

# Jurnal Ilmiah

## ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

STUDI ANALISIS PENGARUH PARTIAL DISCHARGE PADA SKTM TERHADAP KEHANDALAN PENYULANG

*Supriadi Legino; Firman Jurjani*

PENGUJIAN KONDISI ISOLASI MAIN TRANSFORMATOR GTG 1.1 DENGAN METODE DIELECTRIC RESPONSE ANALYSIS (DIRANA)

*Erlina; Muhlas*

PEMODELAN KONTROL FREKUENSI BEBAN DAN STRATEGI PEMUTUSAN BEBAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS

*Erick Sutjiadi; Soetjipto Soewono*

STUDI ANALISIS SISTEM MONITORING TEMPERATUR RUANG BEARING

*Tri Joko Pramono; Adang Maksus*

PERANCANGAN SOLAR CELL SYSTEM OFFGRID PADA DAERAH RAWAN GEMPA YANG TERDAPAT SITUS BERSEJARAH (Studi Kasus : Kawasan Candi Prambanan)

*Kukuh Aris Santoso; Tri Wahyu Kuningsih*

PEMANFAATAN SAMPAH MENJADI SUMBER ENERGI

*Isworo Pujotomo*

KAJIAN POTENSI ENERGI SURYA DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT (NTB)

*Heri Suyanto*

ANALISIS SISTEM DISTRIBUSI KABEL BERCABANG DENGAN KABEL KONVENSIONAL DI APARTEMEN ANCOL MANSION

*Eko Sawiji; Juara Mangapul Tambunan*

SISTEM PROTEKSI PADA PESAWAT BOEING 737 – CLASSIC

*Retno Aita Diantari; Shulli Alifiannisa Putri*

STUDI EVALUASI PEMADAMAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20 kV

*Tony Koerniawan*

ISSN 1979-0783



9 771979 078352

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

ENERGI & KELISTRIKAN

VOL. 8

NO. 2

HAL.67 - 136

JUNI - DESEMBER 2016

ISSN 1979-0783

# STUDI ANALISIS PENGARUH PARTIAL DISCHARGE PADA SKTM TERHADAP KEHANDALAN PENYULANG

Supriadi Legino<sup>1</sup>, Firman Jurjani<sup>2</sup>  
Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik – PLN  
<sup>1</sup>[supriadilegino@gmail.com](mailto:supriadilegino@gmail.com)  
<sup>2</sup>[firmannr@gmail.com](mailto:firmannr@gmail.com)

**Abstract :** Nowadays, almost all distribution system of medium voltage in Jakarta using underground cable system. The average life of cable over the last 10 years. Because of that total of cable fault in 2013-2015 are 10.273 cases with average 3000 cases per year this cases cause by external and internal interruption. It is represent a defiance to avoid the number of cable fault so it can improve reliability of distribution system. Index reliability in distribution system are SAIDI & SAIFI. Routine check is really necessary to avoid any failure in the cable system. Internal interruption in underground cable usually caused by partial discharge activity. Oscillating Wave Test System (OWTS) can record any partial discharge activity in cable by giving testing voltage to cable.

**Key Words:** OWTS, DAC, Partial Discharge, SAIDI, SAIFI

**Abstrak :** Sistem distribusi tegangan menengah di Jakarta saat ini hampir secara keseluruhan menggunakan sistem kabel bawah tanah (SKTM). Umur kabel yang terpasang rata-rata sudah diatas 10 tahun sehingga pada tahun 2013-2015 total gangguan yang disebabkan oleh SKTM adalah 10.273 kasus dengan rata-rata 3.000 kasus per tahun yang disebabkan oleh gangguan eksternal dan internal. Hal ini tentu merupakan sebuah tantangan untuk mengurangi jumlah gangguan sehingga bisa meningkatkan kehandalansistem distribusi. Indeks kehandalan pada sistem distribusi disebut SAIDI & SAIFI. Untuk menghindari kegagalan pada sistem kabel perlu pengecekan secara berkala. Untuk gangguan internal pada kabel bawah tanah biasanya disebabkan oleh aktifitas partial discharge. Oscillating Wave Test System (OWTS) dapat merekam aktifitas partial discharge pada kabel dengan memberikan tegangan (Damped Alternating Current (DAC) pada sistem kabel.

**Kata Kunci:** OWTS, DAC, Partial Discharge, SAIDI, SAIFI

## 1. PENDAHULUAN

Kabel bawah tanah pada sistem distribusi wilayah DISJAYA & Tangerang memberikan tantangan tersendiri untuk meningkatkan kehandalan sistem distribusi. Karena banyaknya jumlah gangguan pada kabel bawah tanah dan sulitnya untuk mendeteksi awal gangguan pada sistem kabel bawah tanah. Pada tahun 2015 PLN wilayah DISJAYA menggunakan alat OWTS (Oscillating Wave Test System) untuk mendeteksi partial discharge pada kabel. Alat ini menggunakan DAC (Damp Alternate Current) sehingga tidak merusak kabel. Kabel akan diberikan tegangan uji DAC dan PD Detector sebagai penerima.

Beberapa tahun kebelakang langkah untuk menangani gangguan SKTM masih menggunakan metode kuratif hal ini lebih menyebabkan kerugian karena kehilangan kWh jual beserta dengan anggaran perbaikannya. Rata-rata PLN Wilayah Disjaya tidak mengetahui kondisi kabel diseluruh penyulang sehingga menyebabkan gangguan berantai yang menyebabkan penurunan keandalan suatu penyulang. Dengan adanya alat OWTS ini diharapkan penanggulangan gangguan SKTM menjadi metode preventive dengan cara melakukan perencanaan apabila mengetahui kondisi SKTM dari satu penyulang.

Banyak sekali frekuensi gangguan sistem kabel tegangan menengah yang menyebabkan penurunan keandalan suatu penyulang tanpa diketahui penyebab pasti dari rusaknya. Rumusan masalah pada penulisan ini adalah

melakukan pengujian kabel hanya di PLN Area Bandengan, data SAIDI & SAIFI hanya gangguan internal SKTM PLN Area Bandengan, data gangguan yang digunakan hanya penyulang Buih dan penyulang Debur dari tahun 2013-2015, data pengujian partial discharge dilakukan dari bulan Juni 2015 sampai Juni 2016 dan penyulang yang diuji partial discharge hanya penyulang Buih dan penyulang Debur.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengetahui dampak partial discharge pada kabel bawah tanah dan pengaruhnya terhadap keandalan penyulang. Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi lokasi partial discharge agar dilakukan penggantian kabel sehingga meningkatkan keandalan penyulngan memberikan informasi tentang penggunaan alat OWTS untuk pengujian partial discharge.

## 2. TEORI PENUNJANG

### 2.1 Faktor Kegagalan Kabel

Diluar dari penyebab gangguan external, banyak referensi yang menunjukkan lebih dari 60% - 70% dari kegagalan kabel disebabkan dari penyebab gangguan internal. Pada umumnya ada 3 kategori yang menyebabkan kegagalan kabel, yaitu:

a) **Operational Stresses** – Pada sistem kabel beban-beban selalu berubah-ubah yang menyebabkan perubahan suhu dan hasil dari bergeser (transversal strengths) pada sistem

kabel. Hasil dari tekanan axial pada sambungan kabel, accessories dapat bergeser dan menyebabkan meningkatnya stresses di dalam kabel. Kemungkinan dapat terjadi pada instalasi joint kabel. Dan juga perubahan beban dan arus hubung singkat didalam sistem kabel dapat menyebabkan mechanical stress pada connectors pada joint kabel. Jika kabel mengalami mechanical stress dapat menyebabkan penurunan kemampuan dari connectors di joint kabel, hal ini akan meningkatkan suhu pada kabel. Selain itu perubahan beban harian dapat mengakibatkan kabel memuai dan menyusut.

- b) **Environmental Stresses** – kondisi lingkungan sangat mempengaruhi kondisi kabel yang dapat menyebabkan gangguan kabel. Kelembapan tanah, tanah yang berpolusi dan tekanan pada tanah beberapa contoh dari environmental stresses. Jika kabel berada di tanah yang lembab dapat menyebabkan mechanical stresses pada kabel tersebut, Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada pelindung dari air dan menyebabkan penurunan dari kualitas insulation.
- c) **Human Handling** – saat menyambung antar kabel dilakukan dilapangan hal ini dapat menyebabkan kegagalan kabel yang disebabkan adanya benda asing (debu atau kotoran) yang menempel di dalam sambungan kabel.

## 2.2 Gejala Partial Discharge

Partial discharge dapat menimbulkan bermacam-macam fenomena atau gejala yang dapat menyertainya, sehingga berdasarkan hal-hal tersebut dapat digunakan untuk melakukan metode pendeteksian.

Gejala-gejala tersebut adalah:

- Gejala non-elektrik yaitu perubahan panas, cahaya, noise, tekanan gas, perubahan pada struktur kimianya.
- Gejala elektrik yaitu meliputi rugi dielektrik dan pulsa-pulsa elektrik.

Deteksi yang berdasarkan gejala non-elektrik adalah suatu sistem deteksi yang dapat bekerja berdasarkan gejala fisik pada isolasi kabel. Deteksi yang berdasarkan gejala elektrik adalah suatu sistem deteksi yang bekerja berdasarkan gejala elektrik baik pada tegangan searah, tegangan bolak-balik maupun tegangan surja atau kejut.

Dari kedua metode deteksi tersebut metode yang terbaik adalah metode yang menggunakan gejala elektrik tetapi pada penelitian ini dibatasi hanya pada tegangan bolak-balik saja. Dan untuk deteksi elektrikal dapat dilakukan dengan dua cara yaitu off-line dan on-line.

- Dalam deteksi PD off-line, sistem kabel terputus dari jaringan. Sumber energi untuk menimbulkan discharge pada kabel menggunakan Power Supply Eksternal. Lokasi PD ditentukan dengan menggunakan Time Domain Reflectometry (TDR)
- Pengukuran PD secara on-line dilakukan sementara sistem kabel tetap dalam keadaan operasi. Dalam hal ini sistem kabel masih

diberi energi oleh jaringan PLN. PD dalam keadaan operasi di semua fasa terdeteksi, namun membedakan antara masing-masing fasa akan sulit.

Untuk melakukan diagnosis PD di lapangan maka kabel harus dilepas dari jaringan dan diberi energi dengan menggunakan sumber tegangan eksternal yaitu antara lain:

- Tegangan Continuous 50 Hz AC
- Tegangan Damped AC 20-300 Hz (DAC)
- Tegangan Very Low Frequency (VLF)

Pada penelitian ini pengukuran PD yang dilakukan di lapangan menggunakan sumber tegangan DAC yang diterapkan pada teknologi diagnostic kabel Oscillating Wave Test System (OWTS).

Pengukuran PD pada sistem kabel 20 kV dapat dilakukan dengan menggunakan OWTS (Oscillating Wave Test System). Untuk dapat melakukan pengukuran PD, kabel yang akan diukur harus diberi tegangan di lokasi atau dilapangan. Untuk keperluan tersebut OWTS mengaplikasikan damped AC (DAC) voltage sesuai dengan IEC60060-3, IEEE 400.3, IEC 60270 dan IEC 8885-3. Masing-masing fasa dari kabel yang diuji diberi tegangan DAC secara terpisah. Selama kabel mengalami stress tegangan tersebut maka PD akan mulai timbul. Berikut keuntungan dan kerugian menggunakan DAC sebagai tegangan uji pada kabel:

### a. Keuntungan

- 1) Tes ketahanan kabel terhadap tegangan dengan menggunakan DAC memungkinkan untuk merusak kabel atau memicu PD didalam sistem kabel.
- 2) Dapat memungkinkan untuk mendeteksi berbagai macam kecacatan pada sistem kabel baru atau lama tanpa membuat kecacatan baru atau menyebabkan penuaan secara signifikan.
- 3) Dapat menghasilkan pola PD dan beberapa parameter yang sesuai dengan pengujian kabel di pabrik.
- 4) Lebih mudah untuk dipahami, lebih ringan dan mudah untuk dioperasikan.
- 5) Membutuhkan tegangan input yang rendah sehingga tepat untuk pengujian langsung dilapangan.

### b. Kerugian

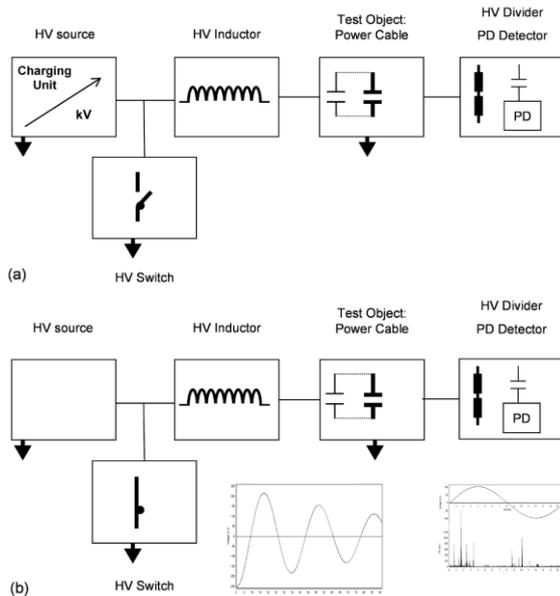
- 1) Karena pengisian dan pelepasan tegangan yang berkarakteristik saat pengujian ketahanan tegangan dan pengujian PD dapat berbeda dengan pengujian menggunakan tegangan AC murni khususnya dengan lokasi aktifitas PD.
- 2) Pengujian bergantung pada kapasitansi kabel sehingga penggunaan frekuensi uji dapat berbeda-beda.
- 3) Untung menjaga frekuensi uji tetap pada 20 Hz – 500 Hz pada pengujian kabel pendek maka diperlukan tambahan kapasitor.
- 4) Kerusakan yang disebabkan menggunakan DAC bergantung pada

dielectric loss pada masing-masing kabel.

- 5) Waktu pengisian bergantung pada panjang kabel, kapasitansi kabel, dan sumber arus yang digunakan.

### 2.2.1 Rangkaian DAC Tes

Pada dasarnya rangkaian test DAC adalah tegangan tinggi yang digunakan menghasilkan tegangan unipolar, sebuah induktor tegangan tinggi, sebuah tes objek yang memiliki kapasitansi dan saklar tegangan tinggi. Ketika tegangan unipolar mengisi sesuai dengan tegangan yang kita inginkan saklar tegangan tinggi akan tertutup dan menghasilkan damped alternate voltage pada tes objek. Faktor dari damped voltage dipengaruhi oleh karakteristik rugi-rugi dari rangkaian tes dan tes objek. Sedangkan untuk frekuensi yang digunakan bergantung dari nilai induktor tegangan tinggi dan tes objek. Pada kasus tertentu frekuensi yang digunakan dapat melampaui batas yang ditentukan sebaiknya untuk kasus ini digunakan kapasitor yang dihubungkan secara paralel dengan rangkaian tes.



**Gambar 1.** Proses Pembangkitan DAC  
a) rangkaian saat pengisian  
b) saat oscillation setelah itu apabila terdapat PD dapat dideteksi

### 2.3 Keandalan Tenaga Listrik

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan dengan cara melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan, kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau, pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya.

Keandalan sistem distribusi adalah menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik dari gardu induk sampai kepada pelanggan. Sistem distribusi

dari gardu induk sampai kepada pelanggan disebut dengan penyulang. Dalam satu penyulang terdiri dari beberapa gardu. Hampir semua yang menghubungkan antar gardu di PLN Area Bandengan menggunakan kabel tegangan menengah di bawah tanah. Kabel yang digunakan XLPE, kabel minyak (PILC), dan campuran dari XLPE dan kabel minyak (PILC). Kabel-kabel ini sering menyebabkan gangguan pada sistem distribusi menyebabkan menurunnya keandalan sistem distribusi. Terlepas dari instrument-instrument lain pada sistem distribusi dan termasuk gangguan eksternal.

Indeks keandalan sistem distribusi yang berorientasi terhadap pelanggan dapat menggunakan perhitungan System Average Interruption Index (SAIFI) dan System Average Interruption Duration Index (SAIDI).

#### 2.3.1 System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indkes ini gambaran frekuensi gangguan terjadi pada bagian-bagian dari sistem bisa dievaluasi sehingga dapat dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya. Dalam penelitian ini hanya difokuskan kepada SAIFI penyulang dengan penyebab gangguan adalah dari internal kabel tegangan menengah. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Perkalian Frekuensi Padam dan Pelanggan Padam 1 Penyulang}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i}$$

#### 2.3.2 System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dalam penelitian ini hanya difokuskan kepada SAIDI penyulang dengan penyebab gangguan adalah dari internal kabel tegangan menengah. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Perkalian Lama Padam dan Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i}$$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

PLN Area Bandengan memiliki masalah gangguan distribusi yang cukup banyak oleh karena itu penelitian. Dari 2013 sampai 2014 PLN Area Bandengan menduduki peringkat ke 2 dalam hal gangguan SKTM dengan 341 gangguan pada 2013 dan 283 gangguan pada 2014. Oleh karena itu penelitian ini dapat dilakukan di PLN Area Bandengan.

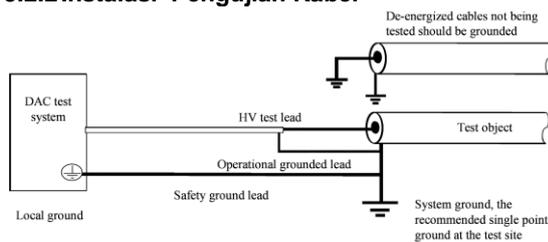
### 3.2 Variable dan Pengukuran

Penelitian ini menggunakan dua jenis data yang berbeda yaitu data SAIDI & SAIFI penyulang di PLN Area Bandengan dan data pengujian partial discharge pada kabel

#### 3.2.1 Variabel Partial Discharge

Pengujian partial discharge menggunakan 2 indikator, yaitu. menggunakan tegangan Damping Alternate Current (AC) yang besarnya kilo volt (kV) dan untuk pembacaan partial discharge pada kabel menggunakan pico coulomb (pC). Tegangan yang diberikan pada pengujian ini adalah  $0xU_0$ ,  $0.5xU_0$ ,  $0.7xU_0$ ,  $1xU_0$ ,  $1.5xU_0$ ,  $1.7xU_0$  dengan nilai  $U_0 = 11.5kV$  dengan jenis tegangan DAC.  $U_0$  adalah tegangan 1 phase ke tanah.

#### 3.2.2 Instalasi Pengujian Kabel



Gambar 2. Recommended DAC Safety Connection Diagram

Penelitian ini melakukan pengujian saat kabel sudah tidak bertegangan atau offline test. Adapun saat melakukan pengujian phase yang tidak sedang di uji diwajibkan untuk di bumikan untuk keselamatan alat dan pengguna.

#### 3.2.3 SAIDI & SAIFI Penyulang

Untuk mendapatkan nilai SAIDI & SAIFI per tahun penyulang diperlukan data jumlah gardu dalam satu penyulang, jumlah pelanggan satu penyulang, Jumlah gangguan tahunan beserta dengan jam gangguan dan jam nyala. Keseluruhan data ini didapat dari PLN Area Pengatur Distribusi (APD) dan PLN Area Bandengan divisi distribusi. Dari data-data tersebut dapat dihitung nilai SAIDI & SAIFI Penyulang.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gangguan Penyulang Buih dan Penyulang Debur

Berikut data gangguan internal pada kabel penyulang buih dan penyulang debur pada tahun 2013 sampai dengan tahun 2015. Untuk pengambilan data gangguan dibawah ini hanya yang memiliki keterangan gangguan akibat dari busunan jointing atau gangguan kegagalan sambungan kabel. Gangguan pada sambungan kabel disebabkan oleh aktifitas partial discharge selama operasi normal.

Tabel 1. Gangguan Internal Kabel

Penyulang	Jumlah Gangguan Internal Kabel		
	2013	2014	2015
Buih	4	6	2
Debur	3	2	3

### 4.1.1 SAIDI & SAIFI Penyulang Buih

Tabel 2. Jumlah Gardu Penyulang Buih

No	GARDU DISTRIBUSI	PENYULANG	JUMLAH PELANGGAN	JUMLAH KVA
1	A 41	BUIH	8	1.748
2	A 76	BUIH	1	526
3	A 109	BUIH	3	2.008
4	A 3 N	BUIH	20	630
5	A 151	BUIH	1	345
6	A 114	BUIH	5	258
7	A 102	BUIH	183	4.582
8	A 131	BUIH	250	630
9	A 42	BUIH	1	414
10	A 38	BUIH	115	1.074
11	A 91	BUIH	64	719
12	A 48	BUIH	1	625
13	A 128	BUIH	1	245
14	A 57	BUIH	793	3.943
15	A 135	BUIH	1	500
16	A 66	BUIH	1	13
17	A 142	BUIH	123	315
Total			1.571	18.574

Penyulang Buih memiliki total gardu sebanyak 17 buah yang melayani 1571 pelanggan dengan total daya sebanyak 18.574 kVA. Berikut data kapan terjadi gangguan pada penyulang buih beserta dengan kapan kembali normal beserta lamanya gangguan.

Tabel 3. Waktu Gangguan Penyulang Buih dan Waktu Penormalan

NO	PENYULANG	TGL-PADAM	JAM-PADAM	TGL-NYALA	JAM-NYALA	PENYEBAB GANGGUAN	JML GARDU PADAM	Lama Padam
1	BUIH	23-Mar-13	1:55 PM	23-Mar-13	3:58 PM	SKTM	17	2:03:00
2	BUIH	25-Mar-13	7:18 AM	25-Mar-13	8:40 AM	SKTM	17	1:22:00
3	BUIH	12-Sep-13	7:55 PM	12-Sep-13	9:48 PM	SKTM	17	1:53:00
4	BUIH	16-Sep-13	7:06 AM	16-Sep-13	8:27 AM	SKTM	17	1:21:00
5	BUIH	18-Mar-14	2:54 PM	18-Mar-14	4:51 PM	SKTM	17	1:57:00
6	BUIH	01-Apr-14	5:17 PM	01-Apr-14	7:08 PM	SKTM	17	1:51:00
7	BUIH	20-Apr-14	7:08 PM	20-Apr-14	8:35 PM	SKTM	17	1:27:00
8	BUIH	26-Apr-14	9:40 PM	26-Apr-14	11:00 PM	SKTM	17	1:20:00
9	BUIH	09-Oct-14	10:30 AM	09-Oct-14	1:20 PM	SKTM	17	2:50:00
10	BUIH	14-Mar-15	2:19 PM	14-Mar-15	2:52 PM	SKTM	17	0:33:00
11	BUIH	18-Mar-15	9:40 AM	18-Mar-15	11:55 AM	SKTM	17	2:15:00

Dengan diketahui jumlah pelanggan beserta jumlah gangguan maka dapat dihitung nilai SAIDI dan SAIFI Penyulang Buih 2013-2015.

Tabel 4. SAIFI Penyulang Buih 2013-2015

No	Bulan	2013		2014		2015	
		Gangguan	∑iNi	Gangguan	∑iNi	Gangguan	∑iNi
1	Januari	0	0	0	0	0	0
2	Februari	0	0	0	0	0	0
3	Maret	2	3142	1	1571	2	3142
4	April	0	0	3	4713	0	0
5	Mei	0	0	0	0	0	0
6	Juni	0	0	0	0	0	0
7	Juli	0	0	0	0	0	0
8	Agustus	0	0	0	0	0	0
9	September	2	3142	0	0	0	0
10	Oktober	0	0	1	1571	0	0
11	November	0	0	0	0	0	0
12	Desember	0	0	0	0	0	0
Total		4	6284	5	7855	2	3142
SAIFI		4		5		2	
Rata-rata saifi 2013-2015		4					

Berdasarkan tabel diatas Penyulang Buih memiliki index nilai SAIFI pada 2013 sebesar 4 , 2014 sebesar 5, dan 2015 sebesar 2. Sedangkan

nilai rata-ratanya sebesar 4. Gangguan ini disebabkan oleh partial discharge pada kabel.

Tabel 5. SAIDIPenyulang Buih 2013-2015

No	Bulan	2013		2014		2015	
		Lama Padam	UiNi	Lama Padam	UiNi	Lama Padam	UiNi
1	Januari	0	0	0	0	0	0
2	Februari	0	0	0	0	0	0
3	Maret	205	322055	111	174381	168	263928
4	April	0	0	278	436738	0	0
5	Mei	0	0	0	0	0	0
6	Juni	0	0	0	0	0	0
7	Juli	0	0	0	0	0	0
8	Agustus	0	0	0	0	0	0
9	September	194	304774	0	0	0	0
10	Oktober	0	0	170	267070	0	0
11	November	0	0	0	0	0	0
12	Desember	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>399</b>	<b>10447,15</b>	<b>559</b>	<b>14636,48</b>	<b>168</b>	<b>4398,8</b>
<b>SAIDI</b>		<b>6,650</b>		<b>9,317</b>		<b>2,800</b>	
<b>Rata-rata SAIDI 2013-2015</b>		<b>6,256</b>					

Nilai SAIDI Penyulang Buih pada tahun 2013 sebesar 6,650, 2014 sebesar 9,317 dan 2015 sebesar 2,800. Dengan nilai rata-rata sebesar 6,256.

#### 4.1.2 SAIDI & SAIFI Penyulang Debur

Tabel 6. Jumlah Gardu Penyulang Debur

No	GARDU DISTRIBUSI	PENYULANG	JUMLAH PELANGGAN	JUMLAH KVA
1	B 334	DEBUR	65	666
2	MB 63	DEBUR	1	345
3	MB 62	DEBUR	21	423
4	MB 87	DEBUR	1	233
5	B 175	DEBUR	219	430
6	B 139	DEBUR	1	233
7	B 238	DEBUR	1	233
8	B 148	DEBUR	1	630
9	MB 34	DEBUR	1	625
10	B 131	DEBUR	128	235
11	B 412	DEBUR	54	380
12	B 237	DEBUR	636	671
13	B 149	DEBUR	1	1.525
14	B 153	DEBUR	497	875
15	B 392	DEBUR	322	470
16	B 162	DEBUR	25	233
17	B 240	DEBUR	27	405
18	MB 75	DEBUR	1	233
19	MB 72	DEBUR	1	233
20	MB 83	DEBUR	1	233
<b>Total</b>			<b>2.004</b>	<b>9.309</b>

Penyulang Debur memiliki total gardu sebanyak 20 buah yang melayani 2004 pelanggan dengan total daya sebanyak 9309 kVA. Berikut data kapan terjadi gangguan pada penyulang Debur beserta dengan kapan kembali normal beserta lamanya gangguan.

Tabel 7. Waktu Gangguan Penyulang Debur dan Waktu Penormalan

NO	PENYULANG	TGL-PADAM	JAM-PADAM	TGL-NYALA	JAM-NYALA	PENYEBAB GANGGUAN	JML GARDU PADAM	Lama Padam
1	DEBUR	11-Jul-13	2:45 AM	11-Jul-13	5:23 AM	SKTM	17	2:38:00
2	DEBUR	05-Oct-13	3:46 AM	05-Oct-13	6:00 AM	SKTM	17	2:14:00
3	DEBUR	09-Dec-13	2:05 PM	09-Dec-13	6:15 PM	SKTM	17	4:10:00
4	DEBUR	26-Apr-14	5:30 AM	26-Apr-14	7:15 AM	SKTM	17	1:46:00
5	DEBUR	03-Jun-14	11:25 PM	04-Jun-14	3:45 AM	SKTM	17	4:20:00
6	DEBUR	02-Jun-15	3:46 AM	02-Jun-15	5:50 AM	SKTM	17	2:04:00
7	DEBUR	13-Aug-15	11:29 AM	13-Aug-15	12:30 PM	SKTM	17	1:01:00
8	DEBUR	12-Sep-15	7:49 AM	12-Sep-15	9:35 AM	SKTM	17	1:46:00

Dengan diketahui jumlah pelanggan beserta jumlah gangguan maka dapat dihitung nilai SAIDI dan SAIFI Penyulang Debur 2013-2015.

Tabel 8 SAIFI Penyulang Debur 2013-2015

No	Bulan	2013		2014		2015	
		Gangguan	UiNi	Gangguan	UiNi	Gangguan	UiNi
1	Januari	0	0	0	0	0	0
2	Februari	0	0	0	0	0	0
3	Maret	0	0	0	0	0	0
4	April	0	0	1	2004	0	0
5	Mei	0	0	0	0	0	0
6	Juni	0	0	1	2004	1	2004
7	Juli	1	2004	0	0	0	0
8	Agustus	0	0	0	0	1	2004
9	September	0	0	0	0	1	2004
10	Oktober	1	2004	0	0	0	0
11	November	0	0	0	0	0	0
12	Desember	1	2004	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>3</b>	<b>6012</b>	<b>2</b>	<b>4008</b>	<b>3</b>	<b>6012</b>
<b>SAIFI</b>		<b>3</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	
<b>Rata-rata saifi 2013 - 2015</b>		<b>3</b>					

Berdasarkan tabel diatas Penyulang Debur memiliki index nilai SAIFI pada 2013 sebesar 3 , 2014 sebesar 2, dan 2015 sebesar 3. Sedangkan nilai rata-ratanya sebesar 4. Gangguan ini disebabkan oleh partial discharge pada kabel.

Tabel 9. SAIDIPenyulang Debur 2013-2015

No	Bulan	2013		2014		2015	
		Lama Padam	UiNi	Lama Padam	UiNi	Lama Padam	UiNi
1	Januari	0	0	0	0	0	0
2	Februari	0	0	0	0	0	0
3	Maret	0	0	0	0	0	0
4	April	0	0	104	208416	0	0
5	Mei	0	0	0	0	0	0
6	Juni	0	0	260	521040	124	248496
7	Juli	158	316632	0	0	0	0
8	Agustus	0	0	0	0	61	122244
9	September	0	0	0	0	106	212424
10	Oktober	134	268536	0	0	0	0
11	November	0	0	0	0	0	0
12	Desember	250	501000	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>542</b>	<b>18102,8</b>	<b>364</b>	<b>12157,6</b>	<b>291</b>	<b>9719,4</b>
<b>SAIDI</b>		<b>9,033</b>		<b>6,067</b>		<b>4,850</b>	
<b>Rata-rata SAIDI 2013-2015</b>		<b>6,650</b>					

Nilai SAIDI penyulang Debur pada tahun 2013 sebesar 9.033, 2014 sebesar 6.067 dan 2015 sebesar 4.850. Dengan nilai rata-rata sebesar 6.650.

#### 4.1.3 Batasan Index Andal SAIDI & SAIFI Penyulang Buih Dan Penyulang Debur

Tabel 10. Panjang SKTM Penyulang Buih

No.	Penyulang	Segment	Panjang Kabel (meter)
1	BUIH	GI Ancol - A 41	1100
2		A 76 - A 41	256
3		A 76 - A 109	420
4		A 3 NEW -109	398
5		A 3 NEW -114	596
6		A3 NEW - A 151	100
7		A 102 - A 114	100
8		A 131 - A 102	204
9		A 131 - A 42	236
10		A 42 - A 38	720
11		A 38 - A 91	280
12		A 48 - A 91	791
13		A 48 - A 128	1300
14		A 57 - A 128	156
15		A 57 - A 135	250
16		A 66 - A 135	450
17		A 66 - A 142	525
18		A 142 - GH 26	900
<b>Total</b>			<b>8782</b>

Tabel 11. Panjang SKTM Penyulang Debur

No.	Penyulang	Segment	Panjang Kabel (meter)
1	Debur	GI Ancol - B 334	4320
2		MB 63 - B 334	1232
3		MB 63 - MB 62	153
4		MB 87 - MB 62	330
5		MB 87 - MB 175	175
6		B 139 - B 175	264
7		B 238 - B 139	494
8		B 238 - B 148	383
9		MB 34 - B 148	400
10		MB 34 B 131	202
11		B 131 - B 412	300
12		B 412 - B 237	106
13		B 149 - B 237	492
14		B 153 - B 149	805
15		B 392 - B 153	228
16		B 392 - B 162	220
17		B 162 - B 240	400
18		B 240 - MB 75	200
19		MB 75 - MB 72	510
20		MB 72 - MB 83	50
21		GH 47 MB 83	823
Total			12087

Dengan diketahui panjang penyulang dapat dihitung nilai andal pada penyulang Buih dan Debur.

Tabel 12. Indeks Handal SAIDI & SAIFI

Penyulang	Jenis Komponen	Komponen SKTM (km)	Andal		Jumlah Pelanggan Padam (pu)		Handal Frekuensi Pemadaman		Waktu Operasional	Lama Pemadaman
			Xi	ai	Ci	fi	tj	d		
Buih	SKTM	8,782	0,07	1	0,615	1,776	1,092			
Debur	SKTM	12,087	0,07	1	0,846	2,016	1,706			

Jumlah pelanggan 1 pu karena pada gangguan SKTM seluruh penyulang menjadi padam. Dari data diatas dapat dilihat bahwa penyulang Buih andal apabila memiliki nilai SAIFI dibawah atau sama dengan 0.615 pemadaman per tahun dan untuk SAIDI dibawah atau sama dengan 1.092 jam per tahun. Sedangkan untuk penyulang Debur andal apabila memiliki nilai SAIFI dibawah atau sama dengan 0.846 pemadaman per tahun dan untuk SAIDI dibawah atau sama dengan 1.706 jam per tahun.

Tabel 13. Keandalan Penyulang Buih

Tahun	Andal SAIFI	SAIFI	Andal SAIDI	SAIDI
2013	0,615	4	1,092	6,650
2014	0,615	5	1,092	9,317
2015	0,615	2	1,092	2,800

Berdasarkan data gangguan dan batasan andal SAIDI & SAIFI penyulang Buih maka akibat dari gangguan partial discharge pada kabel tegangan menengah bawah tanah penyulang Buih menjadi tidak andal.

Tabel 14. Keandalan Penyulang Debur

Tahun	Andal SAIFI	SAIFI	Andal SAIDI	SAIDI
2013	0,846	3	1,706	9,003
2014	0,846	2	1,706	6,067
2015	0,846	3	1,706	4,850

Berdasarkan data gangguan dan batasan andal SAIDI & SAIFI penyulang Debur maka akibat dari gangguan partial discharge pada kabel tegangan menengah bawah tanah penyulang Debur menjadi tidak andal.

## 4.2 Pengujian Assesment Kabel Penyulang Buih dan Debur Juni 2015 sampai Juni 2016

Tabel 15. Data Pengujian Partial Discharge Pada Kabel

Penyulang	Segment	Jumlah					
		Baik	Sedang	Kurang	Buruk	Belum Uji	Sudah Uji
Buih	18	0	0	4	5	9	9
Debur	21	1	0	2	11	7	14

Untuk penyulang buih memiliki 19 segment yang sudah dilakukan pengujian sebanyak 9 segment dan yang belum dilakukan pengujian sebanyak 10 segment. Dengan 4 segment kondisi kurang dan 5 segment kondisi buruk.

Untuk penyulang debur memiliki 21 segment yang sudah dilakukan pengujian sebanyak 12 segment dan yang belum dilakukan pengujian sebanyak 9 segment. Dengan 9 segment memiliki kondisi buruk.

Tabel 16. Data Segment Pengujian Partial Discharge di Penyulang Buih

No	Penyulang	Segment	POV dan POEV			PD MAX di 1.7 Uo (pC)			Lokasi			Kondisi
			L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	
1	BUIH	GI Ancol - A 41	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
2		A 78 - A 41	24.3 & 8.5	24.3 & 8.5	16.2 & 8.5	588	2010	4710	Termination	Termination	Termination	Buruk
3		A 78 - A 100	25.0 & 8.7	24.3 & 8.5	16.2 & 8.5	1915	145	6883	Termination	Termination	Termination	Buruk
4		A 3 NEW - 109	25.0 & 8.7	25.0 & 8.7	25.0 & 8.7	340	381	302	240-260	240-260	240-260	Kurang
5		A 3 NEW - 114	25.0 & 8.7	25.0 & 8.7	25.0 & 8.7	402	402	159-170	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
6		A 102 - A 114	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
7		A 102 - A 109	24.3 & 8.5	24.3 & 8.5	16.2 & 8.5	1958	1958	0 - 10	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
8		A 131 - A 42	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
9		A 42 - A 38	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
10		A 131 - A 42	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
11		A 38 - A 91	25 & 8.8	25.3 & 8.5	16.2 & 8.5	2141	285	220-240	220-240	220-240	220-240	Buruk
12		A 38 - A 91	25 & 8.8	25.3 & 8.5	16.2 & 8.5	360	360	220-240	220-240	220-240	220-240	Buruk
13		A 65 - A 128	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
14		A 67 - A 128	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
15		A 67 - A 135	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
16		A 66 - A 135	25 & 8.7	25 & 8.8	16.2 & 8.5	119	92	0 - 142	0 - 142	0 - 142	0 - 142	Buruk
17		A 66 - A 135	25 & 8.7	25 & 8.8	16.2 & 8.5	119	92	0 - 142	0 - 142	0 - 142	0 - 142	Buruk
18		A 142 - GS 26	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji

Penyulang Buih memiliki 5 segment buruk dan 4 segment kurang ternyata penyulang Buih tidak andal. Karena nilai SAIFI dari tahun 2013-2015 diatas dari nilai index andal. Nilai SAIFI penyulang Buih seharusnya ≤ 0.615 per tahun namun pada 2013 sebesar 4 , 2014 sebesar 5, dan 2015 sebesar 2. Untuk nilai SAIDI dari tahun 2013 – 2015 juga diatas nilai index andal. Nilai SAIDI penyulang Buih seharusnya ≤ 1.092 jam per tahun namun pada 2013 sebesar 6,650, 2014 sebesar 9,317 dan 2015 sebesar 2,800. Setiap gangguan dari 2013-2105 disebabkan oleh intermedial kabel (partial discharge).

Tabel 17. Data Segment Pengujian Partial Discharge di Penyulang Debur

No	Penyulang	Segment	POV dan POEV			PD MAX di 1.7 Uo (pC)			Lokasi			Kondisi
			L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	
1	Debur	GI Ancol - B 334	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
2		MB 63 - B 334	11.1 & 8.5	24.3 & 8.5	16.2 & 8.5	1191	5908	3490	800-810	800-810	800-810	Buruk
3		MB 63 - MB 62	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
4		MB 87 - MB 62	8.1 & 8.7	8.1 & 8.6	16.2 & 8.7	429	465	363	60-80	60-80	60-80	Kurang
5		MB 87 - MB 175	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
6		B 139 - B 175	24.3 & 8.7	24.3 & 8.7	16.2 & 8.5	330	330	1198	170-180	170-180	170-180	Buruk
7		B 238 - B 139	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
8		B 238 - B 148	16.2 & 8.7	24.3 & 8.7	16.2 & 8.5	24.6	24.6	11840	0-20	0-20	0-20	Buruk
9		MB 34 - B 148	16.2 & 8.7	16.2 & 8.7	16.2 & 8.5	1052	2005	11840	0-20	0-20	0-20	Buruk
10		MB 34 B 131	16.2 & 8.5	16.2 & 8.5	16.2 & 8.5	1250	245	1250	0-10	0-10	0-10	Buruk
11		B 131 - B 412	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
12		B 412 - B 237	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
13		B 149 - B 237	24.3 & 8.7	24.3 & 8.7	16.2 & 8.5	862	1126	1443	0-20	0-20	0-20	Buruk
14		B 153 - B 149	16.2 & 8.5	24.3 & 8.5	16.2 & 8.5	2750	2750	11840	Termination	Termination	Termination	Buruk
15		B 392 - B 153	24.3 & 8.6	24.3 & 8.5	16.2 & 8.5	4765	1431	140	180-195	180-195	180-195	Buruk
16		B 392 - B 162	24.3 & 8.3	24.3 & 8.3	16.2 & 8.5	10425	10669	7030	30-50	30-50	30-50	Buruk
17		B 162 - B 240	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
18		B 240 - MB 75	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
19		B 240 - MB 72	11.1 & 8.5	24.3 & 8.5	16.2 & 8.5	248	248	600-650	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Buruk
20		MB 72 - MB 83	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji	Belum uji
21		GH 47 MB 83	24.3 & 8.3	11.1 & 8.3	16.2 & 8.3	160	201	466	330-440	330-440	330-440	Normal

Penyulang Debur memiliki 11 segment buruk dan 2 segment kurang ternyata penyulang Debur juga tidak andal. Karena nilai SAIFI dari tahun 2013-2015 diatas dari nilai index andal. Nilai SAIFI penyulang Buih seharusnya ≤ 0.846 per tahun namun pada 2013 sebesar 3 , 2014 sebesar 2, dan 2015 sebesar 3. Untuk nilai SAIDI dari tahun 2013 – 2015 juga diatas nilai index andal. Nilai SAIDI penyulang Buih seharusnya ≤ 1.706 jam per tahun namun pada tahun 2013 sebesar 9.033, 2014

sebesar 6.067 dan 2015 sebesar 4.850. Setiap gangguan dari 2013-2015 disebabkan oleh internal kabel (partial discharge).

Lokasi dari partial discharge dapat ditentukan dengan metode TDR (time domain reflection) dengan memanfaatkan waktu pulsa original, waktu pulsa refleksi dan cepat rambat maka dapat ditentukan lokasinya (lampiran 1 dan 2). Partial Discharge tentu berpotensi mengakibatkan gangguan penyulang karena partial discharge pada kabel dapat mengakibatkan gangguan 1 phase ke tanah. Gangguan ini akan mengakibatkan relay bekerja dan mengakibatkan penyulang Buih dan penyulang Debur padam.

Dua indikator yang paling penting diperhatikan pada pengujian partial discharge pada kabel adalah PDIV (partial discharge inception voltage), PDEV (partial discharge extinction voltage) dan besarnya pelepasan muatan (pC). Untuk kabel yang memiliki kondisi buruk berpotensi sangat tinggi untuk menyebabkan gangguan (terjadi kegagalan kabel bawah tanah). Sedangkan untuk kondisi kurang memiliki kondisi yang berpotensi tinggi untuk menyebabkan gangguan.

## 5. Kesimpulan

Partial discharge mempengaruhi keandalan penyulang. Karena pengaruh dari operational, environment dan human handling dapat menyebabkan partial discharge didalam kabel. Setiap kabel yang memiliki aktifitas partial discharge didalam kabel berpotensi mengalami kegagalan kabel hal ini tentu mengganggu sistem distribusi. Setiap kegagalan kabel bawah tanah dapat mengakibatkan gangguan penyulang karena apabila terjadi kegagalan kabel akan terjadi arus hubung singkat 1 fasa ke tanah hal ini akan mengakibatkan relay di gardu induk bekerja. Oleh karena itu perlu adanya pengujian partial discharge.

## DAFTAR PUSTAKA

Ravish P.Y. Mehairjan BSc.(2010). *Application of Statistical Life Data Analysis for Cable Joints in MV Distributin Networks*. Thesis Magister Program Delft University of Techonology.

- Renville Sapulete. (1996). *Pengaruh Internal Partial Discharge Kabel Terhadap Kegagalan Isolasi*. Tesis Program Magister Universitas Indonesia.
- PUSLITBANG. (2010). *Studi Asesmen Kondisi Kabel 20kV*. Laporan Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan.
- DAC Test and Dianosis System 30/60 kV. User Manual Onsite High Voltage.
- IEEE. (2015). *Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Rated 5 kV and Above with Damped Alternating Current (DAC) Voltage*. IEEE Power and Energy Society, IEEE Std 404.4™.
- CIIEC. (2000-12). *High - Voltage test techiques- Partial Discharge Measurement*. Internasional Standard (3rd Ed).
- EXP 157 DAC Explorer Software. User Manual Onsite High Voltage.
- PT PLN (Persero). (2012). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2013-2022*.  
[http://210.210.142.132/apdjakarta/rekapitulasi\\_kali\\_ggn\\_tahun\\_ini.php](http://210.210.142.132/apdjakarta/rekapitulasi_kali_ggn_tahun_ini.php)
- Aulia, Veni Dwiputri. (2006). *Pengujian Partial Discharge Low Density Polyethylene Pada Kondisi Ruang dengan Tegangan Operasi 20 kV*. Artikel Penelitian Departemen Pendidikan Nasional Lembaga Penelitian Andalas.
- Winarko Ari.P, Abdul Syakur, Yuningtyastuti. (2009). *Analisis Partial Discharge Pada Material Polimer Resin Epoksi Dengan Menggunakan Elektroda Jarum Bidang*. Paper Universitas Diponegoro.
- Pungkie Oktharia Hermawan. (2012). *Analisis Partial Discharge Pada Pengujian Kabel XLPE Tegangan Mengengah Satu Inti dan Tiga Inti*. Skripsi Universitas Indonesia.
- Bimo Brilianta, Ir, (1983). *Pelepasan Muatan Sebagian Pada Kabel XLPE*. Skripsi Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- SPLN (1985, Januari 15). *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*.  
<http://www.slideshare.net/ekasandiawan/spln-59-1985-keandalan-20-k-v-dan-6-kv>