

PERANCANGAN *CHAMBER* VARIASI BAHAN ELEKTRODA UNTUK PENGUKURAN IONISASI DARI SUMBER TEGANGAN TINGGI AC DAN DC

Marcellinus Christian Adi Nugroho^{*)}, Abdul Syakur, dan Agung Warsito

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail:mchristianadi69@gmail.com

Abstrak

Di dalam dunia kelistrikan terutama pada jurusan-jurusan teknik elektro sendiri, pengaplikasian dari tegangan tinggi maupun tentang ionisasi dan peluahan sebagian masih kurang. Pada praktikum tegangan tinggi di kampus Teknik Elektro Universitas Diponegoro, pengaplikasian dalam praktikum masih belum diterapkan secara praktis. Oleh sebab itu diperlukan alat yang dapat menunjang pengaplikasian tersebut. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan elektroda positif dengan fasa dan elektroda negatif dengan *ground*. Kemudian tegangan tinggi akan dibangkitkan dan diinjeksikan ke *chamber*. Hasil pengukuran akan dimasukkan kedalam perhitungan untuk mencari nilai muatan (nano coulomb) dan akan dibandingkan antara sumber tegangan tinggi AC dan DC. Masing-masing percobaan akan divariasi bahan elektroda menggunakan elektroda jarum bidang tembaga dan juga aluminium, dengan variasi jarak 2 dan 4 cm. Tegangan tinggi akan divariasi 4, 5, dan 6 kV tanpa DBD (*Dielectric Barrier Discharge*) dan dengan DBD. Dari hasil pengujian perbandingan jarak pada elektroda memengaruhi besarnya pelepasan muatan. Semakin dekat jarak antar elektroda, maka semakin besar dan cepat pula muatan dilepaskan. Hal ini juga terjadi untuk bahan elektroda aluminium. Pada pengujian ionisasi secara keseluruhan baik AC maupun DC menghasilkan kenaikan pelepasan muatan yang berbanding lurus dengan besarnya tegangan yang diuji.

Kata Kunci: Ionisasi, Peluahan Sebagian, Chamber Uji Elektroda, Tegangan Tinggi AC dan DC

Abstract

In the world of electricity, especially in electrical engineering majors, high voltage applications, ionization and partial discharge are still lacking. In the high voltage practicum in Electrical Engineering at Diponegoro University, application in practicum is still not practically applied. Therefore we need a tool that can support the application. Testing is done by connecting the positive electrode with phase and negative electrode with ground. Then the high voltage will be raised and injected into the chamber. The measurement results will be entered into the calculation to find the charge value and will be compared between AC and DC high voltage sources. Each electrode material will be varied using needle electrodes in copper and aluminum, with variations in distances of 2 and 4 cm. High voltage will be varied 4, 5, and 6 kV. From the results of testing the comparison of the distance on the electrode affects the amount of discharge. The closer the distance between the electrodes, the greater and faster the charge is released. This also happens for aluminum electrode materials. In the overall ionization test both AC and DC produced an increase in load release which was directly proportional to the amount of stress tested.

Keywords: Ionization, Partial Discharge, Electrode Test Chamber, AC and DC High Voltage.

1. Pendahuluan

Udara merupakan bahan isolasi yang banyak digunakan pada peralatan tegangan tinggi misalnya pada *arrester* sela batang yang terpasang di saluran transmisi, selain itu udara juga digunakan sebagai media peredam busur api pada pemutus tenaga (*Circuit Breaker*). Sementara bahan isolasi cair banyak digunakan sebagai isolasi dan pendingin pada trafo karena memiliki kekuatan isolasi lebih tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan tembus yang

terjadi pada media isolasi udara dan minyak cenderung meningkat seiring pertambahan jarak sela. Apabila tegangan yg diterapkan mencapai ketinggian tertentu, maka bahan isolasi tersebut akan mengalami pelepasan muatan (lucutan, *discharge*), yg merupakan suatu bentuk kegagalan listrik. Kegagalan ini menyebabkan hilangnya tegangan dan mengalirnya arus dalam bahan isolasi. Percobaan-percobaan telah dilakukan untuk menguji dan mengukur peluahan sebagian, ionisasi, maupun uji *discharge*. Contohnya pada H.B.H. Sitorus

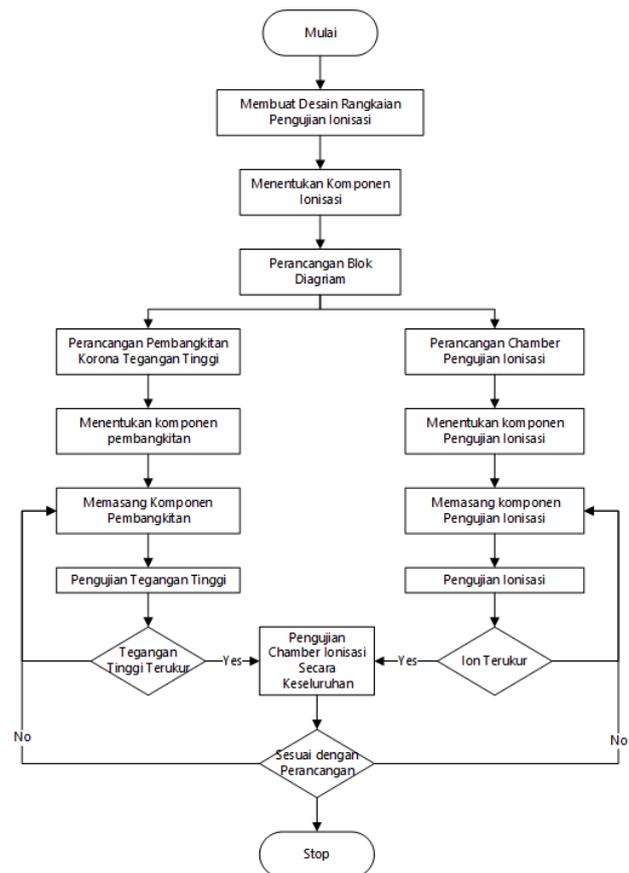
(2008) melakukan pengukuran tegangan tembus dielektrik udara pada berbagai sela dan bentuk elektroda dengan variasi temperatur sekitar[3]. W. R Putra (2015) yang menguji pengaruh bentuk material elektroda terhadap *partial discharge*[6]. Dalam pengukurannya sendiri U. Khayam (2015) telah mendesain alat pengukuran berupa RC *circuit* untuk mendeteksi *partial discharge*[7]. Kemudian Abdul Syakur (2016) yang menganalisis *partial discharge* melalui *Electrical Treeing*[8]. Devy Martoni (2008) melakukan analisis karakteristik peluahan sebagian pada model void berdasarkan fungsi waktu dan tegangan dalam PVC[14]. Di dalam dunia kelistrikan terutama pada jurusan-jurusan teknik elektro sendiri pengaplikasian dari tegangan tinggi maupun tentang ionisasi dan peluahan sebagian masih kurang. Pada praktikum tegangan tinggi di kampus Teknik Elektro Universitas Diponegoro, pengaplikasian dalam praktikum masih belum diterapkan secara praktis. Oleh sebab itu diperlukan alat yang dapat menunjang pengaplikasian tersebut. Pada penelitian ini dirancang chamber uji elektroda yang dapat divariasikan bahan dan jaraknya, dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi AC dan DC kemudian diukur melalui RC *detector* dan osiloskop.

2. Metode

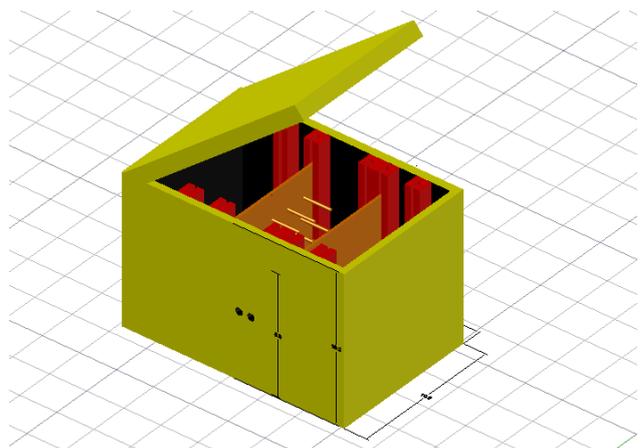
2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pengujian ionisasi terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan pembuatan pengujian ionisasi bertujuan untuk memudahkan dalam membagi rangkaian menjadi beberapa bagian blok diagram yaitu bagian *chamber*, sumber tegangan, penyaluran oksigen untuk menguji adanya ozon, dan ionisasi. Gambar 1 menunjukkan *flowchart* pembuatan pengujian ionisasi. Berdasarkan Gambar 1. pada tahap awal perancang, penulis menentukan terlebih dahulu desain dari pengujian ionisasi yang akan digunakan yaitu dengan menggunakan *chamber all-in*. *Chamber* ini terdiri dari *box horizontal* dengan beberapa *slot* yang dapat digunakan untuk variasi bahan elektroda. Bahan elektroda ini terdiri dari alumunium dan tembaga dengan bentuk topologi jarum dan bidang. *Slot* tersebut dipasang pada jarak-jarak tertentu sebagai variasi jarak. Diantara 2 elektroda dipasang *slot* untuk DBD (*Dielectric Barrier Discharge*) secara khusus untuk tambahan variasi. *Chamber* dapat dibuka dan ditutup dengan *seal* perekat.

Desain perancangan *chamber* tersebut menggunakan *AutoCad* 2014 ditunjukkan oleh gambar 2.



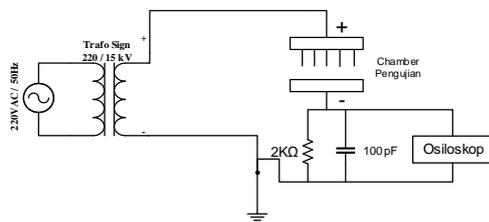
Gambar 1. Flowchart Pengujian Chamber Elektroda



Gambar 2. Penampang Diagonal Chamber

2.2. Perancangan Pengujian Sumber Tegangan Tinggi AC

Pembangkitan tegangan tinggi AC menggunakan sumber AC 220 V yang hubungkan dengan Trafo *Neon-Sign* 15kV. Besarnya pembangkitan disesuaikan dengan *Variac* yang dipasang pada sumber AC 220 V.



Gambar 3. Rangkaian Pembangkitan dan Pengujian Ionisasi Tegangan Tinggi AC

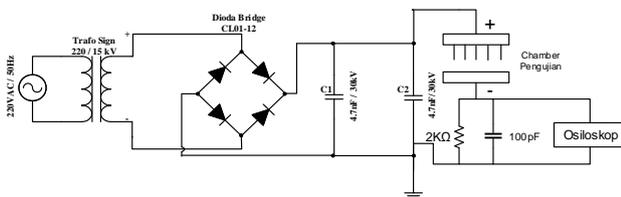
2.3. Perancangan Pengujian Sumber Tegangan Tinggi DC

Penyearah yang digunakan ada adalah penyearah tegangan tinggi menggunakan *diode bridge* 12 kV yang masing-masing diserikan menjadi diode 24 kV di setiap cabangnya. V_M adalah tegangan puncak yang dihasilkan dari trafo yaitu sebesar 15 kV per 220 V. V_{AC} adalah tegangan sumber AC dari nilai *tap* trafo yang digunakan. Nilai V_M untuk *power supply* adalah sebagai berikut:

$$V_M = 15000/220 \cdot V_{AC} \quad \dots (1)$$

Sehingga berdasarkan Persamaan 3.1 didapatkan :

$$\begin{aligned} V_M &= 15000/220 \cdot V_{AC} \\ &= 15000/220 \cdot 110 \\ &= 7,5 \text{ kV} \end{aligned}$$



Gambar 4. Rangkaian Pembangkitan dan Pengujian Ionisasi Tegangan Tinggi DC

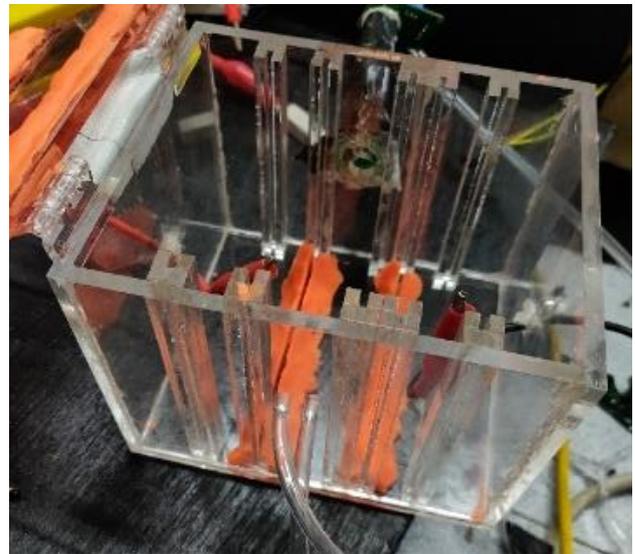
Tabel 1. Spesifikasi penyearah rangkaian daya

Parameter	Spesifikasi/Nilai Besaran
Jenis Trafo	Trafo Neon-Sign
Rating Tegangan <i>Input</i> (primer)	220VAC
Rating Tegangan <i>Output</i> (sekunder)	15 kVAC
Dioda CL01-12	Menyearahkan sampai 12000V
Kapasitor	4.7nF/30kV
Kapasitor Pengukuran	100pF
Resistor Pengukuran	2000Ω
Variac	V_{in} : 0V – 220V

2.4. Konfigurasi Dasar Pengujian Ionisasi

Ruang *chamber* terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu elektroda positif, elektroda negatif (*ground*) dan bahan dielektrik yang digunakan yaitu udara dan kaca. Bentuk dan

gambar *chamber* pengujian ionisasi dapat dilihat seperti pada gambar 5. sebagai berikut.



Gambar 5. Chamber Elektroda

Dalam *chamber* yang dimodifikasi, elektroda plat dan jarum. Elektroda ini dimasukkan secara paralel satu sama lain dan selembar kaca 2 mm digunakan sebagai isolator melekat pada satu sisi elektroda. Bentuk elektroda ditunjukkan pada Gambar 6.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 6. Elektroda (a) Tembaga Jarum (b) Tembaga bidang (c) Aluminium Jarum dan (d) Aluminium Bidang

2.5. Prosedur Pengujian

Chamber elektroda yg dimodifikasi ini memiliki dimensi Panjang x lebar x tinggi = 14x12x11 cm dengan tebal dinding akrilik 5 mm dan memiliki penutup 14x12x0,5 cm. Memiliki penjepit slot sebanyak 4 pasang untuk variasi elektroda dan 1 slot untuk penjepit DBD (*Dielectric Barrier Discharge*) dengan dimensi 1x1x10,5 cm dan rongga untuk menjepit sebesar 0,5x0,2x10,5 cm. Jarak antar slot sebesar 2 cm, kecuali untuk DBD sebesar 1 cm dari slot elektroda negatif. Elektroda yang dipasang terdiri tembaga jarum plat, dan aluminium jarum plat. Keduanya memiliki dimensi yang sama yaitu 10x10,5x0,2 cm. Panjang jarum 2,5 cm dan jarak 1,5 cm dari elektroda negatif jika tanpa DBD. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan elektroda positif dengan fasa dan elektroda negatif dengan *ground*. Kemudian tegangan tinggi akan dibangkitkan dan diinjeksikan ke *chamber*. Hasil pengukuran akan dimasukkan kedalam perhitungan untuk mencari nilai muatan (nano coulomb) dan akan dibandingkan antara sumber tegangan tinggi AC dan DC. Masing-masing percobaan akan divariasi bahan elektroda menggunakan elektroda jarum bidang tembaga dan juga

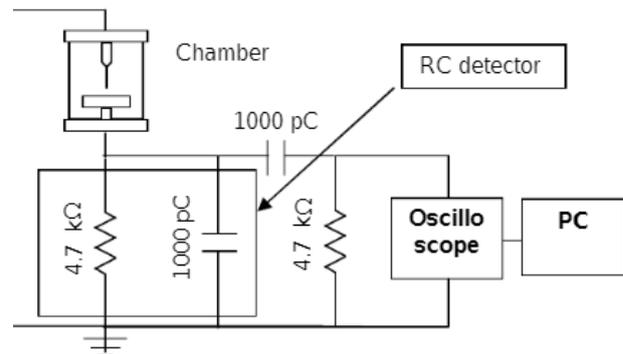
aluminium, dengan variasi jarak 2 dan 4 cm. Tegangan tinggi akan divariasi 4, 5, dan 6 kV tanpa DBD dan dengan DBD.

2.6. RC Detector

Alat ini terdiri dari rangkaian resistor dan kapasitor yang diparalel dan digunakan untuk mendeteksi pulsa PD (*Partial Discharge*) yang terjadi pada *sample* dan mendeteksi sinyal yang ditransmisikan ke sebuah *High Pass Filter* (HPF) sehingga mendapatkan informasi mengenai sudut fasa dari tegangan sinusoidal fundamental 50 Hz yang dibangkitkan secara simultan atau bersamaan dengan tegangan yang diterapkan[14]. Rangkaian RC ini berfungsi sebagai integrator pulsa arus PD menjadi tegangan sesuai dengan persamaan:

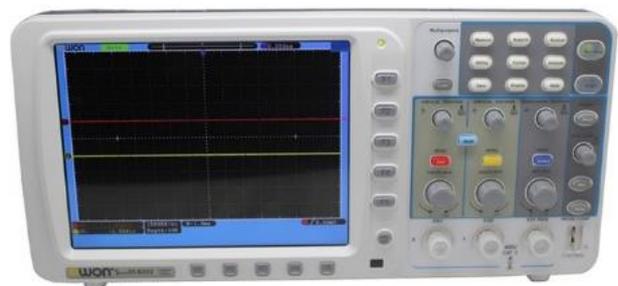
$$V_d = \frac{1}{C_d} \int i(t) dt \quad \dots (2)$$

Dimana $i(t)$ adalah arus pulsa PD. C_d adalah kapasitor detektor dan V_d adalah tegangan pulsa PD.



Gambar 7. Conoh Konfigurasi sistem pengukuran PD

2.7. Osiloskop.



Gambar 8. Osiloskop Owon SDS8202

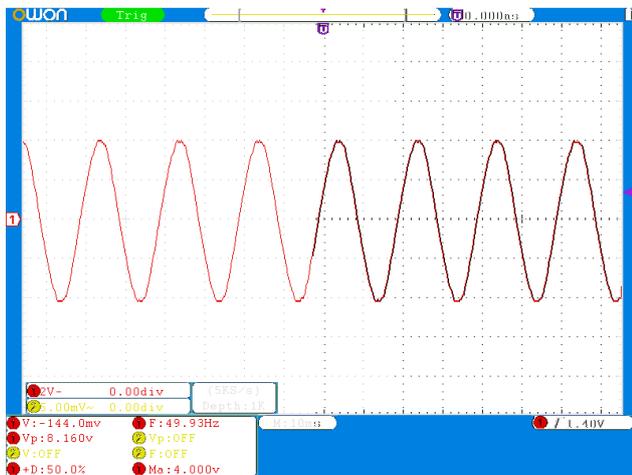
Osiloskop yang digunakan dalam pengukuran ini adalah jenis *Deep Memory Oscilloscope* SDS8202 buatan Owon yang kompak dan portable, memiliki 2 channel dengan bandwidth 200 Mhz, laju sample maksimum per channel 2

GS/s. Panjang data yang direkam 10 M per *channel*, dengan kapasitas memori 4 KB. Osiloskop ini juga dilengkapi *port* USB[14].

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengukuran Transformator Sign

Tegangan keluaran dari transformator sign dapat bervariasi antara 4 kVolt sampai dengan 6 kVolt AC. Pengukuran yang dilakukan yaitu sebanyak 3 kali dengan besar tegangan keluaran yang berbeda. Pengukuran pertama pada keluaran *transformator sign* dapat dilihat dari hasil pengukuran dengan osiloskop seperti pada gambar 9. sebagai berikut.



Gambar 9. Tegangan keluaran transformator pada pengukuran pertama. 2 volt/div, 10 ms/div, probe x1000

3.2. Pengukuran Ionisasi dengan Sumber AC

Pulsa-pulsa ion selama pengukuran dideteksi menggunakan rangkaian RC *detector* dan dapat diamati pada osiloskop digital Owon SDS8202 yang memiliki 2 *channel* dengan *bandwidth* 200 Mhz, laju sampling maksimum per *channel* 2 GS/s. Pengambilan data dilakukan dengan menyimpan data dengan alat bantu laptop, sehingga perekaman data tidak dilakukan secara simultan. Selanjutnya data hasil pengukuran diolah dengan bantuan software *Microsoft Excel*. Pengukuran ionisasi ini menggunakan rangkaian RC detector yang dihubungkan dengan osiloskop. Besar nilai kapasitansi pada kapasitor ukur sebesar 130 pF (terukur) atau 100pf (tertera).

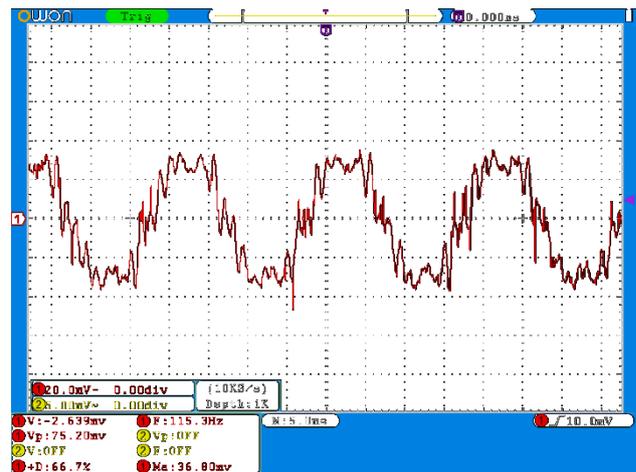
3.2.1. Pengukuran Dengan Elektroda Tembaga

Pada percobaan ini tembaga yang digunakan adalah elektroda jarum bidang dengan panjang jarum 2 cm dan luas bidang 10x10,5 cm. Elektroda jarum yang dipakai terbuat dari kawat tembaga berjumlah 36 jarum, yang dipasang tegak lurus dengan PCB tembaga. Dalam

percobaan ini terdapat beberapa variasi yaitu variasi jarak dan variasi medium penghalang.

Tabel 2. Perbandingan Tegangan Uji dengan Tegangan Peluahan AC Tembaga

Tegangan Uji (kV)	Tegangan Peluahan (mV)	Banyak Muatan (nC)
4	75,20	0,00978
5	418,00	0,0543
6	510,00	0,0663



Gambar 10. Tegangan Keluaran pada RC Detector dengan sumber 4 kV AC

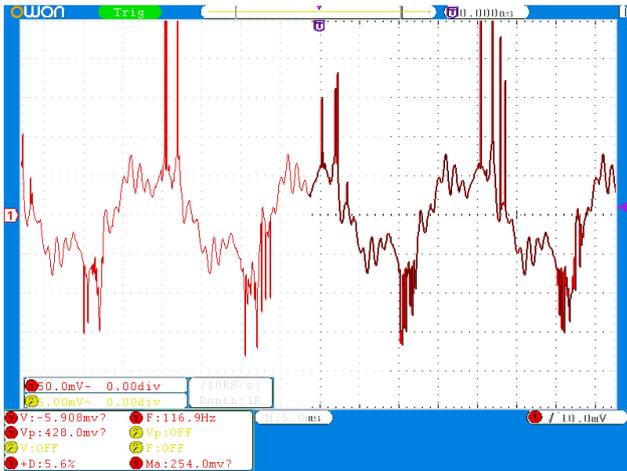
Dari gambar 10 menunjukkan bentuk gelombang sinus dari ionisasi tegangan tinggi AC 4 kV jarak 2 cm tanpa penghalang. Tegangan peluahan yang terukur pada rangkaian RC dan osiloskop sebesar 75,2 mV.

3.2.2. Pengukuran Dengan Elektroda Aluminium

Tabel 3. Perbandingan Tegangan Uji dengan Tegangan Peluahan AC Aluminium

Tegangan Uji (kV)	Tegangan Peluahan (mV)	Banyak Muatan (nC)
4	60,00	0,0078
5	98,00	0,0127
6	428,00	0,0556

Pada percobaan ini aluminium yang digunakan adalah elektroda jarum bidang dengan panjang jarum 2 cm dan luas bidang 10x10,5 cm. Elektroda jarum yang dipakai terbuat dari kawat aluminium berjumlah 25 jarum, yang dipasang tegak lurus dengan lempengan aluminium. Dalam percobaan ini terdapat beberapa variasi yaitu variasi jarak dan variasi medium penghalang.



Gambar 11. Hasil Pengujian Respons Sistem dengan Referensi Naik.

Dari gambar 11 menunjukkan bentuk gelombang dari ionisasi tegangan tinggi AC 6 kV. Tegangan peluahan yang terukur pada rangkaian RC dan osiloskop sebesar 428 mV.

3.2.3. Perbandingan Nilai Muatan Peluahan Tiap Elektroda Sumber Tegangan Tinggi AC

Pelepasan muatan akibat tegangan tinggi AC memiliki nilai yang berbeda-beda terhadap bahan elektroda yang diuji, lebarnya jarak antar elektroda, dan juga ada tidaknya *barrier* antar elektroda. Konduktivitas bahan logam memengaruhi kemampuan suatu logam dalam menghantarkan muatan listrik. Konduktivitas logam juga memengaruhi kecepatan suatu logam untuk mengalami peluahan sementara maupun peluahan keseluruhan.



Gambar 12. Perbandingan Pegujian Elektroda Tembaga dan Aluminium Tanpa Penghalang Jarak 2 cm.

Berdasarkan hasil pada Gambar 12. bahwa pada pengujian ionisasi elektroda tembaga sedikit lebih unggul dibandingkan dengan elektroda aluminium pada ketiga variasi tegangan. Perbedaan yang cukup signifikan terlihat pada tegangan uji 5 kV. Hal ini membuktikan bahwa pada dasarnya konduktivitas tembaga lebih baik daripada aluminium.

3.3. Pengukuran Pada Dioda Bridge

Tegangan keluaran dari *diode bridge* merupakan tegangan tinggi DC. Pengukuran dilakukan pada kapasitor simpan yang di paralel dengan keluaran *diode bridge* dengan kapasitansi 4,7 nF/30 kV dan sebanyak 3 kali dengan besar tegangan keluaran yang berbeda. Pengukuran pertama pada keluaran dioda *bridge* dapat dilihat dari hasil pengukuran dengan osiloskop seperti pada gambar 13 sebagai berikut.



Gambar 13. Tegangan keluaran transformator pada pengukuran pertama. 1 volt/div, 20 ms/div, probe x1000

Dari gambar 13. dapat dilihat bahwa besarnya tegangan puncak keluaran dari trafo adalah sebesar 4,2 div. Maka besarnya tegangannya dapat dihitung sebagai berikut. $V = 4,2 \text{ div} \times 1 \text{ volt/div} \times 1000 = 4.200 \text{ Volt} = 4,2 \text{ kVolt}$.

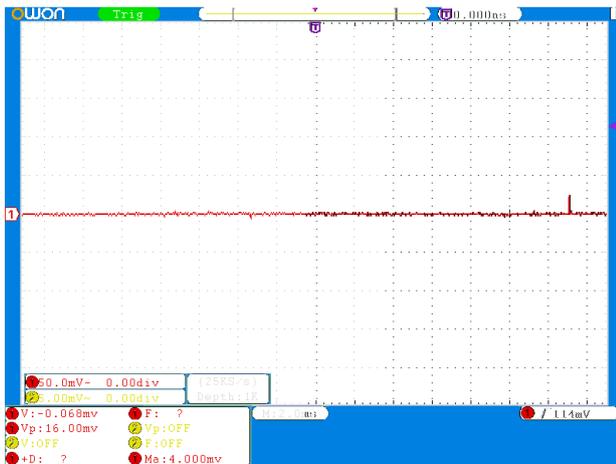
3.4. Pengujian Ionisasi Dengan Sumber DC

3.4.1. Pengukuran Dengan Elektroda Tembaga

Sama seperti percobaan AC, pada percobaan ini tembaga yang digunakan adalah elektroda jarum bidang dengan panjang jarum 2 cm dan luas bidang 10x10,5 cm. Elektroda jarum yang dipakai terbuat dari kawat tembaga berjumlah 36 jarum, yang dipasang tegak lurus dengan tembaga. Dalam percobaan ini terdapat beberapa variasi yaitu variasi jarak dan variasi medium penghalang.

Tabel 4. Perbandingan Tegangan Uji dengan Tegangan Peluahan DC Tembaga Tanpa DBD

Tegangan Uji (kV)	Tegangan Peluahan (mV)	Banyak Muatan (nC)
4	16,00	0,00208
5	24,00	0,00312
6	58,00	0,00754



Gambar 14. Tegangan Keluaran pada RC Detector dengan sumber DC 4 kV Tembaga Tanpa DBD

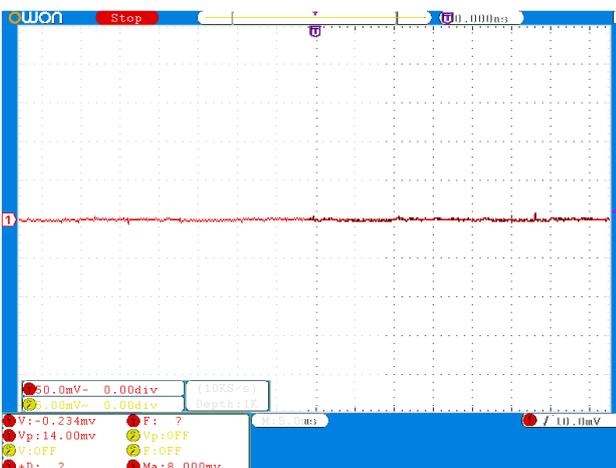
Dari gambar 14. menunjukkan bentuk gelombang datar dan terjadi sedikit ionisasi. Tegangan peluahan yang terukur pada rangkaian RC dan osiloskop sebesar 16 mV.

3.4.2. Pengukuran Dengan Elektroda Aluminium

Tabel 5. Perbandingan Tegangan Uji dengan Tegangan Peluahan AC Aluminium

Tegangan Uji (kV)	Tegangan Peluahan (mV)	Banyak Muatan (nC)
4	8,00	0,00104
5	12,00	0,00156
6	14,00	0,00182

Pada percobaan ini aluminium yang digunakan adalah elektroda jarum bidang dengan panjang jarum 2 cm dan luas bidang 10x10,5 cm. Elektroda jarum yang dipakai terbuat dari kawat aluminium berjumlah 25 jarum, yang dipasang tegak lurus dengan lempengan aluminium. Dalam percobaan ini terdapat beberapa variasi yaitu variasi jarak dan variasi medium penghalang.

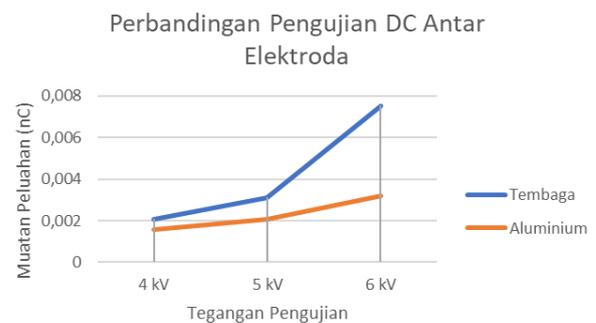


Gambar 15. Tegangan Keluaran pada RC Detector dengan Sumber DC 6 kV Aluminium DBD.

Dari gambar 15. menunjukkan bentuk gelombang dari ionisasi tegangan tinggi DC 6 kV. Tegangan peluahan yang terukur pada rangkaian RC dan osiloskop sebesar 14 mV.

3.4.3. Perbandingan Nilai Muatan Peluahan Tiap Elektroda Sumber Tegangan Tinggi DC

Pelepasan muatan akibat tegangan tinggi DC secara teori lebih kecil dibandingkan dengan tegangan AC. Karena hal inilah pembangkit tegangan tinggi DC biasa digunakan untuk membangkitkan tegangan impuls petir. Sama seperti tegangan AC, tegangan DC memiliki nilai peluahan yang berbeda-beda terhadap bahan elektroda yang diuji, lebarnya jarak antar elektroda, dan juga ada tidaknya barrier antar elektroda. Konduktivitas bahan logam memengaruhi kemampuan suatu logam dalam menghantarkan muatan listrik dan juga memengaruhi kecepatan suatu logam untuk mengalami peluahan sementara maupun peluahan keseluruhan.

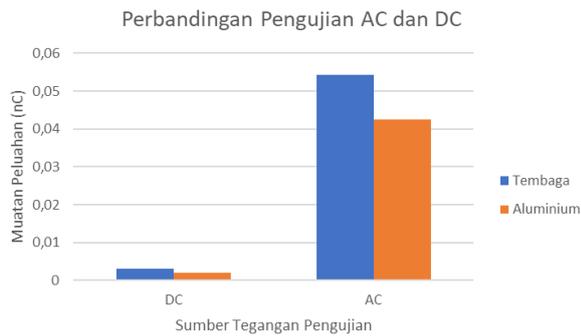


Gambar 16. Perbandingan Pegujian Elektroda Tembaga dan Aluminium Tanpa Penghalang Jarak 2 cm.

Perbandingan pengujian pada gambar 16. diambil pada parameter no barrier dengan jarak 2 cm, didapatkan bahwa tembaga memiliki nilai muatan lebih besar untuk ketiga variasi tegangan uji. Hal ini membuktikan bahwa konduktivitas dari tembaga lebih baik dari aluminium.

3.5. Perbandingan Pengujian Ionisasi pada Sumber AC dan DC

Pengujian dengan sumber AC baik elektroda tembaga maupun aluminium menghasilkan muatan peluahan yang lebih besar pula daripada pengujian dengan sumber DC. Hal ini disebabkan DC memiliki karakteristik membutuhkan tegangan yang cukup tinggi untuk memulainya dan menjaganya tetap *sustained* serta tidak menghilang. Berbeda dengan karakteristik AC yang mampu memunculkan peluahan di tegangan yang lebih rendah[13].



Gambar 17. Grafik Perbandingan Pengujian Ionisasi pada AC dan DC

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian perbandingan jarak pada elektroda memengaruhi besarnya pelepasan muatan. Semakin dekat jarak antar elektroda, maka semakin besar dan cepat pula muatan dilepaskan. Hal ini juga terjadi untuk bahan elektroda aluminium. Pada pengujian ionisasi secara keseluruhan baik AC maupun DC menghasilkan kenaikan pelepasan muatan yang berbanding lurus dengan besarnya tegangan yang diuji. Semakin besar tegangan maka muatan elektron yang dilepaskan semakin banyak. Pada pengujian ionisasi tanpa penghalang dan dengan penghalang, rata-rata pelepasan muatan tanpa penghalang menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan penghalang dikarenakan *barrier* menjaga agar elektroda tidak cepat mengalami *discharge*. Adanya ketidaksesuaian dikarenakan pembacaan muatan yang ditangkap oleh RC *detector* dan osiloskop masih belum stabil. Dari perbandingan pengujian dengan sumber AC dan DC, pelepasan muatan pada sumber tegangan tinggi AC lebih besar dibandingkan dengan DC pada variasi tegangan yang sama. Pada sumber tegangan tinggi AC, peluahan dapat terjadi lebih cepat dibandingkan DC, dikarenakan karakteristik AC yang lebih cepat untuk mengisi muatan kapasitor pada RC *detector* dibandingkan dengan DC.

Referensi

- [1]. E. Kuffel, W. S. Zaengl, and J. Kuffel, *High Voltage Engineering*. 2000.
- [2]. S. T. Prihatnolo, A. Syakur, and M. F. Facta, "Pengukuran Tegangan Tembus Dielektrik Udara Pada Berbagai Sela dan Bentuk Elektroda Dengan Variasi Temperatur Sekitar."
- [3]. H. B. H. Sitorus, H. H. Sinaga, and M. Jaenussolihin, "Pola Peluahan Parsial (Partial Discharge-PD) Pada Bahan Isolasi Epoxy Resin," *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, no. 2, 2008.
- [4]. S. Dodd, "DC Insulation Workshop University of Manchester DC Partial Discharge Measurement."
- [5]. A. Syakur, "The Analysis of Partial Discharge (PD) From Electrical Treeing in Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) And High Density Polyethylene (HDPE)," no. January 2008, 2016.
- [6]. A. Syakur, Yuningtyastuti, and W. Ari, "Studi Pengaruh Temperatur Pada Karakteristik Partial Discharge Pada Bahan Resin Epoksi," pp. 1–4.
- [7]. U. Khayam and I. Alhanif, "Design of RC Circuit as Partial Discharge Detector," pp. 323–328, 2015.
- [8]. A. Syakur and D. Martoni, "Sitem Pengukuran Partial Discharge Pada Model Void Dalam PVC (Polyvinyl Chloride)," vol. 7, no. 1, pp. 1–5, 2008.
- [9]. W. R. Putra, I. M. Y. Negara, and I. Satriyadi, "Pengaruh Bentuk dan Material Elektrode terhadap Partial Discharge," vol. 4, no. 1, 2015.
- [10]. Junhong Chen, "Direct-Current Corona Enhanced Chemical Reactions", Ph.D. Thesis, University of Minnesota, USA. August 2002.
- [11]. R. F. Kurnia, "Investigasi Karakter Partial Discharge Pada Material Isolasi Tegangan Tinggi," vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2015.
- [12]. Z. Weixia, Z. Xianping, Z. Shutao, Y. Hong, and W. Dada, "Study on Partial Discharge Detection of 10kV Power," vol. 10, no. 7, pp. 1795–1799, 2012.
- [13]. Matula, R.A. "Electrical resistivity of copper, gold, palladium, and silver". *Journal of Physical and Chemical Reference Data*. 8 (4): 1147, 1979.
- [14]. D. Martoni, Yuningtyastuti, and A. Syakur, "Analisis Karakteristik Peluahan Sebagian Pada Model Void Berdasarkan Fungsi Waktu dan Tegangan dalam Polyvinyl Chloride (PVC)," pp. 1–11, 2008..