

# EVALUASI UNJUK KERJA ISOLATOR 6 KV PADA GARDU DISTRIBUSI BIRINGKASSI PT. SEMEN TONASA II PANGKEP

A.M.Shiddiq Yunus, Herman Nawir<sup>1)</sup>

**Abstract:** This research is aimed to determine the chemical compounds and to measure the electrical characteristics of pollutant of polymer 6 KV isolator in distribution station of PT. Semen Tonasa Biringkassi. Research methodology that applied in this study is laboratory experimental which follow several procedural stages: determination of distribution station for taking sample of pollutant then examination of chemical compounds and electrical characteristics of pollutant. The chemical compounds that will be examined are composition of compounds and conductivity of pollutant. Besides, the electrical examination is to measure the surface conductivity of isolator. The result of this study shows that the composition of compounds consists of Zn, Na, Fe and Calcium (Ca). For measurement of pollutant conductivity it is concluded that the higher pollutant's concentration, the higher value of conductivity. Another result shows that polymer isolator is much more conductive while polluted by pollutant than by kaolin.

**Kata Kunci:** Isolator Polimer, Sifat Kimia, Sifat Listrik, Kaolin.

## I. PENDAHULUAN

### Latar belakang

Masalah utama pada jaringan tegangan adalah terbentuknya lapisan polutan pada permukaan isolator. Dengan terbentuknya lapisan polutan ini dapat mengakibatkan terjadinya arus bocor yang menimbulkan tegangan lewat denyar sehingga mengganggu fungsi isolator sebagai isolator listrik.

Arus bocor pada isolator terpolusi merupakan parameter yang penting dalam perancangan saluran transmisi dan distribusi. Pengujian isolator terpolusi buatan telah banyak dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi karakteristik arus bocor pada isolator. Isolator terpolusi buatan dipengaruhi tidak hanya oleh deposit polutan larut tetapi juga oleh deposit polutan tak larut.

Polutan tak larut merupakan bahan yang menyerap air dan mengikat polutan garam di permukaan isolator, hal ini menghambat proses pembersihan isolator oleh air hujan. Aspek lain yang penting dalam polutan tak larut yaitu pada waktu pembasahannya berjalan lambat seperti kondisi berkabut atau hujan gerimis, hal ini bersama dengan garam yang telah terkait akan menyebabkan pembentukan lapisan konduktif, dan lapisan ini sangat mempengaruhi besarnya arus dari isolator terpolusi.

---

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Berdasarkan hal di atas maka terlihat bahwa ada 4 hal yang urgen untuk dijadikan penelitian. Pertama, penentuan besarnya tingkat polutan yang terjadi pada isolator polymer. Kedua, analisis unsur-unsur kimia yang membentuk ikatan polutan serta tingkat konduktivitas polutan. Ketiga, analisis sifat material isolator/energi keseimbangan permukaan isolator polimer terhadap polutan yang ada dipermukaan isolator. Keempat, Penentuan besarnya arus bocor permukaan isolator polimer (tegangan lewat denyar) terhadap perubahan polutan.

Penelitian ini bertujuan menentukan sifat-sifat kimia dari polutan GI (Gardu Induk) PT. Semen Tonasa melalui analisa komposisi unsur dan analisa konduktifitas larutan polutan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan sifat-sifat listrik dari polutan GI PT. Semen Tonasa melalui pengukuran konduktifitas larutan polutan dan dengan pengukuran konduktifitas permukaan serta tegangan lewat denyar dari isolator terpolusi pada kondisi kering dan basah. Selanjutnya, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bagi sistem pemeliharaan isolator di industri-industri khususnya PT. Semen Tonasa sehingga pengiriman daya kepusat-pusat beban dapat terus berlangsung.

## **II. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimen laboratorium yang dilakukan berdasarkan tahapan kerja utama sebagai berikut : penentuan gardu distribusi sebagai tempat pengambilan polutan, pengambilan polutan di gardu distribusi, pengujian komposisi unsur, pengujian konduktivitas larutan polutan dan pengujian konduktivitas permukaan isolator.

Penelitian dilaksanakan di dua tempat yaitu pengambilan sampel di gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa, dan pengukuran serta analisis dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Program Studi Teknik Energi dan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang. Adapun metode dan prosedur yang digunakan dalam menganalisis perubahan polutan tak larut pada isolator polimer meliputi dua hal :

- a. Analisis sifat kimia
- b. Analisis sifat listrik

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut:

### **1. Percobaan Sifat Kimia**

#### **a. Percobaan komposisi unsur polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa dan Kaolin**

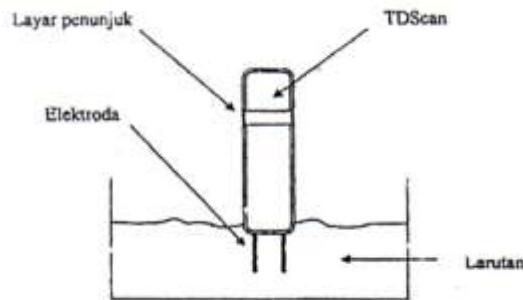
Analisis sampel dibutuhkan untuk mendapatkan komposisi unsur-unsur kimia yang terdapat dipolutan, untuk tujuan tersebut digunakan Atomic Absorbtion Spectroscopy (AAS). Prinsip dari ASS didasarkan pada prinsip atom-atom akan mengalami transisi bila menyerap energi. Energi akan dipancarkan ketika atom yang tereksitasi kembali ke tingkat energi dasar. Detektor akan mendeteksi energi

yang terpencah. Dengan metode ini, dapat ditentukan konsentrasi Ion Logam yang rendah dengan satuan *part per million* (ppm) termasuk alkali dan alkali tanah dalam waktu cepat.

Adapun prosedur percobaan komposisi unsur adalah sebagai berikut: pertama-tama mengambil polutan di gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa, kemudian kaolin digunakan sebagai pembanding. Selanjutnya mempersiapkan polutan dan kaolin sebanyak 0,5 gr dengan cara ditimbang kemudian sampel tersebut di tanur selama 18 jam. Setelah di tanur selama 18 jam, sampel tersebut dilarutkan dengan HNO<sub>3</sub> pekat ditambah 100 ml aqua. Larutan tersebut kemudian diuapkan sebanyak tiga kali sehingga yang tersisa hanya 25 ml. langkah terakhir adalah pengukuran komposisi unsur dilakukan dengan AAS-6800.

### b. Pengukuran konduktivitas larutan polutan

Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan alat ukur konduktivitas TDScan IV. Alat ini memiliki resolusi 0,1 mS dengan kesalahan 2%. Alat ini telah dilengkapi dengan koreksi temperatur berupa *Automatic Temperatur Compensation* (ATC), sehingga data yang didapat tidak perlu dikonversikan lagi.



Gambar 1. Skema Pengukuran Konduktivitas Larutan Polutan

Prosedur pengukuran konduktivitas larutan adalah sebagai berikut : Langkah pertama adalah pengambilan polutan di gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa. Kaolin digunakan sebagai pembanding dan kemudian mempersiapkan larutan polutan, yaitu: a. Pelarut yaitu air aqua dan b. Zat terlarut yaitu polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa dan kaolin yang ditimbang dengan berat: 20,40,60,80,100,120,140,160,180, 200,220,240,260,280,300 gram. Kemudian menambahkan air aqua sebanyak 100 ml ke dalam polutan dan kaolin yang sudah ditimbang. Selanjutnya mengendapkan sampel selama satu hari, kemudian sampel tersebut disaring. Selanjutnya pengukuran konduktivitas dengan menggunakan TDScan 4.

### 2. Percobaan Sifat Listrik

Pengukuran sifat listrik dilakukan pada empat keadaan, yaitu :

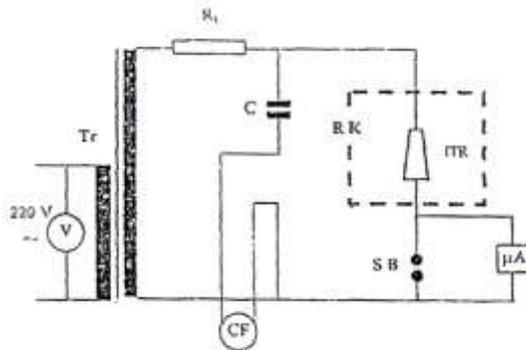
1. Kondisi bersih-kering (tanpa polutan dan tanpa pembahasan)
2. Kondisi bersih-basah (tanpa polutan dan dengan pembahasan)

15 *A.M.Shiddiq Yunus, Herman Nawir, Evaluasi Unjuk Kerja Isolator 6 Kv Pada Gardu Distribusi Biringkassi PT. SEMEN Tonasa II Pangkep*

3. Kondisi terpolusi-kering (dengan polutan dan tanpa pembahasan)
4. Kondisi terpolusi-basah (dengan polutan dan dengan pembahasan)

Adapun prosedur dan skema rangkaian pengukuran konduktivitas permukaan isolator 6 KV adalah sebagai berikut :

- a. Prosedur percobaan pada kondisi bersih-kering dan bersih-basah, yaitu : pertama-tama mempersiapkan isolator polimer (isolator dilap dengan tisu agar bersih dari debu dan minyak), kemudian langkah selanjutnya adalah mentanahkan rangkaian untuk mencegah adanya tegangan yang masih tersimpan pada rangkaian. Setelah itu isolator ditempatkan pada tempat pengujian dan mengatur jarak spare gap secara bertahap mulai dari 5 mm- 10 mm. Meng-ON-kan panel control dan menaikkan tegangan perlahan-lahan sehingga terjadi tegangan tembus. Kemudian mencatat arus dan tegangan bocor yang terjadi hingga pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk jarak spare yang berbeda. Pada percobaan bersih-basah isolator disemprot dengan air aqua. Prosedur selanjutnya sama dengan prosedur di atas.
- b. Prosedur percobaan pada kondisi terpolusi-kering dan terpolusi-basah (polutan dari gardu distribusi Biringkassi dan kaolin), yaitu: Pertama adalah dengan mempersiapkan isolator (isolator diberi polutan tanpa pembasahan). Selanjutnya mentanahkan rangkaian untuk mencegah adanya tegangan yang masih tersimpan pada rangkaian. Langkah ketiga adalah menempatkan isolator pada tempat pengujian dan mengatur jarak spare gap secara bertahap mulai dari 5 mm sampai 10 mm. Kemudian, meng-ON-kan panel control dan menaikkan tegangan secara perlan-lahan sampai terjadi tembus serta mencatat tegangan dan arus bocor yang terjadi. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap jarak spare gap yang berbeda. Selanjutnya adalah mempersiapkan isolator untuk pengukuran pada kondisi terpolusi-basah. Langkah selanjutnya adalah persiapan larutan polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa dan koalilin lalu menyemprotkan larutan polutan pada isolator. Langkah selanjutnya sama dengan langkah di atas.



Gambar 2. Skema Rangkaian Pengukuran Konduktivitas Permukaan Isolator

**Keterangan simbol pada Gambar 2.**

- Tr : trafo tegangan tinggi, 220 V/100 kV  
 C : kapasitor tegangan tinggi, 100 pF  
 CF : alat ukur tegangan puncak Chubb & Fortesque  
 SB : sela bola untuk proteksi tegangan lebih,  
 R<sub>1</sub> : tahanan pelindung trafo jika terjadi hubung singkat, 10 M ohm  
 $\mu$ A : mikro amperemeter digital bolak-balik  
 RK : ruang kabut dilengkapi dengan injeksi uap  
 ITR : isolator uji, Polimer.

**III. HASIL PENELITIAN****1. Sifat Kimia****Analisis Komposisi Unsur**

Dari percobaan komposisi unsur dengan menggunakan AAS-6800 (Atomic Absorbtion Spectroscopy 6800) diperoleh komposisi unsur dari polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa II dan kaolin sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil percobaan komposisi unsur polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa II dan kaolin.

| No | Unsur        | Polutan                                    |               |
|----|--------------|--|---------------|
|    |              | GD.Biringkassi<br>PT.SemenTonasa II<br>(%) | Kaolin<br>(%) |
| 1  | Seng (Zn)    | 0.01                                       | 0.03          |
| 2  | Natrium (Na) | 0.15                                       | 0.08          |
| 3  | Besi (Fe)    | 0.41                                       | 0.001         |
| 4  | Kalsium (ca) | 0.26                                       | 0.12          |

Polutan pada gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa II berasal dari debu dan batu bara disekitarnya. Pada tabel diatas terlihat bahwa unsur besi (Fe) merupakan unsur dengan persentase tertinggi pada komposisi unsur polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa yaitu 0,41 %. Unsur ini umumnya berasal dari limbah polusi udara pembangkit listrik dan debu yang beterbangan, unsur ini akan dengan mudah mengikat dan bereaksi dengan unsur yang lain untuk membentuk senyawa feroksida sehingga akan sulit untuk larut dalam air akibatnya akan menyebabkan polutan akan mengeras.

Harga komposisi kalsium (Ca) yang rendah yaitu 0,26 % dikarenakan unsur ini hanya berasal dari polusi udara disekitarnya, unsur ini jika berikatan dengan unsur yang lain akan sangat mudah membentuk ion-ion yang konduktif. Komposisi Natrium (Na) yang rendah dimungkinkan karena lokasi gardu distribusi Biringkassi PT. Semen

Tonasa II berjarak  $\pm 2,5$  km dari laut. Untuk seng (Zn) komposisinya hanya 0,01 % karena unsur ini hanya berasal dari limbah pembangkit listrik.

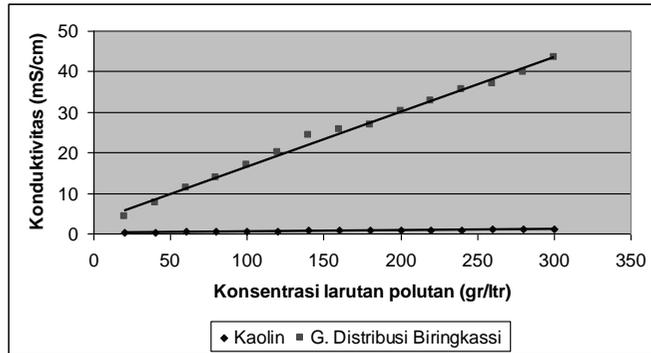
### **Analisis konduktivitas larutan polutan**

Dari percobaan pengukuran konduktivitas larutan polutan didapatkan hasil seperti pada tabel 4.2 dibawah. Konsentrasi dari polutan gardu distribusi biringkassi PT. Semen Tonasa dan kaolin dimulai dari 20 gr/l sampai 300 gr/l dengan kenaikan setiap 20 gr/l. Larutan yang terbentuk dari campuran tersebut adalah larutan suspensi dimana zat pelarut (air aqua) tidak bercampur dengan zat terlarut (polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa dan kaolin). Partikel-partikel dari zat terlarut hanya menyebar dan akan mengendap bila didiamkan.

Tabel 2. Hasil percobaan pengukuran konduktivitas larutan polutan GD Biringkassi PT. Semen Tonasa dan kaolin

| Konsentrasi Polutan (gr/ltr) | Konduktifitas Larutan |                              |
|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                              | Kaolin (mS/cm)        | Gardu Distribusi BTG (mS/cm) |
| 20                           | 0.378                 | 4.23                         |
| 40                           | 0.406                 | 7.65                         |
| 60                           | 0.441                 | 11.18                        |
| 80                           | 0.528                 | 13.75                        |
| 100                          | 0.588                 | 17.00                        |
| 120                          | 0.705                 | 20.07                        |
| 140                          | 0.746                 | 24.30                        |
| 160                          | 0.822                 | 25.60                        |
| 180                          | 0.876                 | 26.70                        |
| 200                          | 0.965                 | 30.30                        |
| 220                          | 0.971                 | 32.70                        |
| 240                          | 0.985                 | 35.60                        |
| 260                          | 0.995                 | 37.10                        |
| 280                          | 1.040                 | 39.70                        |
| 300                          | 1.065                 | 43.50                        |

Dari hasil pengukuran pada tabel 2, maka dibuat grafik hubungan antara konduktivitas dengan konsentrasi polutan sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Antara Konduktivitas Larutan Polutan GD Biringkassi PT. Semen Tonasa Dengan Konsentrasi Larutan Polutan

Pada grafik diatas terlihat jelas bahwa konduktivitas larutan akan naik seiring dengan semakin naiknya konsentrasi polutan. Kenaikan konduktivitas kaolin lebih kecil bila dibandingkan dengan kenaikan konduktivitas polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa pada setiap kenaikan konsentrasi polutan.

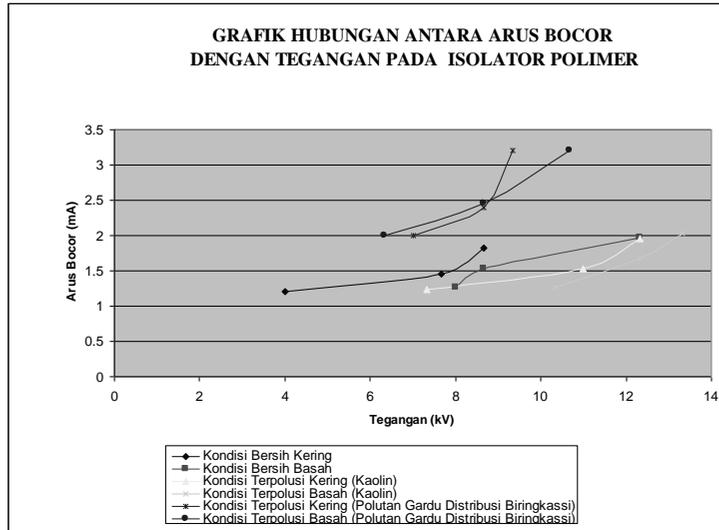
Untuk konsentrasi polutan 20 gr/ltr misalnya konduktivitas kaolin 0,37 mS/cm sedangkan konduktivitas polutan gardu distribusi biringkassi adalah 4,23 mS/cm. Untuk konsentrasi 40 gr/ltr konduktivitas kaolin 0,40 mS/cm dan polutan gardu distribusi Biringkassi adalah 7,65 mS/cm. Jadi dari konsentrasi 20 gr/ltr ke konsentrasi 40 gr/ltr kenaikan konduktivitas kaolin dan polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen tonasa adalah 0,03 mS/cm dan 3,42 mS/cm. Hal ini membuktikan bahwa larutan polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa II lebih konduktif dari larutan kaolin.

Konduktivitas larutan kaolin yang relatif lebih rendah dikarenakan senyawa-senyawa penyusun kaolin bukanlah zat yang mudah terurai menjadi suatu ion dalam suatu larutan. Seng (Zn) misalnya jika unsur ini berikatan dengan unsur lain dan membentuk oksidanya maka unsur ini tidak bisa larut dalam air. Untuk kalsium (Ca) jika dalam bentuk oksidanya maka unsur inipun tidak bisa terurai dalam air. Besi (Fe) dalam oksidanya yaitu  $FeO_3$  atau Hematite juga bukanlah suatu senyawa yang bisa larut dalam air. Jadi dari ketiga unsur diatas (Zn, Ca, dan Fe) bukanlah unsur-unsur penyumbang komponen konduktif dalam polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa dan kaolin. Sedangkan untuk unsur Natrium (Na) jika berikatan dengan unsur Clor (Cl) maka akan terbentuk senyawa Nacl (gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa II  $\pm$  2,5 km dari laut), unsur ini merupakan salah satu penyumbang komponen konduktif pada polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa II).

## 2. Sifat Listrik

### Analisis Pengukuran Konduktivitas Permukaan Isolator

Gambar grafik di bawah ini merupakan hubungan antara tegangan yang dihasilkan dengan besarnya arus bocor yang terjadi untuk berbagai kondisi pada percobaan.



Gambar 4. Grafik antara arus bocor dengan tegangan yang dihasilkan pada isolator polimer

Pengujian konduktivitas permukaan isolator dengan menggunakan polutan gardu distribusi Biringkassi PT.Semen Tonasa II dan kaolin sabagai pembandingan menghasilkan grafik seperti pada gambar 4 di atas. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa arus bocor naik jika tegangan yang dihasilkan besar. Keadaan ini berlaku untuk keempat kondisi percobaan baik percobaan yang menggunakan polutan gardu distribusi Biringkassi maupun percobaan dengan menggunakan kaolin.

Pada kondisi bersih-basah dan bersih-kering harga arus bocor hampir sama, hal ini disebabkan belum ada polutan pada isolator. Namun harga arus bocor paling kecil pada kondisi bersih-kering, hal ini dikarenakan belum ada komponen konduktif pada isolator baik dari polutan maupun dari kelembaban. Untuk kondisi bersih-basah keadaan isolator basah, sehingga sedikit lembab hal ini berpengaruh terhadap besarnya kandungan air yang diserap oleh lapisan isolator. Dimana jika semakin besar kandungan air yang diserap oleh isolator maka konduktivitas permukaan isolator juga akan semakin besar, hal ini tampak dari harga arus bocor pada kondisi bersih-basah yang lebih besar dari kondisi bersih-kering.

Dari grafik terpolusi kering diatas terlihat bahwa pada kondisi terpolusi polutan gardu distribusi Biringkassi harga arus bocor lebih besar dari harga arus bocor pada kondisi terpolusi kaolin, hal ini memperlihatkan bahwa polutan gardu distribusi

Biringkassi PT. Semen Tonasa II lebih konduktif dari kaolin pada kondisi terpolusi kering.

Untuk kondisi terpolusi-basah harga arus bocor pada kondisi terpolusi polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa hampir 2 (dua) kali lebih besar dari harga arus bocor pada kondisi terpolusi kaolin, kondisi ini kembali membuktikan polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa II lebih konduktif dari kaolin. Harga arus bocor tersebut tidak terlalu baik karena polutan gardu Distribusi Biringkassi dan kaolin bukanlah jenis polutan yang larut dalam air sehingga konduktivitasnya relatif rendah bila dibanding dengan konduktivitas polutan yang larut. Pengaruh dari pembasahan ini akan memperbanyak jumlah kandungan air yang diserap oleh polutan yang selanjutnya akan memperbesar konduktivitas lapisan polutan, pengaruh ini tampak pada harga arus bocor pada kondisi terpolusi-basah lebih besar dari kondisi terpolusi-kering

#### IV. KESIMPULAN

1. Komposisi Unsur polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa terdiri atas Seng (Zn), Natrium (Na), Besi (Fe), dan kalsium (Ca) dengan besar persentase masing-masing adalah 0,01%, 0,15%, 0,41%, dan 0,26%.
2. Pada pengukuran konduktivitas larutan polutan, besarnya konduktivitas yang terjadi dipengaruhi oleh semakin besarnya pula konsentrasi polutan pada larutan.
3. Konduktivitas larutan polutan gardu distribusi PT. Semen Tonasa II lebih konduktif daripada larutan kaolin misalnya pada saat konsentrasi polutan 20 gr/ltr besar konduktivitas adalah 4,23 mS/cm sedangkan pada saat konsentrasi polutan 40 gr/ltr besar konduktivitas adalah 7,65 mS/ltr, hal ini menunjukkan pada polutan gardu distribusi Biringkassi lebih banyak mengandung komponen konduktif dari pada kaolin.
4. Pada pengukuran konduktivitas permukaan isolator harga arus bocor paling rendah terjadi pada kondisi bersih-kering dan paling tinggi pada kondisi terpolusi-basah polutan gardu distribusi Biringkassi PT. Semen Tonasa II.
5. Isolator polimer pada kondisi terpolusi polutan gardu distribusi Biringkassi lebih konduktif dari isolator polimer yang terpolusi kaolin.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, I. 2006. *Studi Kinerja material isolator polimer di bawah terpaan tegangan tinggi*. Thesis Pascasarjana Universitas Hasanuddin: Makassar.
- A. Arismunandar. 1978. *Teknik Tegangan Tinggi*. Pratnya Paramita: Jakarta.
- A. Arismunandar, 1982. *Teknik Tegangan Tinggi* Suplemen. Bandung.

21 A.M.Shiddiq Yunus, Herman Nawir, *Evaluasi Unjuk Kerja Isolator 6 Kv Pada Gardu Distribusi Biringkassi PT. SEMEN Tonasa II Pangkep*

Blythe.A.R. 1977. *Sifat-Sifat Listrik Polymer*. Alih Bahasa Susanto: Jakarta.

Salama, K.T.Sirait.2000. Penerapan *Isolator Polimer Berbahan Elastomer Silikon Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik Di Daerah Berpolusi*. Bandung.

Sam Rismanto, Syamsul Alam.2004.*Pengaruh Polutan Terhadap Unjuk Kerja isolator 20 kV Pada Gardu Induk PT. Semen Tonasa II* . Politeknik Negeri Ujung Pandang Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi energi: Makassar.

SPLN 10-3B. 1993.*Tingkat Intensitas Polus sehubungan Dengan pemilihan isolator: PLN*.

Suhardi Sumarno, 1990. *Dasar-Dasar Kimia*. Airlangga: Bandung.