

# Analisis Karakteristik Flashover Dan Arus Bocor Pada Isolator Porselin Yang Dipengaruhi Polutan Lumut *Bryum SP.*

Managam Rajagukguk

High Voltage Engineering Laboratory  
Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, Tanjungpura University.  
e-mail : managamrajagukguk@yahoo.co.id

**Abstract**– This research discussed the influence of a pollutant of *bryum sp* moss on the flashover voltage and leakage current characteristics of 254 mm x 146 mm ball and socket type of pin insulator, with creepage distance ( L ) of 31 cm and surface area ( S ) of 1500 mm<sup>2</sup>. The tests are conducted in High Voltage Engineering Laboratory, Tanjungpura University, Pontianak, by controlling relative humidity (RH) in a fog chamber at fixed internal values of 60 – 69 %, 70-79%,80-89% and 90-100%. The sample used are contaminated insulator at which *bryum sp* moss naturally had been grown on it surface. The results of research show that the existence of *bryum sp*. Accompanied by very humid condition resulted in decline of flashover voltage and in the contrary increase the leakage current . According to the obtained data, the flasover voltage under 80% of RH was not many declines compare to that of over 80% RH. It is considered that under 80% of *bryum sp*.seems to act as non conductive contaminant, and vice verse.

**Kata kunci** : Insulator Suspension, flashover, leakage current, humidity, pollutant, moss.

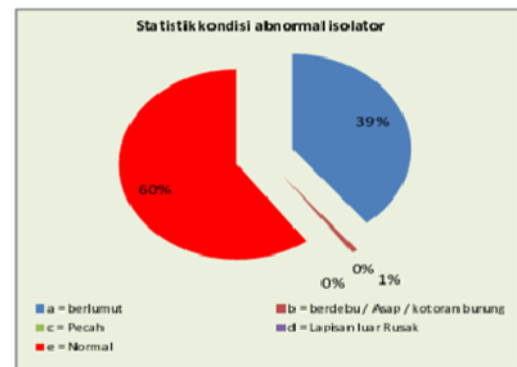
## 1. Pendahuluan

Lumut ( *Bryophita* ) adalah merupakan salah satu jenis polutan atau sebagai bahan pengotor, karena dapat menempel pada permukaan isolator, terutama pada isolator yang terpasang di daerah yang memiliki kelembaban tinggi, misalnya daerah yang dikelilingi hutan tropis<sup>(2)</sup> . Lumut merupakan tumbuhan pelopor, yaitu tumbuhan yang dapat tumbuh disuatu tempat sebelum tumbuhan lain mampu tumbuh. Jenis-jenis lumut yang ada adalah tumbuhan lumut ( *Bryophita* ), lumut hati ( *Hepaticiae* ), lumut tanduk ( *anthocerotopsida* ), alga dan lumut kerak ( *lichens* )<sup>(2)</sup>.



Gambar 1. Isolator berpolutan lumut

Dari statistik gangguan fungsi isolator pada saluran transmisi 150 KV PT.PLN ( Persero ) Sektor Kapuas Kalbar diketahui bahwa 39 % gangguan fungsi isolator adalah disebabkan lumut yang menempel pada permukaan isolator tersebut<sup>(1)</sup>, seperti pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Statistik kondisi abnormal isolator

Lumut – lumut ini bersifat konduktif terutama pada keadaan cuaca lembab, berkabut, atau pada saat hujan gerimis. Jika cuaca seperti ini terjadi, maka akan mengalir arus bocor dari kawat fasa ke tanah melalui lapisan lumut yang menempel di permukaan isolator dan tiang penyangga, Arus bocor ini akan memicu terjadinya peluahan parsial pada permukaan isolator. Peluahan parsial ini merupakan cikal bakal dari terjadinya peristiwa kegagalan ( *failure* ) pada isolator.

## 2. Teori Dasar

### 2.1. Lumut

Lumut merupakan istilah umum untuk menyatakan sekumpulan tumbuhan kecil yang tumbuh menutupi suatu permukaan. Tumbuhan lumut merupakan sekumpulan tumbuhan kecil yang termasuk dalam divisio *Bryophita* ( *Bryum* artinya lumut ). Tumbuhan ini sudah menunjukkan perbedaan yang jelas antara organ penyerap hara dan organ fotosintetik namun belum memiliki akar dan daun yang sejati. Lumut merupakan tumbuhan pelopor yang tumbuh di suatu tempat sebelum tumbuhan lain mampu tumbuh. Ini terjadi karena tumbuhan lumut kecil tetapi membentuk koloni yang dapat menjangkau area yang luas. Pada lumut, akar sebenarnya ada , tumbuhan ini melekat dengan perantaraan akar semu ( *Rhizoid* )<sup>(2)</sup>. Penelitian tentang lumut sebagai polutan pada isolator saluran udara telah lama dilakukan oleh para peneliti diantaranya *SM Gubanski dkk*<sup>(3)</sup>, yang menjelaskan

bagaimana pengaruh kontaminan lumut pada isolator karet silikon (*silicon rubber*) yang menunjukkan bahwa lumut adalah mikroorganisme yang memiliki kemampuan kuat dalam mempertahankan air di permukaan isolator atau dapat bersifat hidropilik (*hidrophilic*).

## 2.2. Pembentukan lapisan lumut pada permukaan isolator.

Tiupan angin merupakan sarana untuk membawa zat pengotor ke permukaan isolator porselin. Lumut tumbuh pada permukaan isolator pada mulanya dalam bentuk lapisan tipis (*biofilm*) berupa spora yang dibawa oleh angin. Persyaratan pembentukan lapisan tipis pada permukaan isolator sangat sederhana, hanya air, nutrisi dan tentunya mikroorganisme. Mikroorganisme selalu hadir di luar ruangan dan nutrisi dapat datang dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Melekat pada permukaan adalah strategi mikrobiologi untuk dapat bertahan hidup di lingkungan hara rendah dan dengan demikian lapisan tipis dapat ditemukan dalam berbagai lingkungan.

Medan elektostatis sangat berpengaruh dalam partikel-partikel yang dibawa angin, terutama pada bagian-bagian isolator porselin yang mengalami tegangan yang besar, yaitu di sekitar pasak pada isolator porselin. Medan elektostatis akan mengikat partikel melalui proses polarisasi begitu menyentuh permukaan isolator porselin. Pengaruh pemanasan oleh arus bocor pada bagian isolator yang mengalami stress tegangan lebih tinggi menghalangi proses pencucian oleh alam dan mempertinggi daya pengumpulan pengotor.

## 2.3. Pengaruh Lumut Terhadap Tegangan Peluahan Permukaan (*Surface Flashover*) dan Arus Bocor (*Leakage Current*)

### 2.3.1. Tegangan Peluahan Permukaan (*Surface Flashover*).

Pengotoran pada permukaan isolator akibat lumut akan mempengaruhi kekuatan isolasi dari suatu isolator. Hal tersebut telah dibuktikan oleh beberapa penelitian seperti yang dilakukan *SM Gubanski* <sup>(6)</sup> yang telah melakukan penelitian terhadap pengaruh polutan lumut kerak (*lichen*) terhadap kinerja isolator karet silikon (*silicon rubber*), mereka mengamati bagaimana pengaruh kehadiran kehadiran polutan lumut kerak (*lichen*) pada permukaan karet silikon dan pengaruh polutan lumut kerak (*lichen*) terhadap besar tegangan peluahan permukaan yang terjadi pada permukaan isolator tersebut. Pada keadaan permukaan isolator basah terjadi penurunan tegangan peluahan permukaan yang cukup besar. Dalam keadaan basah pada permukaan isolator terbentuk lapisan lumut yang bersifat konduktif, lapisan lumut yang terbentuk pada permukaan isolator akan menyebabkan nilai tahanan permukaan isolator menjadi menurun dan timbul arus bocor. Nilai tahanan ini akan menjadi semakin turun bila lapisan lumut mengalami pembasahan dan akibatnya akan memperbesar arus bocor yang mengalir melalui permukaan isolator. Meningkatnya arus bocor akan

menimbulkan terjadinya proses penguapan. Pada tempat yang mendapat rapat arus yang terbesar akan terbentuk pita kering (*dry band*) karena lapisan pengotor pada daerah ini lebih cepat kering.

Terbentuknya pita kering akan menimbulkan distribusi tegangan pada permukaan isolator semakin tidak merata. Akibat adanya perbedaan tahanan antara pita kering dengan bagian lain permukaan isolator (tahanan pita kering lebih besar) maka timbul proses pelepasan muatan yang melintasi pita kering. Busur listrik dari pelepasan muatan dapat memanjang melintasi seluruh permukaan isolator sehingga terjadi tegangan peluahan permukaan (*surface flashover*).

### 2.3.2. Arus Bocor

Penelitian tentang pengaruh kontaminasi terhadap karakteristik arus bocor pada isolator saluran yang dilakukan *SM Gubanski* diamati bagaimana pengaruh polutan lumut kerak (*lichen*) terhadap arus bocor, yang menyatakan bahwa lumut kerak (*lichen*) memiliki kemampuan menahan air di permukaan isolator karet silikon yang menyebabkan peningkatan arus bocor pada kondisi basah. Pengertian arus bocor sendiri adalah pelepasan muatan listrik dari permukaan konduktor. Arus bocor dipengaruhi oleh beberapa kondisi yaitu tekanan udara, bahan elektroda dan adanya uap air di udara. Apabila zat pengotor berupa lumut tumbuh pada permukaan isolator, maka pada permukaan isolator terbentuk suatu lapisan tipis pengotor. Ketika permukaan isolator pada kondisi basah dan ditumbuhi lumut maka nilai tahanan permukaan isolator menurun sehingga timbul arus bocor dimana pembasahan menghasilkan larutan elektrolit. Arus bocor akan semakin besar dengan meningkatnya polutan, akan tetapi tidak linier sehingga pada daerah dengan rapat arus terbesar pada permukaan isolator terbentuk pita kering (*dry band*) karena lapisan pengotor cepat kering.

## 3. METODE PENGUJIAN

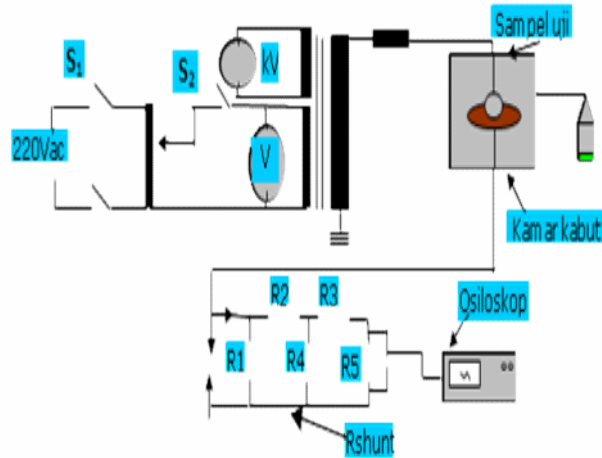
Tegangan peluahan permukaan dan arus bocor pada permukaan isolator piring bahan porselin yang terkontaminasi dapat diketahui dengan percobaan kontaminasi menggunakan polutan lumut *Bryum sp.* Secara garis besar rancangan percobaan yang digunakan adalah :

### Pengujian Tegangan Flashover

Setelah disiapkan isolator-isolator porselin yang terkontaminasi polutan lumut *Bryum sp* dipasang pada tiang penopang isolator dalam ruangan uji (kamar kabut) dan dihubungkan seperti rangkaian pengujian flashover seperti gambar 3.

Untuk mendapatkan kelembababan (dalam persentase) silica gel ditaburkan secara merata pada lantai kamar kabut yang dilengkapi lampu pijar sebagai pemanas. Setiap proses pengkondisian kelembaban tegangan pengujian bolak-balik dinaikkan secara perlahan 1,5 KV/detik sampai terjadi flashover di permukaan isolator. dan tegangan flashover dicatat pada alat ukur tegangan bolak balik. Pengujian dilakukan sebanyak dua (2) kali pada 14 sampel isolator dengan kelembaban ruang yang

berbeda hingga diperoleh nilai perbandingan antara perbedaan kelembaban ruang dan tingkat flashover di permukaan isolator.



Gambar 3. Rangkaian Pengujian Tegangan Flashover dan Arus Bocor

**Pengujian Arus Bocor.**

Setelah disiapkan isolator-isolator porselin yang terkontaminasi polutan lumut *Bryum sp* dipasang pada tiang penopang isolator dalam ruangan uji (kamar kabut) dan dihubungkan seperti rangkaian pengujian flashover yang ditambah dengan rangkaian shunt untuk mengukur arus bocor seperti gambar 3 di atas.

Untuk mendapatkan kelembababan ( dalam persentase ) silica gel ditaburkan secara merata pada lantai kamar kabut yang dillengkapi lampu pijar sebagai pemanas. Setiap proses pengkondisian kelembaban tegangan pengujian bolak-balik dinaikkan secara perlahan 1,5 KV/detik sampai terjadi flashover di permukaan isolator. dan arus bocor dicatat pada alat ukur osciloscope.

**4. Pembahasan**

Data pengukuran tegangan flashover dan arus bocor akibat pengaruh lumut *Bryum sp* pada isolator untuk tingkat kelembaban 60-69%, 70 -79 %,80-89 % dan 90-100% setelah memperhitungkan factor koreksi ( keadaan udara saat pengujian), tegangan flashover standar (tegangan flashover rata-rata), jatuh tegangan rata-rata diperoleh data seperti pada tabel 1 di bawah ini.

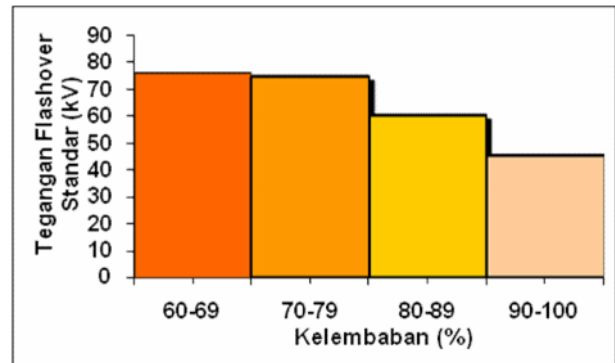
Tabel 1. Hasil perhitungan tegangan flasover dan arus bocor kritis

No	Tingkat Kelembaban	Tegangan Flashover (kV)	Jatuh Tegangan (mV)	Arus Bocor (mA)
1	60-69%	76,34	100,01	2,1634
2	70-79%	75,10	105,06	2,2726
3	80-89%	60,31	163.3	3,5321
4	90-100%	45,38	178.30	3,857

**5. Analisa Data**

**Tegangan Flashover**

Tegangan flashover standart pada permukaan isolator terpolusi polutan lumut *Bryum sp.* mengalami penurunan ketika kelembaban meningkat. Hal ini ditunjukkan pada kurva hubungan antara tingkat kelembaban dengan tegangan flasover seperti gambar 4 berikut :



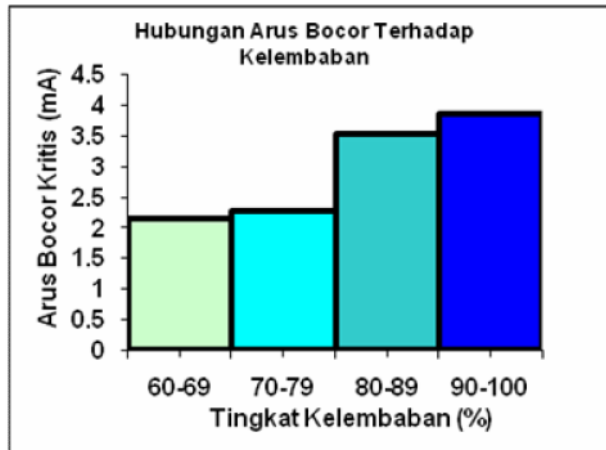
Gambar 4. Hubungan antara tingkat kelembaban dengan tegangan flashover standar

Dari kurva di atas menunjukkan bahwa isolator yang terpolusi lumut *Bryum sp.* Dalam keadaan basah mengalami penurunan kemampuan menahan tegangan. Hal ini terjadi ketika polutan lumut *Bryum sp.* yang bersifat menyerap air (*hydrophilic*) mengalami kenaikan kelembaban, maka nilai tahanan permukaan isolator yang terpolusi lumut *Bryum sp.* semakin turun. Penurunan tegangan flashover di bawah tingkat kelembaban 80 % tidak menunjukkan pengaruh yang besar terhadap ketahanan tegangan ( withstand voltage ) isolator. Hal ini disebabkan lumut *Bryum sp.* kurang memperlihatkan sebagai polutan yang bersifat konduktif tidak seperti kondisi kelembaban di atas 80 %. Dari hasil ini terlihat bahwa tanpa pengaruh kelembaban lumut *Bryum sp.* hanya mempengaruhi tegangan ketahanan isolator seperti akibat pengotoran biasa atau merupakan pengotoran dari zat padat yang tidak dapat terurai menjadi ion-ion dalam larutan. Hal ini dibuktikan dengan melihat perbandingan nilai tegangan flashover akibat lumut *Bryum sp.* pada kelembaban di bawah 80% yang hamper serupa dengan keadaan tegangan flashover isolator bersih kering.

**Arus Bocor**

Nilai arus bocor berbanding terbalik dengan tegangan flashover dimana meningkatnya kelembaban akan menaikkan nilai arus bocor yang mengalir di permukaan isolator. Hali ini terlihat ketika kelembaban dinaikkan maka uap air di dalam ruang uji semakin banyak dan permukaan isolator semakin tertutupi uap air sehingga nilai tahanan pada isolator menurun, akibatnya nilai arus bocor yang mengalir di permukaan isolator semakin besar seperti ditunjukkan kurva pada gambar 5 di bawah ini. Meningkatnya arus bocor akan menimbulkan panas pada tempat yang mendapat kerapatan arus paling tinggi sehingga terjadi pemanasan yang menimbulkan pita kering pada permukaan isolator yang memiliki resistansi besar pada daerah yang masih basah. Hal ini

mengakibatkan jatuh tegangan yang terjadi semakin besar sehingga menimbulkan distorsi pada gelombang arus bocor. Gelombang arus bocor yang terjadi pada isolator yang terkontaminasi polutan lumut *Bryum sp.* tidak tampak adanya peluahan ( *discharge* )



Gambar 5. Hubungan Tingkat Kelembaban Terhadap Arus Bocor Kritis

## 6. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Kehadiran lumut *Bryum Sp.* Pada permukaan isolator akan menyebabkan penurunan nilai tegangan flashover yang akan terus terjadi dengan meningkatnya kelembaban. Sedangkan arus bocor akan mengalami kenaikan dengan meningkatnya kelembaban.
2. Gelombang arus bocor yang terjadi pada isolator yang terkontaminasi polutan lumut *Bryum sp.* Tidak tampak adanya peluahan ( *discharge* ) melainkan adanya distorsi dari bentuk sinusoidal murni.
3. Lumut *Bryum sp.* Tidak memperlihatkan sebagai komponen konduktif pada saat tingkat kelembaban di bawah 80%, tetapi pada kelembaban di atas 80% memperlihatkan sebagai komponen yang bersifat konduktif karena lumut *Bryum sp.* Banyak menahan air pada permukaan isolator.
4. Tanpa pengaruh kelembaban, pengaruh lumut *Bryum sp.* Pada permukaan isolator seperti pengotoran biasa. Dimana nilai tegangan flashover hampir serupa dengan tegangan flashover bersih kering, bahkan lebih tinggi dari tegangan akibat polusi kaolin pada keadaan kering.

## Daftar Pustaka

- [1] Ahmad Sayuti, Thomson Siahaan ,” *Pemeliharaan dan Pemantauan Isolator Saluran Transmisi Gardu Induk Khatulistiwa Sektor Kapuas Wilayah Kalimantan Barat* “, PT .PLN ( Persero) Sektor Kapuas Wilayah Kalimantan Barat.
- [2] Bonggas L.Tobing,” *Akumulasi Polutan pada Isolator JTM 20 KV di Daerah Pedalaman Sumatera Utara*”, Fakultas Teknik USU, Sumatera Utara National.
- [3] SM. Gubanski, A.Dernfalk, S.Wallstrom and S. Karlsson ,” *Performance and diagnostic of biologically contaminated insulator*”, Department of Materials and ManufacturingTechnology, Chalmers University of Tecnology, Gothenburg, Sweden.
- [4] Suwarno, Hery Darmawan,” *Studi Bentuk Gelombang Arus Bocor Pada Isolator Keramik Pos Pin 20 KV Dalam Berbagai Kondisi Lingkungan* “, Departemen Teknik Elektro, ITB 2001.
- [5] Kind, D. 1993. *Technique messenger Eksperimental High Voltage*. Penerbit ITB Bandung.