

## EVALUASI SISTEM PENEMPATAN LIGHTNING ARESTER PADA TRANSFORMATOR GARDU INDUK 150 KV PEDAN

Ependi<sup>1</sup>, Slamet Hani S.T., M.T.<sup>2</sup>, Ir. Prastyono Eko Pambudi, M.T.<sup>3</sup>  
Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Sains dan Teknologi AKPRIND  
Jalan Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222  
Ependi024@gmail.com<sup>1</sup>, Shan@akprind.ac.id<sup>2</sup>, Praspep@yahoo.co.id<sup>3</sup>

### ABSTRACT

*Utilization of electrical energy optimally by the community can be met with reliable. In electrical energy equipment required a fundamental knowledge about the strength of equipment so that services can take place both in normal operation and when there is interference in the system. Transformer is one of the most important equipment in 150 KV Pedan. Lightning arrester the channel creates a voltage surge. This voltage surge is one of the causes of damage to the transformer and the disruption of the system in conducting electrical power. The main protection against the lightning voltage on the substation is lightning arrester. Calculates the rated voltage, protection factor and working stress on the system to determine or select a reliable arrester to use. The transformer power protection device from the lightning voltage placement in the right position then in the analysis of placement distance to know the magnitude of surge voltage. System voltage 150 KV, rated voltage 131.25 KV, working voltage 123 KV, protection factor 69.93%. The value of this voltage is expressed in the effective price and written on the nameplate plate. In practice the system operates at a voltage not equal to its nominal voltage, sometimes above par. Distance affects the impulse voltage 13.5 is the maximum distance of placement. More stress can damage equipment, therefore equipment needs to be properly protected and a safe distance.*

**Keywords:** *surge impuls, arrester, transformator daya 60MVA.*

### INTISARI

Pemanfaatan energi listrik secara optimum oleh masyarakat dapat terpenuhi dengan handal. Dalam peralatan energi listrik diperlukan pengetahuan mendasar tentang kekuatan peralatan sehingga pelayanan dapat berlangsung dengan baik disaat operasi normal maupun saat terjadi gangguan pada sistem. Transformator merupakan salah satu peralatan yang sangat penting dalam Gardu Induk 150 KV Pedan. Petir yang menyambar saluran menimbulkan surja tegangan. Surja tegangan ini merupakan salah satu penyebab kerusakan pada transformator dan terganggunya sistem dalam menghantarkan daya listrik. Proteksi utama terhadap sambaran petir pada gardu induk adalah lightning arrester. Menghitung tegangan pengenalan, faktor perlindungan serta tegangan kerja yang terdapat pada sistem untuk menentukan atau memilih arrester yang handal untuk digunakan. Alat perlindungan transformator daya dari sambaran petir penempatannya pada posisinya yang tepat maka di analisis jarak penempatan untuk diketahui besar tegangan surja. Tegangan sistem 150 KV, tegangan pengenalan 153,25 KV, tegangan kerja 123 KV, faktor perlindungan 69,93%. Nilai tegangan ini dinyatakan dalam harga efektif dan dituliskan pada papan name plate. Dalam praktiknya sistem beroperasi pada tegangan yang tidak sama dengan tegangan nominalnya, adakalanya diatas nominal. Jarak berpengaruh terhadap besar tegangan impuls 13,5 adalah jarak maksimal penempatan. Tegangan lebih dapat merusak peralatan, oleh karena itu peralatan perlu di lindungi dengan tepat serta jarak yang aman.

**Kata Kunci:** *surja petir, arrester, transformator daya 60 MVA.*

## I. PENDAHULUAN

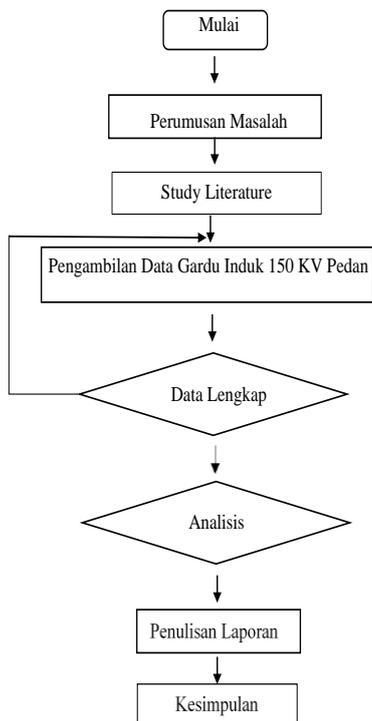
Petir merupakan fenomena alam yang memiliki sifat listrik dengan kekuatan yang sangat besar sehingga berpotensi untuk mengganggu peralatan listrik. Sambaran petir pada peralatan listrik dapat menyebabkan tegangan lebih pada peralatan dan kerusakan pada gardu induk serta peralatan elektrik yang terhubung didalamnya. Sambaran petir dapat masuk kedalam peralatan dengan beberapa mekanisme. Mekanisme pertama yaitu melalui sambaran langsung pada peralatan. Mekanisme kedua adalah melalui sambaran petir yang tidak langsung mengenai peralatan melainkan petir menyambar benda-benda yang berada disekitar gardu induk. Sambaran tidak langsung yang mengenai benda-benda disekitar peralatan ini menimbulkan medan elektromagnetik sehingga mengakibatkan tegangan induksi pada peralatan listrik di gardu induk. Tegangan induksi inilah yang dapat menyebabkan terjadinya tegangan lebih pada peralatan listrik di gardu induk yang dapat membahayakan isolator serta peralatan-peralatan listrik atau jaringan yang terhubung dengan saluran tersebut. Untuk melindungi peralatan listrik dan jaringan dari gangguan tegangan lebih tersebut diperlukan pemasangan peralatan proteksi. Alat yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik pada gardu induk dari surja petir adalah *lightning arrester*.

Surge Arrester disingkat arrester atau sering disebut penangkap petir, adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir, sebagai jalan pintas (*by-pass*) sekitar isolasi. Arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya sistem 50 Hz dan pada kerja normal arrester itu berlaku sebagai isolator dan apabila timbul surja maka dia berlaku sebagai konduktor, yang dapat melewatkan aliran arus yang tinggi. Setelah surja hilang, arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka. Arrester modern dapat membatasi harga tegangan surja di bawah tingkat isolasi

peralatan. Peralatan dapat dilindungi dengan menempatkan arrester sedekat mungkin pada peralatan tersebut dan tidak perlu menggunakan alat pelindung pada tiap bagian peralatan yang akan dilindungi. Walaupun pengaruh gelombang berjalan akan menimbulkan tegangan yang lebih tinggi di tempat yang agak jauh dari arrester, peralatan masih dapat dilindungi dengan baik bila jarak arrester dan peralatan masih dalam batas yang diizinkan. Arrester di tempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Tetapi untuk memperoleh kawasan perlindungan yang lebih baik, maka ada kalanya arrester di tempatkan dengan jarak tertentu dari peralatan transformator (trafo) yang dilindungi. Jarak arrester dengan trafo yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada trafo. Jika jarak arrester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada trafo dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya. Untuk menentukan jarak maksimum yang diizinkan antara arrester dan peralatan yang dilindungi dikenal beberapa metode. Salah satu metodenya adalah metode pantulan berulang. Metode ini adalah metode pendekatan yang dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum arrester dan peralatan, dan juga untuk menentukan panjang maksimum dari kabel penghubung peralatan dengan saluran transmisi. Gardu Induk 150 KV dimana disitu terdapat peralatan trafo dan arrester yang penempatannya mempunyai jarak tertentu. Oleh karena itu, dari uraian di atas maka penelitian tentang arrester akan disusun dalam sebuah skripsi dengan judul EVALUASI SISTEM PENEMPATAN LIGHTNING ARRESTER PADA TRAF0 150KV PEDAN.

## II. METODOLOGI

Proses penelitian dilakukan dengan beberapa tahap yang dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar 1. Proses penelitian

Analisis data merupakan bagian penting dalam penelitian, karena dengan analisis data yang diperoleh mampu memberikan arti dan makna untuk memecahkan masalah dan mengambil kesimpulan penelitian. Dalam penelitian ini Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis matematis untuk mendapatkan hasil penelitian. Analisis ini adalah mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku didalam perhitungan koordinasi lokasi arrester.

#### 1. Frekuensi pengenalan

Sama dengan frekuensi sistem dimana arrester dipasang

$$U_r = 1,25 \times U_c \quad (1)$$

Dimana:  $U_r$  : tegangan pengenalan

1,25 : Temporary tegangan lebih

#### 2. Tingkat perlindungan

Tingkat perlindungan arrester ( $V_p$ ) atau tegangan tertinggi pada terminal arrester saat mengalirkan arus surja

$$V_p = V_a \times 1,1 \quad (2)$$

Dimana :  $V_p$  : Tingkat perlindungan

$V_a$  : tegangan kerja arrester

1,1 : tegangan nominal

#### 3. Margin

Ketahanan suatu peralatan memikul tegangan impuls, selisih BIL peralatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi arrester yang melindunginya disebut margin.

$$\text{Margin} = TID_{\text{peralatan}} - V_p \quad (3)$$

#### 4. Jarak maksimal penempatan lightning arrester

$$V_t = V_a + 2 \tau \frac{l}{v} \quad (4)$$

Dimana :

$l$  = jarak maksimum arrester dengan peralatan (m)

$V_t$  = tegangan pada terminal arrester

$V_a$  = tegangan percik arrester/tegangan kerja (KV)

$\tau$  = kecuraman muka gelombang tegangan impuls (KV/  $\mu s$ )

$v$  = kecepatan rambat tegangan impuls (m/ $\mu s$ )

Rumus yang digunakan untuk menentukan jarak arrester dan trafo adalah  $V_t = V_a + 2 \frac{l}{v} \mu$ . Sesuai dengan rumus tersebut maka, jarak penempatan arrester ( $l$ ) dipengaruhi oleh tegangan terminal trafo ( $V_t$ ), tegangan kerja arrester ( $V_a$ ), kecuraman gelombang datang ( $\mu$ ), dan kecepatan rambat gelombang ( $v$ ).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dan pengamatan yang diambil melalui dokumentasi secara langsung di gardu induk 150 kV Pedan. Dapat diketahui nilai data beban puncak rata-rata transformator daya-I dan II sebagai berikut:

Penentuan tegangan nominal suatu arrester dengan sela yang dipergunakan pada sistem 150 kV. Titik netral sistem ditanahkan efektif dengan  $k_g = 0,1$ . Tegangan operasi

123 KV merupakan tegangan frekuensi maksimum dimana arrester terus dapat beroperasi tanpa batasan. Tegangan lebih frekuensi daya berlangsung maksimum 48 – 62 Hz.

### 1. Frekuensi pengenalan

Tegangan pengenalan menurut tegangan kontinu adalah

$$U_r = 1,25 \times 123 = 153,75 \text{ kV}$$

Seperti yang telah dijelaskan pada landasan teori dimana, Faktor perlindungan adalah besar perbedaan tegangan antara BIL dari peralatan yang dilindungi dengan tegangan kerja dari arrester, dan pada umumnya besar faktor perlindungan adalah 20% dan faktor perlindungan yang baik adalah tidak boleh kurang dari 20%. Berdasarkan hasil penelitian pada arrester ( $V_a$ ) adalah 123 KV. Dan berdasarkan persamaan tingkat perlindungan arrester ( $V_p$ ).

### 2. Tingkat perlindungan

$$\begin{aligned} - V_p &= V_a \times 1,1 \\ &= 123 \times 1,1 \\ &= 135,3 \text{ kV} \end{aligned}$$

Jadi tingkat perlindungan arrester ( $V_p$ ) atau tegangan tertinggi pada terminal arrester saat mengalirkan arus surja adalah 135,3 kV.

Tingkat Isolasi dasar (TID) berdasarkan peralatan yang dilindungi yaitu transformator. Maka TID untuk transformator adalah 450 kV.

Selisih BIL peralatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi arrester yang melindunginya disebut margin, maka :

### 3. Margin

$$\begin{aligned} \text{Margin} &= \text{TID}_{\text{peralatan}} - V_p \\ &= 450 - 135,3 \\ &= 314,7 \text{ kV} \end{aligned}$$

Faktor perlindungan jika ditinjau dari  $\text{TID}_{\text{peralatan}}$  yang dilindungi :

$$\begin{aligned} \text{Faktor perlindungan} &= \frac{314,7}{450} \times 100\% \\ &= 69,93 \% \end{aligned}$$

Faktor perlindungan jika ditinjau dari tingkat proteksi arrester ( $V_p$ ) :

### 4. Faktor perlindungan arrester Tri delta

$$\begin{aligned} \text{Faktor perlindungan} &= \frac{314,7}{135,3} \times 100\% \\ &= 232,5\% \end{aligned}$$

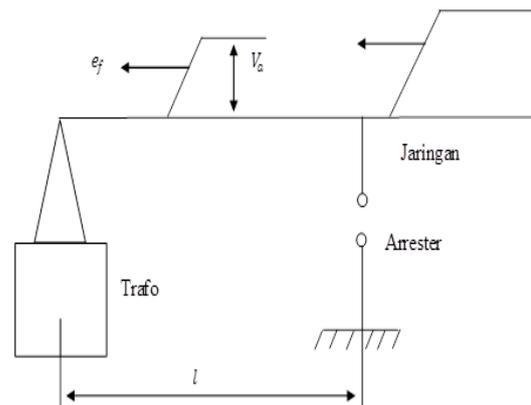
Tabel 4. 1 pengenalan arrester Tri delta

Arrester Gardu Induk	Tridelta
Tegangan sistem kV	150
Tegangan Pengenal ( $U_c$ ) kV	131,25

Tegangan kerja ( $V_a$ ) kV	123
Faktor perlindungan (FP)%	69,93

Jadi karena faktor perlindungan jika ditinjau dari  $\text{TID}_{\text{peralatan}}$  adalah 69,93% lebih rendah dari pada faktor jika ditinjau dari tingkat proteksi arrester adalah 232,5% sehingga arrester memenuhi syarat untuk dapat memberikan perlindungan pada Gardu Induk Pedan 150 KV yang mempunyai trafo dengan kapasitas 60 MVA.

Berdasarkan data – data hasil penelitian maka jarak maksimum antara arrester dengan trafo dapat dihitung dengan persamaan  $V_t = V_a + 2 \frac{l}{v} \mu$ . Peralatan arrester menggunakan impuls petir dari pabrikan menggunakan standar IEC (Internasional Electronical Comission) untuk menghitung jarak masimal penempatan arrester dengan trafo maka kecuraman muka gelombang tegangan surja ( $\mu$ ) = 300kv/ $\mu$ s dan kecepatan merambat tegangan surja ( $v$ ) = 300 m/ $\mu$ s.



Gambar 2.1 Jarak penempatan lightning arrester dengan transformator

Dari gambar diatas arrester untuk melindungi trafo pemasangannya terpisah yang dihubungkan dengan sepotong kabel maka dapat dihitung jarak maksimal arrester dengan transformator supaya didalam penempatan tidak melebihi kemampuan arrester dalam melindungi trafo 1 dengan kapasitas 60 MVA pada sistem 150 KV.

$$150 = 123 + 2 \cdot \frac{l}{300} \cdot 300$$

$$150 - 123 = 2l$$

$$27 = 2l$$

$$l = 13,5 \text{ meter}$$

Jarak maksimum arrester-II dengan merk Tri Delta dengan type S8 150/10.3-0-A yang terpasang dengan transformator daya-II dengan merk Unindo dengan kapasitas 60 MVA yang terdapat pada gardu induk 150 KV

Pedan adalah 13,5 meter. Dari jarak maksimum diatas maka dapat dihitung bila parameter jaraknya di ubah-ubah dengan jarak 1-10 meter dengan kecuraman muka gelombang tegangan surja ( $\mu$ ) = 300kv/ $\mu$ s dan kecepatan merambat tegangan surja (V) = 300 m/ $\mu$ s. Maka bisa diketahui jarak yang diberikan akan berpengaruh terhadap besar tegangan yang tiba pada transformator.

- Dengan parameter jarak 1 meter.

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{1}{300}$$

$$Vt = 123 + 1,8$$

$$Vt = 124,8 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 2 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{2}{300}$$

$$Vt = 123 + 3,6$$

$$Vt = 126,6 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 3 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{3}{300}$$

$$Vt = 123 + 6$$

$$Vt = 129 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 4 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{4}{300}$$

$$Vt = 123 + 7,8$$

$$Vt = 130,8 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 5 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{5}{300}$$

$$Vt = 123 + 9,6$$

$$Vt = 132,6 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 6 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{6}{300}$$

$$Vt = 123 + 12$$

$$Vt = 135 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 7 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{7}{300}$$

$$Vt = 123 + 13,8$$

$$Vt = 136,8 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 8 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{8}{300}$$

$$Vt = 123 + 15,6$$

$$Vt = 138,6 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 9 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{9}{300}$$

$$Vt = 123 + 18$$

$$Vt = 141 \text{ kV}$$

- Dengan parameter jarak 10 meter

$$Vt = 123 + 2.300 \cdot \frac{10}{300}$$

$$Vt = 123 + 20,4$$

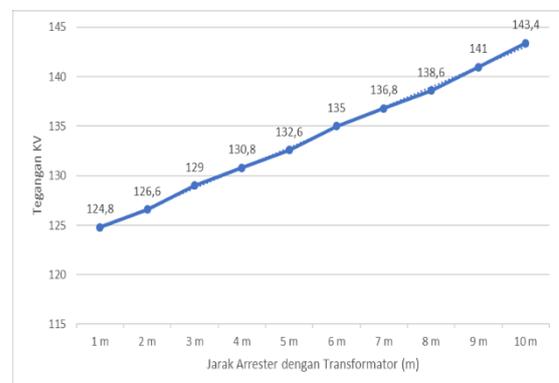
$$Vt = 143,4 \text{ kV}$$

Naik tegangan dari parameter jarak yang telah di ubah-ubah seperti diatas untuk evaluasi dalam sistem penempatan lightning arrester dengan transformator daya-II untuk mengetahui bagaimana jarak penempatan yang aman. Dari hasil analisa parameter jarak yang diubah-ubah diatas akan disajikan dalam bentuk tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 besar tegangan terhadap jarak yang diberikan

No.	Jarak (m)	Besar Tegangan (KV)
1.	1	124,8
2.	2	126,6
3.	3	129
4.	4	130,8
5.	5	132,6
6.	6	135
7.	7	136,8
8.	8	138,6
9.	9	141
10.	10	143,3

Dari hasil analisis perhitungan dengan parameter jarak yang di ubah-ubah dengan jarak 1-10 meter. Dibawah ini akan disajikan dalam bentuk diagram grafik naik tegangan pada transformator saat terjadi tegangan surja dengan nilai parameter sesuai standar IEC muka gelombang tegangan surja ( $\mu$ ) = 300kv/ $\mu$ s dan kecepatan merambat tegangan surja (V) = 300 m/ $\mu$ s.



Gambar 2.2 Grafik jarak penempatan lightning arrester

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa penempatan lightning arrester berpengaruh terhadap besar tegangan impuls yang tiba pada transformator. Padahal di dalam pemasangannya arrester dengan transformator daya-II dengan jarak 3 meter jadi jarak penempatan arrester dengan trafo masih didalam radius aman.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan dan pembahasan pada bab IV, maka akhir penulisan ini dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Lightning arrester merk Tridelta type S8 15010.3-0-A untuk melindungi Transformator daya-2 60 MVA merk UNINDO pada Gardu Induk 150 KV Pedan.
2. Tegangan pengenal lightning arrester merk Tridelta type S8 15010.3-0-A adalah 153,75 KV.
3. Tingkat perlindungan arrester 135,3 kV.
4. Selisih BIL peralatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi arrester yang melindunginya 314,7 kV.
5. Faktor perlindungan yang diperoleh jika ditinjau dari tingkat insulasi dasar transformator daya-II 60 MVA adalah 69,93%.
6. Faktor perlindungan yang diperoleh jika ditinjau dari tingkat proteksi arrester adalah 232,5%.
7. Besar tegangan yang tiba pada transformator dengan parameter pada jarak 1 meter yaitu 124,8 KV.
8. Sedangkan besar tegangan yang tiba pada transformator dengan parameter pada jarak 10 meter yaitu 143,3 KV.
9. Jarak maksimal penempatan arrester-II yang terpasang dengan transformator daya-II sejauh 13,5 meter.

#### V. UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan barokah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Evaluasi Sistem Penempatan Lightning Arrester Pada Transformator Gardu Induk 150 KV Pedan". Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar *Sarjana Teknik (S.T.)* pada Program Studi S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Dalam melakukan penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada: Rektor IST AKPRIND Yogyakarta Dr. Ir. Amir Hamzah, MT. Dekan Fakultas Teknologi Industri Dr. Ir. Toto Rusianto, MT. Ketua Jurusan Teknik Elektro Sigit Priyambodo, ST., MT. Pembimbing 1 Slamet Hani ST., MT. Pembimbing 2 Ir. Prastyono Eko Pambudi., MT. Bapak Waluyo dan Ibu Giyarmi. Spv Gardu Induk 150 KV Pedan Budi Purwanto. Pembimbing Gardu Induk Pedan Bapak Tugino, Sumarno, Isdianto, Tito, Yoga, Hambali, Yofan, Sulis. Wulaningsih dan Gunar. Saudara dan keluarga penulis. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2013. Teman-teman IST Akprind Yogyakarta. Teman-teman karang taruna puspita remaja. Teman-teman cbts klaten.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- Ansyori, R., 2014. *Analisa Proteksi Petir pada Gardu Distribusi 20KV PT.PLN (Persero) rayon Inderalaya*. Universitas Sriwijaya.
- Arismunandar., 2007. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Nurul Hidayatulloh., 2009. *Kemampuan Arrester untuk Pengaman Trafo Gardu Induk Sronol 150 KV*. Universitas Negeri Semarang.
- Mujiman., 2014. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Saluran 20 KV di PT*.

PLN (Persero) APJ Yogyakarta.  
Institut Sains & Teknologi Akprind  
Yogyakarta.

- Parera, L. M., 2009. *Analisis Perlindungan Transformator Distribusi yang Efektif Terhadap Surja Petir*. Jurnal Teknologi.
- Simillang, P., 2013. *Analisa Rating Lightning Arrester pada Jaringan Distribusi 70 KV Tomohon-Teling*. Universitas Sam Ratulangi.
- Tobing, B. L., 2012. *Peralatan Tegangan Tinggi edisi kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Wibowo, I. E., 2012. *Evaluasi Perlindungan Gardu Induk 150KV Pandean Lamper di Trafo III 60 MVA terhadap Gangguan Surja Petir*. Universitas Muhammadiyah Semarang.