

STUDI PENGUKURAN NILAI KONSTANTA DIELEKTRIK OLI BERBAGAI VISKOSITAS PADA FREKUENSI 100 HZ – 2000 HZ

Zhanah Hawa Arum¹, Chomsin S. Widodo¹, Gancang Saroja¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya
Email: hawaarum1609@gmail.com

Abstract

Pengukuran nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli berbagai viskositas pada frekuensi 100 Hz – 2000 Hz dilakukan dengan menggunakan metode dielektrik. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan metode dielektrik dan pengaruh nilai frekuensi serta viskositas terhadap nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan plat kapasitor sejajar dengan ukuran 20 mm x 10 mm dan berjarak 5 mm yang dihubungkan dengan kabel konektor L dan H serta LCR meter GW-Instek seri 816. Viskositas oli yang digunakan dalam pengukuran adalah (178, 205, 226) cP. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa metode dielektrik dapat digunakan untuk mengukur nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli. Nilai kapasitansi yang didapatkan berkisar antara (0.006674 - 0.000684) nF dan nilai konstanta dielektrik yang berkisar antara (18.8544 - 1.933) pada viskositas 178 cP – 226 cP. Nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya frekuensi yang diberikan dan semakin meningkat seiring bertambahnya nilai viskositas.

Kata kunci : Konstanta Dielektrik, Metode Dielektrik, dan Viskositas Oli

Pendahuluan

Penggunaan minyak pelumas / oli mempengaruhi kinerja mesin karena oli berfungsi sebagai peredam gesekan antar komponen mesin yang dapat mengakibatkan keausan pada mesin. Viskositas merupakan sifat fisis oli yang menunjukkan kecepatan bergerak atau daya tolak pelumas untuk mengalir [1]. Oli memiliki molekul yang bersifat non polar [2]. Molekul non polar yang dikenai medan listrik luar akan mengakibatkan sebagian muatan terinduksi dan menghasilkan momen dipol yang besar dan arahnya sebanding dengan medan listrik luar [3].

Sifat listrik pada setiap bahan memiliki nilai yang khas dan besarnya ditentukan oleh kondisi internal dari bahan tersebut, seperti komposisi bahan, kandungan air, ikatan molekul dan kondisi internal lainnya [4]. Pengukuran sifat listrik dapat dimanfaatkan untuk mengetahui suatu keadaan dan kondisi bahan, menentukan kualitas bahan, proses pengeringan, dan pengukuran kadar air secara non destruktif [5].

Studi pengukuran sifat listrik pada minyak telah dilakukan oleh Putra (2013) [6] yaitu melakukan pengukuran kapasitansi dengan menggunakan plat kapasitor sejajar dalam membuat sensor kualitas pada minyak. Oleh karenanya maka dilakukan pengukuran kapasitansi dan konstanta dielektrik dengan menggunakan metode dielektrik atau plat sejajar pada frekuensi rendah dan perubahan viskositas. Pengukuran ini diharapkan dapat digunakan

sebagai studi awal dalam pengukuran viskositas dengan menggunakan metode dielektrik.

Tujuan pada penelitian ini adalah Mengetahui penggunaan metode dielektrik pada pengukuran nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli serta mengukur nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli pada perubahan frekuensi dan perubahan viskositas.

Pengukuran konstanta dielektrik tidak lepas dari pengukuran kapasitansinya, karena dengan melakukan pengukuran kapasitansi akan memudahkan dalam melakukan pengukuran konstanta dielektriknya [5]. Kapasitansi pada plat kapasitor yang berisi bahan dielektrik dinyatakan oleh persamaan 1 [7]

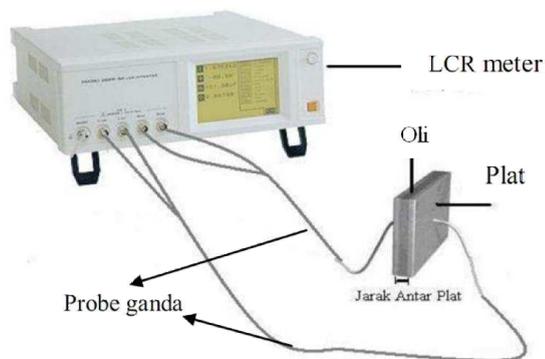
$$C = \epsilon' \cdot \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (1)$$

Metode

Peralatan yang digunakan pada penelitian adalah PCB tembaga, penggaris, pemotong PCB, jangka sorong, kabel tunggal, solder dan perekat, konektor L dan H, LCR Meter GW Instek seri 816, pipet tetes, dan viskometer. Bahan yang digunakan adalah oli baru dengan SAE 10W- 40, 15W-40, 20W-40. Tahapan awal penelitian yaitu pembuatan plat kapasitor sebagai alat untuk meletakkan sampel yang akan dilakukan pengukuran. Plat kapasitor terbuat dari PCB tembaga dengan ukuran 20 mm x 10 mm dan memiliki jarak 5 mm.

Tahapan selanjutnya adalah persiapan sampel, persiapan alat, pengukuran kapasitansi,

dan Analisis data. Persiapan sampel meliputi pengujian nilai viskositas pada oli yang bertujuan untuk mengetahui nilai viskositas pada setiap jenis nilai SAE oli yang digunakan sebagai sampel. Persiapan alat meliputi pengaturan LCR meter, perangkaian sistem dan pengujian sistem. Rangkaian sistem pengukuran pada penelitian ini ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Rangkaian sistem pengukuran

Pengujian sistem yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui keakuratan dan presisi dari sistem pengukuran. Pengujian sistem dilakukan dengan cara melakukan pengukuran nilai konstanta dielektrik udara pada plat kapasitor. Nilai yang dihasilkan dari harus sesuai dengan nilai konstanta dielektrik udara pada literatur.

Pengukuran kapasitansi dilakukan pada frekuensi rendah. Frekuensi yang digunakan adalah 100 Hz – 2000 Hz dengan interval 100 Hz. Pengukuran kapasitansi dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran. Tahapan yang terakhir yaitu analisis data. Data yang didapatkan pada pengukuran kapasitansi pada setiap nilai frekuensinya dirata – rata dengan persamaan 2.

$$\bar{C} = \frac{\sum C}{n} \quad (2)$$

Nilai kapasitansi rata-rata yang didapatkan digunakan untuk mencari nilai konstanta dielektrik dengan menggunakan persamaan 3.

$$\epsilon' = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot A} \quad (3)$$

Analisis data yang dilakukan adalah membuat grafik hubungan antara frekuensi pengukuran dengan kapasitansi dan konstanta dielektrik oli pada berbagai viskositas dan grafik lain yang dibuat adalah grafik hubungan viskositas dengan kapasitansi dan konstanta dielektrik oli. Grafik yang telah dibuat diamati nilai Regresinya, *trendline* serta nilai persamaan yang muncul pada grafik.

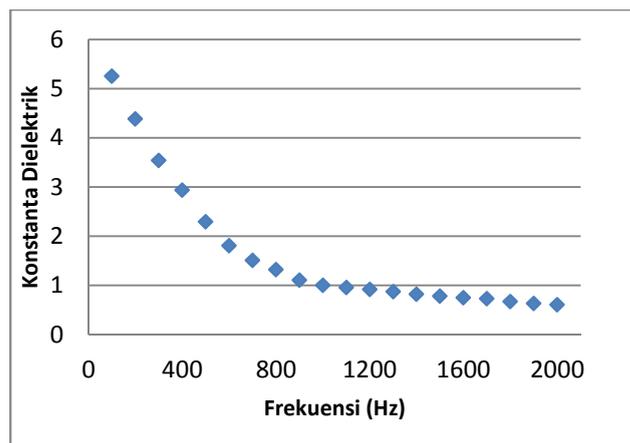
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian nilai viskositas pada nilai SAE oli ditunjukkan pada Tabel 1. Seperti yang terlihat pada Tabel 1 diketahui bahwa semakin besar nilai SAE oli maka nilai viskositas oli yang dihasilkan juga semakin besar. Pengukuran nilai viskositas oli bertujuan untuk mengetahui nilai viskositas oli pada setiap sampel yang digunakan serta memudahkan dalam mengamati perubahan nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan pada setiap viskositas yang berbeda.

Tabel 1. Viskositas oli pada setiap nilai SAE

Sampel	Viskositas (cP)
Oli baru 10W - 40	178
Oli baru 15W - 40	205
Oli baru 20W - 40	226

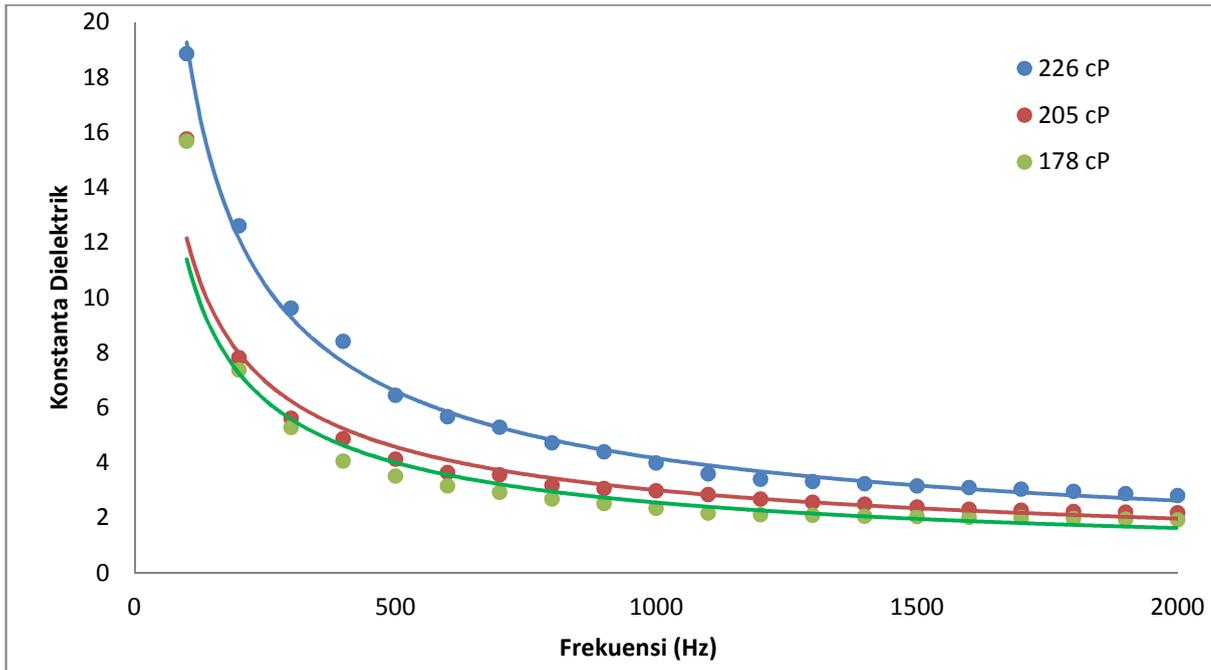
Karakteristik Dielektrik Udara pada berbagai frekuensi



Gambar 2. Hubungan antara frekuensi dengan konstanta dielektrik udara

Hasil pengukuran konstanta dielektrik udara dilakukan sebagai acuan pengujian sistem terutama pada plat kapasitornya. Menurut Halliday (2011) [8] nilai konstanta dielektrik udara pada literatur adalah 1.00054. Nilai konstanta dielektrik udara pada frekuensi 1000 Hz yang ditunjukkan Gambar 2 memiliki nilai yang hampir sama dengan literatur yaitu sebesar 1.00107 dengan kesalahan relatif sebesar 0.05332%. Hasil pengukuran konstanta dielektrik udara yang telah mendekati dengan literatur maka alat yang telah distandarisasi sudah dapat digunakan untuk pengukuran pada sampel yaitu oli dengan berbagai viskositas.

Pengaruh Frekuensi terhadap Konstanta Dielektrik Oli dengan Berbagai Viskositas



Gambar 3. Grafik hubungan frekuensi dengan konstanta dielektrik pada berbagai viskositas oli

Konstanta dielektrik pada oli memiliki nilai yang lebih besar daripada konstanta dielektrik udara yang bernilai 1.00054, karena penambahan oli pada plat kapasitor membuat ruang diantara plat terisi sehingga mengakibatkan molekul dalam plat bertambah dan membuat nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli pada plat semakin besar. Selain itu juga dikarenakan oli memiliki kerapatan molekul lebih besar daripada udara sehingga mampu menyimpan energi listrik lebih besar dan mengalami penyerahan molekul lebih besar.

Gambar 3 menunjukkan bahwa secara keseluruhan perubahan frekuensi mempengaruhi nilai konstanta dielektriknya yaitu semakin besar nilai frekuensinya maka nilai konstanta dielektriknya semakin menurun. Nilai konstanta dielektrik oli yang dihasilkan pada frekuensi <800 Hz memiliki penurunan yang cukup besar setiap kenaikan frekuensinya, namun pada frekuensi ≥ 800 Hz nilai konstanta dielektrik oli yang dihasilkan tidak terlalu signifikan setiap kenaikan frekuensinya.

Pengaruh frekuensi medan listrik terhadap nilai konstanta dielektrik oli dapat ditunjukkan seperti pada persamaan 4.1.

$$\epsilon' = \epsilon_{\infty} + \frac{(\epsilon_s - \epsilon_{\infty})}{(1 + \omega^2 \tau^2)} \quad (4)$$

dalam hal ini, ϵ_{∞} adalah permitivitas pada frekuensi tinggi dimana bahan tidak dapat lagi berpolarisasi sehingga nilai yang dihasilkan mendekati 0, ϵ_s adalah permitivitas yang diukur pada frekuensi rendah sehingga nilai yang dihasilkan mendekati 1, τ adalah waktu relaksasi

dan $\omega = 2\pi f$ [9]. Persamaan 4 dapat disederhanakan menjadi persamaan 5 sebagai berikut:

$$\epsilon' = \frac{1}{(1 + \omega^2 \tau^2)} \quad (5)$$

Konstanta dielektrik menunjukkan tingkat kemampuan pengutuban molekul pada bahan. Konstanta dielektrik juga melambangkan rapatnya fluks elektrostatis dalam sebuah bahan bila diberi sebuah potensial listrik. Frekuensi tinggi yang diberikan pada bahan dielektrik akan mengakibatkan nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan semakin kecil karena energi listrik yang tersimpan pada bahan semakin kecil. Penyimpanan energi listrik dalam bahan dielektrik terjadi melalui pergeseran posisi relatif dari muatan-muatan terikat di dalam molekul bahan untuk melawan gaya-gaya molekuler normalnya [10].

Nilai viskositas dan nilai konstanta dielektrik oli memiliki hubungan yang sebanding yaitu semakin besar nilai viskositasnya maka nilai konstanta dielektrik oli yang dihasilkan juga semakin besar. Oli tersusun dari molekul yang bersifat non polar. Gaya tarik menarik yang dihasilkan antara molekul non polar dengan molekul non polar disebut Gaya London. Gaya London dapat disebut juga sebagai gaya dispersi yaitu gaya yang timbul akibat pergeseran muatan sehingga menghasilkan dipol sesaat [11]. Apabila di dekat dipol sesaat terdapat molekul non polar sejenis atau berbeda, maka dipol sesaat akan menginduksi molekul tersebut sehingga terbentuk

dipol induksian atau dipol imbas. Diantara dipol induksian dan dipol sesaat tersebut terdapat gaya tarik elektrostatik yang disebut gaya London [12].

Viskositas yang semakin besar memiliki kerapatan molekul yang besar sehingga gaya London yang berada pada molekul juga semakin besar. Gaya London yang semakin besar akan mengakibatkan molekul - molekul yang memiliki dipol sesaat menginduksi molekul lainnya sehingga akan membuat molekul pada bahan dielektrik semakin cepat menghasilkan dipol. Molekul non polar yang telah menghasilkan dipol sesaat dan induksian jika terkena dengan medan listrik luar maka molekul – molekulnya akan cepat terpolarisasi atau penyerahan dan membuat nilai konstanta dielektriknya semakin besar.

Simpulan

Metode dielektrik dapat digunakan untuk mengukur nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli. Nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya frekuensi yang diberikan. Nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli yang didapatkan pada frekuensi (100 – 2000) Hz dengan viskositas 178 cP – 226 cP berkisar antara (0.006674 - 0.000684) nF dan (18.8544 - 1.933). Semakin besar nilai viskositasnya maka nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik oli yang dihasilkan juga semakin besar.

Daftar Pustaka

- [1] Arisandi, M., Darmanto, dan Priangkoso. 2012. *Analisa Pengaruh Bahan Dasar Pelumas Terhadap Viskositas Pelumas dan Konsumsi Bahan Bakar*. Momentum Vol. 8, No.1 , 56-61.
- [2] Karina, Rona dan Catur Yuliana. 2010. *Kompatibilitas Campuran Minyak Lumas Dasar Jenis Mineral dengan Minyak Nabati sebagai Minyak Lumas Dasar Pelumas Mesin Kendaraan Bermotor*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS. Jakarta Selatan
- [3] Soepriyono, Gatot. 2002. *Pengukuran Sifat Dielektrik Tepung Kacang Hijau Menggunakan Jembatan Wien*. IPB. Bogor
- [4] Nuzula, Firdausi, Chomsin S. Widodo, dan Sucipto. 2014. *Studi Pengaruh Campuran Lemak Babi terhadap Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik Lemak Sapi dengan Metode dielektrik*. Vol. 2 No.1 Universitas Brawijaya, Malang.
- [5] Juansah, J dan Irmansyah. 2007. *Kajian Sifat Dielektrik Buah Semangka Dengan Pemanfaatan Sinyal Listrik Frekuensi Rendah*. Jurnal Sains MIPA, Vol. 13, No. 3, Hal.: 159-164.
- [6] Putra, Zulfan Syah, Muhammad Rivai, dan Suwito. 2013. *Sistem Sensor Kualitas Minyak Berdasarkan Pada Pengukuran Kapasitansi dan Panjang Berkas Pembiasan Cahaya*. Jurnal Teknik POTMITS Vol.2, No.1, ISSN: 2337-3539.
- [7] Tipler, Paul A., 2008. *Physics For Scientists and Engineers Sixth Edition*. W. H. Freeman and Company. New York.
- [8] Halliday, David and Resnick. 2011. *Fundamentals of Physics 9th Edition*. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- [9] Simanjuntak, Tatar. 2002. Pengukuran Nilai Sifat Dielektrik Lada (*Piper Nigrum L.*) dan Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium DC.*) pada Kisaran Frekuensi Radio. IPB. Bogor.
- [10] Hayt, William and John A. Buck. 2006. *Elektromagnetika, Edisi Ketujuh* (Diterjemahkan oleh Irzam Harmein). Erlangga. Jakarta
- [11] Fariza, Arna, Entin Martiana, dan Elok Wahyuningtyas. 2012. *Aplikasi Flash Lite untuk Pembelajaran Kimia (Materi: Ikatan Kimia & Struktur Atom)*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- [12] Effendy, 2006. *Teori VSEPR, Kepolaran dan Gaya Antar Molekul Edisi 2*. Malang. Jurusan Kimia FMIPA UM