

Pengukuran Indeks Polusi Pada Sistem Minahasa Berdasarkan Nilai Esdd Dan Nsdd

Ferdy Lumeno.⁽¹⁾, Lily S. Patras, ST., MT.⁽²⁾, Ir. Fielman Lisi, MT⁽³⁾
 (1)Mahasiswa, (2)Pembimbing 1, (3)Pembimbing2,

Jurusan Teknik Elektro-FT. UNSRAT, Manado-95115, Email: f.lumeno90@gmail.com

Abstrac-, In fulfilling public needs electrical energy safe and reliable, we need an electricity system that is supported by the component or equipment that are reliable against disturbances that occur such as leakage current, environmental, corrosion, pollution, etc.

Pollution that occurs on the surface of the insulator can cause the insulation resistance of the insulator is reduced, which in turn lead to leakage currents or spark causing flash over

To find out how much the level of pollution in the surface of an insulator installed in the distribution network we conducted testing in the field by collecting samples from several places like in the case of samples taken from these areas: Bitung, Sawangan, tomohon, ear, and Lahendong, after get the data from the field to do calculations and data processing of the samples obtained in the field., on the classification of the contamination level according to the value ESDD (equivalent salt deposit density) and NSDD (Nonsoluble deposit density) for the area Bitung, ear, tomohon, Lahendong, Sawangan, the level of contamination that occurred was still categorized as mild, namely under 0,0001mg / cm² away from the normal threshold is given at 0.1 mg / cm²

Keywords: ESDD and NSDD, flashover, insulators, pollutants

Abstrak- Dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik yang aman dan handal, maka dibutuhkan suatu sistem kelistrikan yang didukung oleh komponen maupun peralatan yang handal terhadap gangguan-gangguan yang terjadi seperti : arus bocor, lingkungan, korosi, polusi, dan lain-lain

Polusi yang terjadi pada permukaan isolator dapat menyebabkan tahanan isolasi dari isolator tersebut berkurang yang pada akhirnya mengakibatkan arus bocor atau percikan bunga api sehingga menyebabkan flash over

Untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran yang terjadi pada permukaan isolator yang terpasang pada jaringan distribusi maka dilakukanlah pengujian dilapangan dengan mengumpulkan sampel dari beberapa tempat seperti pada kasus ini sampel di ambil dari daerah-daerah : bitung, sawangan, tomohon, teling, dan lahendong, setelah mendapatkan data dari lapangan dilakukan perhitungan serta pengolahan data terhadap sampel-sampel yang didapatkan dilapangan., mengenai klasifikasi tingkat pencemaran sesuai nilai ESDD (equivalent salt deposit density) dan NSDD (Nonsoluble deposit density) untuk wilayah bitung, teling, tomohon, lahendong, sawangan, tingkat pencemaran yang terjadi masih dikategorikan ringan yaitu di bawah 0,0001mg/cm² jauh dari ambang batas normal yang diberikan yaitu 0,1 mg/cm²

Kata kunci : ESDD dan NSDD, flashover, isolator, polutan

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan informasi saat ini. Untuk

itu diperlukan kontinuitas pelayanan serta ketersediaan energi listrik yang andal untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Untuk mengisolir satu atau lebih bagian yang bertengangan dengan bagian yang bertegangan lainnya. Isolator tersebut diharapkan pula tahan terhadap benturan mekanis, tahan terhadap gangguan arus lebih, serta harustahan terhadap pengaruh lingkungan sekitar.

Flashover adalah bentuk kegagalan isolator pasang luar yang banyak menyebabkan pemadaman pada system tenaga listrik. Flashover disebabkan oleh karena adanya penumpukan kontaminan pada permukaan isolator, dimana kontaminan ini banyak dipengaruhi oleh kondisi cuaca lingkungan sekitar.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulis bermaksud untuk mengangkat masalah ini menjadi sebuah judul Tugas Akhir dengan judul "Pengukuran Indeks Polusi pada Sistem Minahasa Berdasarkan nilai ESDD dan NSDD"

II. LANDASAN TEORI

Peralatan tegangan tinggi pasang luar (*outdoor*) sering di pengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar seperti, temperatur, tekanan, kelembaban, serta curah hujan air, kabut, debu hal ini dapat menyebabkan menurunnya kemampuan dari konduktivitas dan dapat menyebabkan permukaan isolator menjadi sangat rentan dan dapat menyebabkan flashover. Flashover merupakan suatu kegagalan dari isolator pasang luar yang sering mengakibatkan pemadaman listrik

Sampai sekarang flashover yang diakibatkan oleh kontaminan menjadi masalah untuk jalur transmisi, banyak yang telah di lakukan untuk meningkatkan mutu kinerja dari isolator pasang luar salah satunya dengan melakukan peningkatan dalam penggunaan bahan baku pembuatan isolator.

Sangatlah penting mempertimbangkan bahan dari pemasangan isolator pasang luar, tidak hanya bahan mampu menahan dielektrik dan menahan tekanan listrik dalam jangka waktu yang cukup panjang tetapi juga mampu bertahan dari lingkungan seperti kontaminasi sinar matahari, polusi, air, polaritas listrik dan lain sebagainya, jenis-jenis material yang digunakan dalam pembuatan isolator.

A. Bahan-bahan Isolator

Isolator memiliki beberapa jenis berdasarkan bahannya yaitu:

- 1) Isolator *porcelain* yang tahan terhadap perubahan suhu dan beban yang menekan, tapi lemah terhadap kekuatan menumpuk.
- 2) Isolator gelas memiliki sifat pengembun sehingga dengan mudah debu dapat menempel, makin tinggi tegangan sistem makin sering juga terjadi tegangan

bocor lewat isolator tersebut dengan ini mengurangi fungsi isolasi.

- 3) Isolator *epoxy resin* yang sering di gunakan di daerah terbuka dikarenakan isolator ini tahan terhadap radiasi sinar matahari dan mudah di bentuk dapat di sesuaikan sesuai permintaan.
- 4) Isolator *polymer composites* yang memiliki inti *fiberglass* dimana berguna meningkatkan kekuatan mekanik dari isolator itu sendiri, ditutupi oleh rumah yang berfungsi sebagai pelindung dari pencemaran.

B. Polutan

Polutan adalah suatu zat yang menjadi sebab pencemaran terhadap lingkungan. Jadi, polutan disebut juga sebagai zat pencemar. Suatu zat atau bahan dapat disebut sebagai zat pencemar atau polutan apabila zat atau bahan tersebut mengalami hal-hal sebagai berikut Jumlahnya melebihi jumlah normal/ambang batas, Berada pada tempat yang tidak semestinya. Berada pada waktu yang tidak tepat.

Berdasarkan sifatnya, polutan dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu:

- 1) Polutan *biodegradable* adalah polutan yang dapat diuraikan oleh proses alam. Contoh: kayu, kertas, bahan, sisa makanan, sampah, dedaunan, dan lain-lain.
- 2) Polutan *non biodegradable* adalah polutan yang tidak dapat diuraikan oleh proses alam sehingga akan tetap berada pada lingkungan tersebut untuk jangka waktu yang sangat lama. Contoh: gelas, kaleng, pestisida, residu radioaktif, dan logam toksik.

Berdasarkan wujudnya, polutan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu : Polutan padat, misalnya kertas, kaleng, besi, logam, plastik, dan lain-lain, Polutan cair, misalnya tumpahan minyak, pestisida, detergen, dan sebagainya, Polutan gas, misalnya CFC, karbon dioksida, karbon monoksida, metana, dan lain-lain.

C. Metode ESDD

Nilai ESDD didefinisikan sebagai jumlah yang setara dengan deposit NaCl dalam mg/cm pada daerah permukaan isolator yang akan memiliki konduktivitas listrik yang setara dengan deposit jumlah air, teknik ESDD melibatkan pencucian kontaminan dari permukaan isolator dengan air suling dan mengukur konduktivitas larutan yang diperoleh. Tingkat polusi berdasarkan nilai maksimum bulanan ESDD dapat di lihat pada tabel 1.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan ESDD adalah:

$$ESDD = S_a \cdot V_d / A_{ins} \quad (1)$$

Di mana : $S_a = (5.7 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_{20})^{1.03}$

V_d : volume air yang digunakan dalam cm^3

A_{ins} : area yang dicuci pada isolator dalam cm^2

S_a : kandungan garam pada $20^\circ C$ (kg/m^3)

Konduktivitas yang diperoleh dikoreksi dengan persamaan $\sigma_{20} = \sigma_t \cdot [1 - k_t (t_s - 20)]$ (2)

Dimana :

σ_t = konduktivitas yang terukur ($\mu S/cm$)

σ_{20} = konduktivitas yang dikoreksi pada $20^\circ C$

t_s = temperatur larutan ($^\circ C$)

k_t = konstanta temperatur

$k_t = - 3.200 \cdot 10^{-8} \cdot t_s^3 + 1.032 \cdot 10^{-5} \cdot t_s^2 - 8.272 \cdot 10^{-4} \cdot t_s + 3.544 \cdot 10^{-2}$

Salinitas dari larutan pada $20^\circ C$ (kg/m^3)

$S_a = (5.7 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_{20})^{1.03}$

D. Metode NSDD

NSDD menentukan jumlah non larut , pengukuran NSDD biasanya dilakukan dengan menggunakan larutan air cuci yang diperoleh dari pengukuran, cairan hasil pencucian di saring menggunakan tisu atau kertas dan dikeringkan setelah itu ditimbang

Rumus perhitungan NSDD:

$$NSDD = \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}} \quad (3)$$

Dimana :

NSDD : kerapatan kandungan tak larut mg/cm

M_1 : berat bersih kertas filter kering

M_2 : berat kontaminasi kertas kering

E. Proses Terjadinya Flashover

Berawal dari terbentuknya pita kering (*dry band*) terbentuknya lapisan konduktif di permukaan isolator diakibatkan oleh adanya polutan yang menempel. Lapisan yang terbentuk di permukaan isolator ini menyebabkan mengalirnya arus bocor (*leakage current*). Dengan mengalirnya arus bocor, terjadipemanasan di lapisan tersebut. Lapisan ini dapat membentuk pita kering (*dry band*) akibat dialiri arus bocor secara terus menerus. Pada tegangan tertentu, kondisi ini dapat menyebabkan pelepasan muatan melintasi pita kering. Pelepasan muatan dapat memanjang sehingga terbentuk busur listrik dan terjadi lewat *flashover* yang melalui seluruh permukaan isolator.

BAB III

PENGUKURAN INDEKS POLUSI PADA SISTEM MINAHASA BERDASARKAN NILAI ESDD DAN NSDD

A. Umum

Penelitian ini dilakukan di beberapa lokasi antara lain : Tomohon AP2B, Sawangan, Bitung, Lahendong (1,2,3,4) , dan Teling lokasi dari tempat penelitian juga beragam ada yang didaerah penguungan dan laut

Pengambilan data dilakukan dengan mengambil isolator bekas yang sudah tak terpakai dimasing-masing lokasi, kemudian isolator tersebut dicuci hingga bersih, air bekas pencucian diukur konduktivitasnya dengan alat ukur kemudian air bekas pencucian di saring menggunakan tisu untuk menentukan jumlah non larut yang terkandung di air pencucian isolator tadi, dikeringkan kemudian di timbang untuk mendapatkan nilai non larut tersebut

TABEL I. TINGKAT POLUSI BERDASARKAN NILAI MAKSIMUM BULANAN ESDD

ESDD (mg/cm ²)	kelas kontaminan
< 0.06	Sangat rendah
0.06 - 0.12	Rendah
0.12 - 0.24	Menengah
>0.24	tinggi

(Catatan :The practical guide to outdoor high voltage insulators)

B. Pengukuran Konduktivitas

Setelah melakukan prosedur pencucian dan melakukan pengukuran konduktivitas di dapat data sebagai berikut:

Bitung

Ts = 27,2°C

1 $\sigma_t = 0,55$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 2 $\sigma_t = 0,60$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 3 $\sigma_t = 0,60$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Vd = 500 cm³

A_{ins} = 450 cm²

Kt = - 3.2.10⁻⁸ . t_s³ + 1.032 . 10⁻⁵ . t_s² - 8.272 . 10⁻⁴ . t_s + 3.544 . 10⁻²

Untuk nilai konduktivitas Bitung dapat di lihat pada tabel II.

Perhitungan ESDD

Isolator 1

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,468$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$S_a = 2,081 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00023$$

Isolator 2

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,511$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 2,277 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00025$$

Isolator 3

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,502$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 2,236 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00025$$

Perhitungan NSDD

Isolator 1

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1740 - 670}{450}$$

$$= 2,37 \text{ mg/cm}$$

Isolator 2

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1760 - 670}{450}$$

$$= 2,42 \text{ mg/cm}$$

Isolator 3

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1760 - 670}{450}$$

$$= 2,42 \text{ mg/cm}$$

Sawangan

Ts = 26,43°C

1 $\sigma_t = 0,58$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 2 $\sigma_t = 0,60$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 3 $\sigma_t = 0,59$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Vd = 500 cm³

A_{ins} = 450 cm²

Kt = - 3.2.10⁻⁸ . t_s³ + 1.032 . 10⁻⁵ . t_s² - 8.272 . 10⁻⁴ . t_s + 3.544 . 10⁻²

Untuk nilai konduktivitas Sawangan dapat di lihat pada table III

Perhitungan ESDD

Isolator 1

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,502$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 2,23 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00025$$

Isolator 2

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,519$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 2,31 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00026$$

Isolator 3

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,510$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 2,27 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00025$$

Perhitungan NSDD

Isolator 1

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1740 - 670}{450}$$

$$= 2,37 \text{ mg/cm}$$

Isolator 2

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1750 - 670}{450}$$

$$= 2,4 \text{ mg/cm}$$

Isolator 3

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

TABEL II. TABEL NILAI KONDUKTIVITAS BITUNG

Nilai konduktivitas	Nilai penyaringan sesudah terkontaminasi
0.55	1.74
0.60	1.76
0.59	1.76

TABEL III. TABEL NILAI KONDUKTIVITAS SAWANGAN

Nilai konduktivitas	Nilai penyaringan sesudah terkontaminasi
0.58	1.74
0.60	1.75
0.59	1.75

$$= \frac{1750-670}{450}$$

$$= 2,4 \text{ mg/cm}$$

Teling

Ts = 27,34°C

1 $\sigma_t = 037 \text{ (}\mu\text{S/cm)}$ 2 $\sigma_t = 0,37 \text{ (}\mu\text{S/cm)}$ 3 $\sigma_t =$

0,29 $\text{(}\mu\text{S/cm)}$

Vd = 500 cm^3

A_{ins} = 450 cm^2

Kt = - 3.2.10⁻⁸ . t_s³ + 1.032 . 10⁻⁵ . t_s² - 8.272 . 10⁻⁴ . t_s + 3.544 . 10⁻²

Untuk nilai konduktivitas Teling dapat di lihat pada tabel IV.

Perhitungan ESDD

Isolator 1

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,314$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,38 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00015$$

Isolator 2

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,314$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,38 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00015$$

Isolator 3

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,246$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,07 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00012$$

Perhitungan NSDD

Isolator 1

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1740 - 670}{450}$$

TABEL IV. TABEL NILAI KONDUKTIVITAS TELING

Kandungan air awal	Nilai konduktivitas	Nilai penyaringan sesudah terkontaminasi
0.23	0.37	1.74
0.26	0.37	1.71
0.26	0.29	1.69

$$= 2,3 \text{ mg/cm}$$

Isolator 2

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1710 - 670}{450}$$

$$= 2,3 \text{ mg/cm}$$

Isolator 3

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1690 - 670}{450}$$

$$= 2,2 \text{ mg/cm}$$

Tomohon

Ts = 26,04°C

1 $\sigma_t = 0,27 \text{ (}\mu\text{S/cm)}$ 2 $\sigma_t = 0,22 \text{ (}\mu\text{S/cm)}$ 3 $\sigma_t =$

0,23 $\text{(}\mu\text{S/cm)}$

Vd = 500 cm^3

A_{ins} = 450 cm^2

Kt = - 3.2.10⁻⁸ . t_s³ + 1.032 . 10⁻⁵ . t_s² - 8.272 . 10⁻⁴ . t_s + 3.544 . 10⁻²

Untuk nilai konduktivitas Tomohon dapat di lihat pada tabel V.

V.

Perhitungan ESDD

Isolator 1

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,235$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,02 \times 10^{-4}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00011$$

Isolator 2

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,192$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 8,29 \times 10^{-5}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,0001$$

Isolator 3

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,201$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 8,700 \times 10^{-5}$$

$$ESDD = S_a \cdot Vd / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,0001$$

TABEL V. TABEL NILAI KONDUKTIVITAS TOMOHON

Nilai konduktivitas	Nilai penyingangan sesudah terkontaminasi
0.27	1.68
0.22	1.7
0.27	1.71

Perhitungan NSDD

Isolator 1

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1680 - 670}}$$

$$= \frac{450}{450}$$

$$= 2,24 \text{ mg/cm}$$

Isolator 2

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1700 - 670}}$$

$$= \frac{450}{450}$$

$$= 2,28 \text{ mg/cm}$$

Isolator 3

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1710 - 670}}$$

$$= \frac{450}{450}$$

$$= 2,31 \text{ mg/cm}$$

Lahendong 1

Ts = 26,2°C

1 $\sigma_t = 0,27$ ($\mu\text{S/cm}$) 2 $\sigma_t = 0,28$ ($\mu\text{S/cm}$) 3 $\sigma_t =$ 0,28 ($\mu\text{S/cm}$)Vd = 500 cm³A_{ins} = 450 cm²Kt = - 3.2.10⁻⁸ . t_s³ + 1.032 . 10⁻⁵ . t_s² - 8.272 . 10⁻⁴ . t_s + 3.544 . 10⁻²

Untuk nilai konduktivitas Lahendong 1 dapat di lihat pada tabel VI.

Perhitungan ESDD

Isolator 1

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,235$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,02 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

Isolator 2

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,243$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,05 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

Isolator 3

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,243$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,05 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

TABEL VI TABEL NILAI KONDUKTIVITAS LAHENDONG 1

Nilai konduktivitas	Nilai penyingangan sesudah terkontaminasi
0.27	1.69
0.28	1.7
0.28	1.7

Perhitungan NSDD

Isolator 1

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1690 - 670}}$$

$$= \frac{450}{450}$$

$$= 2,26 \text{ mg/cm}$$

Isolator 2

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1700 - 670}}$$

$$= \frac{450}{450}$$

$$= 2,28 \text{ mg/cm}$$

Isolator 3

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1700 - 670}}$$

$$= \frac{450}{450}$$

$$= 2,28 \text{ mg/cm}$$

Lahendong 2

Ts = 26,2°C

1 $\sigma_t = 0,29$ ($\mu\text{S/cm}$) 2 $\sigma_t = 0,27$ ($\mu\text{S/cm}$) 3 $\sigma_t =$ 0,27 ($\mu\text{S/cm}$)Vd = 500 cm³A_{ins} = 450 cm²Kt = - 3.2.10⁻⁸ . t_s³ + 1.032 . 10⁻⁵ . t_s² - 8.272 . 10⁻⁴ . t_s + 3.544 . 10⁻²

Untuk nilai konduktivitas Lahendong 2 dapat di lihat pada tabel VII.

Perhitungan ESDD

Isolator 1

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,252$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,09 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00012

Isolator 2

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,235$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,02 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

Isolator 3

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)]$$

$$= 0,235$$

$$Sa = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03}$$

$$= 1,02 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

Perhitungan NSDD

TABEL VII. TABEL NILAI KONDUKTIVITAS LAHENDONG 2

Nilai konduktivitas	Nilai penyaringan sesudah terkontaminasi
0.29	1.69
0.27	1.71
0.27	1.71

Isolator 1

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1690 - 670}} = \frac{450}{450} = 2,26 \text{ mg/cm}$$

Isolator 2

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1710 - 670}} = \frac{450}{450} = 2,31 \text{ mg/cm}$$

Isolator 3

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1710 - 670}} = \frac{450}{450} = 2,31 \text{ mg/cm}$$

Lahendong 3

Ts = 26,2°C

1 $\sigma_t = 0,27$ ($\mu\text{S/cm}$) 2 $\sigma_t = 0,26$ ($\mu\text{S/cm}$) 3 $\sigma_t = 0,27$ ($\mu\text{S/cm}$)

Vd = 500 cm³

A_{ins} = 450 cm²

Kt = - 3.2.10⁻⁸ . t_s³ + 1.032 . 10⁻⁵ . t_s² - 8.272 . 10⁻⁴ . t_s + 3.544 . 10⁻²

Untuk nilai konduktivitas Lahendong 3 dapat di lihat pada tabel VIII.

Perhitungan ESDD

Isolator 1

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)] = 0,235$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03} = 1,02 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

Isolator 2

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)] = 0,226$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03} = 9,83 \times 10^{-5}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,0001

Isolator 3

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)] = 0,235$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03} = 1,02 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

TABEL VIII TABEL NILAI KONDUKTIVITAS LAHENDONG 3

Nilai konduktivitas	Nilai penyaringan sesudah terkontaminasi
0.27	1.69
0.26	1.7
0.27	1.7

Perhitungan NSDD

Isolator 1

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1690 - 670}} = \frac{450}{450} = 2,26 \text{ mg/cm}$$

Isolator 2

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1700 - 670}} = \frac{450}{450} = 2,28 \text{ mg/cm}$$

Isolator 3

$$= \frac{M_2 - M_1}{\frac{A_{ins}}{1700 - 670}} = \frac{450}{450} = 2,28 \text{ mg/cm}$$

Lahendong 4

Ts = 26,2°C

1 $\sigma_t = 0,27$ ($\mu\text{S/cm}$) 2 $\sigma_t = 0,28$ ($\mu\text{S/cm}$) 3 $\sigma_t = 0,28$ ($\mu\text{S/cm}$)

Vd = 500 cm³

A_{ins} = 450 cm²

Kt = - 3.2.10⁻⁸ . t_s³ + 1.032 . 10⁻⁵ . t_s² - 8.272 . 10⁻⁴ . t_s + 3.544 . 10⁻²

Untuk nilai konduktivitas Lahendong 4 dapat di lihat pada tabel IX.

Perhitungan ESDD

Isolator 1

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)] = 0,235$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03} = 1,02 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

Isolator 2

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)] = 0,243$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03} = 1,05 \times 10^{-4}$$

ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

Isolator 3

$$\sigma_{20} = \sigma_t [1 - k_t (t_s - 20)] = 0,243$$

$$S_a = (5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1.03} = 1,05 \times 10^{-4}$$

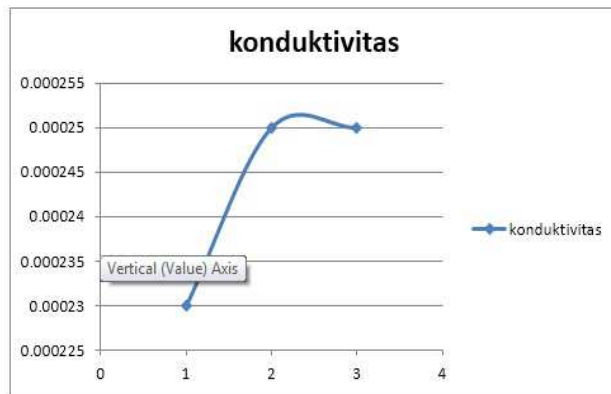
ESDD = S_a . Vd / A_{ins}

ESDD = 0,00011

TABEL IX TABEL NILAI KONDUKTIVITAS LAHENDONG 4

Nilai konduktivitas	Nilai penyaringan setelah terkontaminasi
0.27	1.69
0.28	1.72
0.28	1.72

ESDD			NSDD		
isolator 1	isolator 2	isolator 3	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3
0,00023	0.00025	0.00025	2,37	2.42	2.42



Gambar 1. Tabel dan Grafik Konduktivitas Kota Bitung

$$ESDD = S_a \cdot V_d / A_{ins}$$

$$ESDD = 0,00011$$

Perhitungan NSDD

Isolator 1

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1690 - 670}{450}$$

$$2,26 \text{ mg/cm}$$

Isolator 2

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

$$= \frac{1720 - 670}{450}$$

$$2,33 \text{ mg/cm}$$

Isolator 3

$$= \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}}$$

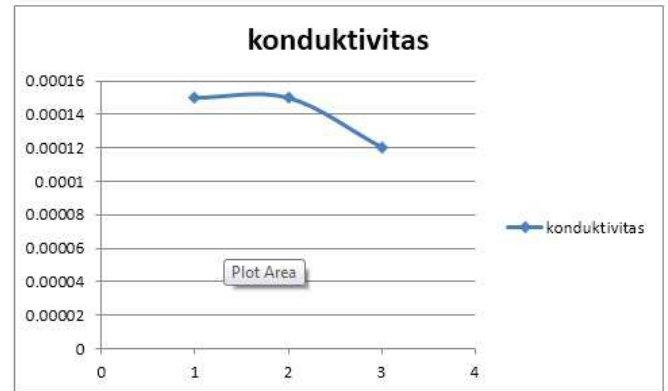
$$= \frac{1720 - 670}{450}$$

$$2,33 \text{ mg/cm}$$

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1 Pengukuran konduktivitas berdasarkan nilai ESDD dan NSDD

ESDD			NSDD		
isolator 1	isolator 2	isolator 3	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3
0.00015	0.00015	0.00012	2.3	2.3	2.2



Gambar 2. Tabel dan Grafik Konduktivitas Kota Teling

Sampel isolator yang di ambil di tempat-tempat yang telah di tentukan di masukan kedalam wadah penampungan kemudian di cuci dengan air hingga bersih, sesudah itu sisah air pencucian di ukur menggunakan alat ukur untuk mendapatkan nilai konduktivitas, kemudian sisah air yang sudah di ukur di saring menggunakan tisu, sesudah itu di keringkan dan di timbang untuk mendapatkan nilai NSDD Hasil yang didapat setelah melakukan perhitungan ESDD dan NSDD pada BAB III sebagai berikut:

Bitung

Berdasarkan Gambar 1 menunjukan bahwa nilai ESDD rendah terhadap kontaminan dan dua dari isolator menunjukan nilai ESDD yang sama.

Teling

Berdasarkan Gambar 2 menunjukan bahwa nilai ESDD rendah terhadap kontaminan dan dua dari isolator menunjukan nilai ESDD yang sama

Tomohon

Berdasarkan Gambar 3 menunjukan bahwa nilai ESDD rendah terhadap kontaminan dan dua dari isolator menunjukan nilai ESDD yang sama

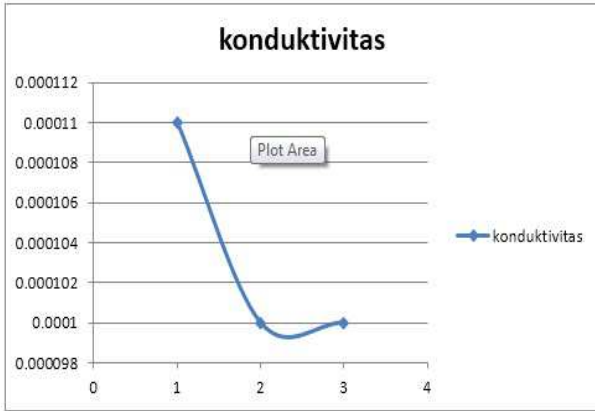
Lahendong 1

Berdasarkan Gambar 4 menunjukan bahwa nilai ESDD rendah terhadap kontaminan dan ketiga isolator menunjukan nilai ESDD yang sama

Lahendong 2

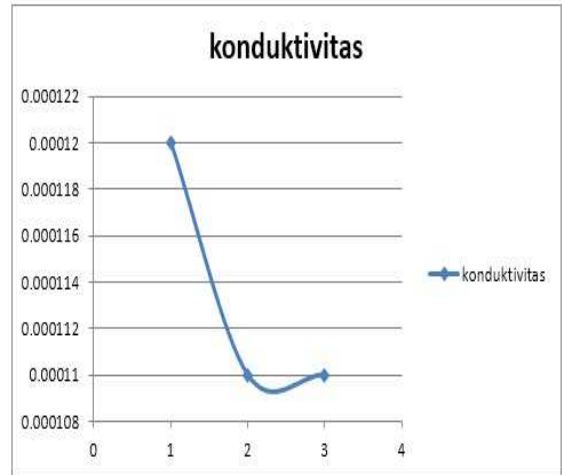
Berdasarkan Gambar 5 menunjukan bahwa nilai ESDD rendah terhadap kontaminan dan dua dari isolator menunjukan nilai ESDD yang sama

ESDD			NSDD		
isolator 1	isolator 2	isolator 3	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3
0.00011	0.0001	0.0001	2.24	2.28	2.31



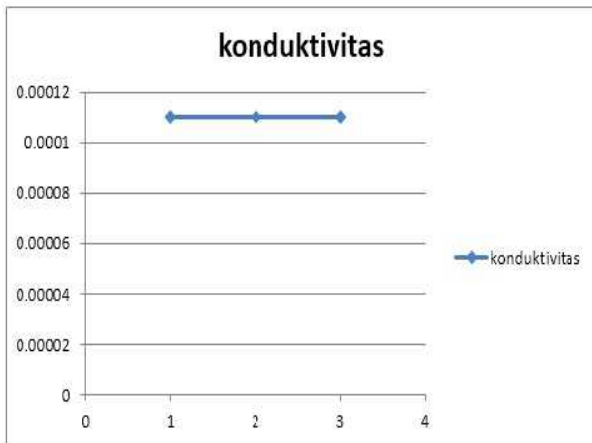
Gambar 3. Tabel dan Grafik Konduktivitas Kota Tomohon

ESDD			NSDD		
isolator 1	isolator 2	isolator 3	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3
0.00012	0.00011	0.00011	2.26	2.31	2.31



Gambar 5. Tabel dan Grafik Konduktivitas Kota Lahendong 2

ESDD			NSDD		
isolator 1	isolator 2	isolator 3	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3
0.00011	0.00011	0.00011	2.26	2.28	2.28



Gambar 4. Tabel dan Grafik Konduktivitas Kota Lahendong 1

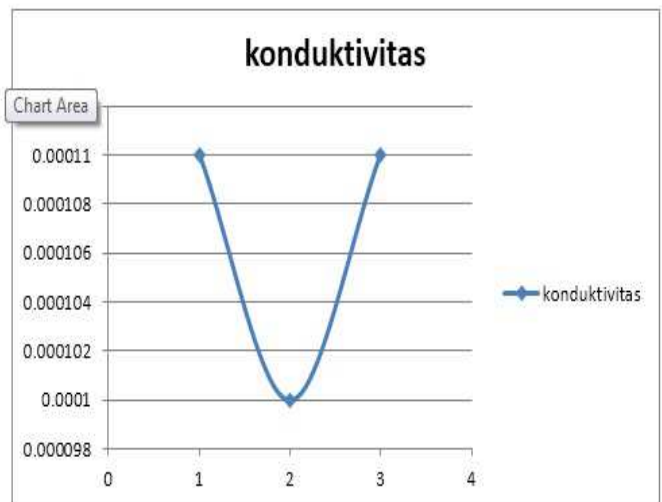
Lahendong 3

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan bahwa nilai ESDD rendah terhadap kontaminan dan dua dari isolator menunjukkan nilai ESDD yang sama

Lahendong 4

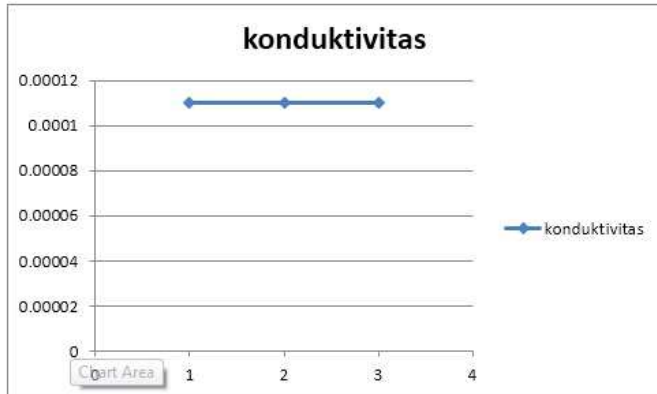
Berdasarkan gambar 7 menunjukkan bahwa nilai ESDD rendah terhadap kontaminan dan ketiga isolator menunjukkan nilai ESDD yang sama

ESDD			NSDD		
isolator 1	isolator 2	isolator 3	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3
0.00011	0.0001	0.00011	2.26	2.28	2.28



Gambar 6. Tabel dan Grafik Konduktivitas Kota Lahendong 3

	ESDD			NSDD		
isolator 1	isolator 2	isolator 3	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3	
0.00011	0.00011	0.00011	2.26	2.33	2.33	



Gambar 7. Tabel dan Grafik Konduktivitas Kota Lahendong 4

Berdasarkan hasil yang didapat dari masing-masing isolator menunjukkan bahwa kadar kontaminan sangat rendah disetiap tempat yang ditunjukkan, ini menyimpulkan bahwa pergantian isolator yang diakibatkan penumpukan kontaminan diminahasa sangat rendah. Untuk perbandingan hasil perhitungan ESDD dan NSDD tiap daerah penelitian dapat di lihat pada gambar 8.

Bitung dan sawangan memiliki tingkat kontaminan paling tinggi namun masih di ambang normal dikarenakan lebih sering mengalami faktor yang dapat meningkatkan kandungan polutan itu sendiri seperti asap kendaraan, lingkungan, maupun industry, dan kandungan garam yang di bawa oleh angin, tomohon lahendong dan teling memiliki kandungan terendah dikarenakan hanya di pengaruhi oleh asapkendaraan,sulfur dan abu volcanic yang jarang menyembur

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisa dan pembahasan diperoleh kesimpulan adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan konduktivitas yang di dapat dari lahendong (1.2.3.4), bitung, teling,tomohon ap2b, sawangan memiliki konduktivitas yang rendah sehingga pergantian isolator sangat jarang dilakukan
2. Isolator berbahan porselin merupakan isolator yang paling banyak digunakan di daerah minahasa ini dikarenakan Sifat anorganik lembam yang membuatnya tahan terhadap penurunan oleh faktor lingkungan seperti radiasi *ultraviolet* dan kontaminan agresif yang sering ditemui didaerah minahasa

Lokasi	ESDD			NSDD		
	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3	Isolator 1	Isolator 2	Isolator 3
Bitung	0,00023	0,00025	0,00025	2,37	2,42	2,42
Teling	0,00015	0,00015	0,00012	2,3	2,3	2,2
AP2B	0,00011	0,0001	0,0001	2,24	2,28	2,31
Tomohon						
Sawangan	0,00025	0,00026	0,00025	2,37	2,4	2,4
Lahendong 1	0,00011	0,00011	0,00011	2,26	2,28	2,28
Lahendong 2	0,00012	0,00011	0,00011	2,26	2,31	2,31
Lahendong 3	0,00011	0,00011	0,00011	2,26	2,28	2,28
Lahendong 4	0,00011	0,00011	0,00011	2,26	2,33	2,33

Gambar 8. .Perbandingan Masing-masing Daerah Penelitian

B. SARAN

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dapat dilakukan dengan mengambil sampel secara langsung dari tiang penyangga saluran udara ditempat isolator tersebut terpasang namun telah berada dalam keadaan rusak
2. Dalam penempatan isolator haruslah memperhatikan keadaan lingkungan, dan selektif dalam pemilihan isolator.
3. Banyaknya polutan udara yang menempel pada permukaan isolator akan mengurangi performa isolator, terlebih tahanan isolasinya; maka perlu diadakan pencucian terhadap polutan yang menempel pada permukaan isolator, ataupun perlu memperbanyak tahanan isolasi dengan menambah jumlah piringan dalam gandengan isolator

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] D. Suswanto, *Sistem distribusi tenaga listrik* tahun 2002
- [2.] H. Schneider., Dr., *The practical guide to outdoor high voltage insulators*, july 2004
- [3.] L. S. Patras., *Indekx pollution isolator pasang luarpada daerah switchyard di PT.Puncak jaya power papua., tahun 2005*
- [4.] L. S. Patras., *Penelitian eksperimental untuk memperoleh indeks polutan dari sampel kontaminan yang di ambil dari lokasi penelitian tahun 2005*
- [5.] R.S. Gorur, E.A. Cherney, J.T. Burnham., *Outdoor insulators 1978*