

KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS AC PADA MATERIAL ISOLASI PADAT CAMPURAN RESIN DENGAN ALUMINA (Al_2O_3)

Abdul Rasyid*, Fri Murdiya**

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: abdul.rasyid@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Resin is the polymer material that can be used as high voltage insulators that have high volume resistivity, lighter, high insulation strength and good mechanical strength. Alumina (Al_2O_3) is one of oxide ceramic that is widely use in the electronic and mechanical material. This research proposes the breakdown voltage test on alumina filler with varies of weight i.e 0.1gr, 0.2gr, 0.3gr, 0.4gr, 0.5gr, 0.6gr, 0.7gr, 0.8gr, 0.9gr, 1gr, 1.1gr, 1.2gr, 1.3gr, 1.4gr, 1.5gr, 1.6gr, 1.7gr, 1.8gr, 1.9gr and 2gr, respectively. The shape of dimension sample is presented in 2x2x2cm with two electrode (needle and plane electrode) inside alumina and resin 0,5cm gap.

Keywords –resin, alumina (Al_2O_3), discharge current, breakdown voltage

1. PENDAHULUAN

Isolasi adalah salah satu dari beberapa persoalan yang penting dalam teknik listrik khususnya pada pengoperasian tegangan tinggi. Isolator bersifat mencegah mengalirnya arus listrik melaluinya dengan kata lain memisahkan dua buah penghantar atau lebih sehingga tidak terjadi kebocoran diantaranya. Apabila isolator gagal menjalankan fungsinya maka akan terjadi kegagalan tegangan dan hal ini tidak diinginkan.

Kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, matrik pada material komposit dan sangat luas digunakan pada banyak aplikasi seperti otomotif, aerospace, perkapalan, dan peralatan elektronika yang secara umum memiliki sifat yang baik dalam hal chemical reactive adhesives, thermal conductive adhesives, electrical conductive adhesives, corrosion resistance. Namun demikian resin juga mempunyai kelemahan pada sifat sensitive menyerap air, kekuatan tarik dan kekuatan bending yang rendah, getas (Astrucdkk, 2009). Keterbatasan yang nyata dari matrik

resin diatasi dengan penambahan partikel dalam ukuran mikro atau nano seperti partikel silica, glass, alumina, calcium carbon atau partikel lain yang bertujuan untuk memperluas aplikasi pada sektor yang berbeda.

Alumina memiliki sifat kekerasan yang tinggi, penghambat panas dan listrik yang baik sehingga banyak digunakan di industri keramik, kaca, pelapisan keramik, polishing (alumina polishing), tungku pemanas. Sehingga dari hal tersebut di atas maka dilakukan penelitian untuk mempelajari pengaruh penambahan alumina terhadap kekuatan tarik, kekuatan bending, ketangguhan impak, densitas relatif pada komposit resin.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Isolator

Isolator merupakan salah satu bahan dielektrik yang digunakan untuk memisahkan konduktor bertegangan dengan kerangka penyangga yang dibumikan. Isolator berfungsi secara mekanik untuk menahan

beban kawat saluran udara, secara elektrik mengisolasi saluran yang bertegangan dengan menara atau saluran dengan saluran sehingga tidak terjadi kebocoran arus dan dalam gradien medan tinggi terjadi korona dan lompatan listrik baik lewat denyar (*flashover*) atau percikan (*sparkover*). (TedyJuliandhy, 2014)

2.2 Sifat Isolator Yang Baik

Agar isolator dapat melaksanakan fungsinya dengan baik harus mempunyai sifat elektris, mekanis, termis dan sifat kimia yang baik. Sifat elektris merupakan sifat yang paling penting suatu isolator dan hal ini ditunjukkan oleh kekuatan dielektrisnya yaitu kemampuan memisahkan bagian-bagian yang berarus atau bertegangan. Jadi kekuatan dielektrik adalah besarnya ketahanan suatu isolator untuk dapat bertahan terhadap tegangan listrik dan isolator yang baik harus mempunyai kuat dielektrik yang besar. Sifat elektris meliputi tegangan saat terjadi flashover, tegangan dadal (*breakdown voltage*), kuat dielektrik bahan, resistivitas dan faktor kehilangan dielektrik. Flashover adalah peristiwa terjadinya lompatan listrik di sekitar permukaan isolator, sedangkan *breakdown* keadaan dimana terjadi tembus listrik pada isolator. (Totok Dermawan, dkk. 2012)

2.3 Tegangan Tembus Zat Padat

Dalam teknik tegangan tinggi, fungsi yang paling utama dari suatu bahan isolasi adalah untuk mengisolasi konduktor yang membawa tegangan terhadap yang lainnya sama baiknya terhadap tanah. Dan sebagai tambahannya, harus sering melakukan fungsi mekanis dan harus mampu menahan penekanan termal dan kimia. Serta juga memiliki daya tahan yang lama atau usia daya tahannya di bawah jenis-jenis penekanan yang bervariasi yang dihadapi dalam praktek sebagai pertimbangan penentuan aplikasi ekonomis.

2.4 Resin dan Alumina

2.4.1 Resin

Resin atau damar adalah suatu campuran yang kompleks dari ekstremitas tumbuh-tumbuhan dan insekta, biasanya berbentuk padat dan amorf dan merupakan hasil terakhir dari metabolisme dan di bentuk diruang-ruang skizogen dan skizolisigen. Banyak penyelidik percaya bahwa resin adalah hasil oksidasi dari terpen-terpen.

Secara fisis resin (damar) ini biasanya keras, transparan plastis dan pada pemanasan menjadi lembek atau leleh. Secara kimiawi resin adalah campuran yang kompleks dari asam-asam resinat, alkoholi resinat, resin otannol, ester-ester dan esene-resene. Bebas dari zat lemas dan mengandung sedikit oksigen. Karena mengandung zat karbon dalam kadar tinggi, maka kalau dibakar akan hangus. Juga ada yang menganggap bahwa resin terdiri dari zat-zat terpenoid, yang dengan jalan adisi dengan air menjadi damar dan fitosterin. Sifat larut dalam air, sebagian larut dalam alkohol, larut dalam eter, aseton, petroleum eter, kloroform, minyak terpening dan lain-lain minyak. Apabila resin-resin di pisahkan dan di murnikan, biasanya dibentuk zat padat bisa terbakar. Resin ini juga tidak larut dalam air, tetapi larut dalam alkohol dan lain-lain pelarut organik yang membentuk larutan yang apabila di uapkan meninggalkan sisa yang berupa lapisan tipis seperti vernis (Nadjeeb, 2009).

Beberapa sifat resin secara umum antara lain:

- Secara fisika:
 1. Keras
 2. Transparan
 3. Plastis
 4. Lembek/ leleh
- Secara kimia, campuran dari:
 1. Asam-asam resinat
 2. Alkohol rersinat
 3. Resino tannol
 4. Ester-ester
 5. Resen-resen
 6. Bebas Zat lemak

7. Sedikit mengandung oksigen dan banyak mengandung karbon

Mengenai isi dari resin pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. Asam-asam resinat, terdiri dari asam-asam oksi yang banyak jenisnya, biasanya mempunyai sifat gabungan dari asam-asam karboksilat dan fenol-fenol. Asam-asam ini terdapat baik dalam keadaan bebas maupun terikat sebagai ester-ester. Pada umumnya asam-asam ini larut di dalam larutan alkali membentuk larutan seperti sabun ataupun suspensi koloidal. Garam-garam logamnya di kenal sebagai resinat, beberapa di antaranya banyak di gunakan untuk membuat sabun yang murah dan vernis. Sebagai contoh biasanya asam abietat di dalam colophonium, asam kopaiivat dan oksikopoivant di dalam *Balsamum Copaive* asam guaiakonat didalam *Guajac*, asam pimaric (pimaric) di dalam *Burgundy Pitch* (*Picea excelsa*) dan asam komnifora di dalam myrrha.
2. Alkohol-alkohol resinat, terdiri dari alkohol-alkohol kompleks yang mempunyai berat molekul yang tinggi yang di sebut resinotannol sebagai hasil polimerisasi dari alkohol damar resinol, yang dengan garam-garam ferri memberikan reaksi seperti tannin. Alkohol-alkohol resinat terdapat dalam keadaan bebas maupun terikat sebagai ester dengan asam-asam aromatis, asam benzoat, asam salisilat, asam sinamat, asam umbellate. Beberapa resinol misalnya :
 - Benzoresinol dari benzoin
 - Steresinol dari styrax
 - Guaiaresinol dari gurjun balsem (*depterocarpus*)
 - Guaiaresinol dari guaiac resin
3. Resene-resene. Resene adalah zat-zat yang kompleks yang tidak mempunyai sifat-sifat kimiawi yang khas. Resene ini tidak membentuk garam atau ester, tidak larut di dalam larutan alkali dan tidak terhidrolisa dengan alkali. Sebagai contoh

adalah alban dan fluavil dari gutta percha, kopal resene dari copal, dammar resene dari dammar, drakoresene dari sanguis draconis, olibanoresene dari olibanum (Anonim, 2010g).

2.4.2 Alumina

Alumina (Al_2O_3) tergolong salah satu jenis keramik oksida atau keramik teknik, yang aplikasinya cukup luas baik di bidang elektronik maupun di bidang mekanik. Berdasarkan komposisinya, alumina ada dua macam yaitu alumina murni dan alumina tidak murni. Alumina murni merupakan polimorfi material yang berdasarkan struktur kristalnya dapat digolongkan menjadi dua yaitu γ -Alumina Al_2O_3 dan α -alumina Al_2O_3 atau disebut corundum. Aplikasi dari corundum disamping sebagai bahan paling tahan suhu tinggi sampai suhu $1700^\circ C$, juga merupakan material yang sangat keras dan kuat sehingga sering dipakai sebagai bahan mekanik. Disamping itu sifat listrik atau konduktivitas listriknya sangat rendah sehingga cocok digunakan sebagai bahan isolator listrik. Sedangkan alumina tidak murni, umumnya merupakan kombinasi dua macam oksida seperti misalnya antara Na_2O dengan Al_2O_3 , yang membentuk struktur baru yaitu dikenal dengan sebutan beta alumina dengan formula stoichiometri $Na_2O \cdot 11Al_2O_3$.

2.5 Mekanisme Terjadinya Tegangan Tembus

Jika terpaan elektrik yang dipikulnya melebihi batas tersebut dan terpaan berlangsung cukup lama, maka dielektrik akan menghantar arus atau gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolator. Dalam hal ini dielektrik disebut tembus listrik atau "*breakdown*". Terpaan elektrik tertinggi yang dapat dipikul suatu dielektrik tanpa menimbulkan dielektrik tembus listrik disebut kekuatan dielektrik.

Jika terpaan elektrik yang dipikul dielektrik melebihi ,maka di dalam dielektrik akan terjadi proses ionisasi berantai yang

akhirnya dapat membuat dielektrik mengalami tembus listrik. Waktu yang dibutuhkan sejak mulai terjadi ionisasi sampai terjadi tembus listrik disebut waktu tunda tembus (*time lag*). Jadi tidak selamanya terpaan elektrik dapat menimbulkan tembus listrik, tetapi ada dua syarat yang harus dipenuhi, yaitu:

- (1) Terpaan elektrik yang dipikul dielektrik harus lebih besar atau sama dengan E_k yaitu kekuatan dielektriknya dan
- (2) Lama terpaan elektrik berlangsung lebih besar atau sama dengan waktu tunda tembus.

Tegangan yang menyebabkan dielektrik tersebut tembus listrik disebut tegangan tembus atau *breakdown voltage*. Tegangan tembus adalah besar tegangan yang menimbulkan terpaan elektrik pada dielektrik sama dengan atau lebih besar dari pada kekuatan dielektriknya.

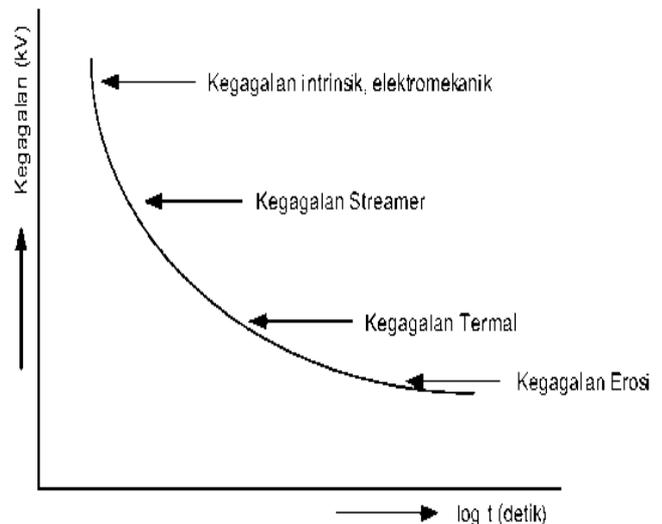
2.6 Dielektrik Padat dan Proses Kegagalannya

Atom-atom yang menyusun zat padat terikat kuat satu sama lain. Keistimewaan yang paling menyolok dari kebanyakan zat padat adalah atom-atomnya (grup-grup atom) yang tersusun oleh sebuah derajat tinggi dari urutan pola yang berulang-ulang yang teratur dalam tiga dimensi yang disebut kristalin. Zat padat yang atom-atomnya disusun dalam sebuah model yang tidak beraturan disebut non-kristalin atau tak berbentuk. Oleh karena sebagian besar dari system pengisolasian komersial adalah zat padat, studi kegagalan dielektrik padat menjadi sangat penting pada saat diisolasi.

Penerapan medan elektrik yang tinggi pada material dielektrik padat dapat menyebabkan gerakan pembawa muatan bebas, injeksi muatan dari elektroda-elektroda, penggandaan muatan, formasi ruang muatan dan disipasi energy dalam material. Oleh karena kondisi-kondisi tersebut, yang dapat terjadi secara tunggal atau kombinasi, maka akhirnya mengacu pada material mengalami kegagalan elektris yang disebut juga Breakdown.

Pada prinsipnya dan dalam kondisi percobaan tertentu, mekanisme kegagalan dalam zat padat sama dengan proses yang terjadi pada gas dan udara. Perbedaannya, kegagalan dalam zat padat sedikit lebih rumit, karena ada mekanisme kegagalan yang tidak dijumpai pada kegagalan gas. Nilai suatu zat padat tergantung dari cara dan kondisi pengukuran. Mekanisme kegagalan pada zat padat merupakan mekanisme yang rumit dan tergantung pada lama diterapkannya tegangan pada material dielektrik tersebut seperti ditunjukkan pada mekanisme sebagai berikut :

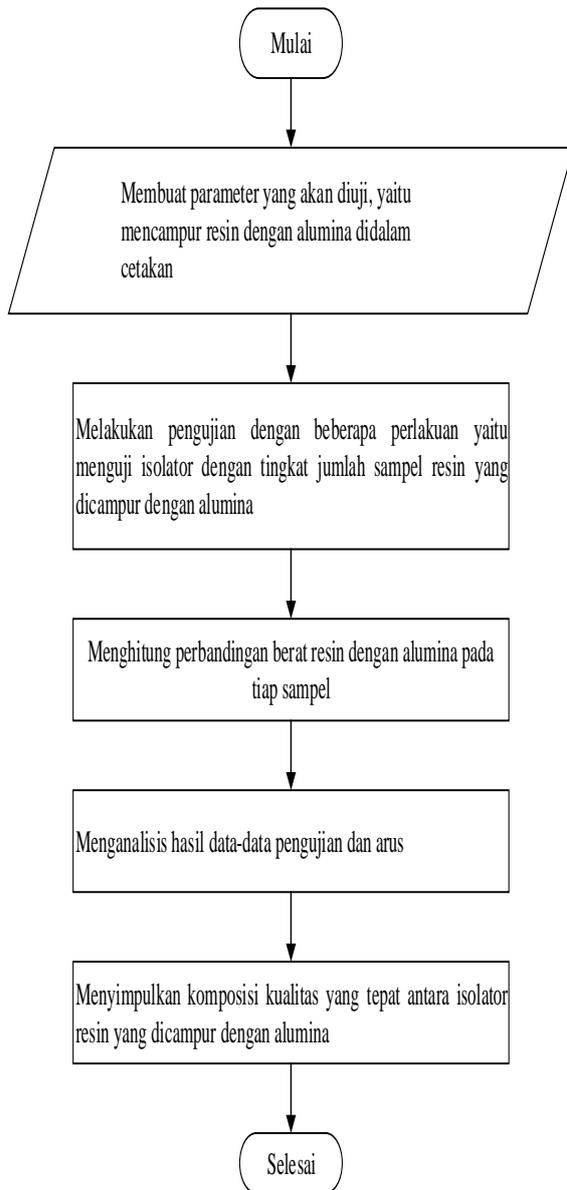
1. Kegagalan asasi (intrinsik)
2. Kegagalan elektromekanik
3. Kegagalan streamer
4. Kegagalan termal
5. Kegagalan erosi.



Gambar 2.1 Variasi tegangan tembus dan mekanisme kegagalan dengan waktu penerapan tegangan

3 METODE PENELITIAN

3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 3 Flowchart penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilalui untuk mendapatkan data yang diperlukan adalah :

- 1 Membuat surat izin peminjaman alat laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau.
- 2 Melakukan eksperimen.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

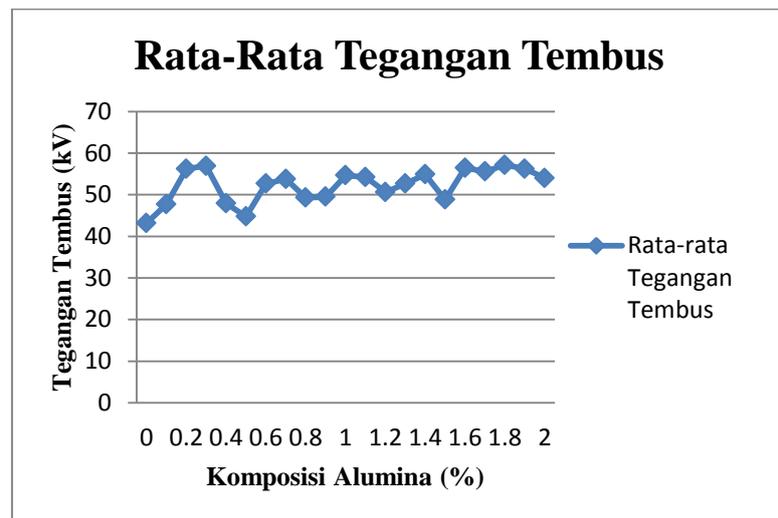
Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau selama 2 bulan.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.1 Tembus listrik pada pengujian isolator resin murni dan resin + 0,2 gr (tampak dari kiri resin murni dan kanan resin + 0,2 gr alumina)

Data yang tercatat pada alat ukur pada panel regulator adalah tegangan regulator, arus regulator dan temperatur. Untuk mendapatkan tegangan keluaran pada sisi tegangan tinggi kita menggunakan perbandingan belitan transformator tegangan tinggi 450 : 1 sesuai dengan data pada buku panduan modul TERCO HV 9000.



Gambar 4.2 Kurva rata-rata tegangan tembus AC Pengujian 1 dan 2

Jadi dapat kita rangkum dari gambar 4.2 diatas bahwa dengan penambahan alumina dapat menaikkan nilai tegangan tembus pada isolator padat. Kenaikan tegangan tembus ini bisa disebabkan oleh kenaikan tahanan isolasi setelah penambahan alumina yang disebarkan disekitar dua elektroda antara elektroda jarum dan elektroda plat (paku payung).

Dari setiap sampel isolator murni dan isolator campuran alumina dapat kita lihat mempunyai karakteristik tembus yang berbeda, hal ini dapat dilihat dari data dan grafik hasil pengujian. Pada resin murni mempunyai kekuatan tembus listrik yang rendah dan pada isolator campuran alumina mempunyai kekuatan tembus listrik yang tinggi walaupun kekuatan tembus listriknya tidak stabil.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran dan analisa tembus listrik pada isolator padat resin dicampur alumina, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Dapat dilihat dari 40 sampel pengujian sampel resin dengan campuran alumina 1,8gr mempunyai kekuatan tembus listriknya tinggi dan baik yaitu 57,15kV
2. Memiliki variasi berat pada masing-masing sampel uji campuran resin dan alumina. Karena dengan bertambahnya takaran alumina belum tentu kita tau bahwa resin dengan campuran alumina tersebut semakin bertambah beratnya.
3. Saat terjadinya tegangan tembus kita dapat melihat arus peluahan yang terjadi pada kondisi awal terdapat pulsa dengan amplitudo yang rendah dan saat tembus kita melihat amplitudo naik.
4. Dapat dibuktikan dari pengujian ini bahwa isolator padat resin yang dicampur alumina dengan takaran yang berbeda-beda akan membuat tingkat tembus listrik yang berbeda-beda pula.

DAFTAR PUSTAKA

- Dermawan, Totok. 2012. *Pengaruh Komposisi Resin Terhadap Sifat Elektrik Dan Mekanik Untuk Bahan Isolator Tegangan Tinggi*. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir
- Tobing. Bonggas L. 2003. *Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi, edisi kedua*. Jakarta : Erlangga
- Sunkel, Stuart. 2011. *Terco Manual Books*. Stockholm : Terco
- Juliandhy, Tedy. 2014. *Efek Kegagalan Alat Flue Gas Desulphur terhadap Tegangan Lewat Denyar Isolator di Gardu Induk Pembangkitan Tanjung Jati B Jepara*. Yogyakarta Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol : 3 No. 1
- Wilvian. 2012. *Pengaruh Kelembaban terhadap Tegangan Flashover AC Isolator Piring*. Medan : Skripsi USU
- Dyah, Ika, Susilawan. 2012. *Analisa arus bocor permukaan bahan isolasi resin epoxy silane menggunakan metode pengukuran inclined-plane tracking*. Mahasiswa teknik elektro UNDIP
- Valdi, Risky, Yandi 2010. *Fenomena flashover akibat arus bocor pada isolator keramik dan resin epoksi*. Jurnal Teknik Elektro. Vol 1 No 2
- Pesa, Habibillah, Yan. 2017. *Karakteristik Tegangan Tembus AC Pada Material Isolasi Padat Campuran Epoxy Resin Dengan Cangkang Kelapa Sawit*. Pekanbaru : UR