

ANALISA PERBANDINGAN NILAI TEGANGAN TEMBUS DIELEKTRIK UDARA PADA KONDISI BASAH DENGAN CAIRAN DOMINAN ASAM, BASA, GARAM, CAIRAN HUJAN DI WILAYAH PANTAI, DAN DI KAWASAN INDUSTRI DENGAN ELEKTRODA BOLA-BOLA, DAN ELEKTRODA JARUM-JARUM

Siswanto
Teknik Elektro
Universitas Diponegoro
Semarang

ABSTRAK

Isolasi adalah salah satu bentuk peralatan tegangan tinggi yang berfungsi memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan, sehingga antara penghantar tidak terjadi lompatan api atau percikan api. Secara umum isolasi dibagi menjadi 3 (tiga) macam yaitu isolasi padat, cair dan gas. Kemampuan isolasi dalam menahan tegangan mempunyai batas-batas tertentu sesuai dengan material penyusun dan lingkungan sekitarnya. Apabila tegangan yang diterapkan melebihi kuat medan isolasi maka akan terjadi tembus atau breakdown yang menyebabkan terjadinya aliran arus antara peralatan tegangan tinggi.

Kekuatan isolasi gas dipengaruhi beberapa hal antara lain temperatur, kelembaban, hujan, tingkat kontaminasi udara dan tegangan yang diterapkan. Adanya fenomena alam berupa hujan akan mempengaruhi kekuatan isolasi dalam mencegah terjadinya tembus antar dua peralatan tegangan tinggi yang diisolasi. Pemodelan peralatan tegangan tinggi dengan elektroda bola homogen dan jarum homogen dimaksudkan untuk mengetahui tegangan tembus udara antara keduanya jika terjadi perubahan terhadap lingkungan sekitar berupa hujan, baik hujan yang bersifat asam, basa, dan garam melalui pengujian di laboratorium tegangan tinggi. Teknik analisis data menggunakan cara analisis data kualitatif interpretatif dan analisis statistik secara elementer, yang digunakan sejak awal penelitian dimulai, diantaranya dalam memilih obyek, sample, mengklasifikasikan simbol hingga kesimpulan akhir penelitian. Analisis data secara statistik digunakan untuk memperkirakan kemungkinan tembus yang terjadi.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Udara termasuk isolasi jenis gas yang banyak digunakan untuk mengisolasi peralatan listrik tegangan tinggi. Isolasi berfungsi memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan, sehingga antara penghantar tidak terjadi lompatan api (*flash over*) atau percikan api (*spark over*). Mekanisme kegagalan isolasi pada peralatan tegangan tinggi pada saat digunakan disebabkan banyak hal. Salah satu kegagalan di antaranya adalah pada isolasi udara mengalami kerusakan karena pengaruh lingkungan berupa hujan^[1].

Medan homogen adalah daerah yang mempunyai kuat medan yang sama pada semua titik. Jika diantara dua elektroda terdapat satu elektron dengan kuat medan cukup besar maka elektron tersebut akan menghasilkan tubrukan ion dalam perjalanannya ke elektroda dan komposisi kandungan udara^[1].

Penerapan peralatan tegangan tinggi yang menggunakan elektroda homogen untuk melindungi isolator dari tegangan lebih eksternal yang disebabkan oleh petir atau tegangan lebih internal yang disebabkan oleh *switching surge*. Isolasi antar elektroda menggunakan isolasi gas berupa udara yang kenyataannya akan mengalami perubahan karena iklim yang berubah-ubah seperti panas matahari, hujan.

Pengujian tegangan tinggi pada kondisi basah dengan simulasi hujan digunakan untuk menguji unjuk kerja suatu peralatan yang dipasang diluar ruangan dengan pengujian tersebut maka diharapkan dapat diketahui kualitas peralatan tersebut. Pengujian tegangan tembus dielektrik udara pada kondisi basah dengan simulasi hujan mengadopsi pengujian isolator hantaran uara dimana pengujian tersebut menggunakan hujan buatan dengan curah hujan $3 \pm 10 \%$ mm/menit, sudut penyiraman 45° , konduktivitas air $100 \mu\text{Siemen} \pm 10 \%$ ^[18]. Oleh karena itu peralatan yang dipasang di ruang terbuka perlu diuji pada kondisi basah.

Untuk mengetahui besarnya tegangan tembus udara antara medan yang seragam pada berbagai kondisi hujan maka dilakukan pemodelan berupa elektroda bola dan elektroda jarum dengan material elektroda terbuat dari

aluminium. Selanjutnya, elektroda bola dan elektroda jarum yang homogen di uji untuk mengetahui tegangan tembus efektif (rms) melalui pengujian tegangan tinggi bolak-balik (AC) di laboratorium tegangan tinggi. Besarnya sela udara antar elektroda di atur bervariasi dengan posisi antar elektroda horisontal. Variasi curah hujan dalam ruang uji diatur dengan cara merubah posisi roda pengatur pada pipa kapiler yang merupakan sampel air hujan kedalam ruang uji antara 3-250 ml per menit dengan suhu ruang antara $26^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$ dan tingkat kelembaban 44%-66%. Variasi konsentrasi larutan dalam ruang uji diatur dengan menambahkan air murni (aquades) kedalam larutan tersebut sehingga didapat nilai molaritas yang diinginkan.

Tujuan

Tujuan penulisan adalah mengamati karakteristik dan menganalisis perubahan tegangan tembus isolasi udara pada kondisi basah dengan cairan dominan asam, basa, garam, cairan hujan diwilayah pantai, dan kawasan industri dengan elektroda bola-bola dan elektroda jarum-jarum.

Pembatasan Masalah

Pembatasan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Penempatan elektroda adalah horisontal.
2. Jarak sela antara elektroda jarum bervariasi 3mm, 5mm, dan 10 mm.
3. Besarnya sudut penyiraman adalah 90° terhadap horisontal
4. Besarnya diameter elektroda bola adalah 20mm dan sudut elektroda jarum adalah 10° ^[4] besarnya tetap untuk berbagai pengukuran.
5. Besarnya nilai konduktivitas yang tercantum merupakan hasil pengukuran, bukan dari hasil perhitungan.
6. Isolasi gas yang digunakan adalah udara.

II. DASAR TEORI

2.1 Proses Dasar Ionisasi

Inonisasi adalah proses munculnya ion disekitar elektroda karena meningkatnya tegangan yang diterapkan. Tegangan yang menyebabkan elektron keluar untuk pertama kalinya disebut tegangan inepsi. Kegagalan listrik yang

terjadi di udara tergantung dari jumlah elektron bebas yang ada di udara.

Penyebab tembus antara lain tekanan, temperatur, kelembaban, konfigurasi medan, tegangan yang diterapkan, material elektroda, kondisi permukaan elektroda. Pembangkitan ion antara lain dengan cara benturan (*collision*) elektron, ionisasi thermal, fotoionisasi dan pelepasan (*detachment*) elektron.

2.2 Proses Dasar Kegagalan Gas

Proses dasar ada dua jenis yaitu :

- Proses atau mekanisme primer, yang memungkinkan terjadinya banjir (*avalanche*) elektron.
- Proses atau mekanisme sekunder, yang memungkinkan terjadinya peningkatan banjir elektron.

Proses terpenting dalam mekanisme primer adalah proses katoda, yaitu salah satu elektroda melepaskan elektron yang mengawali terjadinya kegagalan percikan. Fungsi kerja elektroda ada 2 (dua) yaitu elektroda dengan potensial tinggi (anoda) dan elektroda dengan potensial yang lebih rendah (katoda). Fungsi elektroda pelepas elektron adalah menyediakan elektron awal yang harus dilepaskan, mempertahankan pelepasan dan menyelesaikan pelepasan.

2.2.1 Mekanisme Kegagalan Townsend

Pada mekanisme primer, medan listrik yang ada di antara elektroda akan menyebabkan elektron yang dibebaskan bergerak cepat, sehingga timbul energi yang cukup kuat untuk menimbulkan banjir elektron. Jumlah elektron n_e yang terdapat dalam banjir elektron pada lintasan sejauh dx akan bertambah dengan dn_e elektron. Persamaan ambang dapat ditulis sebagai berikut :

$$V_s = h \text{ (pd)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Hubungan ini dikenal dengan hukum Paschen.

2.2.2 Mekanisme Kegagalan Streamer

Mekanisme Streamer (Raether, Loeb dan Meek) menjelaskan pengembangan pelepasan percikan langsung dari banjir tunggal dimana muatan ruang yang terjadi karena banjir itu sendiri mengubah banjir tersebut menjadi streamer plasma. Setelah itu daya hantar naik dengan cepat dan kegagalan terjadi dalam alur banjir ini.

Ciri utama teori kegagalan streamer, disamping proses ionisasi benturan (α) Townsend, adalah postulasi sejumlah besar fotoionisasi molekul gas dalam ruang di depan streamer dan pembesaran medan listrik setempat oleh muatan ruang ion pada ujung streamer. Muatan ruangan ini menimbulkan distorsi medan dalam sela. Ion-ion positif dapat dianggap stationer dibandingkan dengan elektron-elektron yang bergerak lebih cepat, dan banjir terjadi pada sela dalam bentuk awan elektron yang membelakangi muatan ruang ion positif. Streamer dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu :

- Positif, atau streamer yang mengarah ke katoda.
- Negatif, atau streamer yang menuju ke anoda.

Teori tentang streamer positif menjelaskan bahwa pada waktu banjir telah menyeberangi sela, elektron-elektron tersedot ke dalam anoda, ion-ion tinggal dalam sela membentuk kerucut. Medan muatan ruang yang tinggi terjadi dekat anoda tetapi di tempat lain dengan kerapatan ion rendah, dan karena itu kehadiran ion-ion positif saja tidak akan menimbulkan kegagalan dalam sela. Namun, akan timbul fotoelektron-fotoelektron dalam gas yang mengelilingi banjir yang disebabkan oleh pancaran foton-foton gas yang terionisasi pada tangkai (*stem*) banjir. Elektron-elektron ini mengawali timbulnya banjir bantu (*auxiliary*), yang jika medan muatan ruang yang terjadi

karena banjir utama kira-kira sama besarnya dengan medan luar, akan mengarah kepada tangkai banjir utama. Pelipat ganda terbesar dalam banjir bantu ini terjadi sepanjang sumbu banjir utama di mana medan muatan ruang menunjang medan luar. Ion-ion positif yang tertinggal di belakang banjir akan memanjang dan mengintensitas muatan ruang banjir utama ke arah katoda, dan proses ini berkembang menjadi streamer atau kanal yang merambat sendiri, artinya tindakan ini membentuk plasma penghantar yang memperdekat jarak antara katoda dan anoda. Setelah itu streamer terus memanjang sehingga merentangi sela membentuk saluran penghantar berupa gas terionisasi antara elektroda.

2.2.3 Kegagalan Dalam Medan Seragam

Karakteristik tegangan gagal pada medan seragam menurut hukum Paschen adalah sebagai fungsi dari panjang sela dan rapat gas relatif.

Tegangan tembus pada medan seragam pada tekanan kurang dari sama dengan tekanan atmosfer mengikuti secara ketat mekanisme Townsend. Pada tekanan di atas tekanan atmosfer, berlaku mekanisme streamer. Pembentukan tembus menurut Townsend adalah jika diantara dua elektroda terdapat satu elektron saja di dekat katoda dengan kuat medan yang cukup besar maka elektron tersebut akan mampu menghasilkan ionisasi tumbukan dalam perjalanannya ke anoda. Tabrakan pertama akan menghasilkan satu elektron yang juga akan manabrak molekul dan akan menghasilkan elektron. Penambah jumlah elektron dalam alirannya menuju anoda disebut *avalanche*. Gerakan elektron yang meninggalkan ion mempunyai kecepatan yang lebih lambat dan akan menuju anoda. Jumlah dari ion positif yang terbentuk di antara dua elektroda adalah sebagai akibat dari lepasnya elektron dari katoda.

2.3 Udara

Udara adalah salah satu bentuk gas di alam yang secara umum terdiri dari 78 % nitrogen, 21 % oksigen dan 1 % uap air, karbondioksida, dan gas-gas lainnya.

2.3.1 Hujan

Hujan merupakan bentuk presipitasi, atau turunnya cairan dari angkasa, seperti salju, hujan es, embun dan kabut. Hujan terbentuk apabila titik air yang terpisah jatuh dari awan jatuh ke bumi. Tidak semua air hujan sampai ke permukaan bumi, sebagian menguap ketika mengenai udara kering, sejenis presipitasi yang dikenali sebagai virga.

Air hujan sering digambarkan sebagai bentuk "lonjong", lebar dibawah dan menciut diatas, tetapi air hujan kecil lebih bulat. Air hujan yang besar menjadi semakin leper seperti roti hamburger. Air hujan yang besar jatuh lebih cepat dibanding dengan air hujan yang kecil.

Jumlah air hujan diukur dengan pengukur hujan dan dinyatakan sebagai kedalaman air yang terkumpul pada permukaan rata dalam jangka waktu tertentu, dan diukur kurang lebih 0,25mm hal ini disebut sebagai curah hujan^[10]. Curah hujan diukur dan dinyatakan dalam harian, bulanan, dan tahunan. Alat untuk mengukur curah hujan disebut *rain gauge* dengan satuan milimeter. Dibawah ini gambar alat ukur tipe OBS.



gbr 2.8 Alat ukur curah hujan tipe OBS

a. Klasifikasi hujan berdasarkan ukuran butirannya^[16]. Menurut ukuran butiran air yang jatuh ke bumi hujan dibagi menjadi 4 macam, yaitu

- Hujan gerimis atau drizzle, yaitu hujan dengan diameter butiran air kurang dari 0,5mm.
 - Hujan salju atau snow, hujan berupa kristal- kristal es dengan temperature dibawah titik beku.
 - Hujan batu es, merupakan curahan batu es yang turun didalam cuaca panas dari awan yang temperturnya berada dibawah titik beku.
- Hujan deras atau rain, yaitu hujan dengan curahan air dari awan dengan temperature diatas titik beku dan diameter titik-titik.

2.3.2 pH

Kekuatan asam atau kekuatan basa menunjukkan tingkat kesempurnaan ionisasi yang terjadi pada asam atau basa. Apabila suatu zat yang berada didalam air terionisasi sebagian maka zat tersebut dikatakan sebagai basa atau asam lemah, sebaliknya apabila terionisasi keseluruhan maka zat tersebut dikatakan sebagai asam atau basa kuat.

2.3.3 Molaritas

Molaritas atau kemolaran adalah salah satu cara untuk menyatakan konsentrasi (kepekatan) larutan yang dinyatakan sebagai M. Kemolaran menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam tiap liter larutan, atau jumlah mmol zat terlarut dalam ml larutan.

$$M = \frac{n}{v} \text{ molL}^{-1} \quad \text{atau} \quad M = \frac{n}{v} \text{ mmolmL}^{-1} \dots\dots(2.2)$$

Dengan : M adalah molaritas

n adalah jumlah mol terlarut.

v adalah volume larutan.

Molaritas atau kemolaran dapat diturunkan melalui proses pengenceran dengan konsekuensi akan terjadi perubahan volume larutan. Proses pengenceran dilakukan dengan cara menambah air murni (aquades) ke dalam larutan sehingga didapat kemolaran yang diinginkan. Proses pengenceran dapat dilakukan dengan cara mengikuti formulasi sebagai berikut :

$$V_1 \bullet M_1 = V_2 \bullet M_2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : V_1 = volume mula-mula dalam satuan liter atau milliliter (l atau ml).

M_1 = molaritas mula-mula dalam mol L^{-1} atau mmol mL^{-1} .

V_2 = volume setelah pengenceran Dalam l atau ml.

M_2 = molaritas setelah pengenceran dalam mol L^{-1} atau mmol mL^{-1} .

2.3.4 Udara Ideal

Udara ideal adalah gas yang hanya terdiri dari molekul-molekul netral, sehingga tidak dapat mengalirkan arus listrik.

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

p = tekanan absolut (N /m^2)

V = volume ruang (m^3)

T = suhu absolut ($^{\circ}\text{K}$)

R = konstanta gas spesifik udara $287 \text{ J/(kg} \cdot ^{\circ}\text{K)}$

2.4 Faktor Koreksi Keadaan Udara

Untuk mengkoreksi hasil pengujian terhadap tekanan dan suhu dipakai rumus sebagai berikut :

$$V_s = \frac{V_B}{d} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$d = \frac{b_B}{760} \times \frac{273 + 20}{273 + t_B} = \frac{0,386 b_B}{273 + t_B} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

V_s = tegangan lompatan pada keadaan standar (kV)

V_B = tegangan lompatan yang diukur pada keadaan sebenarnya (kV)

d = kepadatan udara relatif (*relative air density*)

b_B = tekanan udara pada waktu pengujian (mm Hg)

t_B = suhu keliling pada waktu pengujian ($^{\circ}\text{C}$)

Hal ini karena, pengujian tidak dilakukan pada temperatur dan tekanan standar. Sebagai koreksi terhadap kelembaban udara mutlak dipakai rumus empiris sebagai berikut :

$$V_s = V_B \cdot k_H \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

k_H = faktor koreksi

Apabila persamaan (2.3) dan (2.5) digabungkan, maka didapat rumus koreksi untuk mendapatkan keadaan atmosfer standar :

$$V_s = V_B \frac{k_H}{d} \dots\dots\dots(2.8)$$

Oleh karena sifatnya yang empiris, maka faktor koreksi k_H tidak dapat dianggap tepat dan tidak selalu dapat dipakai. Oleh sebab itu, hanya persamaan (2.3) yang dipergunakan, dengan keterangan tambahan harga kelembaban udara pada waktu pengujian dilakukan.

2.5 Kelembaban

Kelembaban didefinisikan sebagai besarnya kandungan uap air dalam udara. Rasio kelembaban (ω) adalah berat atau massa air yang terkandung dalam setiap kilogram udara kering.

$$\omega = 0,622 \frac{P_s}{p_t - P_s} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

ω = rasio kelembaban (kg uap air /kg udara kering)

p_t = tekanan atmosfer (kPa)

P_s = tekanan parsial uap air dalam keadaan jenuh (kPa)

Kelembaban relatif (ϕ) diperoleh dari pengukuran langsung dengan hygrometer.

2.6 Standarisasi Untuk Isolasi Udara

Di Indonesia dan Eropa, frekuensi yang digunakan adalah 50 Hertz. Sejumlah standar baku (IEC-Publication 52 tahun 1960) telah menyatakan jarak bebas yang

minimum serta nilai tegangan tembus pada kondisi baku ($b = 1013 \text{ mbar}$, $t = 20^\circ \text{C}$) untuk berbagai diameter bola D sebagai fungsi besar bola s adalah :

$$U_{do} = f(D,s) \dots \dots \dots (2.10)$$

Kelembaban udara tidak mempengaruhi tegangan tembus dari sela bola, tetapi nilainya perlu dicantumkan saat pengukuran. Standarisasi uji kegagalan dalam gas hanya untuk benda uji dengan elektroda bola sedangkan pengujian tugas akhir ini menggunakan elektroda jarum, oleh karena perbandingannya didasarkan pada besarnya tegangan tembus.

III. SPESIFIKASI PERALATAN DAN METODOLOGI PENGUJIAN

3.1 Peralatan Dan Bahan

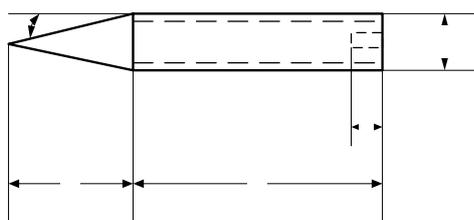
Peralatan yang digunakan meliputi unit pembangkit tegangan tinggi bolak-balik, elektroda jarum, elektroda bola, box uji, tegangan rendah bolak balik 220 V_{F-N} frekuensi 50 Hz , contoh air hujan pantai, contoh air hujan industri, larutan NaOH , larutan NaCl , larutan H_2SO_4 , larutan HCl , dan Aquadest.

3.1.1 Ruang Uji

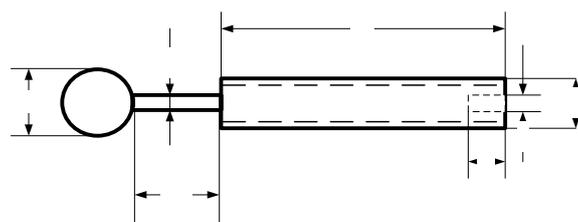
Ruang uji dari bahan plastik acrylic yang tahan terhadap temperatur sampai 180°R . Box uji mempunyai dimensi luar yaitu panjang 60 cm , lebar 40 cm dan tinggi 80 cm . Box uji untuk meletakkan elektroda jarum, elektroda bola, dan untuk menempatkan instalasi simulasi hujan buatan saat pengujian tegangan tembus.

3.1.2 Elektroda

Elektroda yang digunakan dalam pengujian adalah elektroda bola dan elektroda jarum dengan dimensi seperti pada gambar. Jarak elektroda saat pengujian tegangan tembus adalah 3 mm , 5 mm , dan 10 mm . Jarak yang pendek digunakan untuk mengurangi penggunaan isolasi dan faktor keamanan dari peralatan dan lingkungan sekitar laboratorium uji tegangan tinggi.



Gambar 3.1 Elektroda Jarum



Gambar 3.1 Elektroda Bola

3.1.3 Temperatur Pengujian

Temperatur pengujian didasarkan pada temperatur lingkungan yang besarnya antara $26^\circ \text{C} - 30^\circ \text{C}$.

3.1.4 Pengukur Konduktivitas

Prinsip pengukurannya dengan pengukuran langsung yaitu dengan cara mencelupkan konduktivitas meter ke dalam larutan atau cairan yang akan diukur. Alat yang digunakan adalah conductivity tester TDS HI 98303.

3.1.5 Pengukur pH

Untuk pengukuran pH prinsip kerjanya sama dengan pengukuran konduktivitas. Alat yang digunakan adalah pH tester HI 96107.

3.2 Pengesetan Peralatan Dan Perencanaan Pengujian

Sebelum pengujian peralatan perlu diperiksa untuk memastikan rangkaian terpasang dengan benar. Perencanaan untuk mempermudah dan mengurutkan proses pengujian agar waktu pelaksanaan pengujian menjadi lebih cepat.

IV. DATA DAN ANALISA

Proses pengambilan data dilakukan di laboratorium tegangan tinggi dengan beberapa kondisi pengujian untuk mengetahui karakteristik masing-masing keadaan pengujian. Adapun data pengujian ditunjukkan dalam table 4.1-4.96 pada lampiran.

Faktor koreksi (d) digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan tembus standar terhadap temperatur standar (20°C) dan tekanan standar (760 mm Hg). Perumusan nilai kepadatan udara relatif sesuai dengan IEC 52 tahun 1960. Nilai kelembaban dicantumkan hanya sebagai informasi sesuai dengan pernyataan yang tertera sub bab 2.5. Adapun nilai tegangan tembus yang telah dikoreksi (V_s) dapat dilihat pada tabel 4.97 pada lampiran.

Untuk menentukan tingkat validitas data yang telah diambil maka dilakukan pengujian dengan menggunakan uji statistik dengan uji "t". Tabel dibuat berdasarkan nilai rata-rata. Hal ini dapat dilakukan jika data yang ada bersifat relatif homogen dan dapat dilihat dari nilai standar deviasi.

Untuk mengetahui pengaruh variabel – variabel yang telah ditetapkan (jarak sela, konsentrasi, pH, CH, jenis hujan, dan jenis elektroda) terhadap nilai tegangan tembus yang terjadi dibawah ini diberikan analisa dari masing – masing variabel tersebut.

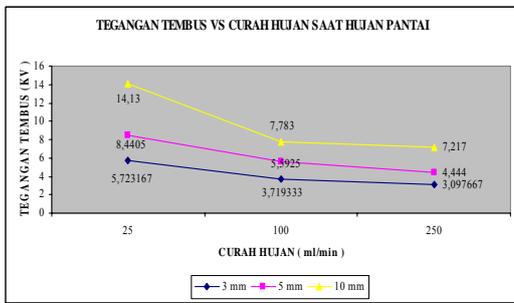
1. Pengaruh jarak sela (S) terhadap tegangan tembus dielektrik udara dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh jarak sela terhadap tegangan tembus dielektrik udara

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa nilai tegangan tembus berbanding lurus dengan jarak sela, semakin besar jarak sela maka semakin besar pula tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tembus.

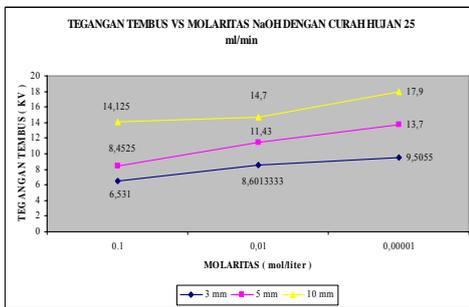
2. Pengaruh curah hujan (CH) terhadap tegangan tembus dielektrik udara dapat digambarkan sebagai berikut.



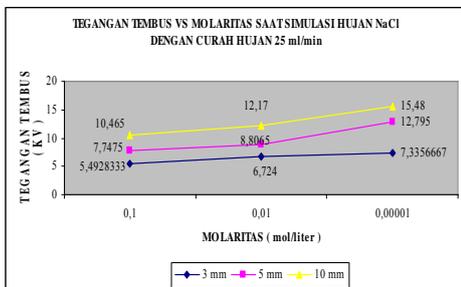
Gambar 4.2 Grafik pengaruh CH terhadap tegangan tembus dielektrik udara

Dari gambar 4.2 menunjukkan bahwa curah hujan berbanding terbalik dengan tegangan tembus, semakin besar curah hujan maka tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tenbus kecil hal ini karena air memiliki konduktivitas sehingga saat melewati celah antara elektroda air tersebut berfungsi sebagai penghantar.

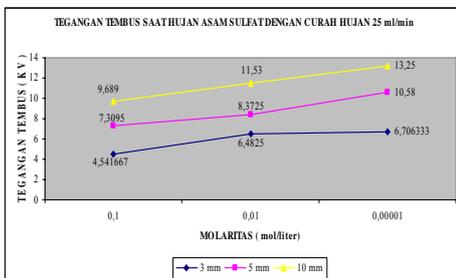
3. Pengaruh molaritas (M) terhadap tegangan tembus dielektrik udara dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh molaritas NaOH terhadap tegangan tembus dielektrik udara



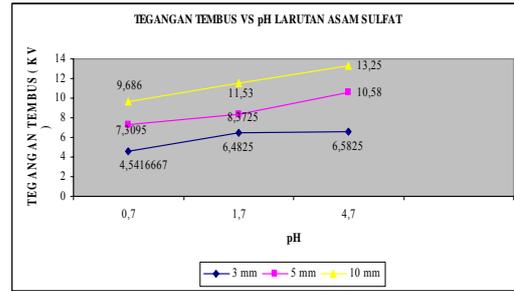
Gambar 4.4 Grafik pengaruh molaritas NaCl terhadap tegangan tembus dielektrik udara



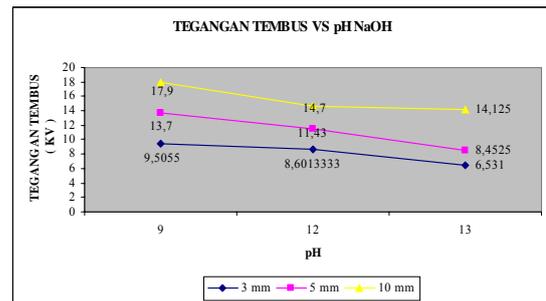
Gambar 4.5 Grafik pengaruh molaritas H₂SO₄ terhadap tegangan tembus dielektrik udara

Dari grafik 4.3-4.5 terlihat bahwa nilai tegangan tembus berbanding lurus terhadap molaritas, semakin tinggi molaritas maka tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tembus kecil hal ini karena molaritas berbanding lurus dengan konduktivitas.

4. Pengaruh pH terhadap tegangan tembus dielektrik udara dapat digambarkan sebagai berikut.



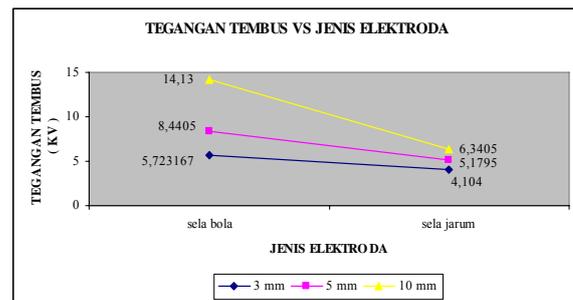
Gambar 4.6 Tegangan tembus saat simulasi hujan dengan H₂SO₄ curah hujan 25 ml/min dengan elektroda bola posisi horizontal



Gambar 4.7 Tegangan tembus saat simulasi hujan dengan NaOH curah hujan 25 ml/min dengan elektroda bola posisi horizontal

Karena pH larutan sangat ditentukan oleh konsentrasi dan berbanding lurus dengan molaritas maka dapat disimpulkan bahwa pH berbanding lurus dengan tegangan tembus, semakin tinggi pH maka semakin kecil tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tenbus.

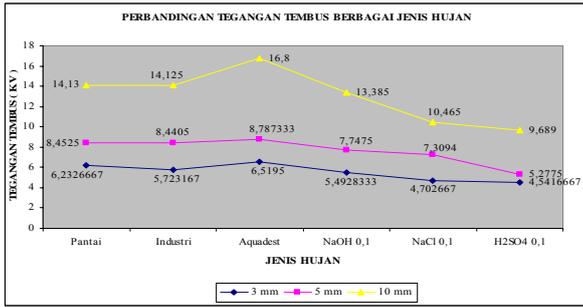
5. Pengaruh jenis elektroda terhadap tegangan tembus dielektrik udara dapat digambarkan sebagai berikut.



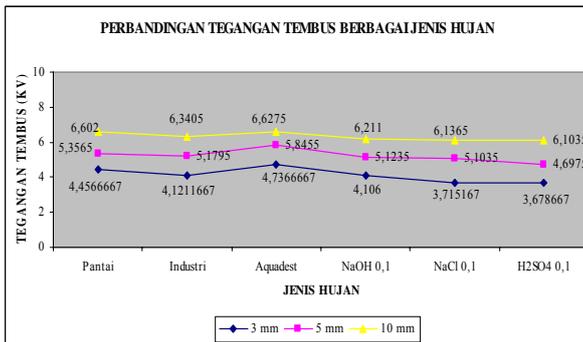
Gambar 4.8 Tegangan tembus saat simulasi hujan pantai dengan curah hujan 25 ml/min

Bentuk elektroda sangat berpengaruh pada nilai tegangan tembus saat pengujian. Pada gambar 4.8 terlihat bahwa perbedaan tegangan tembus antara sela bola dan sela jarum sangat ekstrim hal ini karena jarum mempunyai bentuk runcing yang menyebabkan konsentrasi muatan paling besar berada pada ujung jarum sehingga akan lebih mudah tembus dibandingkan dengan sela bola dengan bentuk bulat maka konsentrasi muatan merata diseluruh permukaan bola tersebut sehingga lebih sulit terjadi tembus daripada jarum.

6. Perbandingan nilai tegangan tembus dari berbagai jenis hujan



Gambar 4.9 Tegangan tembus dengan berbagai simulasi hujan dengan curah hujan 25 ml/min



Gambar 4.10 Tegangan tembus dengan berbagai simulasi hujan dengan curah hujan 25 ml/min

Dari gambar 4.9 dan 4.10 terlihat bahwa H₂SO₄ memiliki pengaruh yang paling besar terhadap tegangan tembus hal ini karena H₂SO₄ memiliki konduktivitas paling besar diantara cairan yang lain.

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan perhitungan tegangan tembus dielektrik udara pada kondisi basah dengan menggunakan simulasi hujan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada pengujian tegangan tembus dielektrik udara pada kondisi basah dengan cairan dominan asam dengan menggunakan larutan H₂SO₄ terhadap perubahan pH dan molaritas dapat ditarik kesimpulan semakin tinggi pH dan molaritas larutan yang diujicobakan maka semakin kecil tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tembus.
2. Pada pengujian tegangan tembus dielektrik udara pada kondisi basah dengan cairan dominan basa dengan menggunakan larutan NaOH terhadap perubahan pH dan molaritas larutan yang diujicobakan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi pH dan molaritas larutan maka semakin kecil tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tembus.
3. Pada pengujian tegangan tembus dielektrik udara pada kondisi basah dengan cairan dominan garam dengan menggunakan larutan NaCl terhadap perubahan molaritas yang diujicobakan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi molaritasnya maka semakin kecil tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tembus.
4. Nilai tegangan tembus pada saat pengujian dengan cairan dominan asam lebih kecil daripada nilai tegangan tembus dengan cairan dominan basa dan garam.

5. Pada pengujian tegangan tembus dielektrik udara pada kondisi basah dengan cairan hujan di wilayah pantai nilai tegangan tembusnya lebih besar dibandingkan dengan pengujian tegangan tembus dielektrik udara pada kondisi basah dengan cairan hujan dikawasan industri hal ini dikarenakan perbedaan konduktivitas.
6. Jarak sela berbanding lurus terhadap tegangan tembus. Semakin besar jarak sela maka semakin besar tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tembus.
7. Curah hujan berbanding terbalik dengan tegangan tembus, semakin tinggi curah hujan maka semakin kecil tegangan yang dibutuhkan agar terjadi tembus. Hal ini karena curah hujan yang besar akan mengakibatkan kontinuitas tetesan sehingga akan terbentuk penghantar sesaat antara kedua elektroda.
8. Dengan menggunakan uji "t" terhadap nilai rata-rata dan simpangan baku maka 95% data paengujian berada pada batas atas dan batas bawah dari selang kepercayaan tersebut.

5.2 Saran

Saran yang dapat dikemukakan bagi para pembaca dan peminat dalam bidang isolasi gas yang berupa udara, dapat meneruskan penelitian ini dengan tegangan searah dan atau tegangan impuls.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, A, “ Teknik Tegangan Tinggi Suplemen “, Ghalia, 1982
2. _____, “ Teknik Tegangan Tinggi “, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2001
3. Hilton, Nils. “ High Voltage Laboratory Planning “, Emil Haefely and Cie AG, Bassel-Switzerland, 1986
4. Kind, Dieter, “ An Introduction to High Voltage Experimental Technique “, Willev Eastern Limited 1993
5. _____, “ Pengantar Teknik Eksperimental Tegangan Tinggi “ terjemahan K.T. Sirait, ITB, Bandung 1993
6. _____, “ High Voltage Insulation Technology “, Indian Institut of Technology, India 1993
7. Maller and Naidu, et al, “ High voltage Engineering “, second edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1995
8. Sirait “ Teknik Tegangan Tinggi “, ITB, 1986
9. Syakur, Abdul, “ Modul Praktikum Gejala Medan & Tegangan Tinggi “, Laboratorium Konversi Energi dan Sistem Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik – UNDIP, Semarang, 2004
10. <http://id.wikipedia.org/wiki/hujan>
11. http://id.wikipedia.org/wiki/electrical_conduction
12. http://id.wikipedia.org/wiki/hujan_asam
13. http://gissisarana.com/gissisarana_apli.htm
14. Tjasyono, Bayong, ”Klimatologi Umum”, FMIPA,ITB,Bandung, 1999
15. Kuswandi, B, ” Pemanfaatan Baterai bekas Sebagai Elektroda Konduktansi Sederhana”, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Jember
16. Sudjana, ”Metode Statistika”, edisi ke enam, Tarsito, Bandung , 1996
17. Arismunandar, A, ” Teknik Tegangan Tinggi Suplemen”, Ghalia Indonesia, Jakarta, 1983
18. Naidu, M.S, Kamaraju, V, ” High Voltage Engineering, Tata Mcgraw-Hill Publising Company Limited New Delhi, 1982



Siswanto (**L2F 304277**)
Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknik universitas
Diponegoro Semarang dengan pilihan
Konsentrasi Tenaga Listrik

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Abdul Syakur, ST, MT
NIP. 132 231 132

Mochammad Facta, ST,MT
NIP. 132 231 134