

# DESAIN SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KUALA BEHE KABUPATEN LANDAK

Mahadi Septian

Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura  
[bluessavana@rocketmail.com](mailto:bluessavana@rocketmail.com)

**Abstrak** - Pembangunan PLTS terpusat di Dusun Permit untuk mencukupi suplai energi listrik yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. Hasil penelitian Efisiensi Sistem Proteksi Petir (SPP) pada PLTS Terpusat Dusun Permit sebesar 0,95 berada pada tingkat proteksi II dengan nilai efisiensi diantara 90% - 95%. Oleh karena itu tingkat proteksi yang sesuai adalah tingkat II. Tegangan langkah yang disebabkan oleh sambaran petir dengan resistansi tanah yaitu sebesar 12.369.957,54 Volt jauh lebih besar dengan tegangan langkah pada resistansi sistem pentanahan yaitu sebesar 272.139,07 Volt masing-masing 0.1 meter dari titik referensi. Hasil perhitungan tegangan induksi yang dihasilkan akibat sambaran petir yaitu sebesar 52,715 kV jauh melebihi batas tegangan aman pada manusia 50 Volt. Perubahan nilai tegangan induksi karena petir terhadap jarak mengikuti fungsi hiperbolik, dimana jarak 5 m dari titik referensi menghasilkan tegangan induksi 80,156 kV jauh lebih kecil dengan jarak 160 m dari titik referensi dengan tegangan induksi 2,505 kV. Pada proteksi internal dengan menggunakan arrester sebagai alat proteksi. Penempatan arrester dipasang di dua titik, yaitu pada kontak kombiner yang menghubungkan antara panel surya dan *solar charge control*. Tujuannya untuk melindungi komponen panel distribusi penempatan arrester antara panel distribusi dan battery yang bertujuan untuk melindungi battery dan sambungan ke rumah-rumah penduduk. Dengan demikian penempatan arrester di dua titik tersebut dapat meningkatkan kapasitas kemampuan proteksi petir dengan menggunakan aresster tipe C diharapkan akan dapat melakukan proteksi petir pada PLTS terpusat di Dusun Permit Kecamatan Kuala Behe Kabupaten Landak dengan maksimal.

**Kata Kunci** : *Petir, SPP, Proteksi Petir Internal, tegangan langkah, tegangan induksi*

## 1. Pendahuluan

PLTS terpusat di Dusun Permit Kecamatan Kuala Behe Kabupaten Landak merupakan pembangkit listrik yang mendukung penyediaan energi listrik Dusun Permit. Pembangunan PLTS terpusat di Dusun Permit untuk mencukupi suplai energi listrik yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN.

Bangunan PLTS terpusat di Dusun Permit berada cukup jauh dari daerah perumahan dengan lokasi yang terletak pada ketinggian kurang lebih 120 m dari permukaan laut. Distribusi sambaran petir tergolong yang sedang dengan nilai IKL 170 dan frekuensi sambaran petir tahunan rata-rata 2,0077 /tahun. Data Bangunan PLTS dengan panjang bangunan : 15 meter, lebar bangunan : 21 meter, tinggi bangunan : 50 meter dan penangkap petir : 1 buah Spesifikasi penangkap petir : meliputi bahan : baja galvanis, diameter batang penangkap : 1,25 inchi, panjang fiberglass mast : 2 meter, diameter cincin pada penyangga: 3/8 inchi, diameter kawat baja penyangga : 3 mm, diameter penahan kawat baja penyangga:3/8 inchi dan diameter pipa selubung penyangga : 2,5 inchi.

Berdasarkan spesifikasi yang ada pada PLTS terpusat di Dusun permit diperlukan untuk mendesain proteksi internal untuk melindungi peralatan yang ada di dalam PLTS. Untuk melakukan desain proteksi internal dilakukan dengan menggunakan standar DIV VDE 0185, IEC 1024-1. Proteksi Internal terdiri atas pencegahan terhadap dampak sambaran langsung, pencegahan terhadap dampak sambaran tidak langsung, dan ekuiopotensialisasi.<sup>2</sup> Hal ini dapat dilakukan dengan cara memasang arrester dan bonding ekipotensial atau memberi jarak aman antara komponen jaringan catu daya, teknologi informasi dan elemen konduktif lainnya didalam bangunan atau struktur.

## 2. Dasar Teori

Suatu instalasi proteksi petir harus dapat melindungi semua bagian dari suatu bangunan, termasuk manusia dan peralatan yang ada di dalamnya terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir. Berikut ini akan dibahas cara penentuan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir menggunakan standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP), *Natural Fire Protection Association (NFPA) 780* dan *International Electrotechnical Commission (IEC)1024-1-1*.

## 2.1. Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir ( PUIPP )

Besarnya kebutuhan tersebut ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai:

$$R = A + B + C + D + E \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- R = Perkiraan Bahaya Petir
- A = Penggunaan dan Isi Bangunan
- B = Konstruksi Bangunan
- C = Tinggi Bangunan
- D = Situasi Bangunan
- E = Pengaruh Kilat

Tabel 1. Indeks A  
Bahaya Berdasarkan Penggunaan dan Isi

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10
Bangunan dan isi jarang dipergunakan seperti danau ditengah sawah, gudang, menara, atau tiang metal.	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal orang (rumah tinggal, toko, pabrik kecil, tenda atau stasiun kereta api, dsb)	1
Bangunan atau isinya cukup penting (menara air, toko barang-barang berharga, kantor, pabrik, gedung pemerintahan, tiang atau menara non metal, dsb)	2
Bangunan yang berisi banyak sekali orang, seperti supermarket, bioskop, masjid, gereja, sekolah, apartemen, monumen bersejarah yang sangat penting, dsb)	3
Instalasi gas, minyak, SPBU, rumah sakit, dsb	5
Bangunan yang mudah meledak, gudang bahan kimia, gudang penyimpanan gas, gudang bahan peledak, dsb	15

Sumber : PUIPP (1983)

Tabel 2. Indeks B  
Bahaya Berdasarkan Kontruksi

Konstruksi Bangunan	Indeks B
Seluruh bangunan terbuat dari logam (mudah menyalurkan arus listrik)	0
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang, atau kerangka besi dengan atap logam	1
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang kerangka besi dan atap bukan logam	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Sumber : PUIPP (1983)

Tabel 3. Indeks C  
Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan

Tinggi Bangunan (m)	Indeks C
≤ 6	0
≤ 12	2
≤ 17	3
≤ 25	4

Tabel 3. Indeks C  
Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan (lanjutan)

Tinggi Bangunan (m)	Indeks C
≤ 35	5
≤ 50	6
≤ 70	7
≤ 100	8
≤ 140	9
≤ 200	10

Sumber : PUIPP (1983)

Tabel 4. Indeks D  
Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Di tanah datar pada semua ketinggian	0
Di kaki bukit sampai tiga perempat tinggi bukit atau pegunungan sampai 1000 m	1
Di puncak gunung atau pegunungan lebih besar dari 1000 m	2

Sumber : PUIPP (1983)

Tabel 5. Indeks E  
Bahaya Berdasarkan Pengaruh Kilat/Hari Guruh

Hari Guruh Pertahun	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7

Sumber : PUIPP (1983)

Dengan memperhatikan keadaan di tempat yang hendak dicari tingkat resikonya dan kemudian menjumlahkan indeks-indeks tersebut diperoleh suatu perkiraan bahaya yang ditanggung bangunan dan tingkat pengamanan yang harus diterapkan.

Tabel 6. Indeks R  
Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP

R = A + B + C + D + E	Perkiraan Bahaya (Resiko)	Pengamanan
< 11	Diabaikan	Tidak perlu
= 11	Kecil	Tidak perlu
12	Tidak begitu kecil	Agak dianjurkan
13	Agak besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat dianjurkan
> 14	Sangat besar	Sangat perlu

Sumber : PUIPP (1983)

## 2.2. Berdasarkan Standar IEC 1024-1-1

Pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi petir didasarkan pada frekwensi sambaran petir langsung setempat (Nd) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi dan frekwensi sambaran petir tahunan setempat (Nc) yang diperbolehkan. Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada dinyatakan sebagai :

$$Ng = 0,04 \cdot Td^{1,25} / km^2 / tahun \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

Ng = kerapatan sambaran petir ke tanah

Td = jumlah hari guruh per tahun yang diperoleh dari data *isokeraunic level* di daerah tempat struktur yang akan di proteksi yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG). Frekuensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung (Nd) ke bangunan dapat di hitung :

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6} / tahun \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

Ae = area cakupan ekivalen dari bangunan (m<sup>2</sup>) yaitu daerah permukaan tanah yang di anggap sebagai struktur yang mempunyai frekuensi sambaran langsung tahunan.

Adapun area cakupan ekivalen (Ae) tersebut dapat di hitung berdasarkan persamaan di bawah ini :

$$Ae = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

a : panjang dari bangunan tersebut (m)

b : lebar dari bangunan tersebut (m)

h : tinggi bangunan yang di proteksi (m)

Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan Nd dan Nc dilakukan sebagai berikut :

- Jika  $Nd \leq Nc$  tidak perlu sistem proteksi petir.
- Jika  $Nd > Nc$  diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi :

$$E \geq 1 - Nc / Nd \dots\dots\dots(5)$$

Maka setelah di hitung nilai E (Efisiensi Sistem Proteksi Petir) sesuai dengan persamaan (2.10), setelah itu dapat ditentukan tingkat proteksinya sesuai dengan tingkat proteksi tabel 7.

Tabel 7. Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Sumber : SNI 03-7015 (2004)

Setelah diketahui tingkat proteksi berdasarkan tabel 7, maka dapat ditentukan sudut proteksi ( $\alpha^\circ$ ) dari penempatan suatu terminasi udara, radius bola yang di pakai, maupun ukuran jala (konduktor horizontal) sesuai dengan tabel 8 di bawah ini :

Tabel 8. Daerah Proteksi Dengan Tingkat Proteksi

Tingkat proteksi	H(m)	20 $\alpha^\circ$	30 $\alpha^\circ$	45 $\alpha^\circ$	60 $\alpha^\circ$	Lebar Jala (m)
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	15
IV	60	55	45	35	25	20

Sumber : SNI 03-7015 (2004)

## 2.3. Beban Tegangan Langkah dan Tegangan Sentuh

Manusia merupakan bagian objek yang juga harus dilindungi, dalam hal ini selain gedung yang dilindungi, karyawan yang bekerja di gedung tersebut juga harus terlindungi baik dari sambaran langsung maupun tidak langsung.

Besar tegangan langkah dari titik terdekat dengan penghantar penangkal petir sampai dengan titik terjauh yang masih dalam batas cakupan ekivalen pengangkal petir. Hal ini juga dipertimbangkan sesuai dengan jarak arus sambaran petir pada area tersebut. Rata-rata panjang langkah orang Indonesia adalah 0,5 meter.

$$U = I \frac{\rho}{2\pi} \times \frac{s}{d(d+s)} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

U = Tegangan langkah (Volt)

I = Amplitudo arus petir (A)

$\rho$  = Resistivitas tanah ( $\Omega$ -m)

s = Jarak kedua kaki yang terjauh (m)

d = Jarak kaki terdekat dengan titik aliran arus petir di bumi 0,1 m

Dari simulasi diatas ditunjukkan besar tegangan langkah pada jarak terdekat tanpa *grounding system*.

## 2.4. Perhitungan Sambaran Langsung Pada Penangkal Petir

Untuk bahan konduktor tembaga sebagai penyalur arus petir, maka induktansi bahan sebesar 1 $\mu$ H per meter. Sehingga tegangan induksi pada tahanan *grounding* penangkal petir adalah :

$$U = I \times R \times U_L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(7)$$

## 2.5. Perhitungan Tegangan Induksi Sambaran Petir Tidak Langsung Pada Jarak Tertentu

Tegangan induksi yang terjadi merupakan tegangan akibat adanya fenomena kopleng. Diasumsikan bahwa menara berada pada sumbu y positif berupa suatu penghantar tegak lurus dengan bidang x. Arus petir diasumsikan menyambar pada menara didistribusikan atau pada grounding kawat tanah. Tegangan induksi yang terjadi adalah akibat medan magnetik dan medan listrik akibat arus petir yang mengalir pada menara dan menuju ke pentanahan.

Tegangan induksi pada jarak tertentu, misalnya tegangan induksi yang dihasilkan dengan jarak 5 m dari titik referensi atau titik dimana arus petir disalurkan. Maka tegangan induksinya adalah :

$$U_{max} = \frac{Z_0 I_0 h}{d} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \beta \frac{1}{\sqrt{1-0,5\beta^2}} \right) \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

$U_{max}$  = tegangan puncak induksi petir (kV)

$Z_0$  = impedansi pada ruang hampa 30  $\Omega$

$I_0$  = arus puncak petir 93,22 kA

$d$  = jarak antar menara dengan konduktor logam 5 m

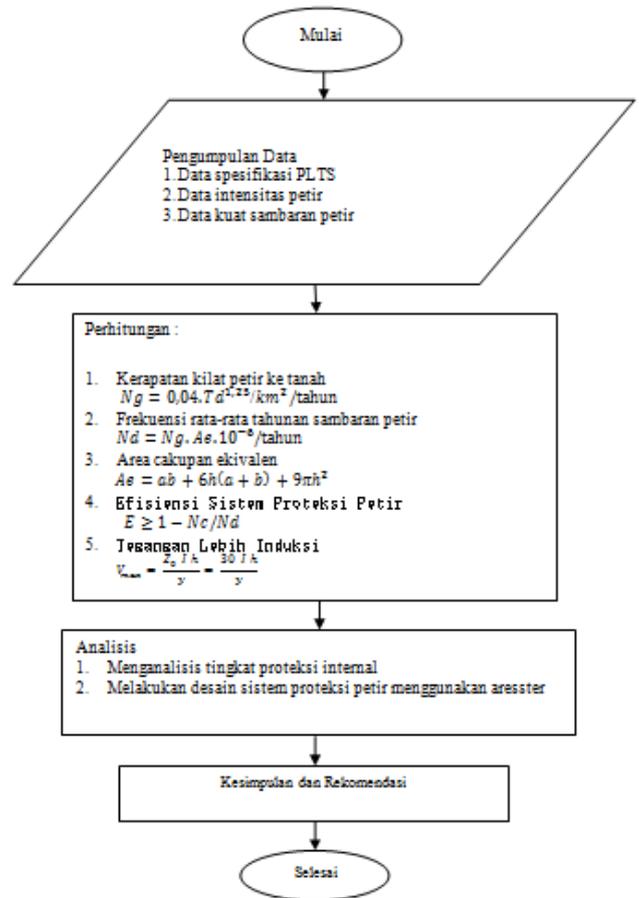
$h$  = tinggi bangunan 85 m

## 2.6. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat 3 tahapan dalam melakukan analisis perhitungan yaitu:

1. Penentuan besarnya kebutuhan tersebut berdasarkan PUIPP ditentukan dengan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi
2. Penentuan tingkat proteksi yang digunakan pada standar NFPA 780 hampir sama dengan cara yang digunakan pada PUIPP yaitu dengan menjumlahkan sejumlah indeks yang mewakili Kenaikan Tegangan Pada Pembumian. Berdasarkan standart IEC 1024-1-1, pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi petir didasarkan pada frekwensi sambaran petir langsung setempat ( $N_d$ ) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi dan frekwensi sambaran petir tahunan setempat ( $N_c$ ) yang diperbolehkan.
3. Penentuan proteksi menggunakan desain proteksi internal dengan menghitung dan menentukan kapasitas komponen aresster.

Diagram alir analisa sistem proteksi internal PLTS Terpusat dusun Permit ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Diagram Penelitian Analisa Sistem Proteksi Internal PLTS Terpusat Dusun Permit

## 3. Perhitungan dan Analisis

### 3.1. Penentuan Kebutuhan Proteksi Petir Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP)

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir di Indonesia besarnya keperluan pemasangan sistem proteksi terhadap sambaran petir pada suatu bangunan ditentukan dengan menjumlahkan indeks-indeks yang mewakili keadaan dilokasi struktur tersebut berada.

Maka untuk bangunan tersebut diperoleh indeks-indeks sebagai berikut :

- 1) Jenis bangunan berdasarkan indeks A (tabel 1) adalah “Bangunan atau isinya cukup penting, misalnya menara air, toko barang-barang berharga, dan kantor pemerintah” dengan nilai 2.
- 2) Jenis bangunan berdasarkan indeks B (tabel 2) adalah “Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap bukan logam” dengan nilai 2.
- 3) Jenis bangunan berdasarkan indeks C (tabel 3) adalah “Bangunan dengan tinggi sampai 25 meter” dengan nilai 4.
- 4) Jenis bangunan berdasarkan indeks D (tabel 4) adalah berada di tanah datar pada semua ketinggian dengan nilai 0.
- 5) Berdasarkan banyaknya hari guruh sampai 256, maka nilai untuk indeks E (tabel 5) adalah 8.

Perkiraan bahaya sambaran petir diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai dari indeks di atas sesuai dengan rumus dan diperoleh :

$$R = A + B + C + D + E$$

$$R = 2 + 2 + 4 + 0 + 8$$

$$R = 16$$

Maka besarnya kebutuhan akan instalasi proteksi petir sesuai dengan tabel (6), adalah sangat besar, sehingga sangat diperlukan pengamanan.

### 3.2. Penentuan kebutuhan bangunan atau suatu daerah akan Proteksi Petir berdasarkan Standar IEC 1024-1-1

Penggunaan standar IEC 1024-1-1 memberikan cara perhitungan dengan menggunakan data hari guruh, data ukuran bangunan/daerah, area proteksi, frekuensi sambaran langsung setempat ( $N_d$ ), dan frekuensi sambaran tahunan ( $N_c$ ) yang diperbolehkan pada struktur, dengan terlebih dahulu menghitung kerapatan sambaran ke tanah ( $N_g$ ).

Kerapatan sambaran petir ke tanah ( $N_g$ ) dipengaruhi oleh hari guruh rata-rata per tahun ( $T_d$ ) di daerah tersebut. Dikarenakan berada pada daerah dataran rendah sekitar diambil hari guruh rata-rata per tahun sebesar 169 dan tingkat kerawanan petir tinggi.

Maka kerapatan sambaran petir ke tanah ( $N_g$ ) dapat dihitung dengan persamaan :

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T_d^{1,26}$$

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 169^{1,26}$$

$$N_g = 25,67 \text{ sambaran/km}^2/\text{tahun}$$

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2$$

$$A_e = 28.304,17 + 6(19,5)(177,30 + 159,64) + 9 \cdot 3,14 \cdot 19,5^2$$

$$A_e = 78.472,02 \text{ m}^2$$

Sedangkan untuk memperhitungkan jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun ( $N_d$ ) dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6}$$

$$N_d = 25,67 \times 78.472,02 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 2,01 \text{ sambaran/tahun}$$

Frekuensi sambaran petir tahunan setempat ( $N_c$  diketahui bernilai  $10^{-1}$ ) yang diperbolehkan. Penentuan tingkat proteksi pada bangunan berdasarkan perhitungan  $N_d$  dan  $N_c$  dilakukan sebagai berikut :

a. Jika  $N_d \leq N_c$  tidak perlu sistem proteksi petir.

b. Jika  $N_d > N_c$  diperlukan sistem proteksi petir.

Dikarenakan dalam perhitungan didapatkan  $N_d \geq N_c$ , maka nilai efisiensi :

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

$$E \geq 1 - \frac{10^{-1}}{2,01}$$

$$E \geq 1 - 0,05$$

$$E \geq 0,95$$

$$E \geq 95\%$$

Dimana hubungan antara nilai E (efisiensi) dengan tingkat proteksi sesuai tabel (2.30) sebagai berikut :

$E < 0\%$  tidak diperlukan sistem proteksi petir

$0\% < E < 80\%$  berada pada tingkat proteksi IV

$80\% < E < 90\%$  berada pada tingkat proteksi III

$90\% < E < 95\%$  berada pada tingkat proteksi II

$95\% < E < 98\%$  berada pada tingkat proteksi I

$E > 98\%$  berada pada tingkat proteksi I dengan penambahan alat proteksi

Dengan demikian nilai E sebesar 0,95 berada pada tingkat proteksi II dengan nilai efisiensi diantara  $90\% - 95\%$ . Oleh karena itu tingkat proteksi yang sesuai adalah tingkat II.

### 3.3. Beban Tegangan Langkah dan Tegangan Sentuh

Besar tegangan langkah dari titik terdekat dengan penghantar penangkal petir sampai dengan titik terjauh yang masih dalam batas cakupan ekuivalen pengangkal petir. Hal ini juga dipertimbangkan sesuai dengan jarak arus sambaran petir pada area tersebut. Rata-rata panjang langkah orang Indonesia adalah 0,5 meter.

$$U = I \frac{\rho}{2\pi} \times \frac{s}{d(d+s)}$$

$$U = 93.220 \frac{100}{2 \times 3,14} \times \frac{0,5}{0,1(0,1+0,5)}$$

$$U = 12.369.957,54 \text{ kV}$$

Dari simulasi diatas ditunjukkan besar tegangan langkah pada jarak terdekat tanpa *grounding system*.

Besar tegangan langkah berdasarkan jangkauan arus petir yang dihasilkan, maka dapat disimulasikan sebagai berikut :

$$U = I \frac{\rho}{2\pi} \times \frac{s}{d(d+s)}$$

$$U = 93.220 \frac{100}{2 \times 3,14} \times \frac{0,5}{85(85+0,5)}$$

$$U = 102,126 \text{ V}$$

Sedangkan besar tegangan langkah berdasarkan cakupan ekuivalen penangkal petir, maka dapat disimulasikan sebagai berikut :

$$U = I \frac{\rho}{2\pi} \times \frac{s}{d(d+s)}$$

$$U = 93.220 \frac{100}{2 \times 3,14} \times \frac{0,5}{160(160+0,5)}$$

$$U = 28,90 \text{ V}$$

Dari ketiga simulasi diatas adalah tegangan langkah yang dihasilkan petir tanpa *grounding system*. Dapat disimpulkan bahwa jarak terjauh sesuai cakupan ekuivalen penangkal petir, tegangan yang dihasilkan masih berpotensi untuk menimbulkan kerusakan pada peralatan elektronik. Simulasi tegangan langkah juga dapat dilihat pada sistem yang sudah menggunakan *grounding system*.

Perbedaan tegangan langkah tanpa *grounding system* dengan yang sudah menggunakan *grounding system* terlihat jelas pada tabel 4.3.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Besar Tegangan Langkah Akibat Gangguan Petir

Jarak d (meter)	Resistansi (Ohm)		Tegangan Langkah (V)	
	Tanah	Sistem Pentanahan	Tanah	Sistem Pentanahan
0,1	100	2,20	12.369.957,54	272.139,07
5	100	2,20	26.989,00	593,76
10	100	2,20	7.068,55	155,51
15	100	2,20	3.192,25	70,23
20	100	2,20	1.810,24	39,83
25	100	2,20	1.164,23	25,61
30	100	2,20	811,14	17,85

Tabel 9. Hasil Perhitungan Besar Tegangan Langkah Akibat Gangguan Petir (*lanjutan*)

Jarak d (meter)	Resistansi (Ohm)		Tegangan Langkah (V)	
	Tanah	Sistem Pentanahan	Tanah	Sistem Pentanahan
35	100	2,20	597,34	13,14
40	100	2,20	458,15	10,08
45	100	2,20	362,49	7,97
70	100	2,20	150,39	3,31
85	100	2,20	102,13	2,25
100	100	2,20	73,85	1,62
110	100	2,20	61,06	1,34
120	100	2,20	51,33	1,13
130	100	2,20	43,75	0,96
140	100	2,20	37,73	0,83
150	100	2,20	32,88	0,72
160	100	2,20	28,90	0,64

Sumber : Pengolahan Data (2016)

### 3.4. Efek Tegangan Induksi Sambaran Tidak Langsung Pada Penangkal Petir

Sambaran tidak langsung atau sambaran induksi merupakan sambaran di titik lain yang letaknya jauh tetapi objek terkena pengaruh dari sambaran sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada objek tersebut.

#### 3.4.1. Perhitungan Sambaran Langsung Pada Penangkal Petir

Dari data diketahui bahwa arus maksimal petir I adalah 93,22 kA dan kecuraman petir 3,06 kA/μs. Sedangkan besar resistansi sistem pentanahan yang diukur adalah 2,20 ohm.

Untuk bahan konduktor tembaga sebagai penyalur arus petir, maka induktansi bahan sebesar 1μH per meter. Sehingga tegangan induksi pada tahanan grounding penangkal petir adalah :

$$U = I \times R + U_L \frac{di}{dt}$$

$$U = 93,220 \times 2,20 + 84 \times 10^{-6} \times 3060 A/\mu s$$

$$U = 52,715 \text{ kV}$$

#### 3.4.2. Perhitungan Tegangan Induksi Sambaran Petir Tidak Langsung Pada Jarak Tertentu

Tegangan induksi pada jarak tertentu, misalnya tegangan induksi yang dihasilkan dengan jarak 5 m dari titik referensi atau titik dimana arus petir disalurkan. Maka tegangan induksinya adalah :

$$U_{max} = \frac{Z_0 I_0 h}{d} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \beta \frac{1}{\sqrt{1-0,5\beta^2}} \right)$$

$$U_{max} = \frac{30 \times 93,22 \times 85}{5} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} 0,8 \frac{1}{\sqrt{1-0,5 \times 0,8^2}} \right)$$

$$U_{max} = 80,156 \text{ kV}$$

Tabel 10. Hasil Penghitungan Tegangan Induksi

No	Jarak dari titik referensi (m)	Tegangan Induksi (kV)
1	5	80,156
2	10	40,078
3	15	26,719
4	20	20,039
5	25	16,031
6	30	13,359
7	35	11,451
8	40	10,019
9	45	8,906
10	70	5,725
11	85	4,715
12	100	4,008
13	110	3,643
14	120	3,340
15	130	3,083
16	140	2,863
17	150	2,672
18	160	2,505

Sumber : Pengolahan Data (2016)

Tegangan batas aman manusia menurut PUIL adalah sebesar 50 volt dan batas arus aman adalah 50 mA. Sedangkan tahanan tubuh manusia rata-rata adalah 1000 ohm. Dari data diatas dapat dibuktikan bahwa batas tegangan tubuh manusia adalah sebesar  $U_B = R_K \cdot I_K$  (50 Volt).

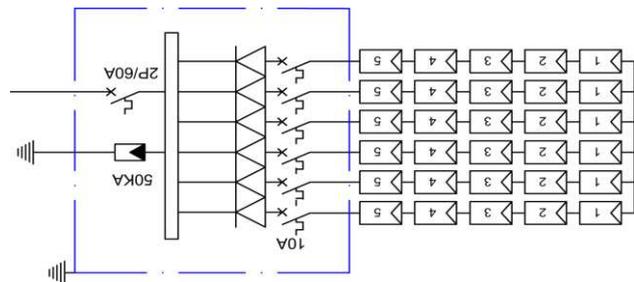
Dari tabel hasil penghitungan diatas maka dapat diasumsikan bahwa tegangan induksi yang dihasilkan dapat merusak peralatan elektronik di area PLTS Terpusat Dusun Permit.

### 3.5. Analisis Hasil

#### 3.5.1. Analisis Desain Proteksi Internal

Pemasangan sistem proteksi petir internal adalah memberikan saluran elektrik dari atas bangunan ke tanah menggunakan kawat tembaga dengan tujuan bila ada sambaran petir yang mengenai atas bangunan maka arus petir bisa mengalir ke bumi atau ground dengan baik. Konsep proteksi internal dengan menggunakan arrester sebagai peralatan proteksi internal PLTS terpusat sebagai berikut :

1. Proteksi pada Solar Charge Control



Gambar 2. Proteksi Internal Pada Solar Charge Control

Pada gambar 2, dapat diketahui bahwa untuk melindungi sambaran petir yang dari panel surya ke solar



dan sambungan ke rumah-rumah penduduk. Dengan demikian penempatan arrester di dua titik tersebut dapat meningkatkan kapasitas kemampuan proteksi petir dengan menggunakan aresster tipe C diharapkan akan dapat melakukan proteksi petir pada PLTS terpusat di Dusun Permit Kecamatan Kuala Behe Kabupaten Landak dengan maksimal.

Menyetujui :  
Pembimbing Utama,

### Referensi

- [1] Sepannur, Bandri. Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat Aplikasi Balai Kota Pariaman. Institut Teknologi Padang. Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 1, No. 2; Juli 2012.
- [2] SNI 03-7015-2004. 2004. *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan*. Standar Nasional Indonesia.
- [3] Hasse, Peter. 2008. IET Power and Energy Series 33 :Overvoltage Protection of Low Voltage Systems Second Edition. London : The Institution of Engineering and Technology.
- [4] Abduh Syamsir. 2003. Proteksi Petir Terhadap Peralatan Listrik. Universitas Pancasila. Jakarta.
- [5] Hutauruk, T.S. Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja. Erlangga. Jakarta.1991.
- [6] Hutahuruk, T.S. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1999.
- [7] Hutagaol, Soli Akbar. Studi Tentang Sistem Penangkal Petir Pada BTS (Base Transceiver Station). Skripsi Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara. 2009.
- [8] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk bangunan di Indonesia. (1983). Hal.17. Cetakan Pertama.
- [9] National Fire Protection Association 780.
- [10] IEC 62305. (1983). Protection against lightning.

Ir. Dania, MT  
NIP. 196202121992031002

### Biography



**Mahadi Septian**, lahir di Sintang pada tanggal 15 September 1988. Menempuh Pendidikan Program Strata I (S1) di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2010. Penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro konsentrasi Teknik Tenaga Listrik Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.