

## Pengukuran Indeks Polusi Isolator Metode NSDD Dan Turbidity Sensor

Amelya Indah Pratiwi<sup>1)</sup>, Muhammad Asri<sup>2)</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Ichsan Gorontalo, Indonesia

### ABSTRAK

Pengukuran indeks polusi pada isolator bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat kekotoran pada isolator terhadap tegangan tembus isolator. Selama ini pengukuran indeks polutan tak larut pada isolator di hitung menggunakan metode non suitable deposite density (NSDD). Air bilasan pencuci isolator disaring menggunakan kain atau kertas saring kemudian ditimbang lalu dibandingkan berat kain sebelum dan setelah penyaringan per satuan luas isolator. pada penelitian ini membandingkan metode pengukuran indeks polutan isolator menggunakan metode NSDD dan sensor turbidity. Sensor turbidity dapat mengukur indeks polusi/kekeruhan menggunakan Arduino Uno dan dimonitoring melalui aplikasi Blynk. Pertama-tama dilakukan rancang bangun monitoring kekeruhan air terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan persiapan pengotoran isolator menggunakan tepung kaolin yang sudah dicampur air dan dibiarkan mengering pada isolator selama 1 hari. Polutan yang telah mengering kemudian mulai dibilas dengan air bersih sebanyak 3x bilasan. Pengukuran kekeruhan air bilasan isolator dengan sensor turbidity yakni dengan mencelupkan sensor pada sampel air bilasan. Hasil pengukuran dengan kedua metode diperoleh nilai indeks polutan metode NSDD sebesar 129,0286 mg/cm<sup>2</sup> sedangkan hasil pembacaan sensor yakni 127 mg/liter pada bilasan ke-1, 127 mg/liter pada bilasan ke-2, dan 139 mg/liter pada bilasan ke-3. Selisih hasil pengukuran pada kedua metode jika diambil sampel air ke-3 adalah 7,4%.

**Kata Kunci:** NSDD, sensor turbidity, isolator

### ABSTRACT

*Measurement of the pollution index on the insulator aims to determine the effect of the level of dirt on the insulator on the breakdown voltage of the insulator. So far, the measurement of the insoluble pollutant index on insulators has been calculated using the non-suitable deposit density (NSDD) method. The insulator washing rinse water is filtered using a cloth or filter paper and then weighed and compared to the weight of the cloth before and after filtering per unit area of the insulator. In this study compared the method of measuring the insulator pollutant index using the NSDD method and turbidity sensors. The turbidity sensor can measure the pollution/turbidity index using Arduino Uno and monitored through the Blynk application. First of all, the design and construction of water turbidity monitoring is carried out first, then proceed with the preparation of insulator fouling using kaolin flour which has been mixed with water and allowed to dry in the insulator for 1 day. Pollutants that have dried are then rinsed with clean water 3 times. Measurement of the turbidity of the insulator*

*rinsed water with a turbidity sensor by immersing the sensor in the rinsed water sample. The measurement results with both methods obtained the pollutant index value of the NSDD method of 129.0286 mg/cm<sup>2</sup> while the sensor reading results were 127 mg/liter in the 1st rinse, 127 mg/liter in the 2nd rinse, and 139 mg/liter in the 3rd. The difference in measurement results in the two methods if the 3rd water sample is taken is 7.4%.*

**Keywords:** NSDD, turbidity sensor, insulation

## 1. PENDAHULUAN

Isolator merupakan alat atau bahan yang digunakan sebagai penyekat atau pemisah bagian yang beraliran listrik/konduktor dengan bagian yang tidak beraliran listrik. Isolator dapat dibedakan menjadi 3 jenis yakni isolator cair, padat dan gas. Penyaluran listrik dari pembangkit sampai ke beban melalui tiang-tiang penghantar udara dan tanah harus dipertimbangkan aspek keamanannya bagi komponen itu sendiri maupun makhluk hidup.

Isolator yang terpasang di jaringan listrik lebih banyak menggunakan jenis keramik dan kaca sejak awal penyaluran energi listrik terpasang di negara Indonesia. Namun, sejak tahun 2010 sampai saat ini penggunaan isolator polimer sudah banyak dijumpai. Isolator harus mempunyai resistansi yang besar, dielektrik tinggi, kekuatan mekanis dan sifat hidrofobik yang baik. Pemicu kegagalan kerja isolator sejauh ini banyak disebabkan karena faktor kondisi lingkungan dimana isolator terpasang[1].

Kondisi lingkungan yang dimaksud adalah kelembaban, kontaminasi polutan garam, debu maupun asap, dan intensitas sambaran petir. Peningkatan kelembaban pada permukaan isolator sebanding dengan peningkatan arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator. Demikian juga dengan nilai arus bocor yang akan meningkat jika pengotoran/ kontaminasi pada permukaan isolator semakin banyak [2][3]. Mengalirnya arus bocor pada permukaan isolator merupakan bentuk kegagalan kerja dari isolator. Kegagalan kerja isolator disebabkan ketiga faktor ini kadang-kadang bisa diatasi atau dicegah namun terdapat faktor yang tidak dapat dihindari. Pemeliharaan secara rutin perlu dilakukan agar kontinuitas pelayanan energi listrik tetap terjaga keandalannya.

Pembersihan alami oleh air hujan yang mengenai permukaan isolator hanya mampu membersihkan bagian atas yang tidak terhalang apapun namun bagian sirip bawah dan bagian sirip dalam tidak mampu sepenuhnya dibersihkan oleh air hujan. Penumpukan polutan garam maupun debu lama kelamaan mengering dan terbentuklah jalur konduktif yang dapat menjembatani arus mengalir dari atas ke bawah permukaan isolator.

Peristiwa mengalirnya arus bocor pada permukaan konduktif isolator bersamaan dengan lompatan api yang disebut sebagai *flashover*. *Flashover* ini jika dibiarkan begitu saja dapat merusak bahan isolator karena akan memperbesar pemohonan (*treeing*) pada permukaan isolator yang lama kelamaan isolator pecah atau *breakdown*.

Polutan pada isolator dapat dibedakan menjadi polutan larut dan tak larut. Polutan larut seperti garam banyak dijumpai pada isolator-isolator yang terpasang di daerah pesisir pantai atau dekat dengan laut. Polutan ini terbawa oleh angin dan akhirnya menempel di permukaan isolator. Pengukuran tingkat kepadatan garam (ESDD) dapat diukur dengan metode air bilasan isolator yang telah diberikan kontaminasi garam.

Polutan tak larut seperti debu, dan asap dapat dihitung menggunakan metode NSDD. Pengukuran metode NSDD dilakukan dengan menggunakan larutan air cuci isolator yang sudah terpolusi.

$$NSDD = \frac{m_2 - m_1}{A} \quad (1)$$

Tingkat polutan dengan metode NSDD dibagi dalam 4 kategori seperti yang dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Tingkat Polusi metode NSDD

Tingkat Polusi	NSDD
Ringan	0,01-0,1
Sedang	0,1 - 1
Berat	1-4
Sangat Berat	4-10

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Isolator yang dipasang di luar ruangan lebih rentan mengalami degradasi resistansi permukaan akibat polutan dan kelembaban[4][5]. Penurunan nilai resistansi isolator menyebabkan kemampuan menahan arus berkurang sehingga arus bocor dapat mengalir pada jalur konduktif yang terbentuk di permukaan isolator.

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang sifatnya *open source* yang terdiri dari system On chip ESP8266. NodeMCU telah me-*package* ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang sudah terintegrasi dengan berbagai fitur selayaknya mikrokontroler dan kapasitas akses terhadap wifi dan juga chip komunikasi berupa USB to serial sehingga data pemrogramannya hanya dibutuhkan kabel dan USB[6].

Sensor turbidity adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur kualitas pada air dengan mendeteksi tingkat kekeruhannya. Sensor ini mendeteksi partikel tersuspensi dalam

air dengan cara mengukur transmitansi dan hamburan cahaya yang berbanding lurus dengan kadar *Total Suspended Solids* (TTS). Semakin tinggi kadar TTS, maka semakin tinggi pula tingkat kekeruhan air tersebut[7]. Output hasil pembacaan alat ukur berupa tegangan yang nilainya akan meningkat sebanding dengan banyaknya partikel pengotor pada air. Adapun tampilan sensor beserta modulnya dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Sensor Turbidity

Blynk adalah sebuah layanan server yang digunakan untuk mendukung *project internet of things*. Layanan server memiliki lingkungan mobile *user* baik Android maupun iOS. Blynk mendukung berbagai macam hardware yang dapat digunakan untuk *project internet of things*. Blynk diciptakan untuk mengontrol dan memantau *hardware* secara jarak jauh menggunakan komunikasi data internet[8].

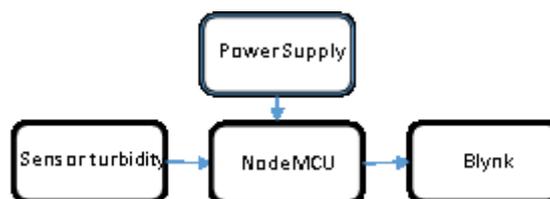
### 3. METODE PENELITIAN

Terdapat dua metode pengukuran yang digunakan untuk menghitung kepadatan polutan tak larut (NSDD) seperti debu yang menempel pada permukaan isolator yakni perhitungan NSDD dengan menggunakan sensor turbidity dan perhitungan NSDD dengan rumus atau perhitungan manual. Adapun tahapan penelitian meliputi :

A. Rancang bangun sistem pengukuran NSDD Isolator meliputi :

1. Perancangan bagan sistem pengukuran NSDD

Perancangan bagan sistem pengukuran NSDD pada permukaan isolator dengan menggunakan sensor turbidity dan nodeMCU dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Blok Diagram pengukuran NSDD Isolator

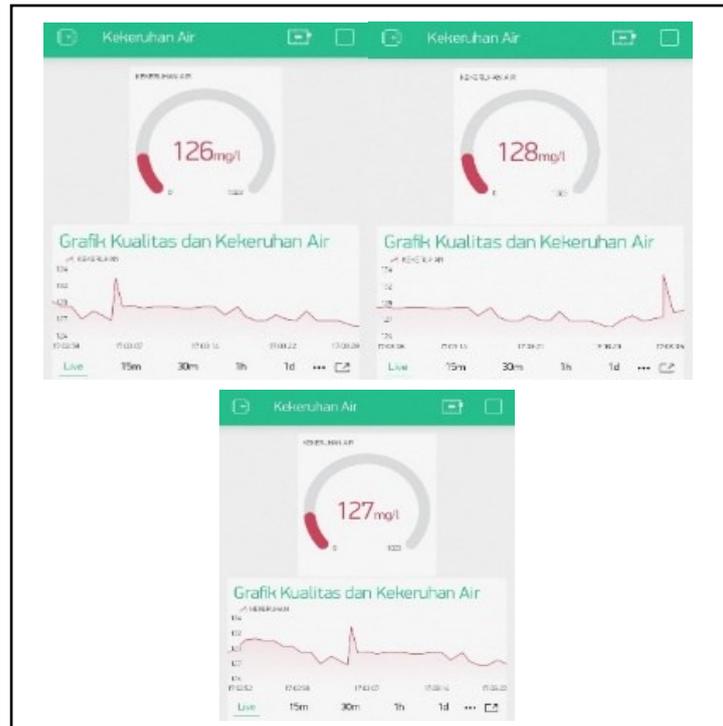
2. Mendownload Arduino IDE, proses integrasi dengan NODEMCU ESP8266, proses *coding, compling* dan upload *coding*
  3. Instalasi, pembuatan akun dan pembuatan *project* di *widget* Box Blynk
  4. Proses integrasi Blynk di Arduino
- B. Pemasangan sensor pada sirip isolator bagian atas, dan sirip bawah
  - C. Proses pemberian polutan semen pada permukaan sirip isolator bagian atas dan bawah dan pengukuran NSDD isolator dengan sensor turbidity. Polutan yang digunakan adalah tepung terigu dengan berat 150 gram
  - D. Proses pembilasan isolator yang telah diberi polutan
  - E. Pengukuran NSDD

Isolator yang akan digunakan terlebih dahulu dicuci bersih dengan air kemudian dikeringkan. Setelah kering, isolator dilumuri dengan polutan berupa semen yang sudah ditambahkan air. Isolator yang sudah dilumuri dengan polutan kemudian dibiarkan sampai kering selama 1 hari lalu dibilas dengan air bersih. Proses pencucian isolator dilakukan sebanyak 3 kali yakni pencucian pertama dengan 1 liter air, pencucian ke-2 dengan 2 liter dan ke-3 menggunakan 3 liter air. Setiap kali pencucian isolator dilakukan maka akan diikuti dengan proses pengukuran dengan sensor turbidity. Air yang sudah diukur dengan sensor turbidity kemudian dimasukkan kembali pada wadah pencucian isolator kemudian proses pencucian dilakukan sampai isolator benar-benar bersih.

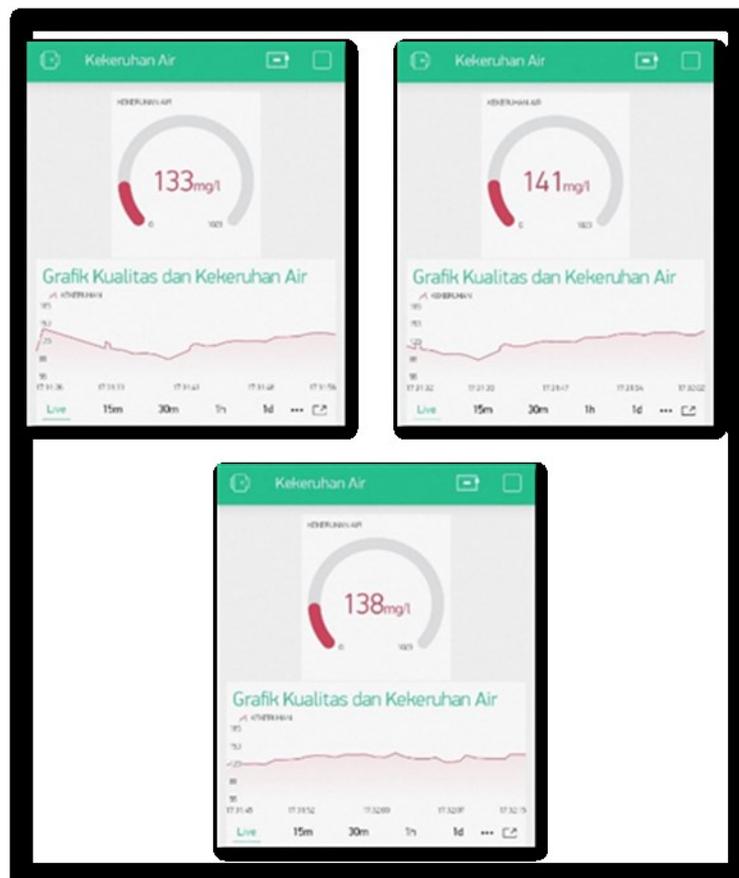
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan dengan teknik *Black Box* dengan metodologi pengujian langsung.

- 1) Pengujian hasil pengukuran tingkat kekeruhan polutan dengan sensor turbidity  
Pengukuran pertama yang dilakukan pada isolator adalah pengukuran kekeruhan air bilasan isolator berpolutan dengan sensor turbidity. Isolator yang terpolusi dicuci menggunakan air bersih sebanyak 3 bilasan yang masing-masing bilasan pertama 1 liter, bilasan kedua 2 liter dan bilasan ketiga 3 liter air. Adapun data hasil pengukuran ke-3 bilasan air disajikan pada gambar 2.



**Gambar 3.** Tingkat Kekeruhan Air Bilasan Isolator (Pencucian 1)



**Gambar 4.** Tingkat Kekeruhan Air Bilasan Isolator (pencucian ke-2)



**Gambar 5.** Tingkat Kekeruhan Air Bilasan Isolator (Pencucian ke-3)

## 2) Pengujian Menentukan Lokasi Penjemputan

Pengukuran NSDD juga menggunakan air bilasan isolator yang terpolusi, dengan metode penimbangan berat media saring sebelum dan setelah penyaringan dibagi luas penampang isolator terpolusi seperti pada rumus 2.2. Pada Pengukuran NSDD sampel air bilasan yang disaring adalah sampel terakhir atau sampel ke-3 dengan data yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Tingkat kepadatan polutan tak larut (nsdd) dari isolator keramik 20 kv

Massa kain sebelum penyaringan (mg)	3316
Massa kain setelah penyaringan (mg)	7832
Luas penampang isolator (cm <sup>2</sup> )	35
NSDD (mg/cm <sup>2</sup> )	129,0286

Ada 3 gelas sampel air bilasan isolator yang masing-masing sampel diukur sebanyak 3x. air pengotor terlebih dahulu diaduk sebelum sensor dicelup pada sampel. sampel 1 adalah air bilasan pertama menggunakan 1 liter air dengan 3x pengukuran didapatkan nilai rata-rata sebesar 127 mg/liter tingkat pengotoran. Sampel 2 menggunakan air bilasan sebanyak 2 liter diperoleh rata-rata ukur sensor sebesar 137mg/liter, dan sampel 3 menggunakan bilasan air sebanyak 3 liter dengan rata-rata ukur sensor sebesar 139 mg/liter. Berdasarkan tabel 2 diatas diketahui nilai pengotor terbesar pada sampel ke-3.

Nilai kekeruhan air pengotor oleh sensor turbidity lebih tinggi daripada nilai kekeruhan dengan perhitungan NSDD. Hasil analisa pada kedua metode pengukuran bahwa untuk pengukuran dengan sensor turbidity diharuskan waktu kontak antara air dan sensor harus segera dilakukan karena dikhawatirkan kontaminan akan segera turun ke dasar wadah sehingga pengadukan air pembilas isolator harus dilakukan sesaat sensor dicelup pada air bilasan. Kedua, sensor hanya bisa mengukur pada permukaan air bilasan atau sepanjang air tidak masuk dalam sensor. Jadi bagian bawah dari air atau bagian tengah air tidak diketahui apakah sama nilai kekeruhannya. Sedangkan dengan metode NSDD berat kontaminan langsung dapat diukur tanpa ada kemungkinan kondisi perbedaan pembacaan pengukuran. Hanya saja dengan metode NSDD bergantung pada jenis bahan penyaring polutan yang digunakan.

Pengotoran pada isolator adalah salah satu penyebab menurunnya kemampuan resistifitas bahan isolasi untuk menghambat mengalirnya arus bocor. Isolator yang terpasang didaerah industri lebih rentan terkontaminasi polutan tak larut seperti debu daripada polutan garam[9][10][11]. Sehingga membutuhkan pemeliharaan yang lebih sering dibandingkan isolator yang terpasang di daerah pedesaan atau jauh dari pusat industri. Pembersihan secara alami oleh air hujan tidak dapat selalu diandalkan karena hal tersebut tergantung kondisi cuaca sehingga pemeliharaan secara berkala pada isolator yang terpasang di daerah industrial harus diterapkan[12].

**Tabel 3.** Data pengukuran kekeruhan air bilasan isolator

Jenis Pengukuran	Nilai kekeruhan air bilasan
	127
Sensor	137
turbidity	139

Penggunaan sensor turbidity dalam rangka menghitung nilai kontaminasi isolator tak larut dapat dikembangkan kedepannya. Bukan hanya sekedar sebagai alat ukur namun penggunaan sensor bisa dikembangkan menjadi alat kontrol. Sensor turbidity dapat dihubungkan dengan sebuah sakelar untuk membuka atau menutup saluran air yang digunakan untuk membilas debu yang menempel pada isolator.

Perbandingan NSDD menggunakan rumus dan NSDD menggunakan sensor turbidity.

**Tabel 4.** Perbandingan NSDD Dengan Rumus dan NSDD dengan Senosr Turbidity

NSDD Hasil Hitung Rumus (mg/cm <sup>2</sup> )	NSDD Hasil Pembacaan sensor turbidity (mg/liter)
129,0286	127
	137
	139

Hasil pengukuran NSDD dengan rumus selisih massa kain penyaring polutan sebelum dan setelah terhadap luasan isolator yang diukur pada sampel 3 atau keseluruhan dari air bilasan yang digunakan untuk mencuci isolator yakni 129,0286 mg/cm<sup>2</sup>. Selisih NSDD dengan rumus dibandingkan NSDD sensor turbidity sampel ke-3 adalah 0,0739 atau sebesar 7,4%.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa tingkat kekeruhan air bilasan isolator metode NSDD lebih besar dibandingkan kekeruhan air bilasan isolator menggunakan sensor turbidity. Kedua metode dapat digunakan untuk mengetahui indeks polusi isolator.

## DAFTAR PUSTAKA

- Jumari, J. Sinaga, and S. Zega, "Studi Pengaruh Kontaminasi Polusi Udara Pada Isolator Tegangan Menengah 20 Kv Pada PT PLN ( Persero ) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan ( UP3 ) Medan," *J. Teknol. Energi Uda*, vol. 9, pp. 31–43, 2020.
- O. P. L. Tobing, "Pengaruh Kelembaban Terhadap Arus Bocor Isolator Piring Jenis Porselen Terpolusi Abu Vulkanik," *Singuda ENSIKOM*, vol. 14, no. 38, pp. 7–12, 2016.
- Bayu gusti Putra and H. Effendi, "Rancangan Bangun Instrumen Deteksi Dini Kondisi Kondenser Ac Central (Chiller) Berbasis Mikrokontroler Dengan Media Komunikasi Sms Gateway," *Sunusoida*, vol. XX, no. 2, p. 57, 2018.

- M. Rajagukguk, “Analisis Karakteristik Flashover Dan Arus Bocor Pada Isolator Porselin Yang Dipengaruhi Polutan lumentryumSP,” vol. 3, no. 2, pp. 35–38, 2011.
- F. Lumeno, L. S. Patras, and I. F. Lisi, “Pengukuran Indeks Polusi Pada Sistem Minahasa Berdasarkan Nilai Esdd Dan Nsdd,” *J. Tek. Elektro dan Komput. (Universitas Sam Ratulangi Manad.)*, vol. 5, no. 2, pp. 50–58, 2016.
- A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, “Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266,” *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, p. 187, 2019, doi: [10.31851/ampere.v4i1.2745](#).
- I. Setiardi, “perancangan alat pengukur dan pendeteksi debu berbasis Arduino Uno,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2017.
- A. Sulistiyo, “Wireless Sensor System Untuk Monitoring Konsentrasi Debu Menggunakan Algoritma Rule Based,” *Youngster Phys. J.*, vol. 5, no. 2, pp. 43–50, 2016.
- S. Manjang, Mustamin, and M. Nagao, “Characteristics of high voltage polymer insulator under accelerated artificial tropical climate multi stress aging,” *Proc. Int. Symp. Electr. Insul. Mater.*, pp. 221–224, 2011, doi: [10.1109/iseim.2011.6826389](#).
- L. M. Gustri N, “Studi Arus Bocor Isolator Resin dan Glass Akibat Pengaruh Polutan Fly Ash Batubara dan Parameter Lingkungan,” *Pros. Semin. Nas. Energi*, pp. 205–210, 2021.
- A. A. Salem, R. Abd-Rahman, S. A. Al-Gailani, M. S. Kamarudin, H. Ahmad, and Z. Salam, “The Leakage Current Components as a Diagnostic Tool to Estimate Contamination Level on High Voltage Insulators,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 92514–92528, 2020, doi: [10.1109/ACCESS.2020.2993630](#).
- S. Sonong, A. M. Yunus, H. Nawir, and M. Djalal, “Performance Investigation of Polymer Isolator on Non-Soluble Pollutant of Distribution Sub Station,” 2019, doi: [10.4108/eai.2-5-2019.2284619](#).