

STUDI KOMPARATIF PENENTUAN KARAKTERISTIK PELUAHAN KORONA PADA DIELEKTRIK MINYAK KELAPA MURNI (*VIRGIN COCONUT OIL*)

Erwin Ordiansyah¹, Danial², Yohannes M. Simanjuntak³

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
Pontianak
erwin.ordiansyah@rocketmail.com

Abstrak

Pengujian dilakukan di laboratorium untuk mengetahui karakteristik peluahan korona pada dielektrik minyak kelapa murni dengan menggunakan elektroda jarum-piring/bidang.

Dalam skripsi ini akan diperlihatkan hasil pengujian tegangan tampak awal peluahan korona dan kuat medan elektrik tampak korona. Ukuran jarum yang digunakan berdiameter ujung jarum 15 μ m, 25 μ m dan 70 μ m. Jarak sela antar elektroda yang digunakan mulai dari 0.5 cm, 1 cm, 1.5 cm sampai 2 cm.

Hasil pengujian menunjukkan tegangan tampak awal peluahan korona (Corona Inception Voltage) meningkat seiring dengan semakin besarnya permukaan elektroda jarum dan jarak sela antar elektroda. Pertambahan tegangan tampak awal peluahan korona lebih besar daripada pertambahan titik kelengkungan elektroda, sehingga pertambahan titik kelengkungan elektroda juga memperbesar harga kuat medan elektrik tampak korona.

Kata kunci: Isolasi Minyak, Elektroda Jarum–Piring/bidang, Corona Inception Voltage, Kuat Medan Elektrik Tampak Korona.

Abstract

Tests conducted in the laboratory to determine the characteristics of the corona discharge in virgin coconut oil dielectric by using a needle-plate / field electrode.

In this paper will be shown the results of the test corona inception voltage and corona inception electric field. The size of needle that used of each needle tip in diameters 15 μ m, 25 μ m and 70 lm. The distance between electrode used ranging from 0.5 cm, 1 cm, 1.5 cm to 2 cm.

The results showed the corona inception voltage increases along with the bigger surface of the needle electrode and the distance between electrode. The increase of corona inception voltage looks larger than increase in point electrode curvature, thus the accretion point electrode curvature also increases the price of the corona inception electric field.

Keywords: Insulation Oil, Needle-Plate / field Electrodes, Corona Inception Voltage, corona inception electric field.

1. Pendahuluan

Minyak adalah suatu bahan isolasi cair, dan bahan isolasi cair ini banyak digunakan pada peralatan-peralatan tegangan tinggi, antara lain pada *transformator*, *capacitor*, pemutus tenaga (*circuit breaker*) dan gardu hubung (*switch gear*). Selain berfungsi sebagai media isolasi pada peralatan tegangan tinggi, isolasi minyak tersebut juga berfungsi sebagai media pendingin.

Kekuatan dielektrik isolasi minyak sangat mudah dipengaruhi kontaminan, disebabkan oleh pertambahan volumenya akibat adanya pemuaian.

Peluahan sebagian (*partial discharge*) adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi mekanisme kegagalan pada minyak transformator. Adanya gelembung-gelembung (*bubbles*) udara/gas pada minyak dapat menimbulkan fenomena peluahan dalam (*internal partial discharge*), khususnya fenomena peluahan korona (*corona discharge*). Gelembung-gelembung udara/gas menimbulkan arus bocor yang mengalir pada isolasi minyak. Arus bocor yang terjadi dapat meningkat apabila tegangan yang diterapkan meningkat sehingga terjadi peluahan korona.

Melihat besarnya pengaruh korona terhadap kekuatan dielektrik pada isolasi listrik, maka perlu dilakukan pengkajian atau studi perilaku karakteristik bahan isolasi minyak kelapa murni (VCO) yang dipengaruhi korona.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Isolasi Cair

Beberapa penelitian tentang studi perilaku karakteristik bahan isolasi minyak terhadap pengujian tegangan tampak korona telah banyak diteliti oleh para peneliti dan hingga kini masih terus dilakukan. Dalam penelitian ini, penulis mempelajari karakteristik peluahan korona pada dielektrik minyak kelapa murni (*virgin coconut oil*) dengan menggunakan susunan elektroda jarum-piring. Dari kajian eksperimental, tegangan tampak awal peluahan korona dan kuat medan elektrik tampak korona dapat diperkirakan dan hasil eksperimental tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis.

2.2 Minyak Kelapa Murni (*Virgin Coconut Oil*) [4]

Virgin coconut oil biasa disebut dengan minyak kelapa murni terbuat dari minyak kelapa yang mengalami proses lanjutan sehingga menghasilkan minyak kelapa yang murni. Sehingga minyak kelapa murni sangat stabil dan tidak mudah teroksidasi oleh hama, cahaya, kelembaban dan oksigen.

2.3 Sifat-Sifat Minyak Kelapa Murni

Minyak kelapa murni terdiri atas 90% asam lemak jenuh dan 10% asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh sebagian besar merupakan asam laurat sehingga minyak kelapa juga sering disebut minyak laurat. Asam laurat ini merupakan salah satu senyawa rantai karbon pendek. Adapun komponen asam lemak jenuh adalah asam laurat 44-52%, asam miristat 13-19%, asam palmitat 7,5-10,5%, asam kaprilat 5,5-9,5%, asam stearat 1,0-3,0%. Sementara

asam lemak tak jenuh hanya terdiri dari asam oleat (omega 9) 5,0-8,0%, asam linoleat (omega 6) 1,5-2,5% dan asam palmitoleat 1,3 %.

Dibandingkan dengan minyak nabati lainnya seperti minyak sawit, minyak kedelai, minyak jagung, dan minyak bunga matahari, minyak kelapa murni memiliki beberapa keunggulan, yaitu kandungan asam lemak jenuhnya tinggi, komposisi lemak rantai mediumnya tinggi, dan berat molekulnya rendah.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Pembatasan masalah

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Sampel uji yang digunakan minyak kelapa murni.
 - b. Pengujian menggunakan elektroda jarum dan elektroda piring/bidang.
 - c. Elektroda piring/bidang yang digunakan mempunyai diameter (\varnothing) 10 cm.
 - d. Elektroda jarum yang digunakan mempunyai diameter ujung jarum (\varnothing) 15 μm , 25 μm dan 70 μm .
 - e. Jarak sela antara elektroda (d) yang digunakan mulai dari 0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm sampai 2 cm.
 - f. Tegangan yang diterapkan untuk pengujian adalah tegangan AC (bolak-balik) frekuensi rendah 50 Hertz.
 - g. Temperatur (t) ruang pengujian yang digunakan adalah temperatur minyak kelapa murni pada suhu sekitar 28° sampai 30°C , dan tekanan udara (P) yang digunakan pada pengujian dianggap sama untuk setiap pengujian, yaitu P ruangan.

3.2 Pengambilan data

Dalam proses pengujian dilakukan pengambilan data dengan mengatur jarak sela mulai dari 0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm sampai 2 cm. Dan setiap jarak sela dilakukan pengujian sebanyak 5 kali berturut-turut yang kemudian akan dirata-ratakan dalam bentuk tabel.

3.3

Perhitungan dan analisa

Untuk menghitung dan menganalisa data dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

3.3.1 Menghitung tegangan tampak awal peluahan korona

Dari hasil pengukuran tegangan tampak awal peluahan korona (V_i) yang telah dirata-ratakan, maka dapat dihitung kelengkungan elektroda jarum (R_e) dan kuat medan elektrik tampak korona (E_i) dengan persamaan : [2]

$$R_e = 0.5 \ln (1 + 2d/R) \dots \dots \dots \quad (3.2)$$

dimana :

d = jarak sela antara elektroda (cm)

R_e = kelengkungan elektroda jarum (*point electrode curvature*) (cm)

R = jari-jari kelengkungan dari ujung jarum (cm)

3.4 Model pengujian

3.4.1 Bahan penelitian

Bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian di dalam menyelesaikan skripsi ini adalah :

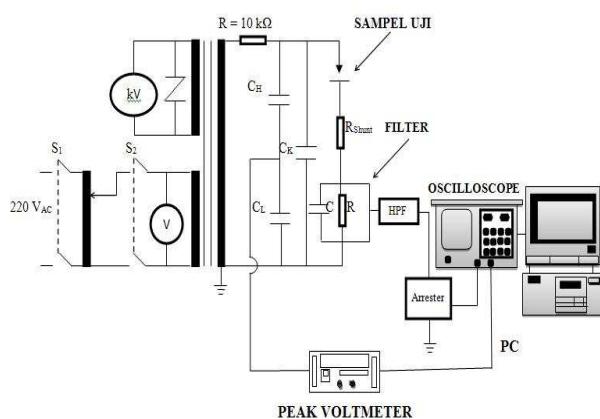
Minyak kelapa murni (VCO) 10 liter ; Minyak kelapa 10 liter ; Wadah minyak kelapa murni 2 buah ; Gelas ukur 3 buah ; Deterjen 430 gram ; Kain pembersih 2 helai ; Tisu 2 kotak.

3.4.2 Peralatan penelitian

Peralatan yang dipakai di dalam penelitian ini adalah untuk melakukan eksperimental di laboratorium. Adapun peralatan-peralatan yang diperlukan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Transformator uji : 220 V/100 kV, 50 Hz, 5 kVA ; Panel Kontrol ; Alat ukur tegangan puncak bolak balik ; Pembagi tegangan kapasitif $C = 0.1 \text{ nF}$; Pembagi tegangan resistif $R = 250 \text{ Mohm}$; Tahanan peredam 10 Kohm ; Digital Oscilloscope DS-1150 150 Mhz ; Elektroda jarum dengan diameter ujung jarum (\varnothing) : 15 μm 25 μm , 70 μm ; Elektroda piring/bidang dengan diameter (\varnothing) 10 cm ; Komputer ; High Pass Filter (HPF) ; RC Detector ; Test Cell (Chamber) ; Elektroda pentanahan ; Tahanan shunt ; Peak Voltmeter AC/DC (MU 15) ; Alat ukur kelembaban ; Multimeter Digital.

3.4.3 Rangkaian Pengukuran



Gambar III.2. Rangkaian pengukuran tegangan tampak awal peluahan korona pada tegangan AC

3.4.4 Prosedur Pengukuran

Secara garis besar, prosedur untuk mengukur tegangan tampak awal peluahan korona dan arus bocor dengan percobaan peluahan korona ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

- Pada tahap persiapan ini adalah menyiapkan peralatan tes, kemudian menyusunnya menjadi rangkaian.
- Sebelum dilakukan pengukuran, peralatan uji dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran dan debu dengan menggunakan kain pembersih. Setelah

dipastikan bersih maka jarak sela kedua elektroda dapat diatur, kemudian dilakukan pengujian pendahuluan yang gunanya untuk melihat kinerja sistem rangkaian pengukuran. Adapun langkah-langkah yang dilakukan, yaitu :

- a. Buat rangkaian percobaan seperti pada gambar III.2.
- b. Masukkan cairan minyak kelapa murni (VCO) ke dalam wadah pengujian
- c. Hubungkan rangkaian pengujian ke sumber tegangan jala-jala (Saklar S_1 hidup)
- d. Naikkan tegangan secara perlahan pada panel trafo tegangan tinggi bolak-balik variable dengan kecepatan $\pm 1 \text{ kV}/\text{detik}$, hingga terjadi peluahan (*discharge*) pada isolasi cair dalam wadah (diperlihatkan pada oscilloscope)
- e. Catat tegangan yang terjadi saat peluahan pada peak voltmeter (V) dan drop tegangan (V_d) pada oscilloscope
- f. Turunkan tegangan secara perlahan sehingga nol (0), matikan saklar S_2 dan S_1

Tahap Pengujian

• Lakukan langkah pengujian a s/d f untuk data selanjutnya, dengan jarak dan elektroda yang berbeda-beda (untuk jarak sela $d = 0,5 \text{ cm}, 1,0 \text{ cm}, 1,5 \text{ cm} \text{ dan } 2 \text{ cm}$; diameter elektroda piring (\varnothing) 10 cm, dan diameter ujung jarum elektroda jarum (\varnothing) 15 μm , 25 μm dan 70 μm). Catat nilai tegangan tampak awal peluahan korona, kemudian hitung kuat medan elektrik tampak korona (E_i) dan kelengkungan elektroda jarum (R_e) untuk mendapatkan tegangan tampak awal peluahan korona (V_i) pada bahan isolasi cair minyak kelapa murni (VCO).

4. Perhitungan dan Analisa Data

4.1 Data Hasil Pengukuran

Dapat dilihat hasil perhitungan nilai kuat medan elektrik tampak korona dan tegangan tampak awal peluahan korona pada tabel IV.4 s/d tabel IV.6.

Tabel IV.4

Tegangan Tampak Awal Peluahan Korona dan Kuat Medan Elektrik Tampak Korona Untuk Diameter Ujung Jarum 15 μm

N O	d (cm)	\bar{V}_i MK (kV)	\bar{V}_i VCO (kV)	E_i MK (kV/cm)	E_i VCO (kV/cm)	Re (cm)
1	0.5	11.81	13.11	3.28	3.64	3.59
2	1	16.72	15.81	4.23	4.01	3.94
3	1.5	18.13	17.79	4.37	4.29	4.14
4	2	18.72	20.49	4.36	4.77	4.29

Tabel IV.5
Tegangan Tampak Awal Peluahan Korona dan Kuat Medan Elektrik Tampak Korona Untuk Diameter Ujung Jarum 25 μm

N O	d (cm)	\bar{V}_i MK (kV)	\bar{V}_i VCO (kV)	E_i MK (kV/cm)	E_i VCO (kV/cm)	Re (cm)
1	0.5	13.15	11.63	3.93	3.48	3.34
2	1	14.02	14.47	3.80	3.92	3.68
3	1.5	19.68	18.74	5.05	4.81	3.89
4	2	20.40	20.09	5.05	4.97	4.03

Tabel IV.6
Tegangan Tampak Awal Peluahan Korona dan Kuat Medan Elektrik Tampak Korona Untuk Diameter Ujung Jarum 70 μm

N O	d (cm)	\bar{V}_i MK (kV)	\bar{V}_i VCO (kV)	E_i MK (kV/cm)	E_i VCO (kV/cm)	Re (cm)
1	0.5	14.11	12.49	4.98	4.41	2.82
2	1	17.61	15.36	5.54	4.83	3.17
3	1.5	16.52	19.06	4.89	5.64	3.37
4	2	20.59	20.56	5.84	5.84	3.52



Gambar IV.1. Tampak korona pada elektroda jarum berdiameter ujung jarum 25 μm pada jarak sela 0.5 cm

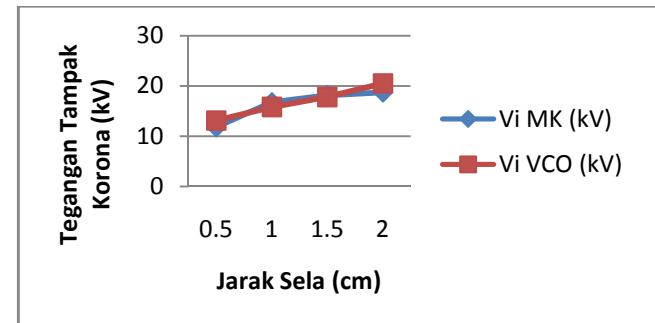
4.2 Analisa

4.2.1 Tegangan Tampak Awal Peluahan Korona

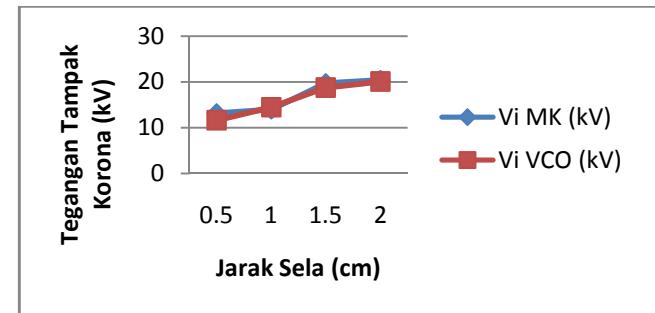
4.2.1.1 Analisa Pengaruh Jarak Sela

Berdasarkan grafik pada gambar IV.4, IV.5 dan IV.6 yang diperlihatkan di bawah, dapat diketahui bahwa hasil pengujian tegangan tampak awal peluahan korona, jarak sela atau jarak elektroda mempengaruhi nilai tegangan tampak awal peluahan korona pada minyak kelapa dan minyak kelapa murni. Jika jarak antara elektroda jarum dan elektroda piring/bidang semakin jauh, maka tegangan tampak awal peluahan korona semakin besar sehingga

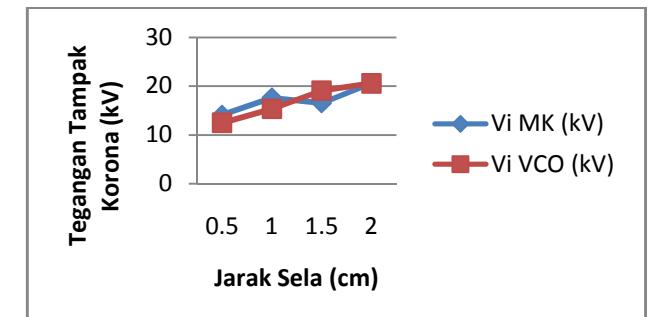
energi yang dibutuhkan elektron kurang mencukupi untuk melepaskan diri dari ikatannya.



Gambar IV.4. Karakteristik tegangan tampak awal peluahan korona terhadap jarak sela untuk diameter ujung jarum 15 μm



Gambar IV.5. Karakteristik tegangan tampak awal peluahan korona terhadap jarak sela untuk diameter ujung jarum 25 μm



Gambar IV.6. Karakteristik tegangan tampak awal peluahan korona terhadap jarak sela untuk diameter ujung jarum 70 μm

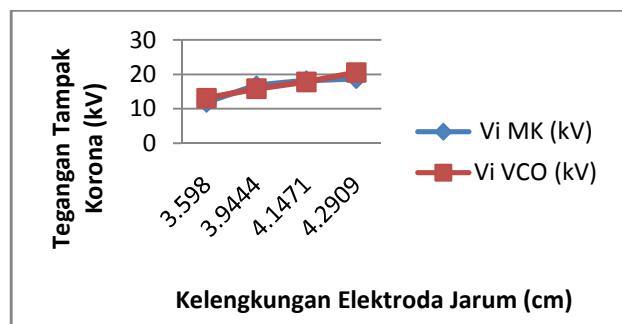
4.2.1.2 Analisa Pengaruh Diameter Ujung Elektroda Jarum

Berdasarkan tabel IV.4, IV.5 dan IV.6 dapat kita lihat bahwa tegangan tampak awal peluahan korona pada ujung jarum dengan diameter 15 μm tidak jauh berbeda nilainya dengan ujung elektroda jarum berdiameter 25 μm dan 70 μm . Dari hasil pengukuran, tegangan tampak awal peluahan korona pada ujung elektroda jarum berdiameter 15

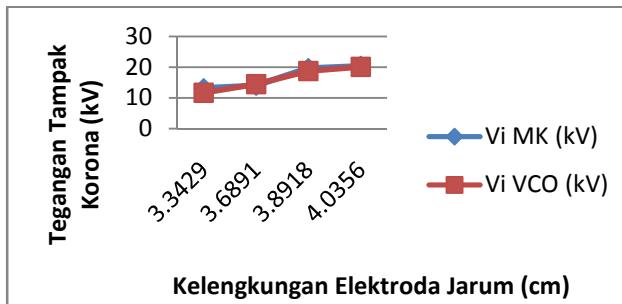
μm rata-rata lebih kecil daripada elektroda jarum dengan diameter ujung jarum $25 \mu\text{m}$, begitu juga dengan tegangan tampak awal peluahan korona pada diameter ujung elektroda jarum $25 \mu\text{m}$ yang juga menunjukkan rata-rata nilai yang lebih kecil daripada elektroda jarum berdiameter ujung jarum $70 \mu\text{m}$ pada minyak kelapa maupun minyak kelapa murni. Hal ini dapat terjadi disebabkan karena jarum yang permukaannya lebih runcing/lancip, penumpukan elektronnya lebih banyak dibandingkan dengan ujung jarum yang lebih besar. Akibat jumlah elektron yang lebih besar pada ujung jarum dengan diameter $15 \mu\text{m}$ dan $25 \mu\text{m}$ maka elektron akan cepat bergerak menuju anoda dan tegangan yang terjadi lebih awal atau tegangan tampak awal peluahan korona lebih rendah.

4.2.1.3 Analisa Pengaruh Kelengkungan Elektroda Jarum

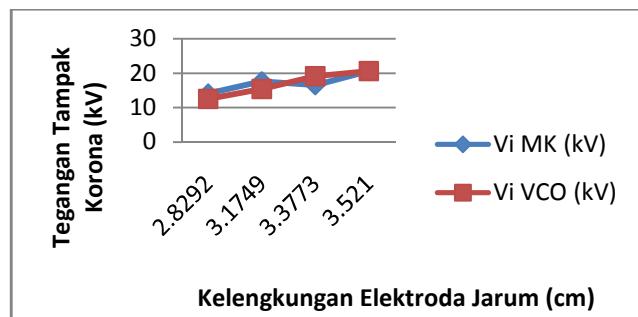
Berdasarkan grafik pada gambar IV.7, IV.8 dan IV.9 yang diperlihatkan di bawah, bahwa tegangan merupakan fungsi dari diameter dan jarak, namun secara teoritis kelengkungan elektroda jarum juga turut mempengaruhi nilai tegangan tampak awal peluahan korona, yang mana semakin besar nilai kelengkungan elektroda jarum pada setiap peningkatan jarak sela dalam perhitungan, semakin besar nilai tegangan tampak awal peluahan korona.



Gambar IV.7. Karakteristik tegangan tampak awal peluahan korona terhadap kelengkungan elektroda jarum untuk diameter ujung jarum $15 \mu\text{m}$



Gambar IV.8. Karakteristik tegangan tampak awal peluahan korona terhadap kelengkungan elektroda jarum untuk diameter ujung jarum $25 \mu\text{m}$

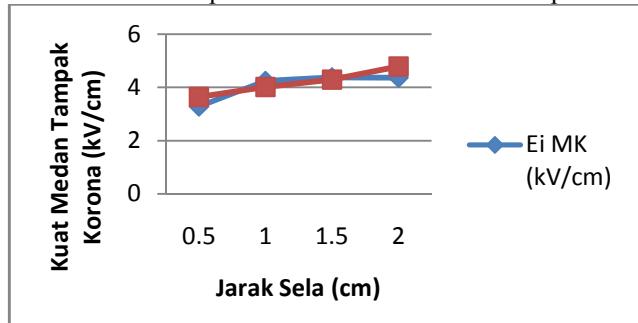


Gambar IV.9. Karakteristik tegangan tampak awal peluahan korona terhadap kelengkungan elektroda jarum untuk diameter ujung jarum $70 \mu\text{m}$

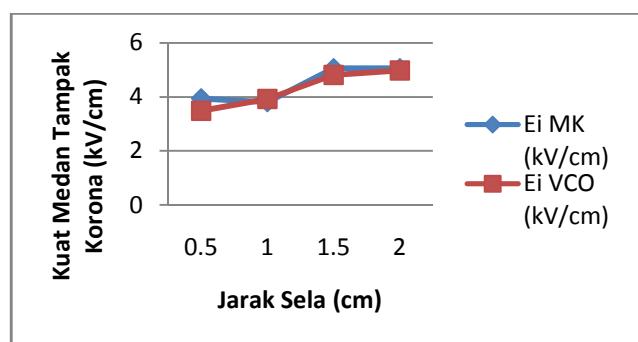
4.2.2 Kuat Medan Elektrik Tampak Korona

4.2.2.1 Analisa Pengaruh Jarak Sela

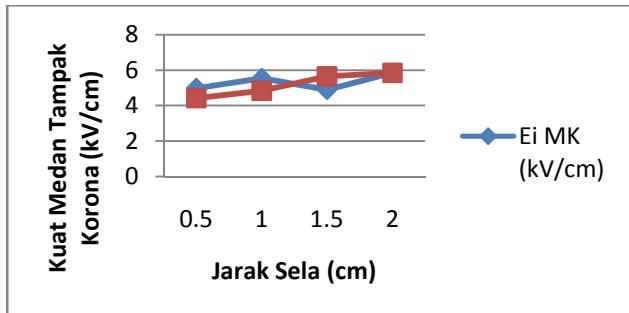
Berdasarkan grafik pada gambar IV.10, IV.11 dan IV.12 yang diperlihatkan di bawah, dapat diketahui bahwa hasil pengujian kuat medan elektrik tampak korona dengan konfigurasi elektroda jarum-piring/bidang dipengaruhi oleh jarak sela. Dengan semakin besarnya jarak sela antara elektroda jarum dan piring/bidang, maka kuat medan elektrik tampak korona akan semakin besar pula.



Gambar IV.10. Karakteristik kuat medan elektrik tampak korona terhadap jarak sela untuk diameter ujung jarum $15 \mu\text{m}$



Gambar IV.11. Karakteristik kuat medan elektrik tampak korona terhadap jarak sela untuk diameter ujung jarum $25 \mu\text{m}$



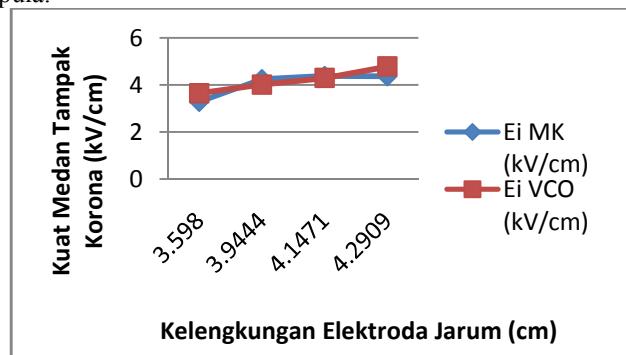
Gambar IV.12. Karakteristik kuat medan elektrik tampak korona terhadap jarak sela untuk diameter ujung jarum $70 \mu\text{m}$

4.2.2.2 Analisa Pengaruh Diameter Ujung Elektroda Jarum

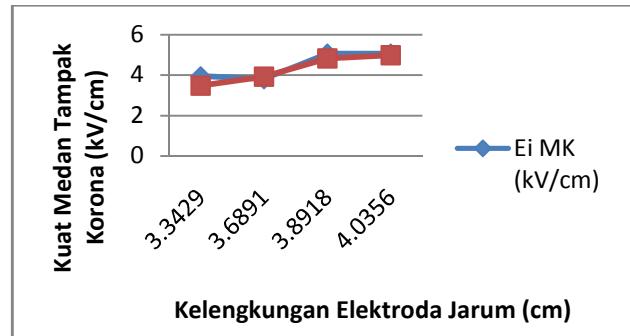
Berdasarkan tabel IV.4, IV.5 dan IV.6 dapat kita lihat bahwa kuat medan elektrik tampak korona pada ujung jarum dengan diameter $15 \mu\text{m}$ tidak jauh berbeda nilainya dengan ujung elektroda jarum berdiameter $25 \mu\text{m}$ dan $70 \mu\text{m}$. Dari hasil pengukuran, kuat medan elektrik tampak korona pada ujung elektroda jarum berdiameter $15 \mu\text{m}$ rata-rata lebih kecil daripada elektroda jarum dengan diameter ujung jarum $25 \mu\text{m}$, begitu juga dengan kuat medan elektrik tampak korona pada diameter ujung elektroda jarum $25 \mu\text{m}$ yang juga menunjukkan rata-rata nilai yang lebih kecil daripada elektroda jarum berdiameter ujung jarum $70 \mu\text{m}$ pada minyak kelapa maupun minyak kelapa murni.

4.2.2.3 Analisa Pengaruh Kelengkungan Elektroda Jarum

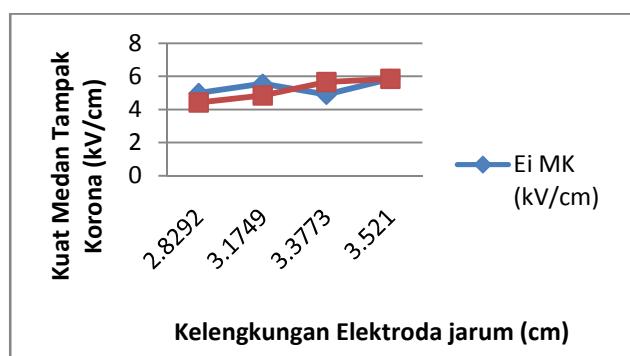
Berdasarkan grafik pada gambar IV.13, IV.14 dan IV.15 yang diperlihatkan di bawah, bahwa secara teoritis kelengkungan elektroda jarum turut mempengaruhi nilai kuat medan elektrik tampak korona, yang mana semakin besar nilai kelengkungan elektroda jarum pada setiap peningkatan jarak sela seperti dalam perhitungan, nilai kuat medan elektrik tampak korona semakin besar pula.



Gambar IV.13. Karakteristik kuat medan elektrik tampak korona terhadap kelengkungan elektroda jarum untuk diameter ujung jarum $15 \mu\text{m}$



Gambar IV.14. Karakteristik kuat medan elektrik tampak korona terhadap kelengkungan elektroda jarum untuk diameter ujung jarum $25 \mu\text{m}$



Gambar IV.15. Karakteristik kuat medan elektrik tampak korona terhadap kelengkungan elektroda jarum untuk diameter ujung jarum $70 \mu\text{m}$

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisa terhadap data hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan tampak awal peluahan korona adalah merupakan fungsi dari jarak sela, dimana semakin besar jarak sela maka semakin besar pula tegangan tampak awal peluahan korona yang terjadi. Hal ini berdasarkan fakta-fakta data dan analisa penelitian.
2. Kelengkungan elektroda jarum (*point electrode curvature*) turut mempengaruhi nilai tegangan tampak awal peluahan korona, dari hasil pengukuran, tegangan tampak awal peluahan korona bertambah dengan bertambahnya kelengkungan elektroda jarum. Hal ini sesuai dengan persamaan (3.1), yang mana semakin besar nilai kelengkungan elektroda jarum pada setiap peningkatan jarak sela, semakin besar nilai tegangan tampak awal peluahan korona.
3. Pertambahan tegangan tampak awal peluahan korona lebih besar dari pada pertambahan kelengkungan elektroda jarum, sehingga pertambahan kelengkungan elektroda jarum juga memperbesar harga kuat medan elektrik tampak korona.

6. Daftar Pustaka

1. M. Goldman, R. S. Sigmond. April 1982. Corona and Insulation. IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. EI-17 No.2.
2. M. Pompili, C. Mazzetti and R. Bartnikas. April 2005. Partial Discharge Pulse Sequence Patterns and Cavity Development Times in Transformer Oils under ac Conditions. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 12, No. 2.
3. Niasar, M.G. 2012. Partial Discharge Signatures of Defects in Insulation Systems Consisting of Oil and Oil-impregnated Paper. Licentiate Thesis, Stockholm, Sweden: KTH Electrical Engineering.
4. Rindengan, Berlina and Novarianto, Hengky. 2004. Pembuatan dan Pemanfaatan Minyak Kelapa Murni. Jakarta: Penebar Swadaya.
5. Sankar, P.B. June 2011. Measurement Of Air Breakdown Voltage And Electric Field Using Standad Sphere Gap Method. Department Of Electrical Engineering National Institute Of Technology, Rourkela: India.
6. Suwarno and Heri Sutikno. 2011. Model and Computer Simulation of Partial Discharge Patterns in Natural Liquid Insulation for High Voltage Application. International Journal Of Mathematical Models and Methods In Applied Sciences, Issue 5, Volume 5.

Biografi

Erwin Ordiansyah, lahir di Sintang, Kalimantan Barat, Indonesia, pada tanggal 31 Oktober 1991. Memperoleh gelar Sarjana dari Program Studi Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,

Ir. Yohannes M. Simanjuntak, MT

NIP. 19560130 198203 1 002

Pembimbing Pendamping,

Ir. Danial, MT

NIP. 19620212 199903 1 002