

**STUDI EVALUASI KEMAMPUAN ARRESTER SEBAGAI PENGAMAN
TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK 150 KV PALUR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

HARUN AL RASYID

D400160039

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI EVALUASI KEMAMPUAN ARRESTER SEBAGAI PENGAMAN
TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK 150 KV PALUR**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

HARUN AL RASYID

D400160039

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:



HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EVALUASI KEMAMPUAN ARRESTER SEBAGAI PENGAMAN
TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK 150 KV PALUR**

OLEH

HARUN AL RASYID

D400160039

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 28 Juli 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Ir. Jatmiko, M.T

(Ketua Dewan Penguji)

2. Agus Ulinuha, PhD

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Tindyo Prasetyo, S.T, M.T

(Anggota II Dewan Penguji)



(.....)



(.....)



(.....)

Dekan,



Harun Al Rasyid, M.T, Ph.D

NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 28 Juli 2020

Penulis



HARUN AL RASYID

D400160039

STUDI EVALUASI KEMAMPUAN ARRESTER SEBAGAI PENGAMAN TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK 150 KV PALUR

Abstrak

Gardu Induk sebagai penyalur aliran daya listrik dari sistem transmisi ke sistem distribusi untuk disalurkan ke konsumen. Pada Gardu Induk terdapat transformator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan menengah. Pada transformator dipasang suatu alat pengaman yaitu arrester. Arrester adalah suatu alat proteksi yang digunakan untuk melindungi peralatan dari tegangan lebih akibat dari surja petir. Untuk mendapatkan perlindungan yang optimal, arrester harus di tempatkan pada jarak sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Jarak maksimal pemasangan arrester harus ditentukan agar bisa menjadi batasan pemasangan arrester dalam melindungi peralatan secara optimal. Pada penelitian ini berfokus pada satu trafo dan satu arrester. Jenis trafo yang digunakan yaitu merk CG PAUWELS type ORF.60/275 dan arrester bay trafo 1 merk PASSONI VILLA type SCB 170-120/150. Dalam menentukan jarak aman arrester sebagai pengaman trafo menggunakan metode optimasi dengan menghitung jarak paling maksimal trafo dengan arrester agar mendapatkan perlindungan yang optimal. Analisa yang didapat dari perhitungan jarak maksimal arrester dengan trafo yaitu 22,5 m, sedangkan data di lapangan jarak arrester dengan trafo 4,2 m. Jadi kesimpulan dari penelitian ini, arrester yang terpasang pada trafo 1 masih dalam keadaan aman sebagai pengaman trafo karena masih dibawah batas jarak maksimal arrester dengan trafo.

Kata Kunci : arrester , jarak , trafo

Abstract

The substation takes a role as a distributor of electricity from the transmission system to the distribution system and to be distributed to consumers. At the substation, there are transformers that are to reduce the voltage which is from high voltage to medium voltage. There is a safety device which is installed in the transformer, namely arrester. Arrester is a safety device used to protect arresters from overvoltages caused by lightning surges. For maximum protection, arresters must be placed as close to the protected device as possible. The optimum distance for the installation of arresters must be determined so that they can be installed optimally as needed. This study focuses on one transformer and one arrester. The type of transformer used is CG PAUWELS type ORF.60 / 275 and arrester with transformer 1 which is PASSONI VILLA type SCB 170-120 / 150. In determining the safe distance of the arrester installation, we used optimization method by calculating the maximum distance of the traffic with arresters in order to get optimal protection. The analysis obtained from the calculation shows that the maximum distance of the arrester with a transformer is 22.5 m. Meanwhile, in reality, we found that the distance of the arrester with a transformer is only 4.2 m. Eventually, we get the conclusion that the arrester that is installed on transformer 1 is still in the safe box of the transformer since it is still below the maximum distance of the arrester with the transformer.

Keywords : arrester , distance , transformer

1. PENDAHULUAN

Listrik sudah menjadi kebutuhan utama masyarakat Indonesia yang digunakan untuk keperluan rumah tangga, industri, maupun kegiatan lainnya untuk menunjang kehidupan sehari-hari. Energi listrik disalurkan dari pembangkit ke saluran transmisi untuk disalurkan lagi ke masyarakat. Sering kali terjadi gangguan saat menyalurkan listrik dari gardu induk ke masyarakat. Gangguan bisa disebabkan oleh beberapa macam hal seperti rusaknya peralatan, kesalahan manusia, faktor alam seperti sambaran petir dan lain-lain. Maka untuk mengamankan peralatan listrik dari gangguan yang sering terjadi pada gardu induk dipasanglah suatu alat proteksi salah satunya yaitu arrester.

Arrester berguna untuk mengamankan peralatan listrik ketika terjadi tegangan lebih akibat surja petir. Ketika terjadi sambaran petir dan terjadi flashover, tegangan lebih bisa dikurangi oleh arrester. Maka flashover dapat dikurangi dengan mengoptimalkan arrester dan lokasi penempatan. (Muncho Josephine & Gbasouzor Austin, 2017)

Salah satu yang harus diperhatikan dari arrester adalah jarak pemasangannya dengan peralatan yang dilindungi. Menentukan jarak pemasangan arrester bertujuan untuk mengetahui batas jarak aman arrester dalam melindungi peralatan secara optimal. Mengoptimalkan lokasi arrester dapat meningkatkan kinerja arrester dalam melindungi peralatan terhadap induksi petir. (Seyed Ahmad Hosseini & Taghi Barforoshi, 2015)

Gangguan petir adalah gejala tegangan berlebih yang disebabkan oleh arus sambaran petir. Tegangan berlebih maksudnya adalah tegangan yang memiliki amplitudo yang besar dan berlangsung sangat singkat. Tegangan lebih menyebabkan gangguan peralatan isolasi dan komponen dalam sistem tenaga listrik, jika tegangan melebihi BIL peralatan isolasi serta komponen sistem tenaga listrik yang digunakan. Arus petir pada saluran dapat berupa sambaran langsung dan tidak langsung yang menyebabkan gangguan dalam saluran terganggu dalam menghantarkan listrik. (Syarif Hidayat, 2014). Maka menentukan jarak maksimal pemasangan arrester menjadi hal yang penting karena bisa mempengaruhi kerja arrester dalam melindungi peralatan sistem tenaga listrik.

2. METODE

2.1 Struktur Penelitian

2.2 Studi Literatur

Mencari referensi dari berbagai sumber seperti jurnal maupun buku untuk memahami persoalan dalam penelitian.

2.1.2 Pengumpulan Data

Mengumpulkan data-data yang didapat ketika melakukan penelitian di Gardu Induk 150 KV Palur.

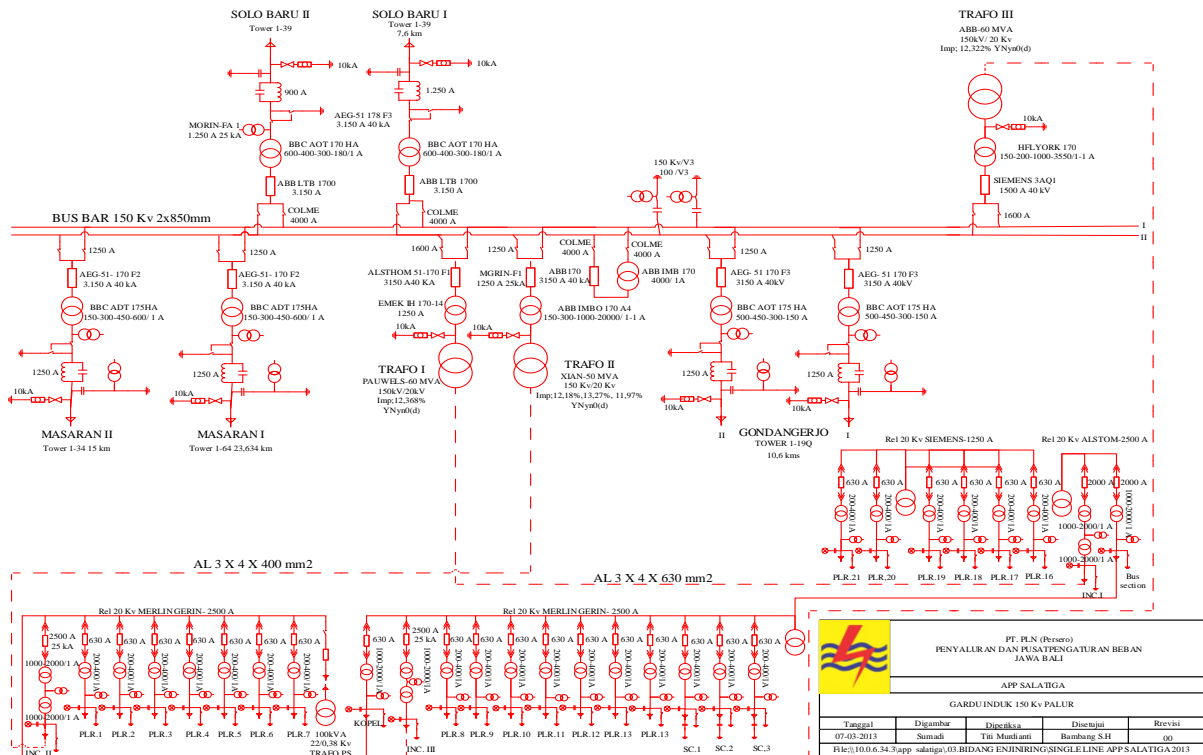
2.1.3 Analisa Data

Melakukan analisa dengan memahami data yang telah diambil di Gardu Induk dan menganalisa apakah arrester dapat bekerja maksimal atau tidak.

2.1.4 Perbandingan Data

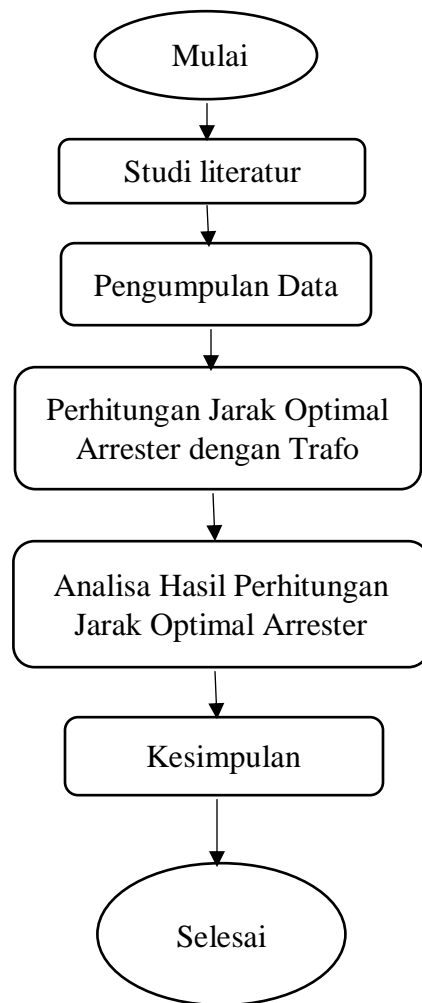
Membandingkan data analisa dengan data di lapangan untuk mendapatkan kesimpulan penelitian.

2.3 Single Line Diagram Gardu Induk 150 KV Palur



Gambar 1. Single Line Diagram

2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lightning Arrester

Pada Gardu Induk terdapat beberapa alat proteksi, salah satunya yaitu Arrester yang berguna untuk pengaman peralatan listrik yang terdapat di Gardu Induk. Arrester berfungsi sebagai pengaman trafo ketika terjadi tegangan lebih akibat surja petir. Arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh petir, sehingga tidak terjadi tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Arrester harus bisa menahan tegangan sistem pada frekuensi 50 Hz dalam waktu yang singkat dan surja arus dapat dialirkan ke tanah tanpa merusak arrester dengan tujuan untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi baik dalam keadaan normal maupun ada gangguan. Saat kondisi normal arrester bekerja sebagai isolator dan ketika ada surja petir, arrester bekerja sebagai konduktor untuk mengalirkan arus yang tinggi ke tanah. Arrester cepat menjadi isolator lagi ketika surja telah hilang sehingga PMT tidak membuka. Arrester pada gardu induk biasanya terpasang pada setiap ujung saluran masuk gardu induk. Arrester biasa dipasang di trafo untuk melindungi trafo dari tegangan lebih. Pada arrester terdapat dua unsur yaitu sela api dan tahanan kran, keduanya dihubungkan secara seri.

3.2 Lightning Arrester pada Gardu Induk Palur 150 kV

Gardu Induk Palur terdapat beberapa arrester yang berfungsi sebagai pengaman trafo, pada penelitian ini berfokus pada arrester dibawah ini.

Arrester pada bay Trafo 1 :

Merk : PASSONI VILLA
Type : SCB 170-120/150
Nilai Tegangan : 150 kV
Nilai Arus : 10 kA

3.3 Name Plate Arrester

Tabel 1. Name Plate Arrester

No	Merk/Type	Bay	Nilai Arus
1	BBC HML 150	Gondangrejo 1	10 kA
2	BBC HML 150	Gondangrejo 2	10 kA
3	BBC HML 150	Solo Baru 1	10 kA
4	ALSTHOM PSC 150 Y	Solo Baru 2	10 kA
5	BBC HML 150	Masaran 1	10 kA
6	OHIO BRASS PSEPH3UAG20048	Masaran 2	10 kA
7	PASSONI VILLA SCB 170-120/150	Trafo 1	10 kA
8	BBC HML 150	Trafo 2	10 kA
9	SIEMENS 3EP2 138-2PN	Trafo 3	10 kA

3.4 Menentukan Lightning Arrester

Dalam menentukan tegangan pengenal arrester harus menyesuaikan dengan tegangan kerja arrester saat bekerja dan sesuai dengan karakteristiknya.

3.4.1. Karakteristik Arrester

Tabel 2. Karakteristik Arrester

Rating Arrester (KV)	Keamanan FOW (KV/ μ det)	10 KA dan 5 KA	
		STD (KV)	FOW (KV)
54	450	195	224
60	500	216	250
75	625	270	310
84	700	302	347
96	790	324	371
102	830	343	394
108	870	363	418
120	940	400	463
126	980	420	483
138	1030	460	530
150	1080	500	577
174	1160	570	660
186	1180	610	702
198	1200	649	746

3.4.2. Menentukan Tegangan Pengenal

Tegangan rms fasa tertinggi dikali dengan koefisien pentanahan.

a) Tegangan sistem maksimum

Tegangan yang masih bisa ditahan oleh saluran di mana arrester itu di pasang.

$$\begin{aligned}U_m &= E \text{ sistem} \times 110 \% \\ &= 150 \text{ kV} \times 1,1 \\ &= 165 \text{ kV}\end{aligned}\tag{1}$$

b) Tegangan Pengenal

$$\begin{aligned}U_c &= U_m \times \alpha \times \beta \\ &= 165 \times 0,8 \times 1,1 \\ &= 145,2 \text{ kV}\end{aligned}\tag{2}$$

c) Kecepatan Tegangan Surja

Arrester pada tegangan 150 kV dengan kecuraman surja pada karakteristiknya sebesar 1080 kV/ μ detik. Maka kecepatan naik surja :

$$\frac{1080 \text{ kV}/\mu \text{ detik}}{150} = 7,2 \text{ kV}/\mu \text{ detik}\tag{3}$$

d) Tegangan Percik Impuls

Pada tabel karakteristik arrester diketahui tegangan percik impuls maksimum sebesar 577 kV.

e) Tegangan Kerja

Tegangan kerja arrester merupakan tegangan yang timbul pada terminal arrester pada saat arus surja mengalir ke tanah.

Tegangan kerja arrester pada tabel karakteristiknya sebesar 500 kV.

3.4.3. Arus Pelepasan Arrester

a) Tegangan Puncak Surja

Pada Gardu Induk Palur menggunakan isolator jenis keramik dan TID saluran 650 kV.

$$\begin{aligned} E &= 1,2 \times \text{TID saluran} \\ &= 1,2 \times 650 \\ &= 780 \text{ kV} \end{aligned} \tag{4}$$

b) Impedansi Surja

Jenis kawat fasa yang digunakan pada gardu induk Palur yaitu ACSR 550/70 mm², berdiameter 32,4 mm. Tinggi kawat fasa ke tanah 35 m. jenis kawat tanah menggunakan GSW 55 mm².

Menentukan impedansi surja :

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} \tag{5}$$

Ket = h : tinggi kawat tanah : 35 m

r : jari-jari kawat : 16,2 mm : 16,2 x 10⁻² m

$$\begin{aligned} Z &= 60 \ln \frac{2 \times 35}{16,2 \times 10^{-2}} \\ &= 364,1 \Omega \end{aligned}$$

Maka arus pelepasan arrester :

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{2 \times E - V_a}{Z} \\ &= \frac{2 \times 780 - 500}{364,1} \\ &= 2,91 \text{ kA} \end{aligned} \tag{6}$$

Jadi kelas arus arrester yang digunakan 10 KA.

Kelas arrester 10 KA untuk perlindungan Gardu Induk yang besar dengan frekuensi sambaran petir yang cukup tinggi dengan tegangan sistem diatas 70 KV. (Ibnu Hajar, 2017).

c) Faktor Perlindungan

Menentukan faktor perlindungan arrester pertama-tama harus menghitung tingkat perlindungannya dahulu.:

$$\begin{aligned} T_p &= V_a \times 1,1 \\ &= 500 \times 1,1 \\ &= 550 \end{aligned} \tag{7}$$

Jadi faktor perlindungan :

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{TID\ Trafo - T_p}{TID\ Trafo} \times 100\% \\ &= \frac{650 - 550}{650} \times 100\% \\ &= 15,3\% \end{aligned} \tag{8}$$

3.4 Tahanan Isolasi Arrester

Pengukuran tahanan antara dua kawat saluran yang diisolasi atau antara satu kawat dengan tanah. Tujuannya untuk mengetahui kondisi tahanan isolasi arrester masih dalam keadaan baik atau kurang baik. Pengukurannya menggunakan alat Megger 5000 volt. Nilai batas minimum standar tahan isolasi sebesar ($>1M\Omega / 1kV$).

Tahanan isolasi arrester bay trafo 1 merk PASSONI VILLA

Tabel 3. Tahanan Isolasi Arrester PASSONI VILLA

Titik Ukur	Fasa		
	R	S	T
Atas – Bawah	234.000 M Ω	258.000 M Ω	264.000 M Ω
Tengah – Tanah	253.000 M Ω	149.000 M Ω	184.000 M Ω
Bawah – Tanah	78.900 M Ω	193.000 M Ω	128.000 M Ω

3.6 Jarak Optimum Arrester dengan Trafo

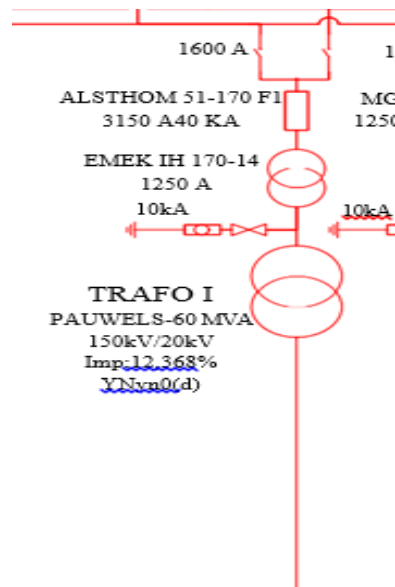
Arrester harus ditempatkan dengan jarak tertentu dengan trafo. Untuk mendapatkan perlindungan yang optimal jarak arrester dengan trafo tidak boleh terlalu jauh maupun terlalu dekat. Menentukan jarak (s) arrester dengan trafo bertujuan untuk mengetahui keamanan arrester saat bekerja. Dalam menentukan jarak maksimum arrester menggunakan persamaan (Zoro, 2011).

$$S = (E_p - E_a) \times \frac{v}{2A} \quad (9)$$

Dimana :

- S : Jarak maksimum arrester (m)
- E_p : BIL trafo (kV)
- E_a : Tegangan kerja arrester (kV)
- v : Kecepatan gelombang impuls (m/s)
- A : Kecuraman gelombang datang (kV/s)

3.6.1 Single line diagram arrester dengan trafo 1



Gambar 3. Single line diagram arrester dengan trafo 1

Gambar di atas menunjukkan arrester bay trafo 1 merk PASSONI VILLA type SCB 170-120/150 yang dipasang pada trafo 1 merk CG PAUWELS.

Berikut data dari trafo 1 :

Trafo 1
Merk : CG PAUWELS
Type : ORF.60/275
Daya Trafo : 60 MVA
BIL : 650 kV

Arrester pada bay trafo 1 terpasang sebelum trafo tenaga (dilihat dari ujung saluran) memiliki jarak 4,2 m berdasarkan data di lapangan.

3.6.2. Menghitung jarak maksimal arrester dengan trafo

Jarak maksimal arrester digunakan sebagai acuan batas jarak aman arrester sebagai pengaman trafo. Pada Gardu Induk Palur menggunakan trafo dengan tegangan 150 KV dengan BIL 650 KV dan arrester memiliki tegangan kerja 500 KV. Tegangan Kerja adalah tegangan yang timbul diantara terminal arrester pada saat arus pelepasan mengalir ke tanah, biasanya tegangan kerja tidak melebihi BIL dari peralatan yang dilindungi. Kecepatan rambat gelombang di udara 300 m/s. Jadi jarak maksimal arrester :

Diket :

E_p : 650 kV

E_a : 500 kV

v : 300 m/s

A : 1000 kV

Surja dengan kecuraman gelombang 1000 kV

$$\begin{aligned}
S &= (E_p - E_a) \times \frac{v}{2A} \\
&= (650 - 500) \times \frac{300}{2 \cdot 1000} \\
&= 150 \times 0,15 \\
&= 22,5 \text{ m}
\end{aligned}$$

Jadi jarak maksimal arrester dengan trafo sebesar 22.5 m.

4. PENUTUP

Hasil dari analisa perhitungan jarak maksimal arrester dengan trafo sebagai jarak aman adalah 22,5 m. Pada data di lapangan jarak arrester dengan trafo 1 sebesar 4,2 m. Jadi kesimpulan dari penelitian ini adalah arrester pada trafo 1 masih dalam keadaan aman dalam melindungi peralatan dalam hal ini trafo, karena jarak arrester terpasang masih di bawah batas jarak maksimal arrester dengan trafo.

PERSANTUNAN

Saya mengucapkan terima kasih kepada yang sudah membantu menyelesaikan laporan ini, diantaranya :

1. Allah SWT yang memberi hidayah kepada saya sehingga saya bisa menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Orangtua saya yang senantiasa memberi semangat dan motivasi.
3. Kakak dan Adik saya yang sudah memberi nasihat dan bantuan kepada saya.
4. Bapak Jatmiko selaku pembimbing saya yang sudah membimbing saya dengan sabar.
5. Teman-teman elektro 2016 yang sudah mau membantu saya.
6. Semua staf di Gardu Induk 150 kV Palur yang sudah membimbing saya ketika melakukan penelitian

DAFTAR PUSTAKA

Ibnu Hajar. 2017. *Kajian Pemasangan Lightning Arrester pada Sisi HV Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung*. Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta.

Mbunwe Muncho Josephine & Gbasouzor Austin Ikechukwu, 2017. *Performance of Surge Arrester Installation to Enhance Protection*. International Journal of Astes

Seyed Ahmad Hosseini and Taghi Barforoshi, 2015. *Impact of Surge Number and Placement on Reliability and Lightning Overvoltage Level in High Voltage Substation*. International Journal of Electrical Power & Energy System

Syarif Hidayat, 2014. *Lightning Protection System On Overhead Distribution Line Using Multi Chamber Arrester. Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE), 2014 International Conference*

Zoro, Reynaldo., 2011, *Proteksi Sistem Tenaga: Proteksi terhadap Tegangan Lebih pada Sistem Tenaga Listrik*, Diklat Studi Teknik Elektro, ITB Bandung