaling – G.I Kebon Agung karena sambaran petir dengan besar tahanan kaki menara 1,2 ohm.

##### 4.3.1 Jumlah Sambaran Petir

Untuk menghitung jumlah sambaran petir dapat dihitung dengan persamaan

(3-11):

$$N_L = 0,015IKL(a_{12} + 4h^{1,09})$$

dengan :

$$IKL = 80 \text{ hari guruh per tahun}$$

$$a_{12} = 7 \text{ m}$$

$$h = h_t - 2/3 \text{ andongan}$$

$$= 33,3 - (2/3 \times 6)$$

$$= 29,3 \text{ m}$$

maka :

$$N_L = (0,015)(80)(7 + (4)(29,3^{1,09}))$$

$$N_L = 199 \text{ sambaran / 100 km / tahun}$$

##### 4.3.2 Impedansi Surja Kawat Tanah ( $Z_{gw}$ )

Untuk saluran transmisi dengan menggunakan dua kawat tanah dipakai persamaan (3-2) :

$$Z_{gw} = 60 \ln \left( \frac{2h_t}{\sqrt{a_{12} r_{gw}}} \right) \text{ ohm}$$

dimana :

$$h_t = 33,3 \text{ m}$$

$$r_{gw} = 4,8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$a_{12} = 7 \text{ m}$$

maka :

$$Z_{gw} = 60 \ln \left( \frac{2 \times 33,3}{\sqrt{7 \times (4,8 \times 10^{-3})}} \right)$$

$$Z_{gw} = 353,72 \text{ ohm}$$

#### **4.3.3 Impedansi Surja Menara ( $Z_i$ )**

Untuk saluran transmisi sirkuit ganda dipakai persamaan (3-3) :

$$Z_i = 30 \ln \left[ \frac{2(h^2 + r_i^2)}{r_i^2} \right] \text{ ohm}$$

dimana :

$$h = 33,3 \text{ m}$$

$$r_i = 5 \text{ m}$$

maka :

$$Z_i = 30 \ln \left[ \frac{2(33,3^2 + 5^2)}{5^2} \right] \text{ ohm}$$

$$Z_i = 135,23 \text{ ohm}$$

#### **4.3.4 Koefisien Transmisi Atau Terusan ( $\alpha$ ) Pada Puncak Menara Untuk Gelombang Yang Datang Dari Dasar Menara**

Untuk mencari koefisien terusan ( $\alpha$ ) pada puncak menara untuk gelombang yang datang dari dasar menara menggunakan persamaan (3-4) :

$$a = \frac{2Z_g}{Z_g + 2Z_t}$$

dimana :

$$Z_{gw} = 353,72 \text{ ohm}$$

$$Z_t = 135,23 \text{ ohm}$$

maka :

$$a = \frac{2 \times 353,72}{353,72 + (2 \times 135,23)}$$

$$a = 1,13$$

#### **4.3.5 Koefisien Refleksi (b) Pada Puncak Menara Untuk Gelombang Yang Datang Dari Dasar Menara**

Untuk mencari koefisien refleksi (b) pada puncak menara untuk gelombang yang datang dari dasar menara menggunakan persamaan (3-5) :

$$b = a - 1$$

dimana :

$$a = 1,13$$

maka :

$$b = 1,13 - 1$$

$$b = 0,13$$

#### **4.3.6 Koefisien Pantulan (d) Pada Dasar Menara Untuk Gelombang Yang Datang Dari Puncak Menara**

Untuk mencari koefisien pantulan (d) pada puncak menara untuk gelombang yang datang dari puncak menara menggunakan persamaan (3-6) :

$$d = \frac{R - Z_1}{R + Z_1}$$

dimana :

$$R = 1,2 \text{ ohm}$$

$$Z_1 = 135,23 \text{ ohm}$$

Maka :

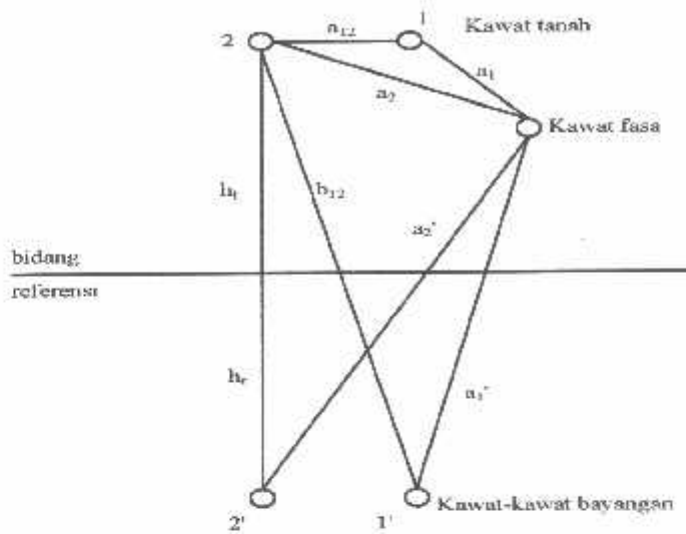
$$d = \frac{1,2 - 135,23}{1,2 + 135,23}$$

$$d = -0,98$$

#### **4.3.7 Faktor Gandengan (K)**

Untuk menghitung faktor gandingan antara kawat tanah dan kawat fasa yang paling bawah dipakai persamaan (3-1) :

$$K = \frac{Z_{a1} + Z_{a2}}{Z_{11} + Z_{12}}$$



**Gambar 4-1**  
**Jarak kawat tanah dan kawat fasa**

dimana :

$$a_1 = 13,56 \text{ m}$$

$$a_2 = 15,26 \text{ m}$$

$$a_{12} = 7 \text{ m}$$

$$h_r = 33,3 \text{ m}$$

$$a_1' = 64,45 \text{ m}$$

$$a_2' = 64,83 \text{ m}$$

$$a_{12}' = 65,86 \text{ m}$$

$$r_{gw} = 4,8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

dengan :

$$Z_{a1} = 60 \ln \frac{a_1'}{a_1} \text{ ohm}$$

$$= 60 \ln \frac{64,45}{13,56}$$

$$= 93,52 \text{ ohm}$$

$$Z_{a2} = 60 \ln \frac{a_2'}{a_2} \text{ ohm}$$

$$= 60 \ln \frac{64,83}{15,26}$$

$$= 86,79 \text{ ohm}$$

$$Z_{11} = 60 \ln \frac{2h_r}{r_{gw}} \text{ ohm}$$

$$= 60 \ln \frac{2(33,3)}{4,8 \times 10^{-3}}$$

$$Z_{12} = 60 \ln \frac{h_{12}}{a_{12}} \text{ ohm}$$

$$= 60 \ln \frac{65,86}{7}$$



$$= 572,27 \text{ ohm}$$

$$= 134,49 \text{ ohm}$$

maka :

$$K = \frac{93,52 + 86,79}{572,27 + 134,49}$$

$$K = 0,25$$

#### 4.3.8 Tegangan Puncak Menara ( $e_o$ )

Tegangan puncak menara dapat dihitung dengan persamaan (3-7) :

$$e_o = \frac{Z_{gw} Z_i}{Z_{gw} + 2Z_i} \frac{I_o}{T} \text{ kV}$$

dimana :

$$Z_{gw} = 353,72 \text{ ohm}$$

$$Z_i = 135,23 \text{ ohm}$$

maka :

$$e_o = \frac{353,72 \times 135,23}{353,72 + (2 \times 135,23)} \frac{I_o}{T}$$

$$e_o = 76,63 \frac{I_o}{T} \text{ KV}$$

#### 4.3.9 Waktu Kritis ( $t_c$ )

Waktu kritis saat tegangan pada puncak menara berkurang secara mendadak

karena gelombang pantulan negatif dihitung dengan persamaan (3-8) :

$$t_c = T + \frac{x_i}{c} \mu\text{s}$$

dimana :

$$x_i = 13,55 \text{ m}$$

$$c = 300 \text{ m}/\mu\text{s}$$

T = waktu untuk mencapai harga puncak ( $\mu\text{s}$ )

maka :

$$\begin{aligned} t_c &= T + \frac{13,55}{300} \\ &= T + 0,045 \end{aligned}$$

Selanjutnya dari tabel (2-3) :

$$T = 0,5 \mu\text{s} \quad \sim \quad t_c = 0,545 \mu\text{s}$$

$$T = 1,0 \mu\text{s} \quad \sim \quad t_c = 1,045 \mu\text{s}$$

$$T = 1,5 \mu\text{s} \quad \sim \quad t_c = 1,545 \mu\text{s}$$

$$T = 2,0 \mu\text{s} \quad \sim \quad t_c = 2,045 \mu\text{s}$$

#### 4.3.10 Perhitungan Tegangan Pada Isolator

Tegangan pada isolator dihitung dengan menggunakan persamaan (3-9) :

$$\begin{aligned} V_i &= e_o(1-K)\left(t_c - \frac{x_1}{c}\right) + \\ &de_o\left(t_c - \frac{2h_1 - x_1}{c}\right) + de_o(b - Ka)\left(t_c - \frac{2h_1 + x_1}{c}\right) + \\ &d^2be_o\left(t_c - \frac{4h_1 - x_1}{c}\right) + d^2be_o(b - Ka)\left(t_c - \frac{4h_1 + x_1}{c}\right) + \\ &d^3b^2e_o\left(t_c - \frac{6h_1 - x_1}{c}\right) + d^3b^2e_o(b - Ka)\left(t_c - \frac{6h_1 + x_1}{c}\right) \end{aligned}$$

dimana :

$$K = 0,25$$

$$d = -0,98$$

$$a = 1,13$$

$$x_1 = 13,55 \text{ m}$$

$$b = 0,13$$

$$h_t = 33,3 \text{ m}$$

$$c = 300 \text{ m}/\mu\text{s}$$

$$e_o = 76,63 \frac{I_o}{I} \text{ KV}$$

maka :

$$1 - K = 0,75$$

$$b - Ka = -0,1525$$

$$d^2 b = 0,1248$$

$$d^3 b^2 = -0,016$$

$$\frac{x_1}{c} = 0,0452$$

$$\frac{2h_t - x_1}{c} = 0,1768$$

$$\frac{2h_t + x_1}{c} = 0,2672$$

$$\frac{4h_t - x_1}{c} = 0,3988$$

$$\frac{4h_t + x_1}{c} = 0,4892$$

$$\frac{6h_t - x_1}{c} = 0,6208$$

$$\frac{6h_t + x_1}{c} = 0,7112$$

Untuk  $T = 0,5 \mu\text{s} \sim t_c = 0,545 \mu\text{s}$

Maka :

$$t_c - \frac{x_1}{c} = 0,4998$$

$$t_c - \frac{2h_t - x_1}{c} = 0,3682$$

$$t_c - \frac{2h_t + x_1}{c} = 0,2778$$

$$t_c - \frac{4h_t - x_1}{c} = 0,1462$$

$$t_c - \frac{4h_t + x_1}{c} = 0,0558$$

$$t_c - \frac{6h_t - x_1}{c} = -0,0758 \sim 0$$

$$t_c - \frac{6h_t + x_1}{c} = -0,1662 \sim 0$$

Untuk arus puncak petir ( $I_0$ ) = 20 kA

$$e_p = \frac{76,63 \times 20}{0,5} = 4597,8$$

Jadi :

$$\begin{aligned} V_i = & (4597,8)(0,75)(0,4998) \\ & + (-0,98)(4597,8)(0,3682) + (-0,98)(4597,8)(-0,1525)(0,2778) \\ & + (0,1248)(4597,8)(0,1462) + (0,1248)(4597,8)(-0,1525)(0,0558) \\ & + (-0,016)(4597,8)(0) + (-0,016)(4597,8)(-0,1525)(0) \end{aligned}$$

$$V_i = 334,3 \text{ kV}$$

Selanjutnya untuk besar arus puncak kilat yang lain ( $I_0$ ) pada tabel 2-2 dan waktu untuk mencapai harga puncak (T) pada tabel 2-3 dapat dilihat besar tegangan pada isolator pada tabel 4-1.

#### 4. 3. 11 Tegangan Lompatan Api Kritis ( $V_{50\%}$ )

Untuk menentukan tegangan lompatan api kritis pada isolator digunakan persamaan (3-10) :

$$V_{50\%} = \left( K_1 + \frac{K_2}{t^{0,75}} \right) \times (10^3 \text{ kV})$$

dimana :

$$K_1 = 0,4 \text{ W}$$

$$K_2 = 0,71 \text{ W}$$

$$W = 1,75 \text{ m}$$

maka untuk  $t = 0,5 \mu\text{s}$  :

$$V_{50\%} = \left( (0,4 \times 1,75) + \frac{(0,71 \times 1,75)}{0,5^{0,75}} \right) \times (10^3 \text{ kV})$$

$$V_{50\%} = 2789,63 \text{ kV}$$

Untuk waktu tembus atau lompatan api (t) yang lainnya dapat dilihat pada tabel 4-1.

**Tabel 4-1**  
**Hasil Perhitungan Gangguan Petir**  
**Pada Menara (R=1,2 ohm)**

T (μs)	Seringnya Terjadi (%)	I <sub>0</sub> (kA)	V <sub>i</sub> (kV)	V <sub>50%</sub> (kV)	Probabilitas Gangguan
0,5	36	20	343,3	2789,63	-
0,5	34	40	567,0		-
0,5	20	60	671,1		-
0,5	8	80	790,7		-
0,5	2	100	1014,4		-
1	36	20	122,1	1942,5	-
1	34	40	244,1		-
1	20	60	366,2		-
1	8	80	488,2		-
1	2	100	610,3		-
1,5	36	20	87,3	1616,7	-
1,5	34	40	174,7		-
1,5	20	60	262,0		-
1,5	8	80	349,4		-
1,5	2	100	436,7		-
2	36	20	69,9	1438,79	-
2	34	40	139,9		-
2	20	60	209,9		-
2	8	80	279,9		-
2	2	100	349,9		-

Keterangan :

T = waktu untuk mencapai harga puncak (μs)

I<sub>0</sub> = Besar arus puncak petir (kA)

V<sub>i</sub> = Tegangan pada isolator (kV)

V<sub>50%</sub> = Tegangan lompatan api kritis (kV)

Dari hasil perhitungan yang diperoleh pada tabel 4-1 diperoleh bahwa tegangan pada isolator ( $V_i$ ) lebih kecil dari tegangan lompatan api kritis ( $V_{50\%}$ ) sehingga kemungkinan terjadinya locatan api balik (*back flashover*) pada isolator cenderung tidak terjadi atau tidak terjadi sama sekali.

Jadi tahanan kaki menara pada menara nomor 44 di SUTT antara G.I Sengkaling dan G.I Kebon Agung yang besarnya 1,2 ohm sudah efektif, sehingga apabila terjadi sambaran petir kawat tanah atau menara transmisi maka tegangan yang timbul karena adanya arus surja petir dan adanya tahanan kaki menara masih dapat ditahan oleh isolator-isolator tersebut.

#### **4.4 Analisis Data Dengan Perubahan Tahanan Kaki Menara**

Untuk melakukan analisis pengaruh tahanan kaki menara terhadap kemungkinan terjadinya *back flashover* karena sambaran petir maka perlu dilakukan perubahan terhadap besar tahanan kaki menara. Perhitungan akan dilakukan sampai diperoleh besaran tertentu dari tahanan kaki menara yang menyebabkan terjadinya lompatan api balik.

Untuk melakukan perhitungan dalam perubahan besar tahanan kaki menara ini digunakan program Visual Basic. Hasil perhitungannya dapat dilihat dari tabel 4-2.

**Tabel 4-2**

Perubahan Tegangan Pada Isolator (V) Terhadap Arus Petir (Io) (T=0,5 mikro detik)

Io	V/(R=2)	V/(R=4)	V/(R=6)	V/(R=8)	V/(R=10)	V/(R=12)	V/(R=14)	V/(R=15)	V/(R=18)	V/(R=20)
20	0226,1591	0250,3698	0274,5375	0298,9169	0322,3179	0346,1604	0367,4636	0389,2453	0410,5235	0431,3146
40	0450,3182	0500,7376	0549,8750	0597,8309	0644,6369	0690,2809	0734,9270	0779,4907	0821,6470	0862,6293
60	0675,4773	0741,0765	0824,8125	0898,7909	0966,9636	1035,5413	1102,2905	1167,7360	1231,5705	1293,9439
80	0900,6365	1001,4353	1099,7500	1196,8678	1289,2718	1380,8418	1469,8540	1556,9814	1642,0939	1725,2686
100	1125,7956	1251,7941	1374,6976	1494,5947	1611,5997	1725,9022	1837,3174	1946,2867	2052,5174	2156,5732

Perubahan Tegangan Pada Isolator (V) Terhadap Arus Petir (Io) (T=1 mikro detik)

Io	V/(R=2)	V/(R=4)	V/(R=6)	V/(R=8)	V/(R=10)	V/(R=12)	V/(R=14)	V/(R=16)	V/(R=18)	V/(R=20)
20	0126,1027	0153,2388	0179,7362	0205,6145	0230,8384	0255,6073	0279,7609	0303,3777	0326,4757	0349,0720
40	0252,2053	0306,4775	0359,4703	0411,2290	0461,7968	0511,2146	0559,5217	0606,7564	0652,9515	0698,1440
60	0378,3080	0459,7163	0539,2055	0616,8435	0692,6961	0766,8219	0839,2825	0910,1331	0979,4272	1047,2160
80	0504,4107	0612,9650	0718,9407	0822,4581	0923,5935	1022,4291	1119,0433	1213,5108	1305,9030	1396,2880
100	0630,5133	0766,1938	0898,6793	1028,0726	1154,4919	1278,0364	1398,8042	1516,8885	1632,3787	1745,3600

Perubahan Tegangan Pada Isolator (V) Terhadap Arus Petir (Io) (T=1,5 mikro detik)

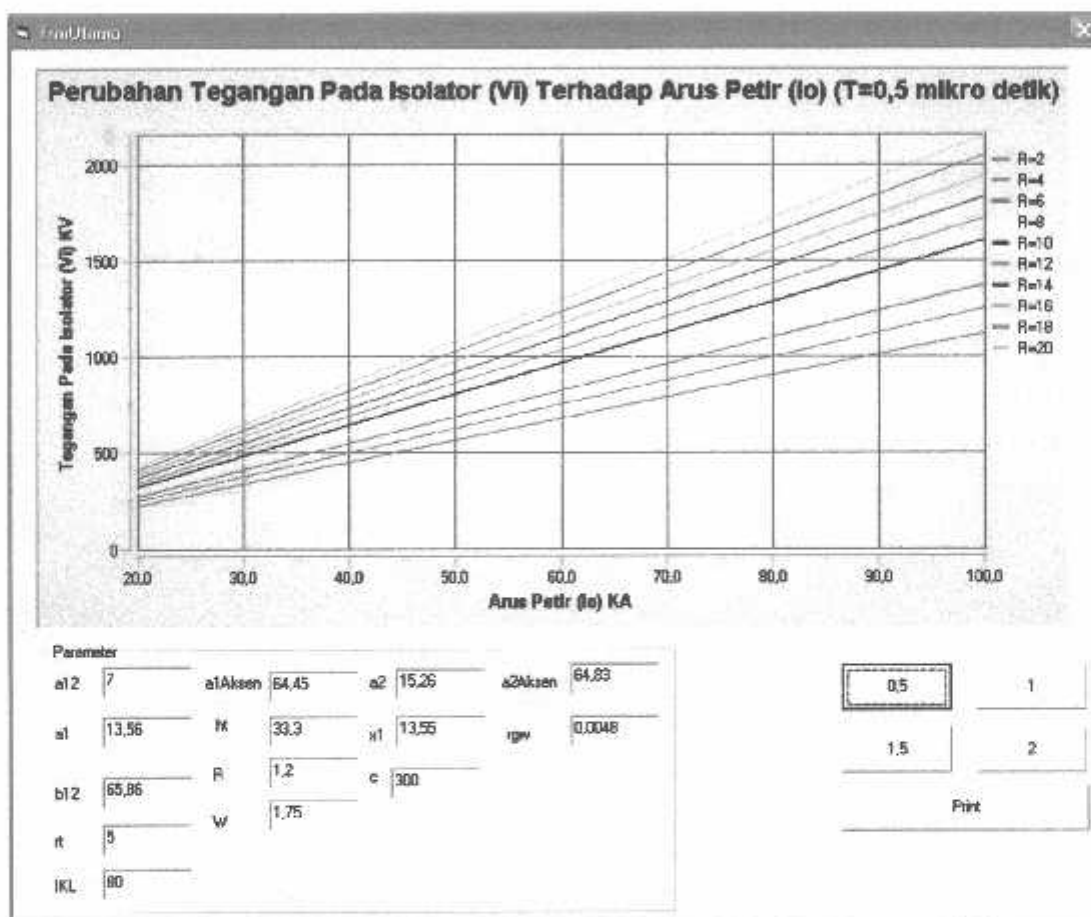
Io	V/(R=2)	V/(R=4)	V/(R=6)	V/(R=8)	V/(R=10)	V/(R=12)	V/(R=14)	V/(R=16)	V/(R=18)	V/(R=20)
20	0093,0838	0120,8664	0148,0010	0174,5137	0200,4262	0225,7562	0250,5266	0274,7562	0298,4598	0321,6678
40	0186,1677	0241,7308	0296,0021	0349,0274	0400,8504	0451,5125	0501,0632	0549,5103	0596,9197	0643,3155
60	0279,2515	0362,5962	0444,0031	0523,5411	0601,2756	0677,2687	0751,5798	0824,2665	0895,3795	0964,9733
80	0372,3364	0483,4616	0592,0042	0698,0548	0801,7007	0903,0749	1002,1065	1099,0206	1193,8393	1286,6311
100	0465,4192	0604,3270	0740,0052	0872,5695	1002,1269	1128,7812	1252,6391	1373,7758	1492,2991	1608,2889

Perubahan Tegangan Pada Isolator (V) Terhadap Arus Petir (Io) (T=2 mikro detik)

Io	V/(R=2)	V/(R=4)	V/(R=6)	V/(R=8)	V/(R=10)	V/(R=12)	V/(R=14)	V/(R=16)	V/(R=18)	V/(R=20)
20	0076,5744	0104,6797	0132,1340	0159,9633	0186,1886	0210,8607	0235,9995	0260,4439	0284,4519	0307,9607
40	0153,1489	0209,3675	0264,2680	0317,9265	0370,3772	0421,6614	0471,8190	0520,8878	0568,9037	0615,9013
60	0229,7233	0314,0362	0396,4020	0476,8999	0555,6958	0632,4921	0707,2965	0781,3316	0853,3656	0923,8520
80	0306,2977	0418,7149	0529,6390	0639,8932	0740,7544	0843,3228	0949,6390	1041,7765	1137,8075	1231,8026
100	0382,8722	0523,3937	0660,6700	0794,8185	0925,9429	1054,1535	1179,5475	1302,2194	1422,2593	1539,7533

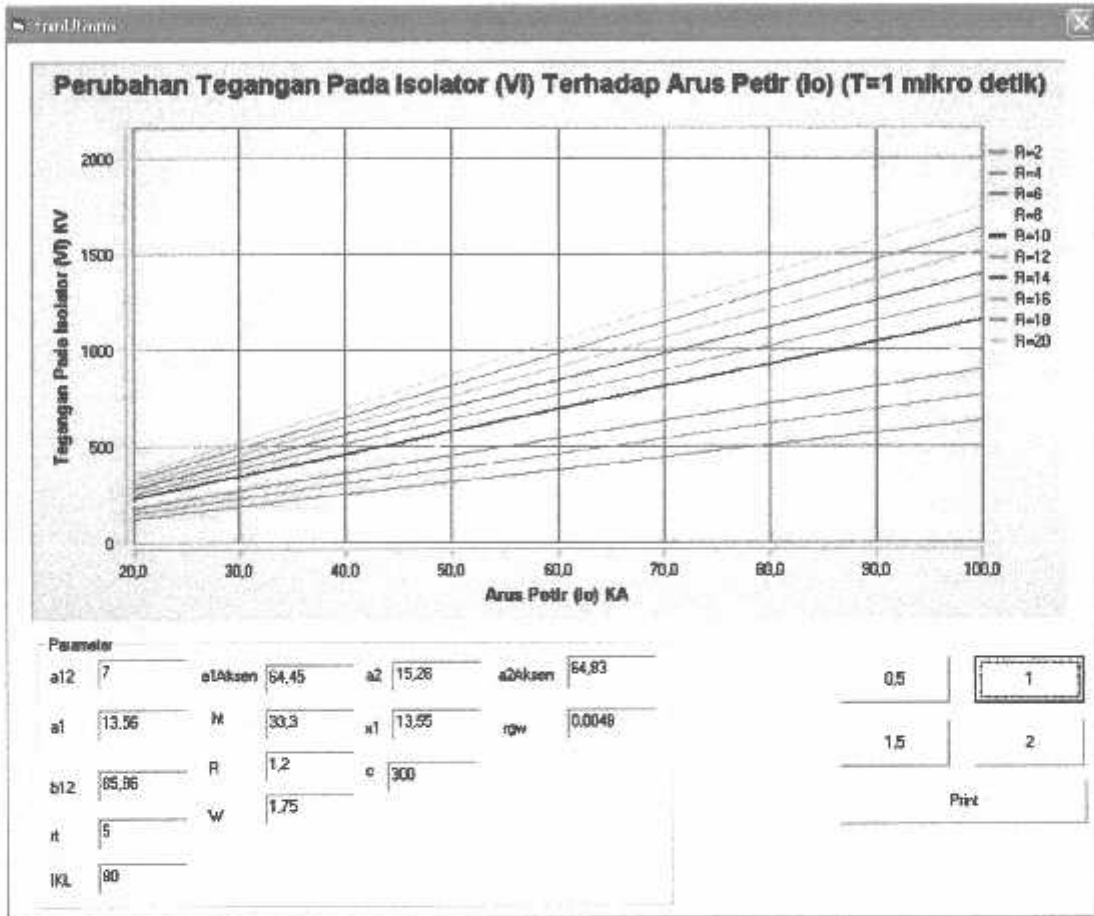
Sedangkan untuk grafik perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ ) adalah sebagai berikut.

**Grafik 4-1**  
**Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ )**  
**dengan  $T = 0,5$  mikrodetik**

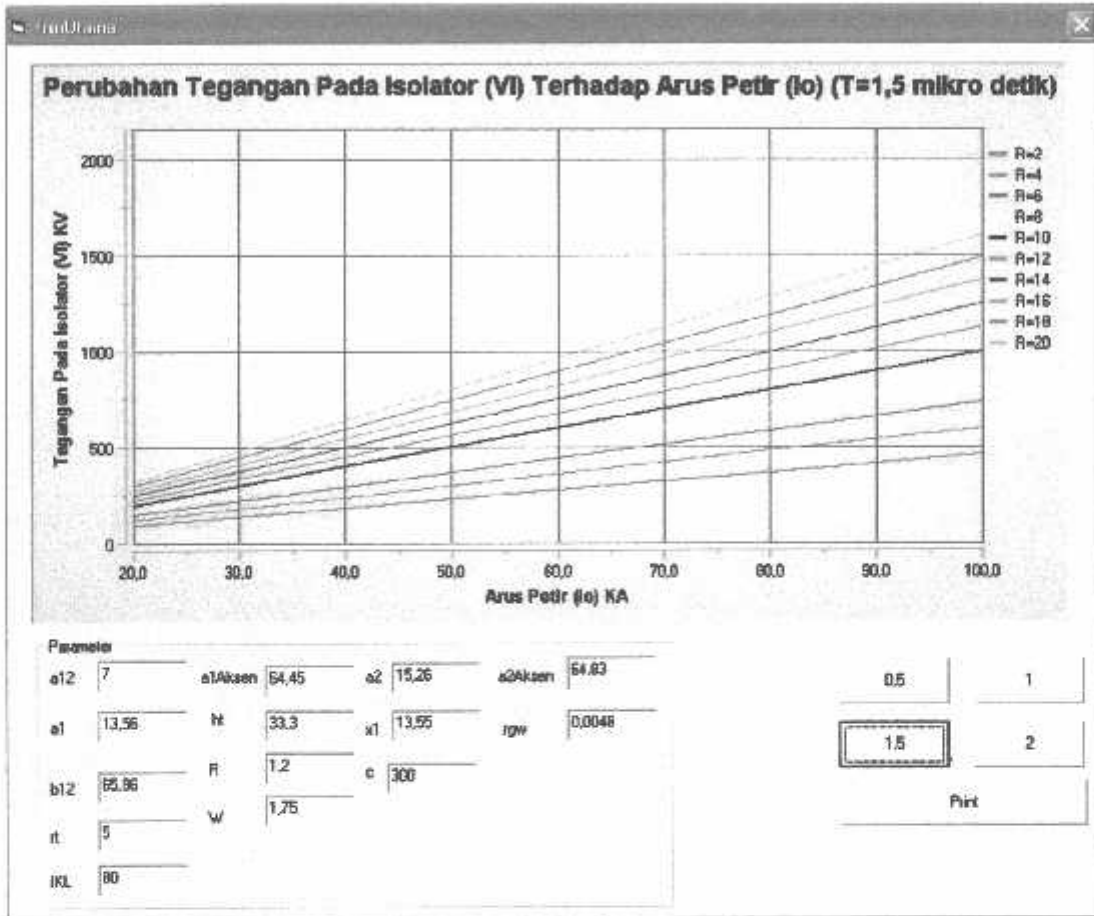




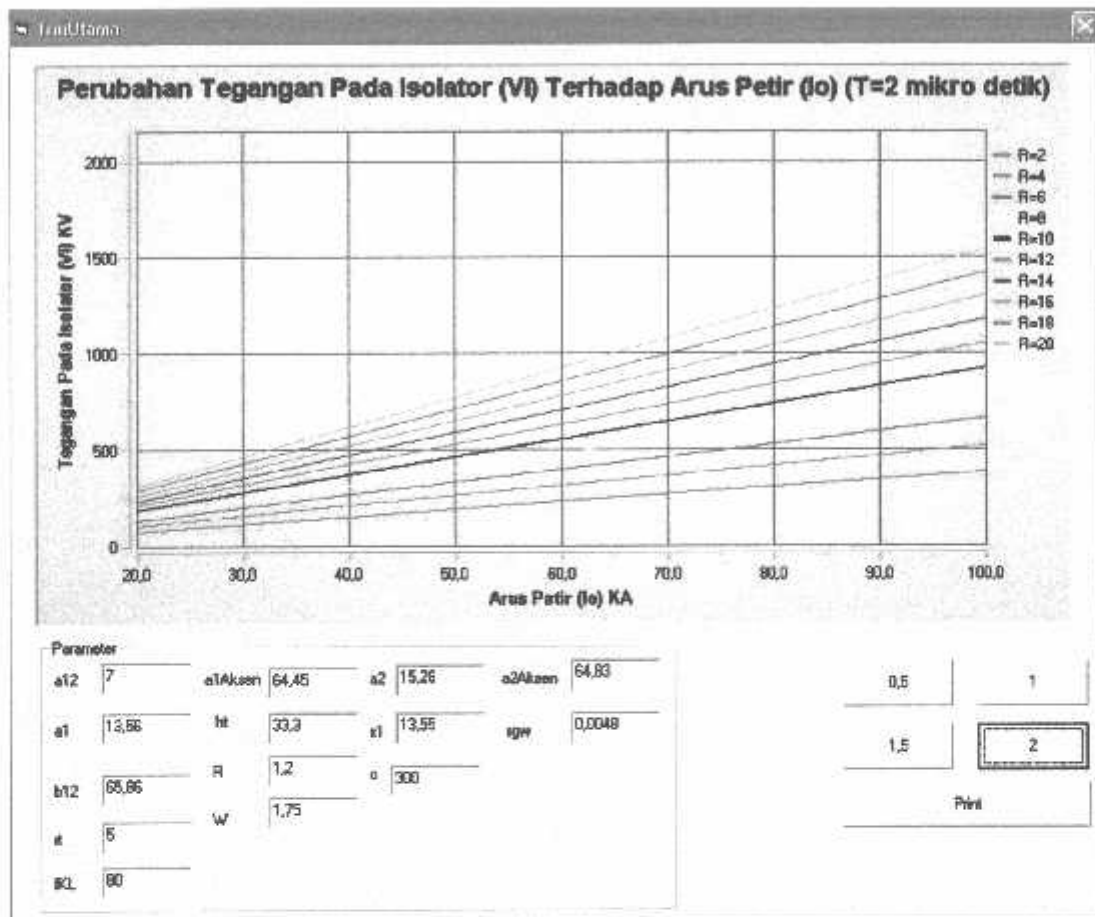
**Grafik 4-2**  
**Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ ) dengan  $T = 1$  mikrodetik**



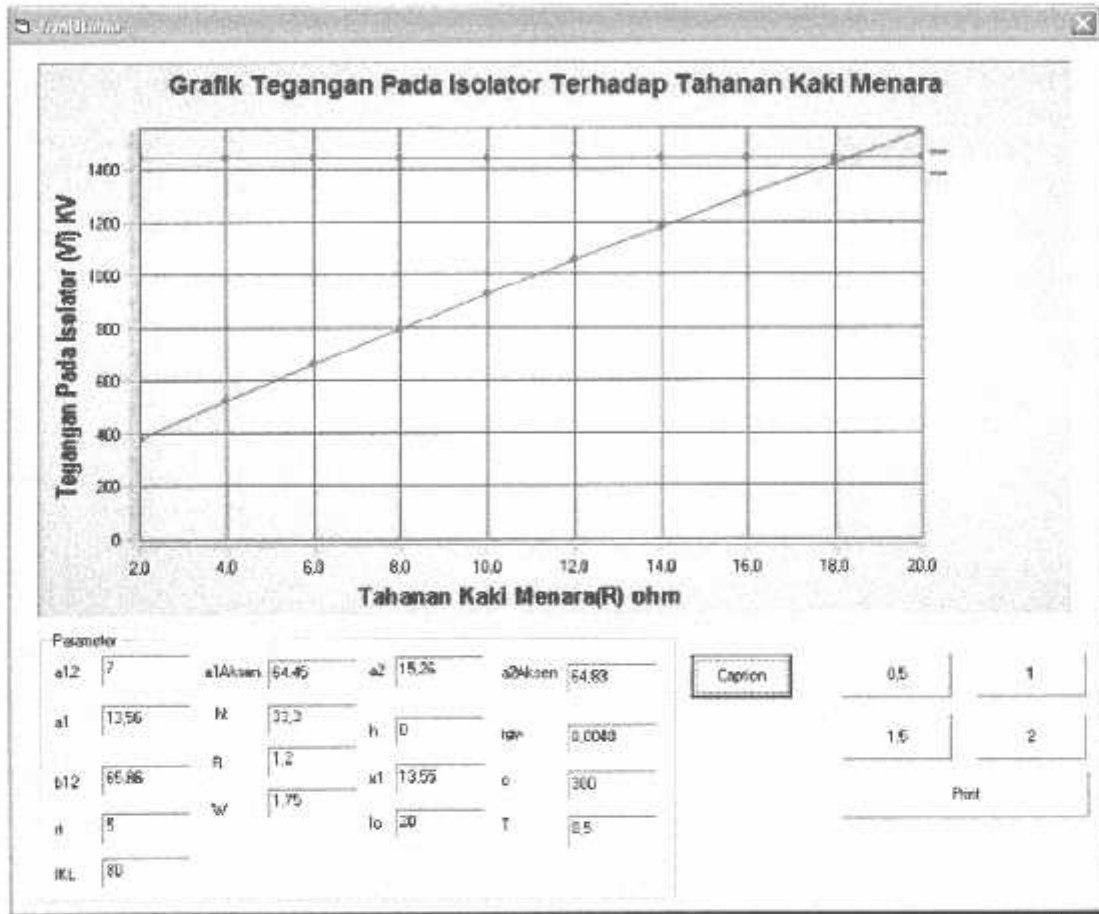
**Grafik 4-3**  
**Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ )**  
**dengan  $T = 1,5$  mikrodetik**



**Grafik 4-4**  
**Perubahan tegangan pada isolator ( $V_i$ ) terhadap arus petir ( $I_o$ )**  
**dengan  $T = 2$  mikrodetik**



**Grafik 4-5**  
**Perubahan tegangan pada isolator (Vi) terhadap tahanan kaki menara (R) dengan T = 2 mikrodetik**



Dari tabel yang diperoleh kemungkinan terjadinya back flashover karena sambaran petir pada menara adalah pada tahanan kaki menara sebesar 20 ohm yang dicapai pada waktu 2 mikrodetik dengan arus petir sebesar 100 kA.

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakain besar tahanan kaki menara akan menambah besar dari tegangan pada isolator ( $V_i$ ). Dengan semakin besarnya tegangan pada isolator ( $V_i$ ) maka akan melampaui besar tegangan lompatan api kritis  $V_{50\%}$ .

Tahanan kaki menara yang berada di bawah 20 ohm adalah aman dari gangguan sambaran petir pada kawat tanah atau menara dengan ketentuan spesifikasi teknis pada menara no. 44 antara G.I Sengkaling – G.I Kebon Agung tersebut.

## BAB V

### KESIMPULAN

Dari seluruh pembahasan Analisis Pengaruh Tahanan Kaki Menara Terhadap Kemungkinan Terjadinya *Back Flashover* Karena Sambaran Petir pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV antara G.I Sengkaling – G.I Kebon Agung dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tahanan kaki menara pada tower no. 44 adalah sebesar 1,2 ohm. Dari hasil analisa tahanan kaki menara sebesar 1,2 ohm ini sudah efektif dan tidak akan menimbulkan lompatan api balik. Ini terbukti dengan besarnya tegangan isolator  $V_i$  lebih kecil dari tegangan lompatan api kritis  $V_{50\%}$ . Lompatan api akan timbul bila tegangan pada isolator  $V_i$  sama atau lebih besar dari tegangan lompatan api  $V_{50\%}$ .
2. Kemungkinan terjadinya *back flashover* karena sambaran petir pada menara adalah didapatkan pada tahanan kaki menara sebesar 20 ohm yang dicapai pada waktu 2 mikrodetik dengan arus petir sebesar 100 kA Dengan besarnya ( $V_i = 1539,7533 \text{ kV} \geq (V_{50\%} = 1438,79 \text{ kV})$ ).

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Dr. A. Arismunandar, Dr. S. Kuwahara, "Teknik Tenaga Listrik jilid II", Pradnya Paramitha, Jakarta, 2004
  - [2] Ir. T.S. Hutauruk, M.E.E, "Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan", Erlangga, Jakarta, 1999.
  - [3] Ir. T.S. Hutauruk, M.E.E, "Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja, Erlangga, Jakarta, 1989.
  - [4] Ir. Setyo Saksomo, Diktat Kuliah "Proteksi Sistem Tenaga Listrik", Universitas Brawijaya Malang.
  - [5] Ade Rahmat, Abdul Syakur, Joko Windarto, "Evaluasi Unjuk Kerja Saluran Transmisi 150 KV Terhadap Sambaran Petir", proceeding Teknik Tegangan Tinggi, Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.
  - [6] Anderson, J.G, "Transmission Line Reference Book 345 KV and above," second edition, chapter 12, Palo Alto, California, Electric Power Research Institute, 1982.
  - [7] F.S. Young, J.M. Clayton, A.R. Hileman, "Shielding of Transmission Lines" Westinghouse Electric Corp, East Pitsburg, Pa.
-



*Lampiran*

---





LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika \*)

1	Nama Mahasiswa : MARLINCON	Nim : 96.12.080
2	Waktu pengajuan	Tanggal : 29 Bulan : 01 Tahun : 2005
3	Spesifikasi judul (berilah tanda : ilang )	
	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya .....
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) : Ir. Teguh H. Hapsasuki, MT	Ketua Jurusan. Ir. I Made Wartana, MT Nip: 131 991 182
5	Judul yang diajukan mahasiswa :	EVALUASI LINJUK KERJA SALURAN TRANSMISI 150 KV TERHADAP SAMBARAN PETIR
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	ANALISIS PENGARUH TAHAPAN KAKI MENARA TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA BACH FLASH OVER AKIBAT KEGAGALAN PERISALAN KARENA SAMBARAN PETIR
7	Catatan :	
	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, 17 Februari, 2005. Dosen Ir. Teguh H. Hapsasuki, MT

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan : \*) coret yang tidak perlu  
\*\*) diingkari a, b, c, ..... atau g sesuai bidang keahlian



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Malang, Februari 2005

Lampiran : satu lembar  
Perihal : **Kesediaan Sebagai Dosen  
Pembimbing Skripsi**

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Ir. Teguh Herbasuki, MT  
Dosen Jurusan Elektro/T. Energi Listrik  
di -  
Malang

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : MARLINCON  
NIM : 96.12.080  
Jurusan : Teknik Elektro  
Program Studi : Teknik Energi Listrik S-1

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama/Pendamping<sup>\*)</sup>, untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP  
KEMUNGKINAN TERJADINYA BACK FLASHOVER AKIBAT KEGAGALAN  
PERISAIAN KARENA SAMBARAN PETIR

seperti proposal terlampir.

Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro.

Demikian permohonan kami, atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terimakasih.

Malang, Februari 2005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan  
Teknik Elektro

Ir. MADE WARTANA, MT  
NIP. 131 991 182

Pemohon,

MARLINCON  
NIM. 96.12.080

Form. S-3a



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### PERNYATAAN KESEDIAAN SEBAGAI DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

Sesuai dengan permohonan mahasiswa/i :

Nama : MARLINCON  
NIM : 96.12.080  
Semester : 18  
Jurusan : T. Elektro  
Program Studi : Teknik Energi listrik S-1

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia \*) menjadi Dosen Pembimbing Utama/Pendamping \*\*, untuk penyusunan Skripsi mahasiswa/i tersebut dengan judul :

ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA BACK FLASHOVER AKIBAT KEGAGALAN PERISAIAN KARENA SAMBARAN PETIR

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 17 Februari 2005

Yang membuat pernyataan,



Ir. TEGUH HERBASUKI, MT

Catatan :

1. Formulir ini supaya segera diserahkan mahasiswa/i ybs. ke Jurusan untuk diproses jadwal Praseminar yang pelaksanaan selambat-lambatnya **satu bulan** setelah ditandatangani Dosen ybs.
2. \*Coret yang tidak perlu



PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Berdungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-946/III.TA/2/2005  
Lampiran : -  
Perihal : SURVEY / Permintaan Data  
Malang, 28 Februari 2005

Kepada : Yth. Bapak Pimpinan  
PT. PLN ( Persero ) P3B Jawa-Bali  
Region Jawa Timur dan Bali  
Jl. Suningrat No.45 Taman  
di-  
Sidoarjo

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Bapak agar mahasiswa/i kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik S-I dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang Bapak Pimpin untuk mendapatkan data – data guna menyusun skripsi dengan judul :

**ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP  
KEMUNGKINAN TERJADINYA BACK FLASHOVER KARENA  
SAMBARAN PETIR**

Mahasiswa tersebut adalah :

1. Marlicon Nim. 96.12.080

Adapun lama survey 1 ( satu ) Bulan

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.

  
DEKAN  
Fakultas Teknologi Industri,  
p.b. Wakil Dekan  
W. F Made Wartana, MT  
NIP. 131 991 182

Tembusan disampaikan kepada Yth

1. Ketua Jurusan
2. Arsip



**PT PLN (PERSERO)**  
**PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI**  
**REGION JAWA TIMUR & BALI**

Jl. Suningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257

Telepon : (031) 7882113, 7882114  
 Facsimile : (031) 7882578, 7881024

Kotak Pos : 4119 985  
 Bank : Bank Mandiri

Nomor : *062* / 330/ RJTB/ 2005.  
 Surat Sdr. No. : ITN-946/III.TA/2/2005.  
 Lampiran : 1 (satu) lampiran.  
 Perihal : Ijin Survey/ Pengambilan Data.

**14 MAR 2005**

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Teknik,  
 Institut Teknologi Nasional Malang  
 Di  
**MALANG**

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-946/III.TA/2/2005 tanggal 28 Pebruari 2005 perihal : Survey/ Permintaan Data, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

• **MARLICON** NIM : 99.12.080.

Untuk melakukan Praktek Kerja pada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali UPT Malang, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bermeterai Rp. 6.000,-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan/ketentuan yang berlaku di PT. PLN (PERSERO) sehingga faktor-faktor kerahasiaan harus benar-benar diutamakan.
3. Semua biaya perjalanan, penginapan, makan dan lain sebagainya tidak menjadi tanggungan PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali.
4. Buku Laporan Kerja Praktek Mahasiswa tersebut agar dikirimkan kepada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali 1 (satu) buah.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Cq. Bidang Enjiniring.

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

*Wahyuni, P. Wahyuni & P. Dulroji :*

- dikantun data / informasi yg diperlukan.
- pelaksanaan tgl:  $\frac{14}{03}$  s.d  $\frac{14}{04}$  '05.



Tembusan Yth. :

1. MSDN PLN P3B.
2. MUPT Malang PLN P3B RJTB
3. Sdr. Marlicon.



## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : MARLINCON  
Pria/ Wanita : PRIA  
Tempat / Tanggal lahir : PALANGKARAYA , 14 MARET 1978  
Alamat / no telepon : Jl. BEND. WONOREJO 11 / 560110  
Pekerjaan : MAHASISWA

Dengan ini saya menerangkan bahwa :

1. Saya bersedia dan setuju menanggung semua akibat yang ditimbulkan karena kesalahan maupun kelalaian saya dan semua akibat lainnya yang terjadi pada instalasi peralatan milik PLN selama melakukan Training/ Praktek Kerja/ Riset pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, yang telah mendapat ijin dari PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
2. Saya atas peringatan pertama akan membayar sepenuhnya , semua biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan , karena kelalaian saya ;
3. Saya akan segera mematuhi semua petunjuk –petunjuk yang diberikan oleh Petugas PT PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
4. Saya sanggup tidak membocorkan hal – hal yang bersifat rahasia perusahaan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan yang saya peroleh dalam Training/ Praktek Kerja/ Riset, dan tidak saya pgunakan untuk hal – hal yang dapat merugikan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali
5. Saya sanggup menanggung sendiri segala sesuatu untuk keperluan Training/ Praktek Kerja/ Riset termasuk biaya perjalanan , penginapan makan dan sebagainya ;
6. Saya sanggup menyerahkan 1 (satu) buah buku laporan Training/ Praktek Kerja/ Riset kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, setelah saya presentasikan kepada Manager Bidang Enjiniring PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali mengenai tugas Training/ Praktek Kerja/ Riset.
7. Saya tunduk dan akan mentaati semua peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, dan saya sanggup tidak meninggalkan tugas kedinasan selama Training/ Praktek Kerja/ Riset.



# Aa

**NOTES**

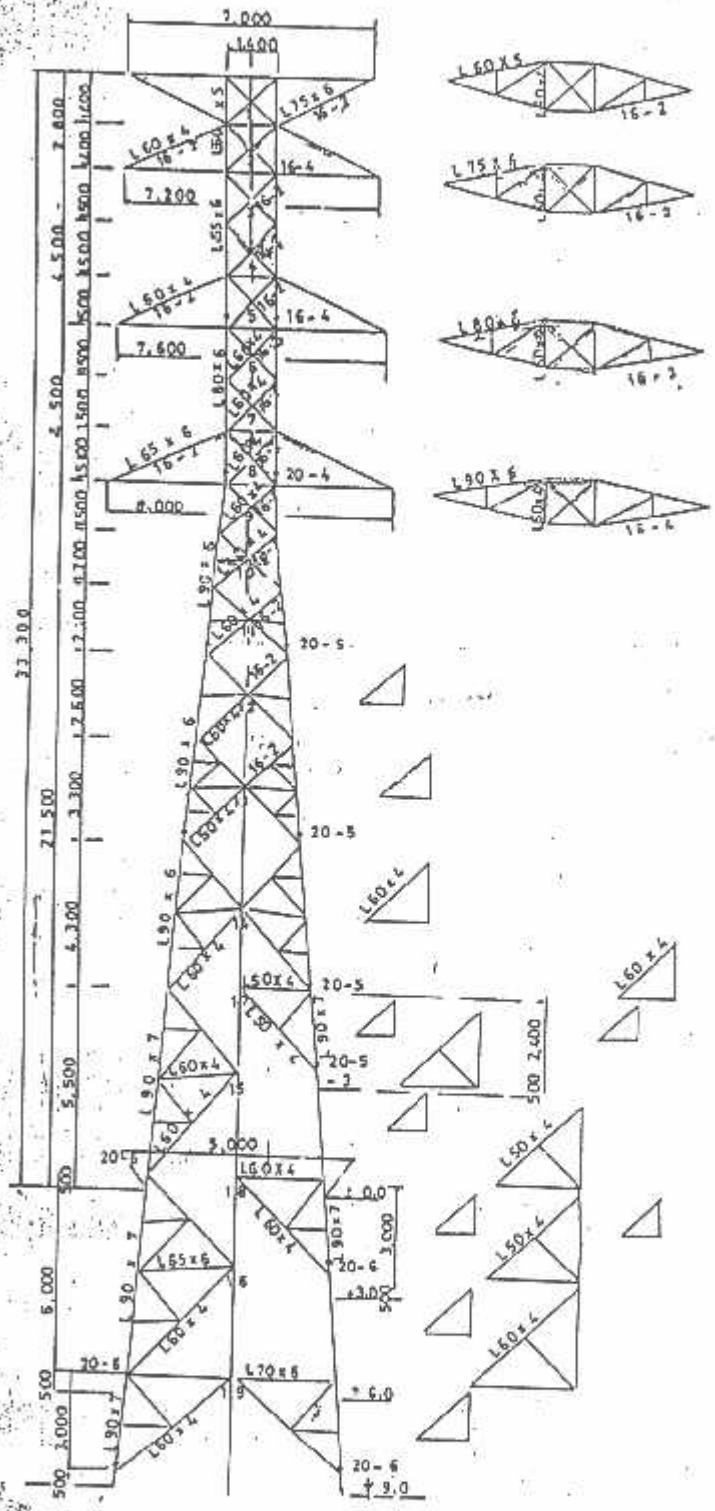
- 1. MEMBER WITHOUT MARK M165X
- 2. BOLT WITHOUT MARK M16-1
- 3. MATERIALS
  - SS 41 45X4 L65X6 M16
  - SS 50 M20
  - SS 55 L70X6 UP

UNIT: mm

DESIGN CONDITION		
VOLTAGE	15.0 kV	
NUMBER OF CIRCUITS	2	
LOADING SPAN	350 m	
HORIZONTAL ANGLE	3°	
VERTICAL LOAD	0.27	
POWER CONDUCTOR	KIND & SIZE	ACSR/AW 340 mm <sup>2</sup>
	SECTIONAL AREA	340 mm <sup>2</sup>
	DIAMETER	22.4 mm
	WEIGHT	1.042 kg/m
OVERHEAD GROUND WIRE	KIND & SIZE	AW 55 mm <sup>2</sup>
	SECTIONAL AREA	55 mm <sup>2</sup>
	DIAMETER	9.6 mm
	WEIGHT	0.3747 kg/m
INSULATOR	STRINGING TYPE	SUSPENSION
	DIMENSION	225 x 148 mm
	NUMBER	13 UNITS x 2 STRINGS
	WEIGHT	190 kg/2STRINGS
WIND PRESSURE	TOWER	110 kg/m <sup>2</sup>
	WIRE	40 kg/m <sup>2</sup>
	INSULATOR STRING	60 kg/2STRINGS

TOWER TYPE	SUPER STRUCTURE	APPROXIMATE WEIGHT (kg)	
		LEO EXTENSION	STUB
A	3540	±0 100 (55)	60
		+1.5 170 (55)	60
		+3.0 230 (55)	60
B	3540	±0 200 (55)	60
		+1.5 260 (55)	60
		+3.0 320 (55)	60
C	3340	±0 130 (55)	60
		+1.5 210 (55)	60
		+3.0 280 (55)	60
D	3340	±0 250 (55)	60
		+1.5 330 (55)	60
		+3.0 400 (55)	60
E	5320	±0 170 (55)	60
		+1.5 250 (55)	60
		+3.0 320 (55)	60

TOTAL WEIGHT = ① + ② x 4 + ③ x 4  
 3. HH - TYPE





HASIL PENGUKURAN TAHANAN KAKI TOWER  
SUTT 150 KV PHT. KEBONAGUNG - SENKALING  
JUNI 2004

Halaman : 01 / 02

NO	NO TOWER	JENIS TOWER	HASIL PENGUKURAN							KONDISI TANAH	CUACA	KETERANGAN
			ARDE DAN TOWER *)	ARDE				TOWER	ARDE DAN TOWER **)			
				1	2	3	4					
1	1	ST	0,5	-	-	-	-	-	0,5	Basah	Panas	Sawah
2	2	ST / DT	06	-	-	-	-	-	06	Basah	Panas	Sawah
3	3	DS	2,2	-	-	-	-	-	2,2	Kering	Panas	Ladang
4	4	DS	2,4	-	-	-	-	-	2,4	Basah	Panas	Sawah
5	5	DS	1,6	-	-	-	-	-	1,6	Basah	Panas	Sawah
6	6	DT / ST	1,4	-	-	-	-	-	1,4	Basah	Panas	Sawah
7	7	SS	2	-	-	-	-	-	2	Basah	Panas	Sawah
8	Vangdrat											Jalan
9	8	SS	1,7	-	-	-	-	-	1,7	Basah	Panas	Sawah
10	Vangdrat											Jalan
11	9	SS	1	-	-	-	-	-	1	Basah	Panas	Sawah
12	10	DS	2,6	-	-	-	-	-	2,6	Kering	Panas	Ladang
13	11	DS	2,6	-	-	-	-	-	2,6	Kering	Panas	Ladang
14	Vangnet											Jalan
15	12	SS	2	-	-	-	-	-	2	Basah	Panas	Sawah
16	13	ST / DT	1,2	-	-	-	-	-	1,2	Basah	Panas	Sawah
17	14	DS	1,4	-	-	-	-	-	1,4	Basah	Panas	Sawah
18	15	DS	1,5	-	-	-	-	-	1,5	Kering	Panas	Ladang
19	16	DS	1,6	-	-	-	-	-	1,6	Kering	Panas	Ladang
20	17	SS	1,6	-	-	-	-	-	1,6	Kering	Panas	Ladang
21	Vangnet											Jalan
22	18	ST / DT	1,8	-	-	-	-	-	1,8	Kering	Panas	Pekarangan
23	Vangnet											Jalan
24	19	DS	2,2	-	-	-	-	-	2,2	Kering	Panas	Ladang
25	Vangdrat											Jalan
26	20	SS	2,2	-	-	-	-	-	2,2	Kering	Panas	Ladang
27	21	SS	2,1	-	-	-	-	-	2,1	Kering	Panas	Ladang
28	22	DS	2,2	-	-	-	-	-	2,2	Kering	Panas	Ladang
29	23	DT / ST	1,8	-	-	-	-	-	1,6	Kering	Panas	Ladang
30	24	DS	2,8	-	-	-	-	-	2,8	Kering	Panas	Ladang
31	25	SS	1,7	4,8	-	-	-	2	1,7	Kering	Panas	Ladang
32	Vangdrat											Jalan
33	26	DS	2,3	-	-	-	-	-	2,3	Kering	Panas	Pekarangan
34	27	SS	2,7	-	-	-	-	-	2,7	Kering	Panas	Ladang
35	28	DS	4,4	-	-	-	-	-	4,4	Kering	Panas	Ladang

\*) Sebelum klem dibersihkan  
\*\*) Setelah klem dibersihkan

Mengetahui :

ASMAN HAR  
  
WIDARSONO

Malang, 24 Juni 2002  
Pelaksana :

- SUNARYO
- ERLY PANGESTU



HASIL PENGUKURAN TAHANAN KAKI TOWER  
 SUTT 150 KV PHT. KEBONAGUNG - SENKALING  
 JUNI 2002

Halaman : 02 / 02

NO TOWER	JENIS TOWER	HASIL PENGUKURAN								KONDISI TANAH	CUACA	KETERANGAN
		ARDE DAN TOWER *)	ARDE				TOWER	ARDE DAN TOWER **)				
			A	B	C	D						
36	29	DS	1,9	-	-	-	-	-	1,9	Kering	Panas	Ladang
37	30	SS	2,5	-	-	-	-	-	2,5	Kering	Panas	Ladang
38	31	ST / DT	1,1	-	-	-	-	-	1,1	Kering	Panas	Pekarangan
39	Vangnet											Jalan
40	32	DS	2	-	-	-	-	-	2	Kering	Panas	Ladang
41	Vangnet											Jalan
42	33	DS	1,7	-	-	-	-	-	1,7	Kering	Panas	Ladang
43	34	DS	2,2	-	-	-	-	-	2,2	Kering	Panas	Ladang
44	35	DS	2,5	4,5	-	-	-	3,5	2,4	Kering	Panas	Ladang
45	Vangnet											Jalan
46	36	DS	2,6	-	-	-	-	-	2,6	Kering	Panas	Ladang
47	37	DS	2,2	-	-	-	-	-	2,2	Kering	Panas	Ladang
48	Vangnet											Jalan
49	38	SS	2,4	5,6	-	-	-	2,6	2,3	Kering	Panas	Ladang
50	39	DS	1,8	-	-	-	-	-	1,8	Kering	Panas	Ladang
51	40	DT / ST	1,1	-	-	-	-	-	1,1	Kering	Panas	Ladang
52	Vangdrat											Jalan
53	41	DS	1,9	-	-	-	-	-	1,9	Basah	Panas	Sawah
54	42	DS	2,4	-	-	-	-	-	2,4	Kering	Panas	Ladang
55	Vangnet											Jalan
56	43	DS	1,1	-	-	-	-	-	1,1	Basah	Panas	Sawah
57	44	DS	1,2	-	-	-	-	-	1,2	Basah	Panas	Sawah
58	45	DS	2	-	-	-	-	-	2	Kering	Panas	Sawah
59	Vangnet											Jalan
60	46	DS	1,4	-	-	-	-	-	1,4	Basah	Panas	Sawah
61	47	SS	3,2	-	-	-	-	-	3,2	Kering	Panas	Ladang
62	Vangnet											Jalan
63	48	DT / ST	0,7	-	-	-	-	-	0,7	Basah	Panas	Sawah
64	Vangnet											Jalan
65	49	DT / ST	0,6	-	-	-	-	-	0,6	Kering	Panas	Pekarangan

\*) :Sebelum klem dibersihkan  
 \*\*) :Setelah klem dibersihkan

Data arde meter  
 Kyoritsu 4102

Mengetahui :

ASMAN HAR



WIDARSONO

Malang, 24 juni 2004  
 Pelaksana :

1. SUNARYO

2. ERLY MUJJIANTO

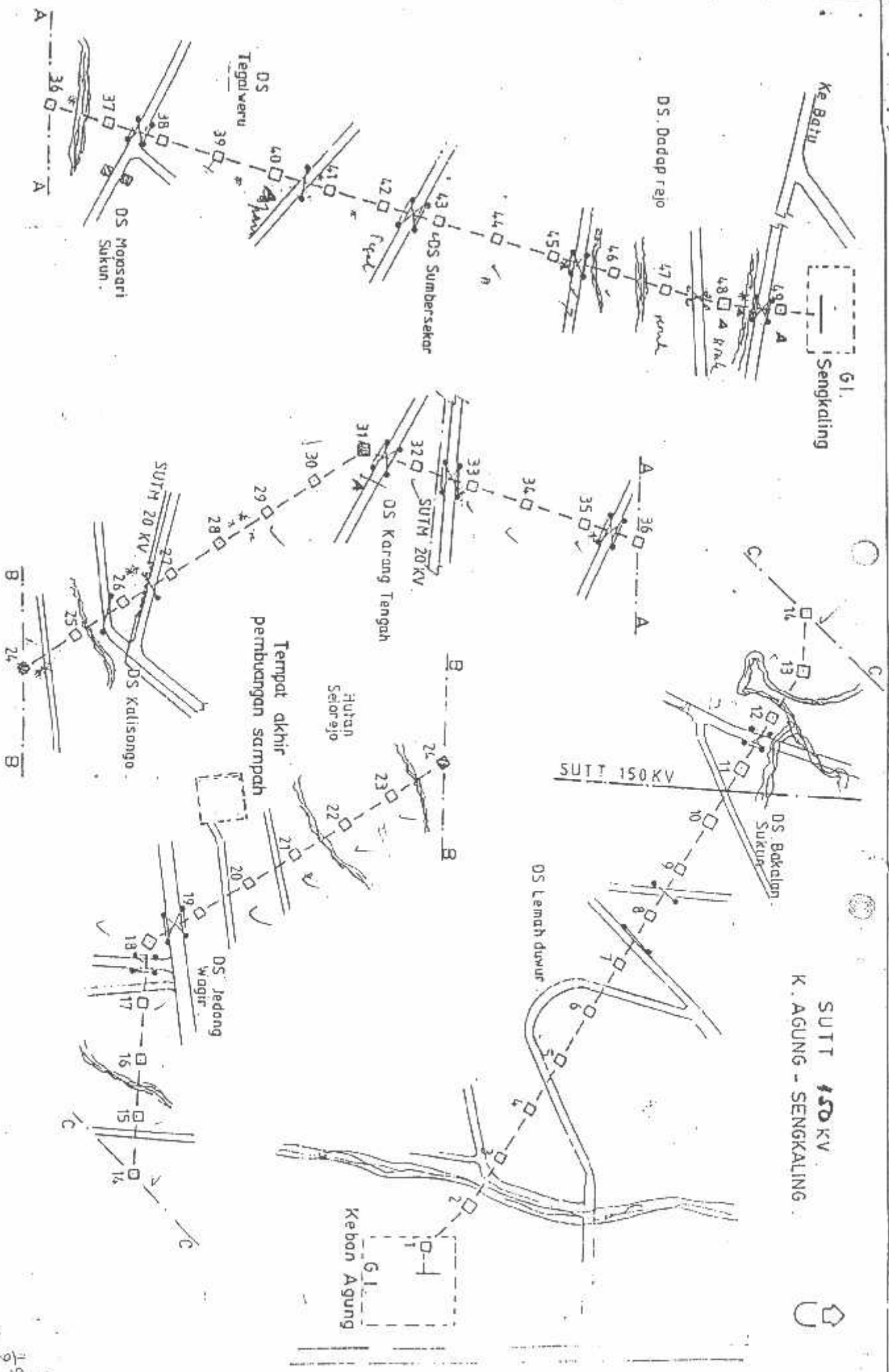
SECTION OF STEEL WORK

NAME OF TRANSMISSION LINE	NET TOTAL COST (-) IN	TOWER QUANTITY	CONDUCOR SIZE & QUANTITY (X)	GROUND RIGIDITY & QUANTITY (X)	DETAILS
150 KV KAWAZONO - TENDI	61,507	152	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 390,400 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 66,154 X	STEEL CIRCUIT
150 KV KEMAI - MATSUE	1,209	208	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 220,283 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 71,458 X	"
150 KV MATSUE - JIBARI	80,975	240	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 250,212 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 83,404 X	"
150 KV JIBARI - BAYTOKAWA	82,598	239	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 235,228 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 83,076 X	"
150 KV BAYTOKAWA - HAKONE	1,253	22	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 22,110 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 7,472 X	"
150 KV HAKONE - HIKONE	0,532	2	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 1,675 X	-	WOODS CIRCUIT
SUB - TOTAL	308,854 IN	901			
LINE 1					
150 KV HAKONE - FUDZUWAKO	22,633	156	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 325,209 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 125,423 X	WOODS CIRCUIT
150 KV FUDZUWAKO - MOTOHAKO	39,652	122	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 122,574 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 42,821 X	STEEL CIRCUIT
150 KV MOTOHAKO - SAKURADA	34,039	109	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 107,621 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 35,894 X	"
150 KV SAKURADA - SAKURADA	15,058	49	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 91,305 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 31,303 X	WOODS CIRCUIT
150 KV SAKURADA - HAKONE	2,678	8	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 15,528 mm <sup>2</sup>	AW 55 mm <sup>2</sup> 5,216 X	"
150 KV HAKONE - HAKONE	1,081	5	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 5,194 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 1,711 X	"
150 KV HAKONE - HAKONE	0,913	3	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 2,822 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 841 X	STEEL CIRCUIT
150 KV HAKONE - HAKONE	3,474	11	ACSR/AW 330 mm <sup>2</sup> 13,474 X	AW 55 mm <sup>2</sup> 3,572 X	"
SUB - TOTAL	150,978 IN	463			
GRAND TOTAL	459,832 IN	1,366			





SUTT 150 KV  
K. AGUNG - SENGKALING





FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : MARLINCON  
NIM : 96.12.080  
Masa Bimbingan : 26 Februari 2005 s/d 26 Agustus 2005  
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA BACK FLASHOVER KARENA SAMBARAN PETIR

No	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	28/02-05	Konsultasi isi, tujuan skripsi	
2.	03/03-05	Konsultasi bab I & II	
3.	07/03-05	Konsultasi data & analisa	
4.	18/03-05	Konsultasi bab III & IV	
5.	19/03-05	Revisi bab IV	
6.	22/03-05	Revisi bab IV	
7.	23/03-05	Konsultasi bab V.	
8.	24/03-05	Revisi kesimpulan.	
9.	26/03-05	Acc seminar.	
10.			

Malang, 2005

Dosen Pembimbing,

Ir. TEGUH HERBASUKI, MT

Form. S-4b



**LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1. Nama                           | : MARLINCON   |
| 2. Nim                            | : 96.12.080   |
| 3. Nirm                           | : 96.7.061.32021.14950  |
| 4. Jurusan                        | : TEKNIK ELEKTRO  |
| 5. Program Studi                  | : TEKNIK ENERGI LISTRIK   |
| 6. Judul Skripsi                  | : ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA <i>BACK FLASHOVER</i> KARENA SAMBARAN PETIR |
| 7. Tanggal Mengajukan Skripsi     | : 29 Januari 2005   |
| 8. Tanggal Menyelesaikan Skripsi  | : 26 Maret 2005   |
| 9. Dosen Pembimbing               | : Ir. Teguh Herbasuki, MT   |
| 10. Telah Dievaluasi Dengan Nilai | : 85,00 (Delapan Puluh Lima Koma Nol) <i>85</i>   |

Malang, April 2005

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro  
Energi Listrik

**(Ir. F. Yudi Lamprantono, MT)**  
NIP. Y. 1039500274

Disetujui  
Dosen Pembimbing

**(Ir. Teguh Herbasuki, MT)**  
NIP. Y. 1038900209

---



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

1. Nama : Marlincon
2. Nim : 96.12.080
3. Nirm : 96.7.061.32021.14950
4. Jurusan : Teknik Elektro
5. Program Studi : Teknik Energi Listrik
6. Judul Skripsi :

**ANALISIS PENGARUH TAHANAN KAKI MENARA  
TERHADAP KEMUNGKINAN TERJADINYA *BACK FLASHOVER*  
KARENA SAMBARAN PETIR**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 30 Maret 2005

Dengan Nilai : 76,60 (Tujuh Puluh Enam Koma Enam Puluh) *Sm*



**Ir. Mochtar Asroni, MSME**  
Ketua

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
Sekretaris

**Anggota Penguji**

**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
Penguji Pertama

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
Penguji Kedua