



## Studi Analisa Pengaruh Temperatur Dan Tekanan Udara Terhadap Rugi Daya Korona SUTT 150 kV

Arfita Yuana Dewi\*, Asnal Effendi, Yogi Saputra  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang  
Jl. Gajah Mada Kandis, Nanggalo, Indonesia  
E-mail: [arfitarachman.itp@gmail.com](mailto:arfitarachman.itp@gmail.com)

### Informasi Artikel

**Diserahkan tanggal:**

23 Desember 2019

**Direvisi tanggal:**

12 Januari 2020

**Diterima tanggal:**

20 Januari 2020

**Dipublikasikan tanggal:**

31 Januari 2020

**Digital Object Identifier:**

10.21063/JTE.2020.3133909



### Abstrak

Sistem kelistrikan antar pusat-pusat pembangkit dan pusat-pusat beban pada umumnya terpisah dalam ratusan bahkan ribuan kilometer. Untuk itu di butuhkan saluran transmisi. Saluran transmisi menggunakan tegangan tinggi dengan tujuan untuk memperkecil kerugian kerugian yang terjadi, baik rugi-rugi energi maupun penurunan tegangan, tetapi dengan mempertinggi tegangan akan menimbulkan permasalahan baru yaitu korona. Korona pada saluran transmisi dapat menyebabkan beberapa gangguan yaitu rugi-rugi daya, kerusakan bahan isolasi, noise dan interferensi radio. Rugi-rugi korona dipengaruhi oleh luas penampang kawat, jarak antar kawat, keadaan permukaan kawat dan pengaruh temperature atau cuaca. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh temperature dan tekanan udara terhadap rugi rugi daya yang diakibatkan oleh korona pada SUTT 150 kV pada GI Maninjau – GI Lubuk Alung. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan didapatkan rugi-rugi daya terbesar terjadi pada saat suhu rata-rata yaitu berkisar 260-285 kW perbulan, pada suhu maksimum rugi-rugi daya yang terjadi bekisar antara 215-232 kW. Sedangkan pada suhu minimum rugi-rugi yang diakibatkan korona tidak terlalu besar yaitu 50-61 kW perbulan. Pengaruh temperature terhadap korona adalah pada temperature atau suhu 31,4 °C dengan rugi daya korona sebesar 216,294 kW, jadi semakin besar temperature maka korona dihasilkan semakin kecil. Begitupun sebaliknya, pada temperature 30,3 °C dengan rugi daya korona sebesar 231,9239 kW, jadi semakin kecil temperature maka korona semakin besar. sedangkan pengaruh tekanan udara terhadap rugi-rugi korona adalah pada tekanan udara 75,86 cmHg dengan rugi daya korona 51,6620 kW, jadi semakin besar tekanan udara maka korona semakin kecil begitupun sebaliknya pada tekanan udara 75,74 cmHg dengan rugi daya korona 60,5765 kW, jadi semakin kecil tekanan udara maka korona semakin besar.

**Kata kunci:** Rugi-rugi daya, korona, suhu, tekanan udara, SUTT.

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat sesuai dengan laju pertumbuhan ekonomi dan industri serta penambahan penduduk. Dalam menuju era tinggal landas, semua sektor pembangunan diarahkan untuk mampu mempersiapkan diri untuk menghadapi era industrialisasi. Semua kegiatan industri akan dapat berjalan apabila energi listrik yang tersedia cukup memadai. Untuk mengatasi kebutuhan energi listrik tersebut PT. PLN (Persero) selaku pengelola sumber energi sektor kelistrikan berperan penting dalam menjaga ketersediaan kuantitas serta kualitas energi listrik di tanah air ini. Dengan melalui pembangunan pembangkit pembangkit tenaga listrik berskala besar diharapkan mampu menunjang sistem perekonomian pada saat sekarang dan masa yang akan datang. Dalam sistem kelistrikan antar pusat-pusat pembangkit dan pusat-pusat beban pada umumnya terpisah dalam ratusan bahkan ribuan kilometer [1]. Hal ini terjadi karena beban (konsumen) terdistribusi di setiap tempat, sementara lokasi pembangkitan umumnya terletak dipusat-pusat sumber energi (PLTA) dan di lokasi

yang memudahkan transportasi bahan bakar (PLTU), yang biasanya dibangun di tepi laut. Dan disinilah peran dari saluran transmisi yaitu menghubungkan antara pusat pembangkit dengan pusat beban.

Saluran transmisi merupakan saluran dengan tegangan listrik yang sangat tinggi, di Indonesia standar tegangan transmisi yaitu 70, 150, 270, 380 dan 500 kV, dan ini merupakan standar rekomendasi dari IEC. Karena dalam proses pengiriman tenaga listrik akan menempuh jarak yang jauh oleh sebab itu tegangan yang diberikan pada saluran transmisi tinggi dengan tujuan untuk memperkecil kerugian kerugian yang terjadi, baik rugi-rugi energi maupun penurunan tegangan. Tetapi dengan mempertinggi tegangan akan menimbulkan permasalahan baru yaitu korona [5 – 6].

Peristiwa korona berdasarkan ANSI adalah peluahan sebagian (*partial discharge*) ditandai dengan timbulnya cahaya violet karena terjadi ionisasi udara di sekitar permukaan konduktor ketika gradien tegangan permukaan konduktor melebihi nilai kuat medan listrik disruptifnya. Terjadinya korona juga ditandai dengan suara mendesis (*hissing*) dan bau ozone. Korona makin nyata kelihatan pada bagian yang kasar, runcing dan kotor. Peristiwa korona semakin sering terjadi jika pada saluran transmisi diterapkan tegangan yang lebih tinggi daripada tegangan kritis dan ketika udara yang lembab serta cuaca buruk. Korona pada transmisi dapat menyebabkan rugi rugi daya, merusak bahan isolasi dan mengakibatkan gangguan pada komunikasi radio [4]. Jika rugi-gugi daya yang terjadi pada transmisi sudah melebihi dari standar yang diperbolehkan yakni 10%, maka hal ini tidak dapat diabaikan begitu saja perlu dilakukan kajian seberapa besar *losses* yang terjadi pada suatu saluran transmisi tegangan tinggi. Cara untuk menentukan atau menghitung rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh korona pada transmisi telah di lakukan oleh beberapa peneliti diantaranya “ PEEK” [2 – 3].

Rumus korona PEEK didapatkan dari percobaan menggunakan sebuah kawat dengan panjang 300 meter dan menggunakan sebuah trafo uji 200 kv, satu fasa. Kemudian dihasilkan rumus rumus Coroll-Rockwell dan Peterson yang dianggap cukup dapat dipercaya , terutama untuk hilang-korona rendah (kurang dari 5 kW per mil kawat 3 fasa) meskipun demikian, rumus rumus korona ini tidak diteliti, sehingga hasil yang didapat hanya sekedar merupakan hasil rata rata saja. Riset terakhir dalam bidang korona diarahkan pada EHV untuk mendapatkan data baru guna peningkatan tegangan tersebut [7].

## 2. PERISTIWA KORONA

Peristiwa korona berdasarkan ANSI adalah peluahan sebagian (*partial discharge*) ditandai dengan timbulnya cahaya violet karena terjadi ionisasi udara di sekitar permukaan konduktor ketika gradien tegangan permukaan konduktor melebihi nilai kuat medan listrik disruptifnya. Terjadinya korona juga ditandai dengan suara mendesis (*hissing*) dan bau ozone. Korona makin nyata kelihatan pada bagian yang kasar, runcing dan kotor. Terjadinya ionisasi pada ion-ion diudara disekitar konduktor akan menimbulkan cahaya redup bersamaan dengan suara mendesis disertai dengan pembebasan ozon, yang mudah diidentifikasi karena baunya yang khas. Efek korona ini dapat mengurangi efisiensi pada saluran transmisi terutama pada saluran EHV (Extra High Voltage). Korona bisa didefinisikan juga sebagai hasil terakselerasinya ionisasi dibawah pengaruh suatu medan listrik. Ini merupakan proses fisika dimana struktur molekul netral atau atom diubah akibat benturan atom atau molekul netral dengan elektron bebas, photon atau ion negatif. Setiap sistem isolasi atau elektroda dimana korona dapat terjadi merupakan sumber korona. Wilayah dimana korona terjadi disebut lokasi korona (*corona sites*).



**Gambar 1.** Peristiwa korona

## 2.1 Proses Terjadinya Korona

Bila dua kawat sejajar yang penampangnya kecil (dibandingkan dengan jarak dua elektroda tersebut) diberi tegangan bolak-balik maka terjadi fenomena korona. Pada tegangan yang cukup rendah fenomena korona tidak akan terjadi. Bila tegangan dinaikkan, maka peristiwa korona akan terjadi secara bertahap. Pertama-tama, pada kawat penghantar kelihatan bercahaya yang berwarna ungu muda, mengeluarkan suara berdesis (*hissing*) dan berbau ozon. Jika tegangan dinaikkan terus, maka karakteristik diatas akan terlihat semakin jelas, terutama pada bagian yang kasar, runcing atau kotor serta cahaya bertambah besar dan terang. Bila tegangan masih terus dinaikkan akan terjadi busur api. Korona akan mengeluarkan panas, hal ini dapat dibuktikan dengan melakukan pengukuran dengan menggunakan wattmeter [8]. Dalam keadaan udara lembab, korona menghasilkan asam nitrogen (Nitrous Acid) yang menyebabkan kawat menjadi berkarat bila kehilangan daya yang cukup besar. Apabila tegangan searah yang diberikan, maka pada kawat positif korona menampakkan diri dalam bentuk cahaya yang seragam pada permukaan kawat, sedangkan pada kawat negatifnya hanya pada tempat-tempat tertentu saja.

Korona terjadi karena adanya ionisasi dalam udara, yaitu adanya kehilangan elektron dari molekul udara. Karena terjadinya ionisasi molekul dalam udara, maka molekul netral di udara bebas mendapatkan energi foton yang cukup dan besarnya melebihi energi yang diperlukan untuk membebaskan elektron dari molekul gas atau udara. Kelebihan energi foton dilimpahkan pada elektron yang kemudian di bebaskan dalam bentuk energi kinetik. Karena adanya medan listrik yang berada disekitar penghantar yang mempercepat gerak elektron hasil ionisasi tersebut, maka elektron tersebut akan menumbuk molekul- molekul gas atau udara di sekitarnya. Karena hal ini terjadi terus-menerus maka jumlah ion dan elektron bebas menjadi berlipat ganda. Apabila terjadi eksitasi elektron atom gas, yaitu berubahnya kedudukan elektron gradien tegangan menjadi cukup besar maka akan timbul fenomena korona. Selain menyebabkan terjadinya ionisasi molekul, tumbukan elektron juga menyebabkan dari orbit awalnya ketingkat orbital yang lebih tinggi. Pada saat elektron berpindah kembali ke orbital yang lebih rendah, maka akan terjadi pelepasan energi berupa cahaya radiasi dan gelombang elektromagnetik berupa suara bising.

## 2.2 Rugi-Rugi Korona

Rumus korona PEEK didapatkan dari percobaan menggunakan sebuah kawat dengan panjang 300-meter dan menggunakan sebuah trafo uji 200 kV, satu fasa. Kemudian dihasilkan rumus rumus Coroll-Rockwell dan Peterson yang dianggap cukup dapat dipercaya, terutama untuk hilang-korona rendah (kurang dari 5 kW per mil kawat 3 fasa) meskipun demikian, rumus rumus korona ini tidak diteliti, sehingga hasil yang didapat hanya sekedar merupakan hasil rata rata saja. Riset terakhir dalam bidang korona diarahkan pada EHV untuk mendapatkan data baru guna peningkatan tegangan tersebut [7].

Rugi-rugi korona pada salura penghantar transmisi menurut "PEEK" dapat dinyatakan sebagai:

$$P_k = \frac{241}{\delta} (f + 25) x \sqrt{\frac{r}{D}} x (v - vd)^2 x 10^{-5} \text{ (kW/phase/km)} \quad (1)$$

Atau rugi-rugi daya akibat korona untuk saluran tiga phasa jika diperhitungkan panjang saluran transmisi dinyatakan oleh persamaan:

$$P_k = 3 x \left[ \frac{241}{\delta} (f + 25) x \sqrt{\frac{r}{D}} x (v - (v x vd))^2 x 10^{-5} \right] x L \quad (2)$$

Dimana:

- $P_k$  = rugi rugi korona
- $\delta$  = Faktor kepadatan udara
- $f$  = frekuensi (Hz)
- $D$  = jarak antar kawat (cm)

- V = tegangan kawat ke netral (kV rms)  
 Vd = tegangan distruktif kritis (kV rms)  
 L = panjang saluran transmisi (km)

Menurut 'PETRSON', rugi rugi korona pada cuaca baik perphasa dapat ditentukan dengan persamaan:

$$P_c = \frac{1,11066 \times 10^{-4}}{[\ln(\frac{2D}{d})]^2} \times f \times v^2 \times F \text{ (kW/km)} \quad (3)$$

Dimana:

- d = diameter konduktor  
 D = jarak antar kawat (cm)  
 V = tegangan kawat ke netral, kVrms  
 f = frekuensi (Hz)  
 F = factor korona yang ditentukan oleh test merupakan fungsi dari rasio V untuk  $V_0$

### 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data-data teknis saluran transmisi 150 kV yang digunakan pada penulisan laporan ini merupakan data dari aplikasi penelitian yakni antara Gardu Induk Maninjau Ke Gardu Induk Lubuk Alung seperti yang ditunjukkan pada table berikut.

**Table 1.** Data teknis SUTT 150 kV GI Maninjau ke GI Lubuk Alung.

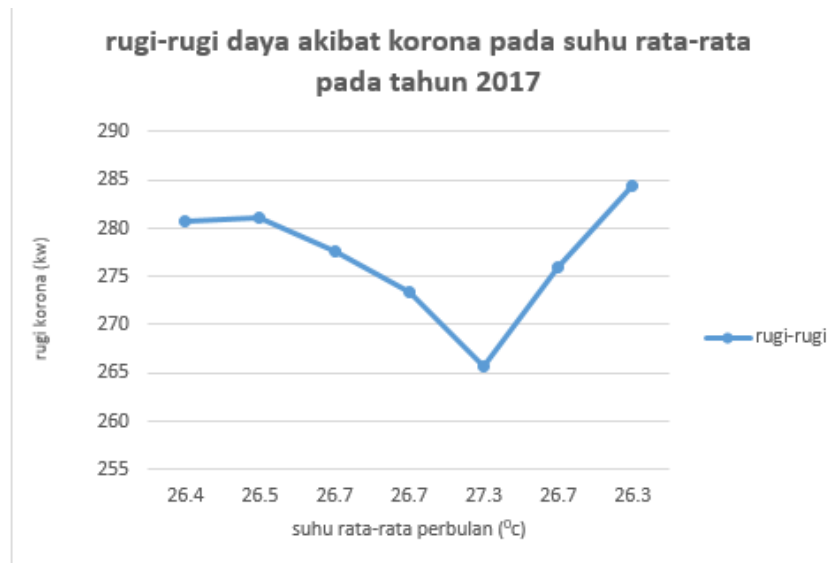
No	Jenis	Satuan
1	Tegangan Operasi	150 kV
2	Saluran Transmisi	GI Maninjau – GI Lubuk Alung
3	Panjang Saluran	56,77 kms
4	Jenis Kawat Penghantar	ACSR 240/40
5	Luas Penampang	282,50 mm <sup>2</sup>
6	Diameter Luar	21,90 mm
7	Jarak Antar Fasa	3,5 m / 350 cm
8	Jumlah Kawat Fasa	3 Buah
9	Banyak Urat Steel	7 Buah
10	Daya saluran	50 MW / 50.000 kW

Dari hasil perhitungan rugi rugi daya akibat korona pada suhu rata-rata, maximum dan minimum dengan menggunakan metode PEEK antara GI Maninjau Ke GI Lubuk Alung dengan panjang saluran 56,77 Kms, didapatkan hasil rugi rugi korona yang ditunjukkan pada table di bawah ini.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan rugi rugi daya akibat korona pada tahun 2017

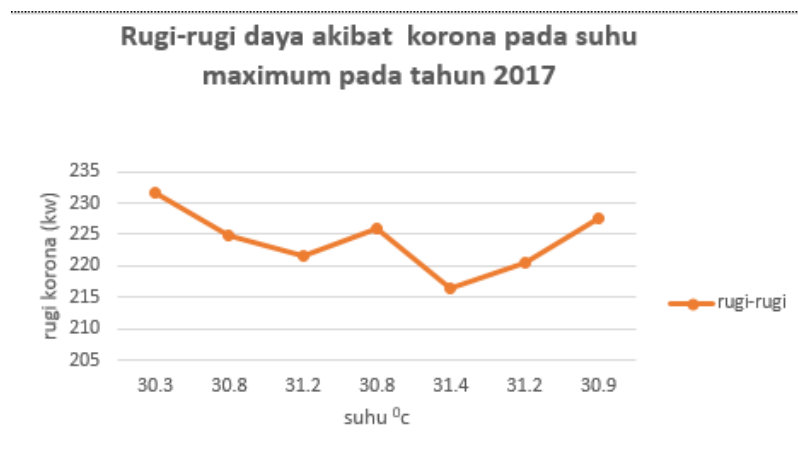
No	Bulan	Tekanan Udara cmHG	Suhu Rata-Rata			Suhu Maximum			Suhu Minimum		
			Suhu °C	V <sub>d</sub> (kV)	P <sub>k</sub> (kW)	Suhu °C	V <sub>d</sub> (kV)	P <sub>k</sub> (kW)	Suhu °C	V <sub>d</sub> (kV)	P <sub>k</sub> (kW)
1	Januari	75,80	26.4	99,79	280.64	30.3	98,51	231.622	22.9	80,858	52.3536
2	Februari	75,84	26.5	99,81	281.012	30.8	98,34	224.809	24.2	80,535	58.4232
3	Maret	75,81	26.7	99,71	277.605	31.2	98,23	221.573	23.7	80,697	56.3586
4	April	75,84	26.7	99,76	273.308	30.8	98,339	225.831	23.8	80,697	56.2655
5	Mei	75,74	27.3	99,415	265.684	31.4	98,077	216.294	24.2	80,455	60.5765
6	Juni	75,78	26.7	99,666	275.902	31.2	98,188	220.381	23.4	80,713	55.3847
7	Juli	75,86	26.3	99,897	284.418	30.9	98,389	227.534	23.0	80,906	51.6620

Berikut adalah grafik dari rugi rugi daya yang dihasilkan korona pada keadaan suhu rata-rata, maximum dan minimum pada saluran SUTT 150 kV antara GI Maninjau - GI Lubuk Alung pada Tahun 2017.



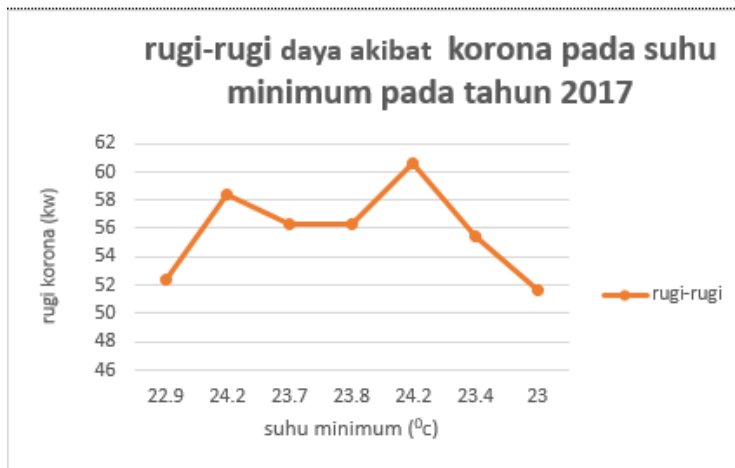
**Gambar 2.** Karakteristik rugi-rugi korona pada suhu rata-rata

Dari grafik diatas, dapat diketahui besarnya rugi-rugi daya akibat korona yang terjadi pada saat suhu rata-rata pada saluran SUTT 150 kV antara GI Maninjau - GI Lubuk Alung berkisar antara 270 kW sampai 285 kW. Rugi-rugi korona tertinggi terjadi pada bulan Juli 2017 pada suhu 26.3 °C dengan tekanan udara 75,86 cmHg dan besar rugi-rugi korona 284.418 kW atau 0,57 %. Sedangkan Rugi-rugi korona terendah terjadi pada bulan mei 2017 pada suhu 27,3 °C dengan tekanan udara 75,74 cmHg dan besar rugi-rugi korona 265.684 kW atau 0,53 %.



**Gambar 3.** Karakteristik rugi-rugi korona pada suhu maximum

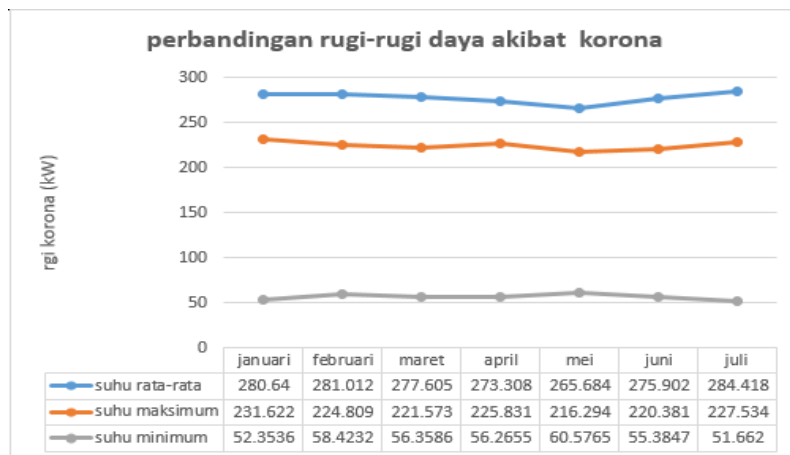
Dari grafik diatas, dapat diketahui besarnya rugi-rugi daya akibat korona yang terjadi pada saat suhu maximum pada saluran SUTT 150 kV antara GI Maninjau - GI Lubuk Alung berkisar antara 215 kW sampai 235 kW. Rugi-rugi korona tertinggi terjadi pada bulan januari 2017 pada suhu 30,3 °C dengan tekanan udara 75,80 cmHg dan besar rugi-rugi korona 231.622 kW atau 0,46 %. Sedangkan Rugi-rugi korona terendah terjadi pada bulan mei 2017 pada suhu 31,4 °C dengan tekanan udara 75,74 cmHg dan besar rugi-rugi korona 216.294 kW atau 0,43%.



Gambar 4. Karakteristik rugi-rugi korona pada suhu minimum

Dari grafik diatas, dapat diketahui besarnya rugi-rugi daya akibat korona yang terjadi pada saat suhu minimum pada saluran SUTT 150 kV antara GI Maninjau- GI Lubuk Alung berkisar antara 20 kW sampai 62 kW. Rugi-rugi korona tertinggi terjadi pada bulan mei 2017 pada suhu 24,2 °C dengan tekanan udara 75,74 cmHg dan besar rugi-rugi korona 60.5765 kW atau 0,12 %. Sedangkan Rugi-rugi korona terendah terjadi pada bulan juli 2017 dengan suhu 23,0 °C dengan tekanan udara 75,86 cmhg dan besar rugi-rugi korona 51.6620 kW atau 0,10 %.

Sedangkan untuk melihat pengaruh suhu terhadap rugi-rugi korona dilakukan perhitungan menggunakan suhu maximum dan suhu minimum sebagai acuannya. Karena dengan menggunakan suhu maximum dan minimum akan dilakukan perbandingan antara rugi-rugi daya yang terjadi akibat korona pada masing masing suhu tersebut. Dimana akan dilihat pada suhu seperti apa besarnya rugi-rugi korona yang terjadi. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan hasil seperti yang ditampilkan pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 5. Karakteristik perbandingan rugi-rugi korona pada suhu rata-rata, maximum dan minimum

Pada gambar grafik 4.7. merupakan grafik perbandingan rugi-rugi daya akibat korona pada suhu rata-rata, maximum dan minimum. Dimana dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan rugi-rugi daya terbesar di bulan Juli dengan suhu rata-rata 26,3 °C dengan tekanan udara 75,86 cmHg sebesar 284,418 kW dan rugi-rugi daya terkecil dibulan juli dengan suhu minimum 23,8 °C dengan tekanan udara 75,86 cmHg sebesar 51,662 kW.

#### 4. KESIMPULAN

Rugi-rugi daya terbesar yang diakibatkan oleh korona pada SUTT 150 kV GI Maninjau – GI Lubuk Alung berdasarkan suhu rata-rata adalah dibulan Juli sebesar 284,418 kW, pada suhu maksimum adalah di bulan Januari sebesar 231,622 kW, sedangkan pada suhu minimum adalah dibulan Mei sebesar 60,460 kW. Dari hasil perhitungan pengaruh temperature terhadap korona adalah pada temperature atau suhu 31,4 °c dengan rugi daya korona sebesar 216,294 Kw. Semakin besar temperature maka korona dihasilkan semakin kecil. Begitupun sebaliknya pada temperature 30,3 °c dengan rugi daya korona sebesar 231,9239 kW, jadi semakin kecil temperature maka korona semakin besar, sedangkan pengaruh tekanan udara terhadap rugi-rugi korona adalah pada tekanan udara 75,86 cmHg dengan rugi daya korona 51,6620 kW, jadi semakin besar tekanan udara maka korona semakin kecil. Begitupun sebaliknya pada tekanan udara 75,74 cmHg dengan rugi daya korona 60,5765 kW, jadi semakin kecil tekanan udara maka korona semakin besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amalia Saraswati, dkk, 2012. “tentang perhitungan korona, *audible noise* dan *radio interference* pada SUTET 500 kV dengan variasi jarak antar kawat fasa dan jarak antar sirskit”
- [2] Ansyah, Ahmad Sulzer, 2014, *Pengaruh cuaca terhadap rugi-rugi daya akibat korona pada SUTT 150 kV*. Padang. ITP
- [3] Arismunandar, A.,1994. *Teknik Tegangan Tinggi*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- [4] Gonen,Turan., 2014. *Third edition Electrical Power Transmission System Engineering analysis and design*.6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton FL: CRC Press Taylor and Francis Group.
- [5] Govan Saputra, 2015, *studi pengaruh jarak kawat terhadap losess akibat korona pada SUTT 150kV*. Padang. ITP
- [6] Melina Suastra, 2010 *.Analisa Pengaruh Penampang Kawat Terhadap Rugi-Rugi Korona Pada SUTT 150 KV*. Padang. ITP
- [7] Novi Kurniasih dan Dewi Purnama Sari, 2014, “Analisis Pengaruh Akibat Korona Terhadap Rugi-rugi daya Daya Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV”, *Jurnal Transmisi*, Vol. 3, No.1, hal. 54-65.
- [8] Kadir, Abdul, 1998. *Transmisi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia.