

Karakteristik Tegangan Tembus Gas Argon (Ar) Dengan Tegangan Tinggi Arus Bolak-Balik

M. Javad Faruqi¹⁾, Fri Murdiya²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, ²⁾Dosen Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektro S1, Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi
Teknik Elektro Universitas Riau, Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Email: javadfaruqi@gmail.co.id

ABSTRACT

In electric power systems, there are many aspects that must be considered for its operation that is, conductors, insulators, and other electrical system equipment. Especially on insulators, good insulation quality is required to ensure reliability and quality of electric power distribution to consumers. In industrial gas insulation is often used because of its dielectric strength is greater than the other isolation. In general the gas insulation used SF₆, N₂, and CO₂ has good dielectric strength. In this study, the author tries to test the isolation of another alternative gas that is in the form of argon gas. In the test of this research aims to enrich the treasury of the data from testing the penetrating tension with argon gas isolation and as a preliminary study of argon gas isolation in the test of penetrating voltage with high-voltage AC. Tests conducted using variations of electrodes and gas pressure as much as 20 times the test so that the results obtained in the form of breakdown voltage and air correction factor.

Keywords: Argon, Electrode, Breakdown Voltage, High Power Plant AC, Air Correction Factor

1. PENDAHULUAN

Umumnya kegagalan alat-alat listrik ketika digunakan disebabkan oleh kegagalan isolasi dalam menjalankan fungsinya sebagai isolasi. Kualitas isolasi yang baik untuk diperlukan untuk menjamin keandalan dan kualitas penyaluran daya listrik ke konsumen, Tetapi pada kenyataannya kegagalan atau gangguan listrik sering terjadi.

Dalam hal ini pemilihan bahan isolasi yang biasanya digunakan di industri yaitu isolasi gas, karena kekuatan dielektriknya lebih besar dibandingkan dengan isolasi padat dan isolasi cair. Isolasi gas yang biasanya digunakan teknisi pada umumnya yaitu SF₆, N₂, dan CO₂. Penulis tertarik dengan mencoba menggunakan isolasi gas berupa gas Argon. Gas argon biasanya digunakan atau dimanfaatkan didalam komersil dan beberapa didalam industri.

Tegangan tembus adalah besarnya tegangan yang membuat isolator kehilangan sifat isolasinya sehingga menjadi terjadinya pengaliran arus listrik

atau konduksi. Pengujian terhadap tegangan tembus diperlukan untuk mengetahui titik kritis dari suatu isolasi (Pardede, 2015).

Pengujian tegangan tembus dengan isolasi gas menggunakan macam elektroda, yaitu elektroda bola-bola dan jarum-jarum. Misalkan pada elektroda bola-bola standar terdiri dari dua elektroda bola yang disusun pada satu sumbu dengan jarak kedua elektroda dapat diatur. Udara standar akan menyebabkan sela bola mengalami tembus listrik dengan syarat medan elektrik pada sela bola seragam. Medan elektrik pada sela bola akan seragam jika panjang sela relatif lebih kecil dibandingkan dengan diameter bola. Nilai tegangan tembus ini tetap untuk tegangan AC, Tegangan DC, maupun tegangan impuls dengan syarat kondisi udara tidak berubah. Sifat elektrik udara ini menjadi dasar pengukuran tegangan tinggi dengan elektroda bola-bola atau jarum-jarum standar (L. Bonggas, 2012).

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan pengujian dengan tujuan untuk mengetahui tegangan tembus dari isolasi gas argon apakah lebih baik atau tidaknya

dari isolasi gas lainnya dan juga untuk memperkaya khasanah data dari pengujian tegangan tembus menggunakan isolasi gas argon.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Jenis-jenis gas isolasi

Ada beberapa macam gas isolasi yang biasa digunakan pada sistem tenaga listrik berdasarkan kekuatan dielektrik, rugi-rugi dielektrik, stabilitas kimia, korosi, dan lain-lain, isolator gas dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Gas sederhana, contohnya: Nitrogen, Helium, Hidrogen, Argon.
2. Gas oksida, contohnya: Karbondioksida, Sulfur dioksida.
3. Gas Hidrokarbon, contohnya: Metana, Etana, Propana.
4. Gas elektronegatif, contohnya: Sulfur heksafluorida, CH_2Cl_2 .

Pada penelitian ini penulis akan membahas karakteristik dari gas argon sebagai bahan isolasi.

2.2 Proses Dasar Ionisasi

Ion adalah kumpulan dari atom atau gabungan atom yang bermuatan listrik. Ionisasi adalah proses terbentuknya ion dari muatan atom yang melepaskan atau menangkap elektron. Dalam proses pelepasan elektron pada atom ada beberapa mekanisme pembangkitan atau kehilangan ion baik dalam bentuk tunggal maupun dalam kombinasi. Proses dasar pelepasan elektron dalam gas meliputi:

- a. Pembangkitan ion dengan cara benturan elektron, fotoionisasi, ionisasi oleh benturan ion positif, ionisasi termal, pelepasan elektron (*detachment*), ionisasi kumulatif dan efek γ sekunder.
- b. Kehilangan ion dengan cara penggabungan (*attachment*) elektron, rekombinasi dan difusi.

2.3 Ionisasi karena Benturan Elektron

Besarnya Gradien tegangan berbanding lurus dengan jumlah elektron yang mengalami proses ionisasi, semakin besar gradien tegangan maka elektron yang mengalami pelepasan akan semakin banyak jumlahnya. Pada proses ini elektron yang mengalami ionisasi akan berpindah secara

berkelanjutan menuju anoda dan saling membentur satu sama lain sehingga menghasilkan banyak elektron-elektron baru. Pada proses ini akan terjadi banyak banjir elektron (*avalanche*) pada satu elektron tunggal, elektron akan saling melepaskan diri secara cepat dan elektron hasil pelepasan tersebut akan saling bertubrukan, maka terjadilah banjir elektron. Ada dua jenis pelepasan elektron (*discharge*) yaitu pelepasan bertahansendiri secara berkelanjutan (*self sustaining discharge*) dan pelepasan secara tidak berkelanjutan tak bertahan sendiri (*non sustaining discharge*). Proses kegagalan gas dan udara sebagai bahan isolasi adalah suatu bentuk transisi dari keadaan pelepasan tidak bertahan menuju pelepasan bertahansendiri.

2.4 Proses Dasar dalam Kegagalan Gas

Kegagalan gas sebagai bahan isolasi disebut percikan (*spark breakdown*) adalah proses peralihan peluahan tak bertahan sendiri ke berbagai jenis peluahan yang bertahan sendiri. Karakteristik dari kegagalan percikan ini adalah tegangan pada sela elektroda akan menurun karena terjadi proses yang membentuk konduktivitas tinggi antara anoda dan katoda. Ada dua jenis mekanisme dasar yaitu:

1. Mekanisme primer, dimana terjadinya banjir (*avalanche*) elektron.
2. Mekanisme sekunder, yang memungkinkan terjadinya peningkatan banjir (*avalanche*) elektron.

Pada mekanisme primer, hal yang perlu diperhatikan adalah katoda. Katoda akan mengalami *discharge* dan akan memulai terjadinya suatu percikan (*spark breakdown*). Sehingga dalam hal ini elektroda yang mempunyai potensial yang lebih rendah, yaitu katoda akan menjadi elektroda yang melepaskan elektron. Adapun fungsi katoda selaku elektroda pelepas elektron adalah:

1. Menyediakan elektron awal yang harus dilepaskan
2. Mempertahankan pelepasan (*discharge*)
3. Menyelesaikan pelepasan (*discharge*)

2.5 Pembangkit Tegangan Tinggi AC

Tegangan tinggi AC diperlukan untuk pengujian ketahanan peralatan-peralatan sistem tenaga listrik terhadap tegangan tinggi AC, tetapi diuji juga dengan tegangan tinggi impuls. Ada juga peralatan tinggi tenaga listrik yang diuji dengan tegangan tinggi DC. Untuk membangkitkan tegangan tinggi impuls dan tegangan tinggi DC ini dibutuhkan tegangan tinggi AC.

Di samping untuk pengujian peralatan sistem tenaga listrik, tegangan tinggi AC dibutuhkan juga untuk pengamatan sifat-sifat listrik material isolasi, antara lain untuk isolasi; dan untuk mendeteksi peluahan parsial dan korona.

2.5 Mekanisme Kegagalan Streamer

Mekanisme strimer (*streamer*) menjelaskan bahwa proses terjadinya strimer plasma yang disebabkan oleh bertambah banyaknya pelepasan percikan langsung dari banjiran tunggal dan muatan ruang (*space charge*) yang terjadi karena banjiran itu sendiri. Sesudah itu kehantaran naik dengan cepat dan kegagalan terjadi dalam alur (*channel*) banjiran ini. selain proses ionisasi benturan (α) Townsend, ciri utama teori kegagalan strimer adalah postulasi sejumlah besar fotoionisasi dari molekul gas dalam ruang didepan strimer dan pembesaran medan listrik oleh muatan ruang ion pada ujung strimer, dimana ruangan ini menimbulkan distorsi medan di antara anoda dan katoda. Ion-ion positif dapat dianggap stasioner dibandingkan dengan elektron-elektron lain yang bergerak lebih cepat, dan banjiran terjadi diantara elektroda dalam bentuk awan elektron yang membelakangi muatan ruang ion positif.

Ada dua jenis mekanisme kegagalan streamer, yaitu:

1. *Streamer* Positif (elektron hasil pelepasan yang bergerak menuju katoda).
2. *Streamer* Negatif (elektron hasil pelepasan yang bergerak menuju ke anoda).

2.6 Faktor Koreksi Keadaan Udara

Tabel-tabel normalisasi atau standarisasi menyatakan bahwa untuk macam alat berlaku suatu tegangan lompatan api tertentu pada keadaan standar.

Misalnya, menurut Japanese Industry Standard (JIS) C 3801 dan Japanese Electrotechnical Committee (JEC) Standard 106 keadaan standar adalah :

Tekanan barometer	760 mm Hg (1013 mbar)
Suhu sekeliling	20 °C
Kelembaban mutlak	11 gram/m ³

Oleh karena tegangan lompatan api kering selalu dipengaruhi oleh keadaan udara, maka untuk dapat membandingkan hasil pengujian dengan tabel-tabel normalisasi yang ada, diperlukan rumus-rumus yang dapat mengubah hasil-hasil tersebut menjadi dalam keadaan standar. Hal ini diperlukan untuk dapat mengetahui apakah specimen yang diuji memenuhi syarat atau tidak. Untuk mengoreksi hasil pengujian terhadap tekanan dan suhu dipakai rumus :

$$V_s = \frac{V_B}{d} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

V_s = tegangan lompatan pada keadaan standar

V_B = tegangan lompatan yang diukur pada keadaan sebenarnya

d = kepadatan udara relatif (relative air density)

$$d = \frac{b_B}{760} \times \frac{273+20}{273+t_B} = \frac{0,386 \cdot b_B}{273+t_B} \dots\dots\dots (2)$$

Sedangkan b_B = tekanan udara pada waktu pengujian (mmHg) dan t_B = suhu keliling pada waktu pengujian (°C).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan 1 April 2017 – 31 Mei 2018 di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Universitas Riau.

3.2 Peralatan Dan Prosedur Penelitian

Pengujian dilakukan dengan tahap berikut, menyiapkan peralatan pengujian, mengatur jarak elektroda pada tabung uji, mengisi gas isolasi kedalam tabung uji dan mengatur tekanan gas isolasi, merangkai rangkaian pengujian, melakukan pengujian tegangan tembus gas isolasi. Data penelitian yang diperoleh kemudian dianalisa menggunakan metode linier dan grafik perbandingan diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel*.

3.3 Menyediakan Peralatan-Peralatan Pengujian

Berikut merupakan beberapa peralatan dalam proses pengujian tegangan tembus gas bahan isolasi:

1. *HV Test Transformator.*
2. *Control Desk.*
3. *Measuring Resistor.*
4. *Insulating Rod.*
5. *Connecting Cup.*
6. *Floor Pedestal.*
7. *Connecting Rod.*
8. Elektroda Bola-bola.
9. Elektroda Jarum-jarum.
10. *Earth Switching.*
11. Tabung Uji.
12. *Vacuum Pump*

3.4 Mengatur Jarak Elektroda Pada Tabung Uji

Elektroda yang digunakan adalah elektroda jarum-jarum dan bola-bola. Setiap satu pasang elektroda diatur dengan jarak 2,0 cm, 1,5 cm, 1,0 cm, 0,5 cm pada masing-masing pengujian gas isolasi.

3.5 Mengatur Udara Didalam Tabung Uji

Memasangkan *Vacuum Pump* pada tabung uji untuk menghisap udara yang berada di dalam tabung uji.

3.6 Mengatur Tekanan Isolasi Gas Didalam Tabung Uji

Tekanan isolasi gas argon yang diambil dari tabung gas dengan mengambil tekanan maksimalnya dimulai dari 2 bar, 1,5 bar, 1,0 bar, dan 0,5 bar.

3.7 Merangkai Rangkaian Fisik Pengujian Tegangan Tembus Isolasi Gas Argon

Rangkaian yang dirangkai dalam pengujian tegangan tembus isolasi gas argon dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Bentuk Fisik Rangkaian Tegangan Tembus Isolasi Gas Argon

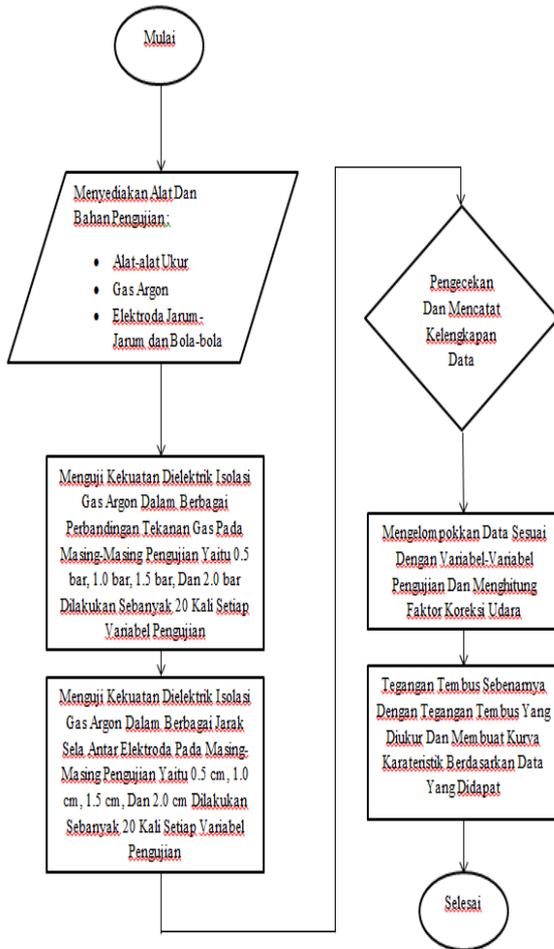
3.8 Melakukan Pengujian Tegangan Tembus Gas isolasi

Untuk menguji tegangan tembus gas isolasi ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu tekanan udara ruangan dan suhu ruangan. Maka dari itu setiap memulai pengujian tekanan udara ruangan dan suhu ruangan di catat terlebih dahulu.

Pada prosedur pengambilan data yang dilakukan di laboratorium yaitu dimulai dengan menyiapkan peralatan-peralatan pengujian. peralatan yang disiapkan pertama sekali yaitu variasi elektroda yang digunakan baik elektroda bola-bola maupun jarum-jarum. Pada elektroda tersebut aturlah jarak sela elektroda masing-masing. Selanjutnya pada isolasi gas argon kita ambil dari tabung gas yang telah disiapkan dengan ukuran tekanan gas yang diuji. Pastikan kedua sampel yaitu sela jarak dan tekanan gas uji sudah benar. Lalu pada rangkaian tenaga tinggi AC sudah terpasang dengan benar beserta *grounding switch* dan keamanan cage sekitarnya. Mulailah pengujian dengan mengaktifkan *control desk*. Kemudian naikkan regulator tegangan secara perlahan sampai terjadi *flashover* pada sampel yang diuji. catat tegangan tembus yang didapat pada layar control desk. Setelah dicatat turunkan regulator tegangan secara perlahan pada *control desk* mencapai nol dan *grounding switch* akan bekerja secara otomatis. Lakukan prosedur yang dijelaskan tadi sebanyak 20 kali pada masing-masing elektroda dengan sela jarak dan tekanan gasnya.

3.9 Flowchart Pengujian Gas Isolasi

Pengukuran tegangan tembus bertujuan untuk mengamati karakteristik tegangan tembus dielektrik gas isolasi pada berbagai tekanan gas pengujian dan jarak antara elektroda yang berbeda, dengan menggunakan elektroda bola-bola dan elektroda jarum-jarum. Pengukuran dilakukan dengan tahapan berikut :



Gambar 2 Diagram alir prosedur pengambilan data pengujian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Beserta Faktor Koreksi Udara

Dari hasil pengujian tegangan tembus isolasi gas di ambil rata-rata tembus sebanyak 20 kali pengujian yang dilakukan dan tentukan faktor koreksi udara dari hasil tabel pengujian, dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 1 Tegangan Tembus Gas Argon Dengan Sela Jarak Elektroda Bola-Bola 0,5 cm

Tegangan Tembus pada Tekanan Gas Berbeda (kV)				
NO	0.5 bar	1.0 bar	1.5 bar	2.0 bar
1	13500	16200	17550	20700
2	13950	15750	17100	20700
3	13500	16200	17100	20700
4	13950	16200	18000	20250
5	13050	16200	18000	21150
6	13050	15750	18000	21150
7	13050	16200	18000	20250
8	13500	16200	17550	20250
9	13500	15750	17550	21150
10	13050	15750	18000	20700
11	13500	16200	18000	20250
12	13950	16200	18450	20700
13	13050	15750	18000	21150
14	13500	16200	17550	20250
15	13500	16200	18000	20700
16	13050	15750	17550	20700
17	13050	15750	18000	21150
18	13500	16200	18900	20250
19	13500	15750	18000	20250
20	13050	16200	18000	20700
Rata-Rata	13387,5	16020	17865	20655

Faktor koreksi udara:

$$d = \frac{0,386 \cdot b_B}{273 + t_B}$$

$$b_B = 752,2 \text{ mmHg}$$

$$t_B = 28,1^\circ \text{C}$$

$$d = \frac{0,386 \cdot 752,2}{273 + 28,1} = 0,964$$

$$V_s(2,0 \text{ bar}) = \frac{V_h}{d} = \frac{20655}{0,964} = 21426,3 \text{ V}$$

$$V_s(1,5 \text{ bar}) = \frac{V_h}{d} = \frac{17865}{0,964} = 18532,1 \text{ V}$$

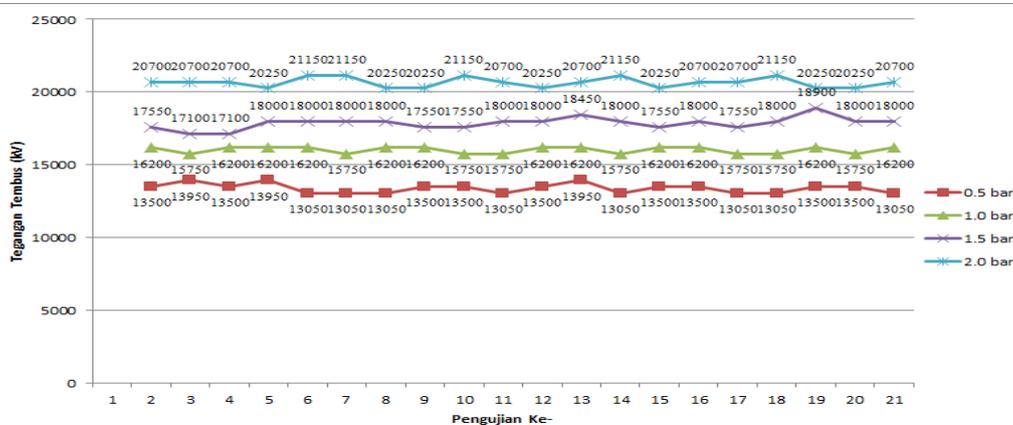
$$V_s(1,0 \text{ bar}) = \frac{V_h}{d} = \frac{16020}{0,964} = 16618,2 \text{ V}$$

$$V_s(0,5 \text{ bar}) = \frac{V_h}{d} = \frac{13387,5}{0,964} = 13887,4 \text{ V}$$

Pada tabel 1 menunjukkan hasil pengujian tegangan tembus gas Argon menggunakan elektroda bola-bola dengan jarak 0,5 cm. Kemudian rata-rata tegangan tembus dihitung menggunakan rumus faktor koreksi udara standar VDE 0432-2. Hasil perhitungan standar VDE 0432-2. rata-rata tegangan tembus pada tekanan gas

0,5 bar 13887,4 V ; tekanan gas 1,0 bar 16618,2 V; tekanan gas 1,5 bar 18532,1 V; tekanan gas 2,0 bar 21426,3 V.

Dari Tabel 1 di atas, dapat menghasilkan kurva linier karakteristik tegangan tembus yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Kurva Karakteristik Pengujian Gas Argon Dengan Elektroda Bola-bola Jarak Sela 0,5 cm

Tabel 2 Tegangan Tembus Gas Argon Dengan Sela Jarak Elektroda Jarum-Jarum 1,5 cm

Tegangan Tembus Pada Tekanan Gas Berbeda (kV)				
NO	0.5 bar	1.0 bar	1.5 bar	2.0 bar
1	8100	9450	11250	12150
2	8550	9450	11250	11700
3	8100	9450	10800	11700
4	8100	9450	10350	12600
5	7650	9450	10350	11700
6	8550	9450	10350	12150
7	8100	9450	10800	12150
8	7650	9450	10350	12150
9	7650	9450	10350	11700
10	7650	9000	10350	11700
11	8100	9450	10350	12600
12	8100	9900	10350	12600
13	7650	9450	10350	12150
14	8100	9450	10350	12150
15	8550	9450	10350	11700
16	8100	9450	10350	11700
17	8100	9900	10350	12150
18	8100	9450	10350	11700
19	7650	9450	10350	12150
20	8100	9450	10350	12600
Rata-Rata	8032.5	9472.5	10485	12060

Faktor koreksi udara:

$$d = \frac{0,386 \cdot b_B}{273 + t_B}$$

$$b_B = 751,8 \text{ mmHg}$$

$$t_B = 30,8^\circ \text{C}$$

$$d = \frac{0,386 \cdot 751,8}{273 + 30,8} = 0,955$$

$$V_s(2,0 \text{ bar}) = \frac{V_h}{d} = \frac{12060}{0,955} = 12628,3 \text{ V}$$

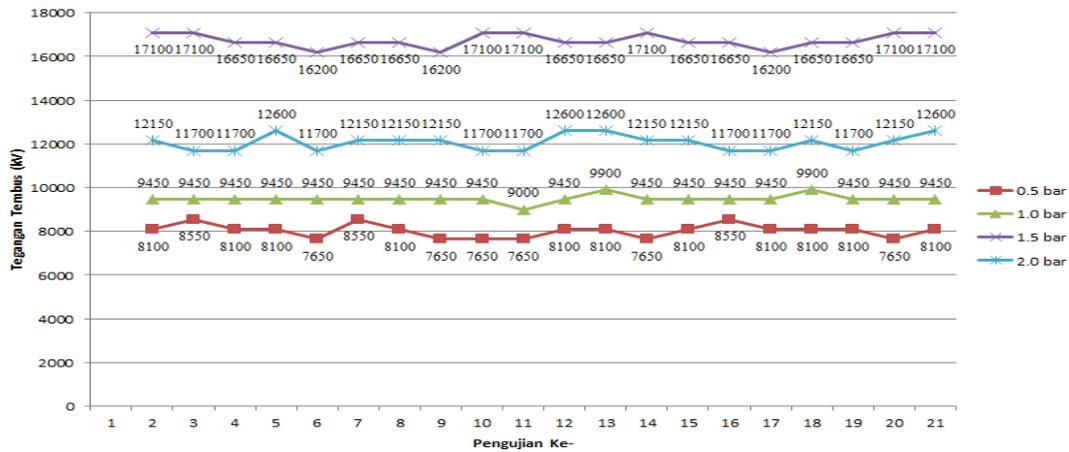
$$V_s(1,5 \text{ bar}) = \frac{V_h}{d} = \frac{10485}{0,955} = 10979,1 \text{ V}$$

$$V_s(1,0 \text{ bar}) = \frac{V_h}{d} = \frac{9472,5}{0,955} = 9918,8 \text{ V}$$

$$V_s(0,5 \text{ bar}) = \frac{V_h}{d} = \frac{8032,5}{0,955} = 8410,9 \text{ V}$$

Pada tabel 2 menunjukkan hasil pengujian tegangan tembus gas Argon menggunakan elektroda jarum-jarum dengan jarak 1,5 cm. Kemudian rata-rata tegangan tembus dihitung menggunakan rumus faktor koreksi udara standar VDE 0432-2. Hasil perhitungan standar VDE 0432-2. rata-rata tegangan tembus pada tekanan gas 0,5 bar 8410,9 V ; tekanan gas 1,0 bar 9918,8 V; tekanan gas 1,5 bar 10979,1 V; tekanan gas 2,0 bar 12628,3 V.

Dari Tabel 2 di atas, dapat menghasilkan kurva linier karakteristik tegangan tembus yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Kurva Karakteristik Pengujian Gas Argon Dengan Elektroda Jarum-jarum Jarak Sela 1,5 cm

Tabel 3 Tegangan Tembus Gas Argon Dengan Tekanan Gas Elektroda Jarum-Jarum 1,0 Bar

Tegangan Tembus Pada Sela Jarak Elektroda Berbeda (kV)				
NO	0.5 cm	1.0 cm	1.5 cm	2.0 cm
1	14400	10800	9450	16200
2	14850	9900	9450	14850
3	13500	10800	9450	15300
4	13500	9900	9450	16200
5	13050	9900	9450	15300
6	13050	9900	9450	15300
7	13050	10350	9450	15300
8	13500	9900	9450	15300
9	13500	10350	9450	15750
10	13500	10350	9000	16200
11	13500	10350	9450	15750
12	13500	10350	9900	15300
13	13500	9900	9450	15750
14	13050	9900	9450	15750
15	13050	10800	9450	16200
16	13500	11250	9450	15750
17	12600	10350	9900	15750
18	13050	9450	9450	15750
19	13050	10350	9450	15750
20	13500	10350	9450	15750
Rata-Rata	13410	10260	9472.5	15660

Faktor koreksi udara:

$$d = \frac{0,386 \cdot b_B}{273 + t_B}$$

$$b_B = 753,2 \text{ mmHg}$$

$$t_B = 27,1^\circ C$$

$$d = \frac{0,386 \cdot 753,2}{273 + 27,1} = 0,968$$

$$V_s(2,0 \text{ cm}) = \frac{V_h}{d} = \frac{15660}{0,968} = 16177,9 \text{ V}$$

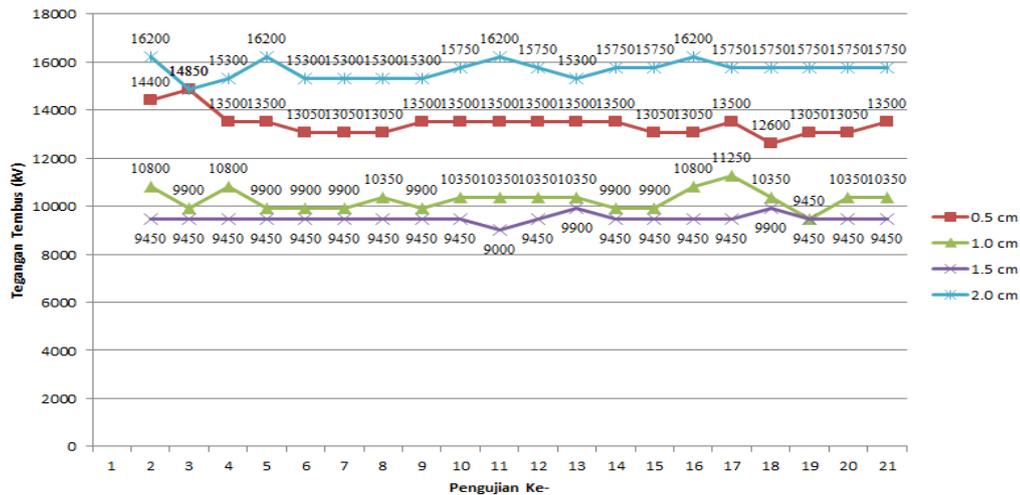
$$V_s(1,5 \text{ cm}) = \frac{V_h}{d} = \frac{9472,5}{0,968} = 9785,6 \text{ V}$$

$$V_s(1,0 \text{ cm}) = \frac{V_h}{d} = \frac{10260}{0,968} = 10599,2 \text{ V}$$

$$V_s(0,5 \text{ cm}) = \frac{V_h}{d} = \frac{13410}{0,968} = 13853,3 \text{ V}$$

Pada tabel 3 menunjukkan hasil pengujian tegangan tembus gas Argon menggunakan elektroda jarum-jarum dengan tekanan gas 1,0 bar. Kemudian rata-rata tegangan tembus dihitung menggunakan rumus faktor koreksi udara standar VDE 0432-2. Hasil perhitungan standard VDE 0432-2. rata-rata tegangan tembus pada sela 0,5 cm 13853,3 V ; sela 1,0 cm 10599,2 V ; sela 1,5 cm 9785,6 V ; sela 2,0 cm 16177,9 V.

Dari Tabel 3 di atas, dapat menghasilkan kurva linier karakteristik tegangan tembus yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Kurva Karakteristik Pengujian Gas Argon Dengan Tekanan Gas Elektroda Jarum-Jarum 1,0 bar

Tabel 4 Tegangan Tembus Gas Argon Dengan Tekanan Gas Elektroda Bola-Bola 2,0 Bar

Tegangan Tembus Pada Sela Jarak Elektroda Berbeda (kV)				
NO	0.5 cm	1.0 cm	1.5 cm	2.0 cm
1	20700	36450	43650	56700
2	20700	36900	44100	59400
3	20700	33300	41850	58500
4	20350	34650	41400	58950
5	21150	34200	43200	58050
6	21150	33300	44100	58500
7	20350	36000	44550	58950
8	20350	36900	45000	58050
9	21150	36450	45000	58500
10	20700	36900	44550	58950
11	20350	36450	45000	58500
12	20700	36450	45000	58500
13	21150	36900	45450	58950
14	20350	37350	45000	58050
15	20700	36000	44550	58050
16	20700	36000	45000	58500
17	21150	36450	44550	58500
18	20350	36900	44550	58950
19	20350	36450	45000	58950
20	20700	37350	44550	58500
Rata-Rata	20690	36067.5	44302.5	58500

Faktor koreksi udara:

$$d = \frac{0,386 \cdot b_B}{273 + t_B}$$

$$b_B = 752,6 \text{ mmHg}$$

$$t_B = 28,2^\circ \text{C}$$

$$d = \frac{0,386 \cdot 752,6}{273 + 28,2} = 0,964$$

$$V_s(2,0 \text{ cm}) = \frac{V_h}{d} = \frac{58500}{0,964} = 60684,6 \text{ V}$$

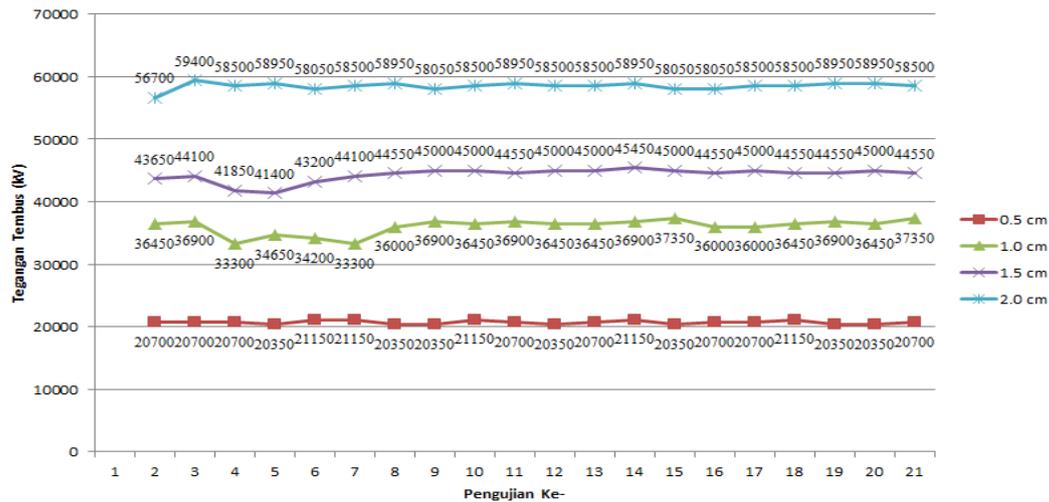
$$V_s(1,5 \text{ cm}) = \frac{V_h}{d} = \frac{44302,5}{0,964} = 45956,9 \text{ V}$$

$$V_s(1,0 \text{ cm}) = \frac{V_h}{d} = \frac{36067,5}{0,964} = 37414,4 \text{ V}$$

$$V_s(0,5 \text{ cm}) = \frac{V_h}{d} = \frac{20690}{0,964} = 21462,6 \text{ V}$$

Pada tabel 4 menunjukkan hasil pengujian tegangan tembus gas Argon menggunakan elektroda bola-bola dengan tekanan gas 2,0 bar. Kemudian rata-rata tegangan tembus dihitung menggunakan rumus faktor koreksi udara standar VDE 0432-2. Hasil perhitungan standar VDE 0432-2. rata-rata tegangan tembus pada sela 0,5 cm 21462,6 V ; sela 1,0 cm 37414,4 V; sela 1,5 cm 45956,9 V; sela 2,0 cm 60684,6 V.

Dari Tabel 4 di atas, dapat menghasilkan kurva linier karakteristik tegangan tembus yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Kurva Karakteristik Pengujian Gas Argon Dengan Tekanan Gas Elektroda Bola-bola 2,0 Bar

5. KESIMPULAN

1. Jika jarak sela elektroda semakin panjang maka tegangan tembus gas isolasi semakin tinggi, jarak sela elektroda berbanding lurus dengan nilai tegangan tembus gas isolasi.
2. Jika tekanan gas dinaikkan maka tegangan tembus gas isolasi juga akan meningkat, dengan kata lain jumlah tekanan gas berbanding lurus dengan nilai tegangan tembus gas isolasi.
3. Variasi elektroda baik elektroda bola-bola maupun jarum-jarum dalam 20 kali pengujian menghasilkan tegangan rata-rata yang berbeda. Dimana tegangan rata-rata menggunakan elektroda bola-bola dengan jarak sela 0,5 cm dengan tekanan gas 0,5 bar adalah 13387,5 kV, sedangkan pada elektroda jarum-jarum dengan sela jarak dan tekanan yang sama adalah 11137,5 kV.
4. Berdasarkan kurva linier, elektroda bola-bola sangat cepat mengalami kenaikan tegangan tembusnya dibandingkan dengan elektroda jarum-jarum.

5. Tekanan udara dan suhu ruangan sangat berpengaruh naik atau turunnya tegangan tembus pada saat pengujian setiap jarak sela maupun tekanan gasnya.

SARAN

Penelitian ini masih terdapat kekurangan sehingga perlu dilanjutkan dan dikembangkan. Penelitian ini juga dilakukan berdasarkan perlengkapan bahan dan alat yang ada pada laboratorium. Oleh sebab itu, disarankan agar fasilitas laboratorium yang lengkap supaya penelitian selanjutnya dapat dilakukan. Misalnya, Skripsi ini dapat dilanjutkan dengan melakukan penelitian yang menghitung besar arus pada tegangan tembus, polaritas negatif untuk karakteristik tegangan tembus dan menghitung *pulse* menggunakan osiloskop tegangan tembus

DAFTAR PUSTAKA

I.S. Hwang, H.K. Kang, Y.H. Kim, B.Y. Seok, K.S. Park, J.H. Woo. *Analysis On Dielectric Strength Of Sf₆ Gas For Gas Insulated Transformer*. Korea. Hyundai Heavy Industries Co., LTD.

L. Bonggas. 2012. *Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi* Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Sasmito Teguh Prihatnolo, Abdul Syakur, St, Mt, Mochammad Facta, St, Mt. *Pengukuran Tegangan Tembus Dielektrik Udara Pada Berbagai Sela Dan Bentuk Elektroda Dengan Variasi Temperatur*

Sekitar. Semarang. Teknik Elektro Universitas Diponegoro

Tumpal Pardede, Fri Murdy. 2017. *Studi Karakteristik Tegangan Tembus DC Polaritas Positif Pada Gas Nitrogen (N₂)*. Pekanbaru. Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau.