

## Analisis Hubungan Suhu dan Frekuensi Terhadap Sifat Listrik Lemak Hewani

Noer Rimafatin, Bowo Eko Cahyono\*, Misto

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember  
Jalan Kalimantan 37, Jember 68121

Email korespondensi : bowo\_ec.fmipa@unej.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v16i2.5486>

Submitted: 05 April 2018; Accepted: 10 Juni 2019

**ABSTRACT**–Fat is a food substance that is very important to maintain the health of the human body. One source of fat is animal fat. The different types of fat can be known based on their electrical properties such as the dielectric constant and capacitance. The purpose of this study was to determine the characteristics of the dielectric constant and capacitance on animal fats by treating the temperature and frequency variations. This study uses a parallel plate capacitor method that is connected to an alternating input voltage source and a voltmeter as an output voltage meter. The samples studied were chicken fat and beef fat. This study uses input voltage with a frequency of 1kHz to 20kHz, while the temperature variation used is from a temperature of 45°C decreases to a temperature of 30°C. The results obtained from this study indicate that when the frequency increases, the capacitance and dielectric constant in chicken fat and cow fat decrease. The effect of temperature on capacitance and dielectric constant of chicken fat and beef fat shows a non-linear relationship.

**KEYWORDS** : Chicken Fat, Cow Fat, Capacitance, Dielectric Constant, Temperature, Frequency

### PENDAHULUAN

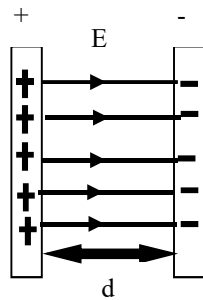
Lemak hewani adalah lemak yang berasal dari otot hewan ternak seperti sapi, babi, kambing, unggas dan ikan yang sebagian besar mengandung asam palmitat, asam stearat, dan asam oleat pada struktur trigliserida. Setiap hewan memiliki kandungan lemak dan jumlah lemak yang berbeda-beda (Hermanto, Muanwanah, & Harahap, 2008). Perbedaan inilah yang menyebabkan setiap jenis lemak atau minyak mempunyai karakteristik fisik-kimia yang berbeda pula. Sebagai contoh lemak hewani pada suhu kamar berwujud padat. Hal ini disebabkan karena sebagian besar komponennya terdiri dari asam lemak jenuh pada rantai karbonnya (Wilbraham, 1992).

Perbedaan karakteristik lemak dapat dilihat melalui sifat kelistrikan bahan. Sifat kelistrikan bahan meliputi impedansi, induktansi, kapasitansi, konstanta dielektrik serta konduktivitas listrik. Sifat listrik bahan,

dapat digunakan untuk menilai kualitas dan kemurnian bahan secara cepat dan non destruktif (Cahyono, Misto, & Rofiatun, 2017; Wardani, Widodo, & Saroja, 2014). Kapasitansi adalah besaran yang menyatakan kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan listrik (Tipler, 1991). Konstanta dielektrik adalah ukuran kemampuan bahan menyimpan energi listrik. Sifat dielektrik memberikan informasi tentang interaksi diantara bahan pangan dan medan listrik. Sifat dielektrik bahan dipengaruhi oleh frekuensi, suhu, kadar air, densitas, komposisi, dan struktur materi (Nuzula, Widodo, & Sucipto, 2014).

Kapasitor plat sejajar merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui sifat kelistrikan suatu bahan. Kapasitor plat sejajar merupakan kapasitor yang terdiri dari dua buah plat logam yang disusun secara paralel dan dipisahkan oleh jarak sebesar  $d$  (Serway & Jewett, 2010). Kedua

plat logam ini umumnya dipisahkan oleh udara atau material isolator lainnya (Beiser, 1962). Kapasitor plat sejajar dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Kapasitor plat sejajar (Zemansky & Sears, 1962)

Gambar 1 menunjukkan suatu kapasitor plat sejajar yang mempunyai luas plat ( $A$ ) dan mempunyai jarak antar plat ( $d$ ). Ketika setiap plat dihubungkan dengan sumber tegangan maka muatan  $+Q$  dengan sendirinya akan muncul pada salah satu plat dan  $-Q$  pada plat lainnya. Apabila nilai  $d$  jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi plat, maka medan listrik ( $E$ ) diantara kedua plat tersebut akan seragam. Hal ini berarti bahwa garis-garis gaya akan sejajar dan berjarak sama satu dengan lainnya (Halliday & Resnick, 1997). Besar nilai kapasitansi dari plat sejajar dinyatakan dengan Persamaan (1).

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

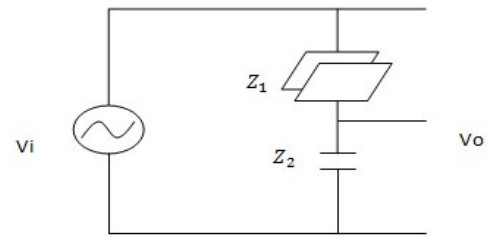
dengan  $C$  sebagai Kapasitansi kapasitor (F),  $A$  luas penampang plat ( $m^2$ ),  $\epsilon_0$  permitivitas ruang hampa ( $8,85 \times 10^{-12}$  F/m), dan  $d$  sebagai jarak antar plat (m) (Tobing, 1996). Ketika di antara kedua plat konduktor diberi penambahan bahan dielektrik maka besar kapasitansinya dapat dinyatakan menurut Persamaan (2).

$$C = k \frac{A\epsilon_0}{d} \quad (2)$$

$k$  merupakan konstanta dielektrik bahan (Beiser, 1962).

Pada aplikasinya dalam pengukuran, sensor kapasitif bekerja pada proses menyimpan energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik. Nilai kapasitansi pada kapasitor dipengaruhi oleh luas penampang, jarak dan bahan dielektrikum (Nuwaiir, 2009).

Rangkaian sensor kapasitor pada penelitian ini berupa kapasitor plat sejajar dihubungkan secara seri dengan komponen kapasitor dalam suatu rangkaian AC yang terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Rangkaian sensor kapasitor (Soltani, Alimardani, & Omid, 2010)

Berdasarkan Gambar 2 besar tegangan yang terukur setelah melewati kapasitor dihitung berdasarkan Persamaan (3).

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (3)$$

$$Z = \frac{1}{2\pi fC} \quad (4)$$

maka diperoleh persamaan kapasitansi dengan tegangan seperti pada Persamaan (5).

$$C_1 = \frac{C_2}{\left(\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1\right)} \quad (5)$$

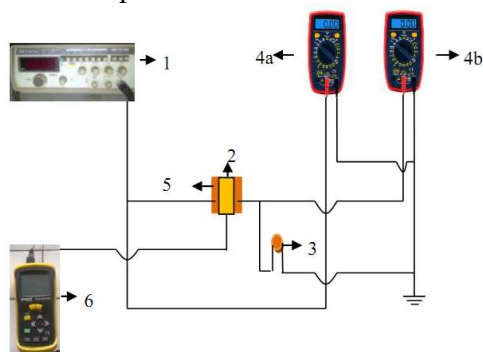
dimana  $V_{in}$  adalah sumber tegangan arus AC,  $Z_1$  adalah impedansi dari kapasitor plat sejajar,  $Z_2$  adalah impedansi dari kapasitor dan  $V_{out}$  adalah nilai tegangan keluaran dari rangkaian. Impedansi merupakan kemampuan suatu rangkaian untuk menghambat arus listrik (Cahyono et al., 2017).

Penelitian terkait sifat dielektrik lemak pangan pernah dilakukan oleh Widodo et al., (2014) pada frekuensi rendah. Hasil dari penelitian tersebut memperlihatkan bahwa kenaikan frekuensi menyebabkan konstanta dielektrik menurun. Pada frekuensi 700 Hz – 2000 kHz menghasilkan nilai konstanta dielektrik 7,124 – 5,164 untuk lemak sapi, sedangkan lemak ayam 6,138-3,954 (Widodo et al., 2014).

## METODE PENELITIAN

Pengukuran nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik lemak ayam dan lemak sapi dilakukan mulai suhu 45°C menurun sampai dengan suhu 30°C. Pengukuran nilai

kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik menggunakan metode kapasitor plat sejajar dengan menggunakan sumber tegangan AC dari frekuensi 1 kHz – 20 kHz, dengan alat voltmeter sebagai alat untuk mengukur tegangan masukan ( $V_{in}$ ) dan tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) yang selanjutnya digunakan dalam penentuan nilai kapasitansi ( $C$ ) dan nilai konstanta dielektrik ( $k$ ) sampel. Adapun rangkaian penelitian untuk penentuan nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik diperlihatkan pada Gambar 3.



**Gambar 3 Desain alat penelitian**

Keterangan:

1. *Function generator* GW-Instek GPG-8216A sebagai sumber tegangan yang dapat diatur frekuensinya
2. Sampel penelitian berfungsi sebagai bahan yang akan diukur nilai tegangan masukan dan keluarannya
3. Kapasitor sebagai komponen kapasitor
4. a. Voltmeter sebagai mengukur tegangan masukan  
b. Voltmeter sebagai mengukur tegangan keluaran
5. Wadah plat sejajar sebagai sensor kapasitor plat sejajar
6. Termometer digital sebagai alat untuk mengukur suhu sampel penelitian

Pada tahap awal dilakukan pengkalibrasian untuk mengetahui akurasi dari sensor kapasitif yang digunakan pada penelitian. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan bahan aquades. Nilai konstanta dielektrik bahan aquades yang didapatkan dari penelitian kemudian dibandingkan dengan nilai konstanta dielektrik bahan aquades menurut Halliday, Resnick, & Walker (2003) adalah 78. Selisih besar nilai konstanta

dielektrik antara hasil penelitian dan referensi digunakan sebagai acuan penyesuaian pembacaan nilai konstanta dielektrik untuk bahan yang akan diteliti

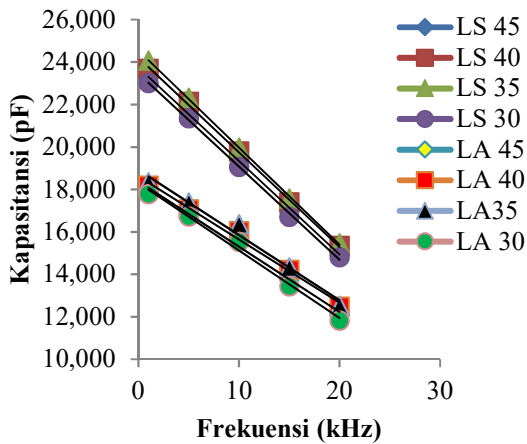
Pada tahap kedua untuk pengambilan lemak ayam dan lemak sapi diberi perlakuan temperatur bahan, dimana sampel bahan dipanaskan hingga suhu 65°C. Pada proses pemanasan sampel menggunakan *heater electric* yang dihubungkan dengan termostat, termosta berfungsi untuk mengontrol suhu sampel sesuai suhu yang digunakan pada penelitian. Sampel yang telah dipanaskan kemudian dituang ke dalam wadah kaca. Berdasarkan Gambar wadah kaca dihubungkan dengan termometer dan *function generator*. Perlakuan suhu yang diberikan pada sampel yaitu mulai dari suhu 45°C menurun sampai dengan suhu 30°C pada rentang suhu 5°C, sedangkan untuk perlakuan frekuensi dimulai dari frekuensi 1 kHz sampai dengan 20 kHz pada rentang frekuensi 5 kHz. Hasil data yang didapat dari pengukuran ini berupa nilai tegangan masukan ( $V_{in}$ ) dan nilai tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) yang selanjutnya digunakan untuk penentuan nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik sampel pada tiap-tiap perlakuan sampel. Setelah mendapatkan data nilai konstanta dielektrik dilanjutkan dengan membuat grafik. Grafik yang dibuat merupakan grafik perubahan frekuensi dan perubahan suhu terhadap nilai kapasitansi ( $C$ ) dan nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) pada tiap-tiap sampel penelitian.

## HASIL PENELITIAN

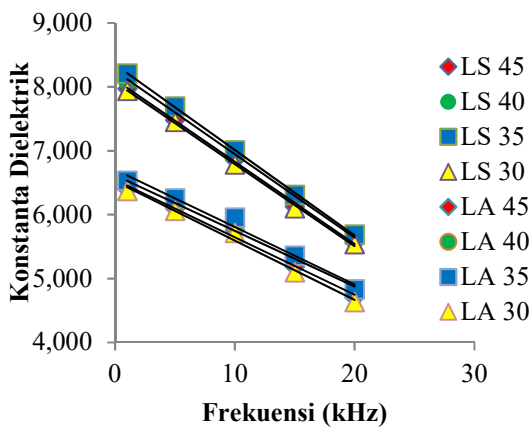
Pada penelitian ini akan membahas mengenai karakteristik konstanta dielektrik dan kapasitansi lemak ayam dan lemak sapi dengan variasi suhu dan frekuensi. Sebelum membuat grafik perubahan frekuensi dan perubahan suhu terhadap nilai kapasitansi ( $C$ ) dan nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) pada tiap-tiap sampel penelitian perlu mengetahui hasil kalibrasi dari bahan aquades. konstanta dielektrik aquades pada frekuensi 1 kHz sebesar 76,82. Hasil ini mendekati nilai konstanta dielektrik aquades referensi yaitu konstanta dielektrik sebesar 78. Sehingga selisih nilai konstanta

dielektrik antara hasil penelitian dan referensi sebesar 1,18 digunakan sebagai acuan penyesuaian pembacaan nilai konstanta dielektrik untuk lemak ayam dan lemak sapi

Berdasarkan data hasil pengukuran dapat diketahui pengaruh frekuensi dan pengaruh suhu terhadap lemak ayam (LA) dan lemak sapi (LS) melalui Gambar 4 sampai Gambar 7.



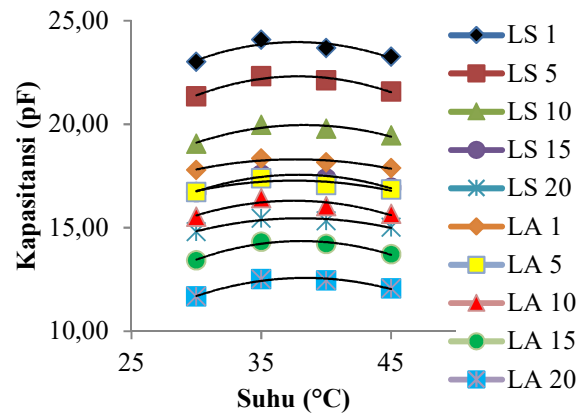
Gambar 4 Grafik hubungan nilai kapsitansi pada lemak sapi (LS) dan lemak ayam (LA) dengan variasi nilai frekuensi pada suhu (45, 40, 35, dan 30) °C



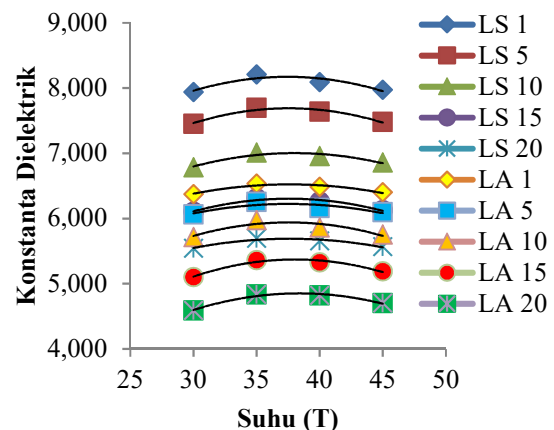
Gambar 5 Grafik hubungan nilai konstanta dielektrik pada lemak sapi (LS) dan lemak ayam (LA) dengan variasi nilai frekuensi pada suhu (45, 40, 35, dan 30) °C

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 memperlihatkan bahwa penambahan frekuensi mengakibatkan nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik menurun. Penyataan ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh widodo (2014) dan Rosita, Widodo, & Sucipto (2014) menjelaskan bahwa konstanta dielektrik merupakan karakteristik kelistrikan pada suatu bahan akibat adanya

medan listrik luar. Lemak yang digunakan sebagai bahan dielektrik bersifat insulator dan dipengaruhi oleh medan listrik diantara plat kapasitor, sehingga muatan yang ada pada lemak akan terpolarisasi akibat pengaruh medan listrik. Kenaikan frekuensi sumber tegangan dapat mengakibatkan osilasi medan listrik semakin cepat sehingga hanya beberapa muatan yang terlibat dalam proses redistribusi dan tidak dapat menyearahkan diri dengan arah medan listrik luar sehingga mengakibatkan berkurangnya polarisasi. Penurunan polarisasi menyebabkan nilai kapasitansi menurun. Ketika nilai kapasitansi menurun maka nilai konstanta dielektrik juga menurun dengan adanya kenaikan frekuensi (Widodo et al., 2014).



Gambar 6 Grafik hubungan nilai kapasitansi pada lemak sapi (LS) dan lemak ayam (LA) dengan variasi suhu pada frekuensi (1, 5, 10, 15, 20) kHz



Gambar 7 Grafik hubungan nilai konstanta dielektrik pada lemak sapi (LS) dan lemak ayam (LA) dengan variasi suhu pada frekuensi (1, 5, 10, 15, 20) kHz

Pada Gambar 6 dan Gambar 7

mempelihatkan bahwa penurunan suhu mengakibatkan nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik mengalami perubahan, dimana kedua gambar tersebut menunjukkan hubungan diskontinuitas. Diskontinuitas dalam konstanta dielektrik saat perubahan suhu dipengaruhi oleh jenis dan struktur bahan (Yadav, Sahu, Singh, & Dhubkary, 2010). Konstanta dielektrik akan berubah tiba-tiba pada batas fasa (Scott, McPherson, & Curtis, 1933). Polarisasi bahan juga dipengaruhi oleh suhu. Ketergantungan suhu untuk berbagai jenis polarisasi mungkin tidak sama. Polarisasi dielektrik pada non-konduktor memiliki dua penyebab yaitu polarisasi elektronik (pergeseran elektron pada molekul karena adanya medan listrik) dan polarisasi orientasional (dipol-dipol permanen akan cenderung mengarahkan diri sejajar dengan medan listrik) (Kumar, 2014).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik lemak sapi memiliki nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik lebih besar dibandingkan dengan lemak ayam. Hal ini dipengaruhi oleh komposisi asam lemak dalam masing jenis lemak. kandungan asam lemak tak jenuh pada ayam adalah 45,77% dan lemak sapi adalah 21,93% (Hermanto et al., 2008). Konstanta dielektrik bahan sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan yaitu komposisi asam lemaknya. Komposisi asam lemak yang dominan mempengaruhi konstanta dielektrik bahan (Lizhi, Toyoda, & Ihara, 2008). Diketahui bahwa komposisi asam lemak tak jenuh pada lemak ayam jauh lebih besar pada lemak sapi. Hal ini menyebabkan nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik lemak sapi lebih besar dibandingkan dengan lemak ayam.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik pada lemak ayam dan lemak sapi pada variasi frekuensi untuk suhu yang sama menunjukkan bahwa kenaikan frekuensi menyebabkan penurunan nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik. Pada suhu 30°C

untuk frekuensi mulai dari 1kHz hingga 20kHz nilai kapasitansi lemak ayam yaitu  $(17,783 \pm 0,028) pF$  menurun sampai dengan  $(11,826 \pm 0,054) pF$ . Pada suhu 30°C untuk frekuensi mulai dari 1kHz hingga 20kHz nilai kapasitansi lemak sapi yaitu  $(23,012 \pm 0,163) pF$  menurun sampai dengan  $(14,800 \pm 0,115) pF$ . Pada suhu 30°C untuk frekuensi mulai dari 1kHz hingga 20kHz nilai konstanta dielektrik lemak ayam yaitu  $(6,372 \pm 0,008)$  menurun sampai dengan  $(4,633 \pm 0,016)$ . Pada suhu 30°C untuk frekuensi mulai dari 1kHz hingga 20kHz nilai konstanta dielektrik lemak sapi yaitu  $(7,940 \pm 0,050)$  menurun sampai dengan  $(5,542 \pm 0,035)$ . Pada perlakuan variasi suhu untuk frekuensi yang sama menunjukkan hubungan diskontinuitas. Pada suhu tertentu nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik memiliki titik puncak sehingga dari analisis regresi menghasilkan persamaan parabola.

## DAFTAR PUSTAKA

- Beiser, A. (1962). *The Mainstream of Physics*. London: Addison-Wesley.
- Cahyono, B. E., Misto, & Rofiatun. (2017). Pengaruh Penambahan Lemak Margarin Terhadap Konstanta Dielektrik Minyak Goreng. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 7(1), 54-60.
- Halliday, D., & Resnick, R. (1997). *Fisika Edisi Ketiga Jilid 2* Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2003). *Fundamental of Physics 6th Edition*. Amerika: John Wiley & Sons, Inc.
- Hermanto, S., Muanwanah, A., & Harahap, R. (2008). Profil dan karakteristik lemak hewani (ayam, sapi dan babi) hasil analisa FTIR dan GCMS. *Jurnal Valensi*, 1(3), 102-109.
- Kumar, A. (2014). Effect of Temperature on the Dielectric Constant. Retrieved 29 November 2017, 2017, from [https://www.researchgate.net/post/Why\\_does\\_dielectric\\_constant\\_increases\\_or\\_decrease\\_with\\_temperature](https://www.researchgate.net/post/Why_does_dielectric_constant_increases_or_decrease_with_temperature)
- Lizhi, H., Toyoda, K., & Ihara, I. (2008). Dielectric properties of edible oils and fatty acids as a function of frequency, temperature, moisture and composition.

- Journal of food engineering*, 88(2), 151-158.
- Nuwaiir. (2009). *Kajian Impedansi dan Kapasitansi Listrik pada Membran Telur Ayam Ras*. Unpublished Skripsi, Institut Pertanian Bogor., Bogor.
- Nuzula, F., Widodo, C. S., & Sucipto. (2014). Studi Pengaruh Campuran Lemak Babi Terhadap Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik Lemak Sapi dengan Metode Dielektrik. *Jurnal Fisika*, 2(1), 297-300.
- Rosita, F. N., Widodo, C. S., & Sucipto. (2014). Kajian pengaruh campuran lemak babi terhadap konstanta dielektrik lemak ayam menggunakan metode dielektrik. *Jurnal Fisika Indonesia*, 2(1), 301-303.
- Scott, A. H., McPherson, A. T., & Curtis, H. L. (1933). Effect Of Temperature and Frequency on The Dielectric Constant, Power Factor, and Conductivity of Compounds Of Purified Rubber and Sulphur. *Journal of Research*, 11, 173-209.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2010). *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics* (8<sup>th</sup> ed.). Belmont, California: Brooks/Cole.
- Soltani, M., Alimardani, R., & Omid, M. (2010). Prediction of banana quality during ripening stage using capacitance sensing system. *Australian Journal of Crop Science*, 4(6), 443-447.
- Tipler, P. A. (1991). *Physics for scientist and engineer* (B. Soegijono, Trans. 3<sup>rd</sup> ed.). New Jersey: Worth Publisher.
- Tobing, D. L. (1996). *Fisika Dasar 1*. Jakarta: PT. Gramedia pustaka utama.
- Wardani, D. R., Widodo, C. S., & Saroja, G. (2014). *Studi Karakteristik Biolistrik Minyak Goreng Sawit Kemasan dengan Metode Dielektrik Pada Frekuensi Rendah*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Widodo, C. S., Dharmawan, H. A., Sucipto, & Hidayat, A. (2014, 16-17 Oktober 2014). *Pengukuran Sifat Dielektrik Lemak Pangan pada Frekuensi Rendah*. Paper presented at the Simposium Fisika Nasional (SFN) XXVII, Universitas Udayana.
- Wilbraham, A. C. (1992). *Pengantar Kimia Organik dan Hayati*. Bandung: ITB.
- Yadav, V. S., Sahu, D. K., Singh, Y., & Dhukarya, D. C. (2010, 17 - 19 March 2010). *The Effect of Frequency and Temperature on Dielectric Properties of Pure Poly Vinylidene Fluoride (PVDF) Thin Films*. Paper presented at the The International MultiConference of Engineers and Computer Scientist (IMECS), Honhkong.
- Zemansky, M. W., & Sears, F. W. (1962). *Fisika untuk Universitas 2: Listrik Magnet*. Bandung: Bina Cipta.