

PROFIL Rugi Dielektrik Minyak Minyak Pelumas Mesran dan Minyak Pelumas Top-1 pada Rentang Frekuensi 1 – 1000 KHz

By M. Toifur

PROFIL RUGI DIELEKTRIK MINYAK MINYAK PELUMAS MESRAN DAN MINYAK PELUMAS TOP-1 PADA RENTANG FREKUENSI 1 – 1000 KHZ

Moh. Toifur¹⁾ dan Setiawan Ariwibowo²⁾

¹⁾ Jurusan Fisika FMIPA Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
²⁾ Jurusan Pendidikan Fisika FKIP Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
e-mail: mtoifur@yahoo.com

Abstrak

Rugi dielektrik menunjukkan serapan energi listrik oleh dielektrikum dalam bentuk panas pada kapasitor jika dialiri arus bolak-balik khususnya untuk frekuensi tinggi. Pada makalah ini ditampilkan tanggap dielektrikum minyak minyak pelumas Mesran Enduro 4t SAE 20w-50 dan minyak pelumas TOP-1 SAE 20w-50 sebagai pengisi kapasitor terhadap medan listrik bolak-balik untuk mengetahui perbedaan nilai rugi dielektrik kedua jenis minyak pelumas tersebut. Penelitian dilakukan dengan menggunakan tipe rangkai RC seri yang dihubungkan dengan sumber tegangan AC dari AFG (5V, 1 – 1000 kHz). Resistor terpasang 150 k Ω dan minyak pelumas diperlakukan sebagai dielektrikum yang mengisi kapasitor pelat sejajar dari tembaga. Luas pelat tembaga 23,25 cm² dan jarak antar kedua plat 1 cm. Tegangan output diamati melalui resistor. Hasil penelitian menunjukkan pada rentang frekuensi 1 s.d. 900 kHz minyak pelumas mineral memiliki rugi dielektrik lebih rendah dibandingkan minyak pelumas sintetik. Ini menunjukkan bahwa minyak pelumas mesran lebih dingin dibandingkan dengan TOP-1 pada frekuensi sumber tegangan tersebut.

1

Kata kunci: rugi dielektrik, minyak pelumas Mesran, Minyak pelumas TOP-1

Abstract

Dielectric loss indicates the energy dissipation in the form of heat on the capacitor if it is flowed by the AC current, especially for high frequency. In this paper it is displayed the respond of dielectric of Mesran Enduro 4t SAE 20w-50 and TOP-1 SAE 20w-50 oils as a filling capacitor to the AC electric field. The aim is to investigate the difference between dielectric losses of the two oils. Design of the research follow the serially RC circuit with the resistor is 150 k Ω . Capacitor is made from parallel copper plates of 23.25 cm² area and 1 cm distance between the plates. The circuit is supplied by AC generator from AFG (5V, 1 – 1000 kHz). The output voltage is investigated from resistor. The results show that mineral oil has the little dielectric loss more than siyntetic oil on the 1 up to 900 kHz frequencies. It is show that the mesran oil is more cold than TOP-1 oil for the pointed frequency.

Keywords: dielectric loss, Mesran Oil, TOP-1 oil.

PENDAHULUAN

Minyak pelumas digunakan untuk berbagai keperluan diantaranya adalah untuk mengatasi terjadinya gesekan antara dua permukaan yang berbeda geraknya, sebagai pendingin yang mampu menyerap panas dari ruang pembakaran yang bersuhu dari 1000-

1600°C. Untuk keperluan ini oli harus dapat dengan cepat menghantar dan memindahkan panas ke bagian lain yang lebih dingin. Selain itu oli juga dapat berfungsi sebagai pembersih penutup celah pada dinding mesin. Kegunaan oli yang lain adalah dapat sebagai pengisi pada kabel isolator sehingga kabel ini dapat menjadi penghantar tegangan listrik hingga 100 – 500 kV (Potanina dkk., 1982).

Kualitas oli tergantung pada tingkat kekentalannya pada rentang suhu sesuai lingkungan digunakannya oli tersebut. Kekentalan merupakan resistansi cairan untuk mengalir. Kekentalan tergantung suhu. Angka kekentalan ini dinyatakan dengan SAE. Misalnya SAE 20, berarti tingkat kekentalannya 20, SAE 10-W50 berarti pada keadaan dingin kekentalannya 10 dan pada saat panas kekentalannya 50. Dari penelitian Salimov dkk., (2004), jika oli dialirkan melalui pipa maka kekentalannya akan berkurang. Pada suhu 25 - 28,6°C oli yang semula memiliki kekentalan 70 mPa.det. menjadi 26,5 mPa. det. Dalam hal ini energi yang dilepaskan sebesar 513 kJ/m³.

Getaran juga mempengaruhi kekentalan oli. Serrato, dkk. (2007) mengungkapkan adanya pengaruh frekuensi getaran kearah radial terhadap ketebalan lapisan oli pada sampel berbentuk ring. Frekuensi yang ditemukan bukan hanya satu jenis namun berbentuk pita frekuensi (*frequency band*).

Ariadji (2005) juga mengamati adanya perubahan kekentalan cairan ketika menerima parameter vibroseismik berupa frekuensi dan amplitudo. Getaran dengan frekuensi 10 Hz yang dikenakan pada oli bersuhu 70°C dapat mengurangi tingkat kekentalan hingga 22,6%.

Oli menurut jenisnya yang beredar di pasaran ada tiga macam yaitu oli mineral, oli semi sintetik dan oli sintetik penuh (*fully syntetic*). Oli mineral merupakan oli yang terbuat dari minyak mentah (*crude oil*) dengan penambahan aditif sekitar 10 – 20%. Ukuran molekul oli mineral masih berbeda-beda sehingga menjadikan oli ini banyak mengandung kotoran. Akibatnya daya tahan terhadap panas, oksidasi, dan gesekan lebih pendek dibanding oli sintetik. Oli sintetik merupakan oli yang dibuat dari unsur-unsur kimia sintetik seperti poly Alpha Olefin, poly ester, poly organo ester baik bahan dasarnya maupun aditifnya. Oli ini dibuat di laboratorium sehingga ukuran molekulnya dapat dibuat sama. Oleh sebab itu daya tahannya lebih lama. Oli semi-sintetik atau *synthetic blend oil* merupakan campuran antara oli mineral dengan oli sintetik. Masing-masing jenis oli memiliki kelebihan serta kekurangan.

Mirip dengan penggetaran dengan frekuensi tinggi pada oli adalah memperlakukan oli sebagai dielektrikum dibawah medan listrik bolak-balik. Mengingat oli tersusun atas

molekul-molekul non polar, maka dibawah pengaruh medan listrik pusat muatan positif dan negatif akan terpolarisasi. Jika medan listrik dibolak-balik maka posisi pusat muatan positif dan negatif akan berbolak-balik juga sehingga dengan osilasi serta gesekan dipol dengan lingkungannya akan dihasilkan panas. Tanggap panas pada oli ini dapat diamati melalui rugi dielektrik oli, sekaligus ini merupakan salah satu cara untuk mengamati kualitas oli.

Pada makalah ini dilaporkan hasil penelitian mengenai rugi dielektrik oli mineral (Mesran) dan oli sintetik (Top-1) jika kedua bahan dijadikan dielektrikum pada kapasitor keping sejajar yang dipasok dengan sumber tegangan bolak-balik berfrekuensi 1 – 1000 kHz.

DASAR TEORI

1. Tetapan dielektrik kompleks

Jika pada rangkaian R-C seri yang dipasok sumber tegangan bolak-balik dengan persamaan (Edi Suharyadi, 1998):

$$V_i = V_{i0} e^{i\omega t} \quad (1)$$

Dengan V_i = tegangan input

V_{i0} = tegangan input maksimum,

ω = frekuensi tegangan input (dari AFG).

t = waktu

Jika pada ruang antara kedua plat kapasitor kosong (berisi udara), maka jumlah muatan positif dan negatif yang tertimbun pada kedua plat kapasitor

$$Q_0(t) = C_0 V_i = C_0 V_{i0} e^{i\omega t} \quad (2)$$

Jika pada ruang diantara kedua plat diisi dielektrikum dengan tetapan dielektrik K , maka jumlah muatan yang tertampung pada pelat kapasitor akan meningkat K kali muatan semula (Sutrisno, 1984):

$$Q(t) = K Q_0 = K C_0 V_{i0} e^{i\omega t} \quad (3)$$

Hal ini disebabkan karena terjadinya polarisasi muatan pada bahan oleh pengaruh medan listrik. Arus listrik yang mengalir pada rangkaian:

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = i\omega K C_0 V_{i0} e^{i\omega t} \quad (4)$$

Secara ideal energi yang tersimpan dalam kapasitor karena adanya medan listrik adalah:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad (5)$$

Dengan memasang V sesuai dengan persamaan (1) dan $C = KC_0$, maka pers. (5) menjadi:

$$U = \frac{1}{2} KC_0 V_{i0}^2 e^{2i\omega t} \quad (6)$$

Jika diambil nilai rata-ratanya, maka

$$\langle U \rangle = \frac{1}{2} KC_0 V_{i0}^2 \quad (7)$$

Pada kenyataannya energi dari medan listrik ini tidak semuanya disimpan oleh kapasitor untuk meningkatkan kapasitas kapasitor, namun ada sebagian yang hilang (terdissipasi) dalam bentuk panas. Ungkapan ini dapat dijelaskan dengan menguraikan tetapan dielektrik dalam bentuk bilangan kompleks:

$$K = K' - iK'' \quad (8)$$

dengan K' = tetapan dielektrik riil

K'' = tetapan dielektrik imajiner.

Dengan mensubstitusikan pers. (8) ke (7) menjadi:

$$U = \frac{1}{2} (K' - iK'') C_0 V_{i0}^2 e^{2i\omega t} \quad (9)$$

Dan pers. (4) menjadi:

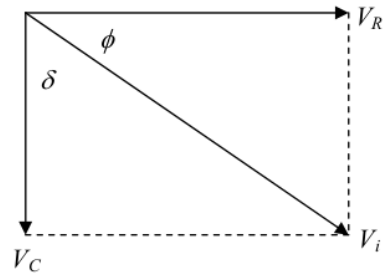
$$I(t) = i\omega(K' - iK'') C_0 V_i \quad (10)$$

2. Rugi dielektrik

Dari hubungan hukum ohm $I = V/Z$, dengan Z impedansi rangkaian, maka pers. (10) dapat ditulis menjadi:

$$V_i = \frac{\omega K'' C_0 I}{(\omega K' C_0)^2 + (\omega K'' C_0)^2} - \frac{i\omega K' C_0 I}{(\omega K' C_0)^2 + (\omega K'' C_0)^2} \quad (11)$$

Bagian riil dari (11) merupakan tegangan pada resistor, V_R sedangkan bagian imajineranya merupakan tegangan kapasitor, V_C . Dalam penggambaran diagram phasor



$$\tan \phi = \frac{V_C}{V_R} = \frac{K'}{K''} \quad (12)$$

Karena dalam eksperimen pengukuran tegangan output lebih mudah dilakukan pada resistor $V_o = V_R$ sebagaimana skema pada gambar 5, maka persamaan (12) tidak aplikatif karena masih mengandung V_C . Oleh karena itu diubah menjadi:

$$\tan \phi = \frac{(V_i - V_R)^{1/2}}{V_R} \quad (13)$$

Rugi dielektrik didefinisikan sebagai:

$$\tan \delta = \frac{V_R}{(V_i - V_R)^{1/2}} = \frac{K''}{K'} \quad (14)$$

Karena $K' = \epsilon' / \epsilon_0$ dan $K'' = \epsilon'' / \epsilon_0$, maka

$$\tan \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \quad (15)$$

Dengan demikian rugi dielektrik merupakan perbandingan permitivitas imajiner terhadap permitivitas riil.

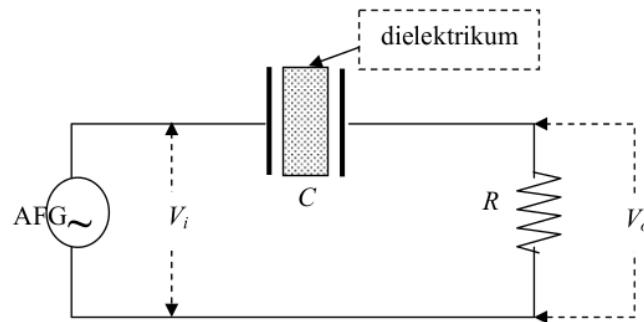
PROSEDUR EKSPERIMEN

1. Alat dan bahan

Beberapa peralatan yang dibutuhkan untuk percobaan ini terdiri dari: Multimeter merek Sanwa tipe CD800, AFG model GAG-808G, 2 pelat tembaga sebagai kapasitor, tabung tempat pelumas, minyak pelumas sintetik merek Top-1 SAE 20w-50 dan pelumas mineral merek Mesran Enduro 4t SAE 20w-50, papan rangkaian seta kabel konektor.

2. Prosedur pengambilan data

Desain rangkaian untuk menentukan rugi dielektrik ada beberapa macam diantaranya adalah model silinder koaksial seperti yang dilakukan oleh Aitmehdi, dkk. (2008) dan kapasitor keping sejajar. Pada penelitian ini digunakan desain kapasitor keping sejajar yang menggunakan dua buah plat tembaga berukuran $3,1 \times 7,5 \text{ cm}^2$. Eksperimen dilakukan mengikuti prosedur sebagai berikut:



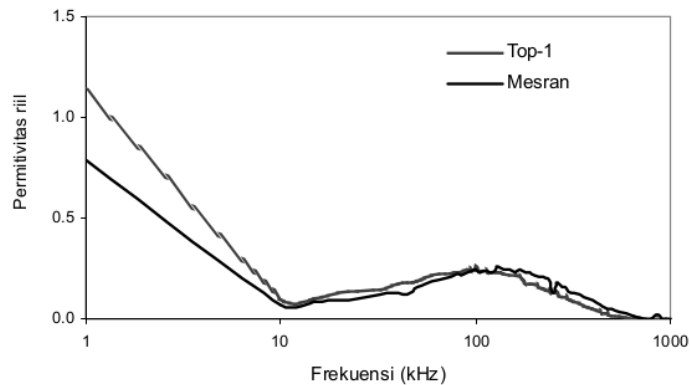
Gambar 5. Skema rangkaian alat eksperimen

- Merangkai alat seperti pada gambar 5, dengan resistor bernilai 1000 ohm, .
- Mengatur jarak antara kedua plat tembaga 1 cm.
- Mengisi tabung gelas dengan minyak pelumas merek Top-1.
- Memasang tegangan AFG pada sala maksimum (4,5 volt)
- Mengatur frekuensi AFG 1 kHz kemudian mengukur tegangan input dan tegangan output sesuai dengan gambar 5.
- Mengulangi point d untuk frekuensi yang lain sampai 1000 kHz.
- Mengganti minyak pelumas Top-1 (sebagai medium kapasitor) dengan oli Mesran, kemudian mengulangi langkah d sampai f.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

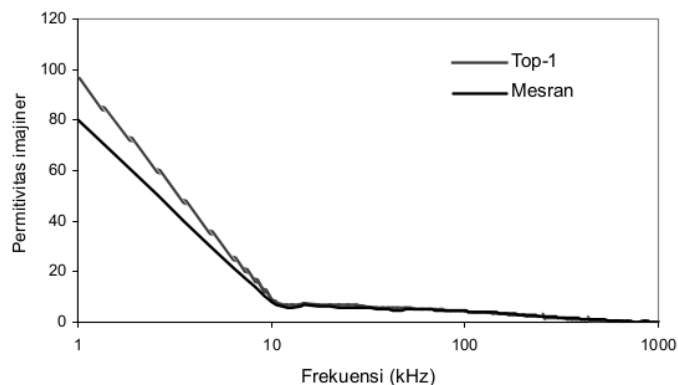
Pada gambar 2 ditampilkan permitivitas riil minyak pelumas merek Mesran dan Top-1 pada rentang frekuensi dari 1 – 1000 kHz dalam skala semilog. Sebagai medium dielektrik tampak bahwa kedua jenis minyak pelumas memiliki kemampuan untuk menyimpan energi yang hampir sama. Secara lebih detail, pada rentang frekuensi 1 – 100 kHz, minyak pelumas Top-1 memiliki permitivitas riil sedikit di atas minyak pelumas

Mesran, namun pada rentang frekuensi 100 – 1000 kHz minyak pelumas Mesran memiliki permitivitas riil sedikit di atas Minyak pelumas Top-1.



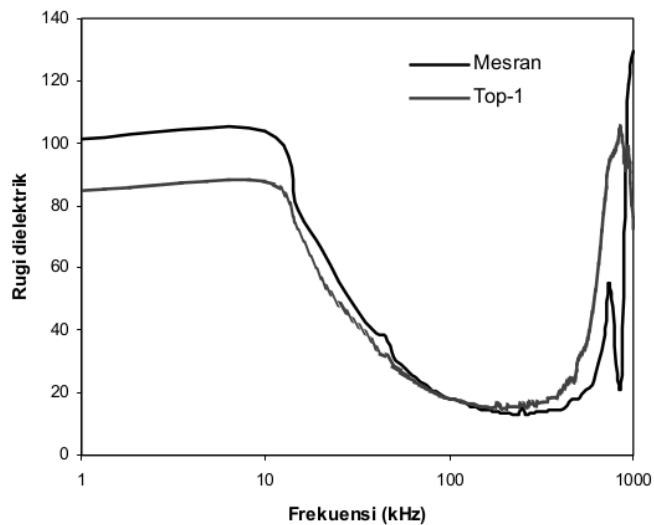
Gambar 2. Permittivitas riil minyak pelumas merek Mesran dan Top-1 sebagai fungsi frekuensi dari 1 – 1000 kHz

Pada gambar 3 ditampilkan permitivitas imajiner minyak pelumas merek Mesran dan Top-1. Pada rentang frekuensi dari 1 – 1000 kHz nilai permitivitas imajiner minyak pelumas Top-1 lebih tinggi dari minyak pelumas Mesran dan keduanya memiliki profil semakin turun. Permittivitas imajiner minyak pelumas Top-1 dari 95,6 ke 9,2 sedangkan minyak pelumas Mesran dari 80 ke 7,8. Hal ini menunjukkan dissipasi energi dalam bentuk panas untuk minyak pelumas Top-1 lebih tinggi dari oleh Mesran. Pada frekuensi 10 – 1000 kHz, nilai permitivitas dielektrik kedua jenis minyak pelumas sama.



Gambar 3. Permittivitas imajiner minyak pelumas merek Mesran dan Top-1 sebagai fungsi frekuensi dari 1 – 1000 kHz

Selanjutnya pada gambar 4 ditampilkan grafik rugi dielektrik kedua jenis minyak pelumas dari frekuensi 1 – 1000 kHz. Tampak bahwa frekuensi berpengaruh pada nilai rugi dielektrik. Secara umum profil rugi dielektrik kedua minyak pelumas hampir sama atau cukup kompetitif. Pada frekuensi yang agak rendah 1 – 100 kHz, oli Mesran memiliki rugi dielektrik yang lebih besar dibandingkan oli Top-1, namun pada frekuensi 100 – 1000 kHz, oli Top-1 memiliki rugi dielektrik lebih besar dibandingkan oli Mesran.



Gambar 4. Grafik rugi dielektrik minyak pelumas merek Top-1 dan Mesran

Nilai rugi dielektrik yang besar memiliki arti tetapan dielektrik imajiner besar dan tetapan dielektrik riil kecil. Dalam pemakaiannya kondisi ini sebaiknya dihindari karena energi yang terdisipasi dalam bentuk panas besar, sebaliknya energi yang disimpan kecil. Hal ini ditemukan pada kedua jenis pelumas pada frekuensi 50 – 500 kHz. Nilai rugi dielektrik yang kecil memiliki arti tetapan dielektrik imajiner kecil dan tetapan dielektrik riil besar. Dalam pemakaiannya frekuensi-frekuensi yang menghasilkan keadaan ini dapat dipilih karena energi yang terdisipasi dalam bentuk panas kecil, sebaliknya energi yang disimpan besar. Hal ini ditemukan pada kedua jenis pelumas pada frekuensi dibawah 50 kHz dan diatas 500 kHz.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa frekuensi medan listrik mempengaruhi profil rugi dielektrik. Oli Mesran dan oli Top-1 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki profil rugi dielektrik yang hampir sama atau sedikit kompetitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aitmehdi, R. , Anderson, A.P, Sali,S. and Ferando, M. 2007. Determination Of Dielectric Loss Tangent By Microwave Phase Tomography, *Inverse Problem*, **4**(2), 333
- Edi Suharyadi. 1998. Analisis Tanggap frekuensi dielektrik dalam bahan-bahan batuan alami dan NaCl, Skripsi S1, UGM Yogyakarta.
- Potanina, V.A., Drenova , T.I., Mokhova, M.A., Pononareva, T.P., Khromova, G.K., Perminov, N.I., 1982. "White oils for high-voltage Cables", *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, **18** (10), 491-494.
- Serrato, R., Maru, M.M., and Padovese, L.R. 2007. Effect of lubricant viscosity grade on mechanical vibration of roller bearings, *Tribology International*, **40**(8), 1270-1275.

PROFIL RUGI DIELEKTRIK MINYAK MINYAK PELUMAS MESRAN DAN MINYAK PELUMAS TOP-1 PADA RENTANG FREKUENSI 1 – 1000 KHZ

ORIGINALITY REPORT

2%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	eprints.uad.ac.id Internet	28 words — 1%
2	es.scribd.com Internet	13 words — 1%
3	repository.lppm.unila.ac.id Internet	11 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE MATCHES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON