

Analisis Rugi-Rugi Daya Akibat Kerusakan *Jointing* Melalui Hotspot *Thermovision* pada PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Rantepao

Anisah Tsalis Mustari¹, Sarwo Pranoto², Tajuddin³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

¹tsalismustari@gmail.com

²sarwo.pranoto@gmail.com

³tajuddin02@gmail.com

Abstrak

Kerusakan pada sambungan kabel (*jointing*) di suatu sistem distribusi tenaga listrik terjadi akibat timbulnya *partial discharge* yang disebabkan oleh kualitas pada sambungan kabel yang tidak memperhatikan tipe/jenis sambungan kabel. Akibat dari kerusakan sambungan kabel menyebabkan terjadinya kenaikan suhu pada *jointing* dan meningkatnya rugi-rugi daya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penyebab utama kerusakan, menghitung nilai rugi-rugi daya, serta menentukan jenis perbaikan yang sesuai dengan kerusakan pada sistem *jointing*. Metode penelitian ini dilakukan dengan pengukuran suhu menggunakan *Thermovision* merk HT tipe THT70 pada titik sambungan (*jointing*) jenis *Paralel Groove Connector* dan *Live Line Connector* di wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Rantepao. Berdasarkan data hasil pengukuran suhu yang dilakukan terdapat beberapa sambungan yang mengalami kenaikan suhu antara 20 – 70 °C pada penyulang Rantepao, Pongtiku, T2, TVRI, dan Tondon. Penyebab kerusakan sistem *jointing* dikarenakan dalam proses penyambungan kabel tidak memperhatikan jenis/tipe sambungan, sehingga terjadi *lost* kontak yang mengakibatkan kenaikan suhu. Nilai rugi-rugi daya yang terjadi adalah sebesar 19,17495753 Watt pada semua daerah kerja ULP Rantepao. Perbaikan dilakukan dengan memperbaiki sambungan kabel atau mengganti *connector* kabel jenis *joint sleeve*. Kegiatan inspeksi pengukuran ini dapat meminimalisir gangguan yang terjadi akibat kerusakan sambungan kabel serta dapat meningkatkan kualitas pelayanan sistem jaringan distribusi pada ULP Rantepao.

Keywords: Suhu, *Jointing*, Rugi-rugi Daya

I. PENDAHULUAN

Dalam menyalurkan energi listrik ke pelanggan, diperlukan sistem tenaga listrik yang handal dan baik. Penyaluran energi listrik yang dimaksud adalah penyaluran dari saluran distribusi ke konsumen atau pelanggan [1]. Dalam proses penyaluran pada sistem distribusi seringkali terjadi gangguan. Salah satu gangguan dalam proses penyaluran energi listrik adalah hilangnya beberapa energi atau yang biasa disebut dengan rugi-rugi daya. Hal ini disebabkan oleh kualitas titik sambungan yang kurang baik [2].

Pada sistem jaringan distribusi PT. PLN (Persero) ULP Rantepao sering terjadi gangguan. Salah satu gangguannya disebabkan oleh terjadinya *lost* kontak pada titik sambungan. *Lost* kontak masuk dalam kategori kerusakan peralatan yang merupakan penyebab gangguan sistem distribusi yang berasal dari luar sistem jaringan [3]. *Lost* kontak menyebabkan kenaikan suhu pada titik sambungan, sehingga dapat dilakukan pengukuran suhu agar dapat diketahui titik sambungan yang mengalami *lost* kontak. Oleh karena itu perlu adanya inspeksi jaringan terkait dengan titik sambungan agar dilakukan perbaikan awal untuk menjaga energi listrik yang disalurkan tetap optimal.

Beberapa penelitian mengenai gangguan pada sistem penyaluran jaringan distribusi telah dilakukan. Seperti dengan melakukan pengujian kabel jenis XLPE untuk mengetahui gangguan *jointing* pada SKTM serta letak terjadinya gangguan yang diakibatkan oleh adanya *partial discharge* agar dapat segera dilakukan perbaikan [1]. *Partial discharge* dapat mengakibatkan terjadinya rugi-rugi daya, para peneliti [4] melakukan penggantian *distribution tie* dengan tekep isolator pada Penyulang Kubu dengan membandingkan hasil pengukuran suhu menggunakan *thermovision* untuk menurunkan nilai rugi-rugi daya. Demikian pula para peneliti [3] melakukan inspeksi jaringan menggunakan *thermovision* untuk mengetahui beberapa gangguan yang terjadi lebih awal agar dapat meningkatkan kualitas penyaluran sistem distribusi pada ULP Medan Baru. Salah satu penyebab lain menurunnya kualitas penyaluran sistem distribusi yaitu, kerusakan trafo akibat *overload* untuk itu peneliti [5] melakukan metode penentuan titik *hot point* pada peralatan trafo di PT. PLN Semarang Selatan agar dapat dipantau setiap saat. Sehingga meminimalisir terjadinya *overload* karena jika terjadi *overload* maka akan menyebabkan timbulnya rugi-rugi energi dalam penyalurannya. Rugi-rugi energi juga dapat terjadi akibat kualitas penyambungan kabel yang tidak baik pada beberapa titik sambungan. Para peneliti [2] menentukan besarnya rugi-rugi energi yang terjadi pada

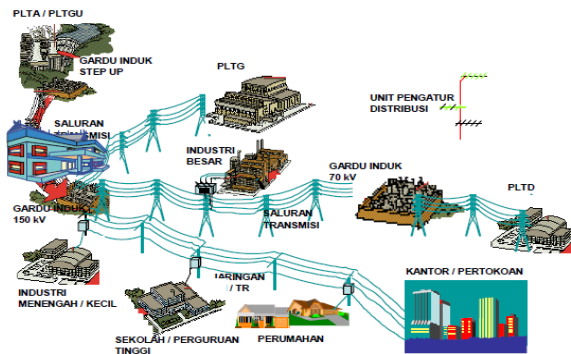
beberapa titik sambungan dengan melakukan perhitungan berdasarkan hasil dari data inspeksi pengukuran suhu menggunakan *thermovision* merk FLIR tipe E50 di PT. PLN Rayon Kota Metro.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan tidak membahas penyebab kerusakan pada titik sambungan, jenis perbaikan serta nilai rugi-rugi daya. Oleh karena itu pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan penyebab kerusakan sistem titik sambungan (*jointing*), menghitung rugi-rugi daya, serta menentukan jenis perbaikan yang sesuai dengan kerusakan pada sistem *jointing* berdasarkan hasil kegiatan inspeksi jaringan dengan menggunakan alat *thermovision*.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen [6]. Fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa pelanggan dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi [7]. Skema sistem penyaluran tenaga listrik ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sistem Penyaluran Tenaga Listrik (Sumber: Suhadi dkk, 2008)

B. Penghantar AAAC-S

Bentuk fisik dan standar spesifikasi penghantar AAAC-S ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 1 berikut ini [4]:



Gambar 2. Bentuk Fisik Penghantar AAAC-S (Sumber: Abasana dkk, 2015)

Tabel 1. Spesifikasi Penghantar AAAC-S

DIMENSIONAL & ELECTRICAL DATA								
AREA	Number of Core & Dia. Wire	Nominal Thickness Of Sheath	Overall Diameter approx.	Weight	Min. Calculated Breaking Load	Max. DC Resistance at 20°C	Current Carrying Capacity ¹	Std. Length per reel
(mm ²)	n (mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(KN)	(Ohm/km)	(A)	(M±5%)
95	7/2.5	3.0	13.90	204	9.62	0.958	150	2.000
50	19/1.75		15.20	244	12.75	0.724	180	
70	19/2.25		17.70	353	21.09	0.438	246	
95	19/2.5		18.90	415	26.10	0.355	282	
120	19/2.75		20.20	483	31.59	0.293	319	
150	19/3.25		22.60	628	44.05	0.210	378	1.000
	37/2.25		22.20	594	41.11	0.225		
185	37/2.5		23.90	707	40.77	0.183	432	
240	61/2.25		26.70	900	67.79	0.139	523	

C. Jenis Konektor

Beberapa konektor yang digunakan dalam sistem distribusi tenaga listrik yaitu [8]:

- Joint sleeve
- Paralel Groove Connector
- Live Line Connector

D. Partial Discharge

Partial discharge (pelelahan parsial) adalah peristiwa pelepasan/loncatan bunga api listrik yang terjadi pada suatu bagian isolasi (pada rongga dalam atau pada permukaan) sebagai akibat adanya beda potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut [9]. *Partial discharge* mengakibatkan terjadinya rugi daya dan energi listrik, dikarenakan energi listrik yang mengalir dibuang percuma ke bumi akibat dalam rongga udara pada bahan isolasi listrik atau penghubung material (*jointing*) atau terminasi [10].

E. Thermovision

Kegiatan pengamatan komponen jaringan tegangan menengah dilakukan dengan menggunakan alat *thermovision*. Tujuan dari kegiatan ini adalah menemukan titik panas yang mengindikasikan adanya gangguan pada peralatan [11]. *Thermovision* memiliki standar kondisi dalam menentukan suhunya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut [12].

Tabel 2. Evaluasi dan Rekomendasi *Thermovision* Klem dan Konduktor

No.	T	Rekomendasi
1.	< 10 °C	Kondisi normal, pengukuran berikutnya dilakukan sesuai jadwal
2.	10 °C - 25 °C	Perlu dilakukan pengukuran satu bulan lagi
3.	25 °C - 40 °C	Perlu direncanakan perbaikan
4.	40 °C - 70 °C	Perlu dilakukan perbaikan segera
5.	> 70 °C	Kondisi darurat

F. Persamaan Nilai Tahanan

Nilai dari R dipengaruhi oleh jenis logam yang dapat dilihat pada persamaan berikut [13]:

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

R = Resistansi (Ω)

ρ = Hambatan jenis (Ωm)

L = Jarak antara dua titik dimana tegangan diukur (m)
 A = Luas penampang (m^2)

Persamaan untuk menentukan besarnya nilai tahanan akibat dari pengaruh kenaikan suhu yang terjadi pada penghantar sebagai berikut [14]:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha_0.t) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

R_t = Tahanan konduktor pada $t^\circ C$
 R_0 = Tahanan konduktor pada suhu normal $20^\circ C$
 α_0 = Koefisien temperatur tahanan per $^\circ C$ pada $0^\circ C$
 t = Temperatur $^\circ C$

G. Rugi-rugi Daya

Daya listrik yang dikirim dari sumber pembangkit listrik ke beban akan mengalami rugi-rugi, disamping rugi tegangan maka akan didapat pula rugi daya yang hilang dengan persamaan seperti dibawah ini [15]:

$$P = I^2 \times R \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

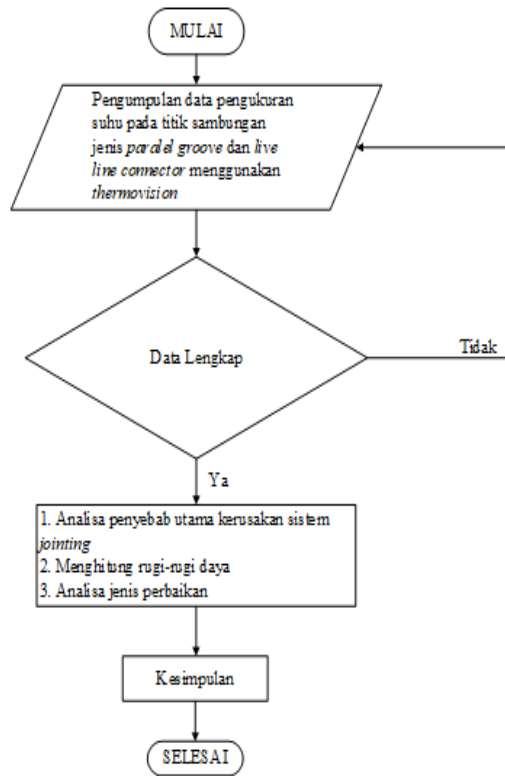
I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)
 P = Daya aktif (kVA)
 R = Resistansi kabel (Ohm)

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data pengukuran suhu menggunakan *Thermovision* merk HT tipe THT70 pada titik sambungan (*jointing*) jenis *Paralel Groove Connector* dan *Live Line Connector* di wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Rantepao. Kegiatan dilakukan pada saat beban puncak yaitu, antara pukul 12.00 – 17.00 WITA. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan pengukuran suhu maksimal yang mungkin terjadi pada penghantar.
2. Melakukan pengecekan data pengukuran suhu yang bertujuan untuk keperluan analisis.
3. Menganalisis penyebab kerusakan sistem *jointing* berdasarkan dari hasil pengukuran suhu dan kajian literatur dari beberapa penelitian sebelumnya, menghitung rugi-rugi daya menggunakan persamaan rumus 2.2 dan 2.3, serta menganalisa jenis perbaikan yang akan dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan selanjutnya.
4. Menyimpulkan hasil penelitian berdasarkan analisis yang telah dilakukan yang diperoleh dari data hasil pengukuran suhu.

Gambar 3 menunjukkan *flowchart* dari tahapan penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. *Flowchart* Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran Suhu

Hasil dari kegiatan inspeksi yang dilakukan untuk pengukuran suhu pada sistem *jointing* didapatkan beberapa titik sambungan mengalami kenaikan suhu antara $20 - 70^\circ C$ ditunjukkan pada Tabel 3. Contoh hasil pengukuran suhu ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 4. Pengukuran Suhu titik sambungan jenis *Paralel Groove* pada Penyulang Rantepao

Pada gambar 4 terlihat nilai suhu yang dideteksi oleh *thermovision* pada titik sambungan jenis *paralel groove* adalah sebesar $100,8^\circ C$. Pengukuran dilakukan pada siang hari sekitar pukul 12.00 – 17.00 WITA yang berlokasi di penyulang Rantepao.



Gambar 5. Pengukuran Suhu titik sambungan jenis Live Line pada Penyulang Tondon

Pada gambar 5 terlihat nilai suhu yang dideteksi oleh *thermovision* pada titik sambungan jenis *live line* adalah sebesar 74,6°C. Pengukuran dilakukan pada siang hari sekitar pukul 12.00 – 17.00 WITA yang berlokasi di penyulang Tondon.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Suhu

Penyulang	Suhu (°C)	Arus (A)
Rantepao	100,8	115
Rantepao	80,2	87
Rantepao	76,2	99
Rantepao	79,1	94
Rantepao	79,0	65
Rantepao	78,0	89
Tondon	79,6	86
Tondon	64,4	73
Tondon	74,6	85
Tondon	72,1	96
Tondon	76,7	92
Tondon	80,4	99
Pongtiku	91,7	96
Pongtiku	56,3	65
Pongtiku	87,6	87
Pongtiku	91,0	78
Pongtiku	87,0	90
Pongtiku	88,7	87
T2	76,5	76
T2	78,5	68
T2	70,1	88
T2	70,4	94
T2	67,1	79
T2	63,4	80
TVRI	87,6	103
TVRI	70,1	79
TVRI	61,6	87
TVRI	66,9	71
TVRI	77,2	87
TVRI	73,8	82

Berdasarkan Tabel 3 hasil pengukuran suhu menunjukkan beberapa titik sambungan yang mengalami kenaikan suhu antara 20-70°C yang dikategorikan sebagai kondisi darurat dengan rekomendasi segera dilakukan perbaikan. Diketahui kenaikan suhu diakibatkan terjadinya *lost* kontak pada sambungan kabel yang dalam proses penyambungannya tidak memperhatikan jenis/tipe yang tepat. Sehingga, menimbulkan *partial discharge*.

B. Perhitungan Rugi-rugi Daya

Perhitungan dimulai dengan menghitung tahanan penghantar sesuai dengan hasil pengukuran suhu yang telah dilakukan. Setelah mendapatkan nilai tahanan penghantar

kemudian menghitung rugi-rugi daya pada setiap titik sambungan. Berikut contoh perhitungan dan data yang telah diperoleh pada salah satu titik sambungan.

a. Perhitungan nilai tahanan penghantar
Perhitungan nilai tahanan penghantar menggunakan persamaan 2.2.

$$R_t = R_0 (1 + \alpha_0 t)$$

$$\alpha_0 = 0,00393/^\circ\text{C}$$

$$R_0 = R_{20^\circ\text{C}} = 0,225 \Omega/\text{km} \times l$$

$$= 0,225 \Omega/\text{km} \times 0,0002 \text{ km}$$

$$= 0,0000450 \Omega$$

$$R_t = R_0 (1 + \alpha_0 t)$$

$$R_{79,1^\circ\text{C}} = 0,000045 (1 + 0,00393(100,8 - 20))$$

$$= 0,000045 \times 1,317544$$

$$= 0,000059289 \Omega$$

b. Perhitungan rugi-rugi daya pada suhu 79,1°C

Perhitungan rugi-rugi daya menggunakan persamaan 2.3.

$$P = I^2 \cdot R$$

$$= 115^2 \cdot 0,000059289$$

$$= 0,7840970250 \text{ Watt}$$

Perhitungan diatas berlaku untuk semua nilai pengukuran suhu yang dilakukan. Hasil perhitungan rugi-rugi daya pengukuran suhu dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya

Penyulang	Suhu (°C)	Arus (A)	R0 (Ω)	Rt (Ω)	Losses (watt)	Jumlah (Watt)
Rantepao	100,8	115	0,0000450	0,000059289	0,7840970250	2,905621758
Rantepao	80,2	87	0,0000450	0,000055646	0,4211845740	
Rantepao	76,2	99	0,0000450	0,000054940	0,5384669400	
Rantepao	79,1	94	0,0000450	0,000055452	0,4899738720	
Rantepao	79,0	65	0,0000450	0,000055434	0,2342086500	
Rantepao	78,0	89	0,0000450	0,000055257	0,4376906970	
Tondon	79,6	86	0,0000876	0,000108118	0,7996407280	5,058288086
Tondon	64,4	73	0,0000876	0,000102886	0,5482768295	
Tondon	74,6	85	0,0000876	0,000106397	0,7687183250	
Tondon	72,1	96	0,0000876	0,000105536	0,9726197760	
Tondon	76,7	92	0,0000876	0,000107120	0,9066628336	
Tondon	80,4	99	0,0000876	0,000108394	1,0623695940	
Pongtiku	91,7	96	0,0000450	0,000057680	0,5315788800	2,423129160
Pongtiku	56,3	65	0,0000450	0,000051420	0,2172495000	
Pongtiku	87,6	87	0,0000450	0,000056955	0,4310923950	
Pongtiku	91,0	78	0,0000450	0,000057556	0,3501707040	
Pongtiku	87,0	90	0,0000450	0,000056849	0,4604769000	
Pongtiku	88,7	87	0,0000450	0,000057149	0,4325607810	
T2	76,5	76	0,0000876	0,000107051	0,6183273962	4,160010376
T2	78,5	68	0,0000876	0,000107740	0,4981897600	
T2	70,1	88	0,0000876	0,000104850	0,8119584000	
T2	70,4	94	0,0000876	0,000104950	0,9273382000	
T2	67,1	79	0,0000876	0,000103820	0,6479406200	
T2	63,4	80	0,0000876	0,000102540	0,6562560000	
TVRI	87,6	103	0,0000876	0,000108725	1,1534635250	4,627908573
TVRI	70,1	79	0,0000876	0,000104848	0,6543563680	
TVRI	61,6	87	0,0000876	0,000101922	0,7714476180	
TVRI	66,9	71	0,0000876	0,000103746	0,5229835860	
TVRI	77,2	87	0,0000876	0,000107292	0,8120931480	
TVRI	73,8	82	0,0000876	0,000106122	0,7135643280	
TOTAL (Watt)						19,174957953

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatasdiketahui bahwa jumlah rugi-rugi daya pada setiap penyulang masing-masing sebesar 2,905621758 Watt pada penyulang Rantepao, 5,058288086 Watt pada penyulang Tondon, 2,423129160 Watt pada penyulang Pongtiku, 4,160010376 pada penyulang T2 dan 4,627908573 Watt pada penyulang TVRI. Sehingga total keseluruhan rugi-rugi daya yang terjadi pada wilayah kerja ULP Rantepao sebesar 19,17495753 Watt.

C. Analisa Jenis perbaikan

Kenaikan suhu yang menimbulkan *partial discharge* akan mengakibatkan sambungan kabel rusak sehingga, perlu segera dilakukan perbaikan sesuai dengan rekomendasi hasil pengukuran suhu. Jenis perbaikan yang dilakukan yaitu dengan mengganti sambungan *connector* kabel. Jenis *connector* kabel yang digunakan adalah jenis *joint sleeve*. Hal ini dikarenakan *connector* kabel jenis tersebut adalah jenis yang paling tepat dari segi pemasangan yang dilakukan dengan cara pres sehingga tingkat kerapatan pada sambungan kabel baik. Sedangkan jenis *connector* kabel yang lain dengan cara pemasangan yang memakai baut bisa saja mengalami kelonggaran yang disebabkan adanya gesekan yang terjadi pada sambungan kabel ketika sudah lama.

Kegiatan inspeksi pengukuran ini dapat meminimalisir gangguan yang terjadi akibat kerusakan sambungan kabel. Dengan begitu kinerja pada jaringan distribusi meningkat serta hal yang penting ialah menurunnya nilai rugi-rugi daya yang terjadi. Hal tersebut akan menguntungkan konsumen maupun pihak PLN sendiri.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penyebab utama kerusakan sistem *jointing* kerusakan sistem *jointing* jaringan tegangan menengah dikarenakan dalam proses penyambungan kabel tidak memperhatikan jenis/tipe sambungan yang tepat sesuai dengan ketentuan yang berlaku, sehingga terjadi *lost* kontak yang mengakibatkan kenaikan suhu antara 20-70°C.
2. Besar nilai rugi-rugi daya yang dihasilkan akibat kerusakan sistem *jointing* atau sambungan kabel adalah sebesar 19,17495753 Watt pada semua daerah kerja ULP Rantepao.
3. Jenis perbaikan yang dilakukan dengan memperbaiki sambungan kabel atau mengganti *connector* kabel dengan jenis *joint sleeve*.

REFERENSI

- [1] Pasra, N., Makkulau, A., & Adnan, M. H. (2018). Gangguan Yang Terjadi Pada Sistem Jointing Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 kV. *Jurnal Ilmiah Sutet*, 8(1), 1-12.
- [2] Dj, D., Jeckson, J., & Lago, A. F. S. (2020). Analisis Susut Energi Pada Titik Sambung Ring Penyulang Sepat Menggunakan Thermovision Di PT PLN (Persero) Rayon Kota Metro. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(1), 16-19.
- [3] Siburian, J. M., Siahaan, T., & Sinaga, J. (2020). Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20kv Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru. *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 8-19.
- [4] Abasana, I Gusti Ketut; Teresna, I Wayan. Analisis Pengaruh Penggunaan Tekep Isolator Sebagai Pengganti Distribution Tie Terhadap Rugi-Rugi Daya Di Penyulang Kubu. *Buletin Fisika*, v. 16, n. 2, p. 33-39, aug. 2015.
- [5] Phasa, M. P. T. D. S. Analisis Rugi-Rugi Energi Listrik Akibat Menurunnya Performa Trafo Distribusi Satu Phasa Di PT. PLN Semarang Selatan.
- [6] Suhadi dkk. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [7] Hontong, N. J., Tuegeh, M., & Patras, L. S. (2015). Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN Palu. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(1), 64-71.
- [8] PT. PLN. (2010). *Buku 5 Standar Kosntruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Jakarta. PT. PLN (Persero)
- [9] Jurjani, F. (2016). Analisis Dan Resiko Partial Discharge Pada Kabel Tegangan Menengah. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 1(1), 16-28.
- [10] Jondra, I Wayan, *Analisis Gangguan Tekep Isolator Pada JTM AAACS*, Denpasar: PJT PT. Adi Putra, 2012
- [11] Ginting, Fredick M. 2019. *Pemeliharaan Dan Perbaikan Kenaikan Suhu Pada Sambungan Kawat AAAC Distribusi 20 KV Akibat Kenaikan Beban di PT. PLN (Persero) ULP Medan Kota*. Laporan Tugas Akhir. Medan: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Medan.
- [12] PLN , (2014) *Buku Pedoman Pemeliharaan*, No. 0520-2.K/DIR. PT PLN (PERSERO).
- [13] Giancoli, D. C. (2001). *Fisika Jilid 2. Edisi Kelima*. Diterjemahkan Dra. Yuhliza Hanum, M. Eng. Jakarta: Erlangga.
- [14] Hutaeruk, S.T. (1985). *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- [15] Gonen, T. (2015). *Electric Power Distribution Engineering*, CRC Press.