

PENGUKURAN KONSTANTA DIELEKTRIK UNTUK MENGETAHUI KONSENTRASI LARUTAN GULA DENGAN MENGGUNAKAN METODE PLAT SEJAJAR

Lalu A. Didik

Tadris Fisika, Universitas Islam Negeri Mataram, Mataram, NTB, Indonesia, laludidik@uinmataram.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penentuan hubungan antara konsentrasi larutan gula dengan nilai konstanta dielektriknya. Pengukuran konstanta dielektrik pada beberapa konsentrasi larutan gula mulai 5% sampai dengan 50% dengan peningkatan konsentrasi 5% menggunakan metode plat sejajar. Untuk penentuan konstanta dielektrik tiap konsentrasi larutan dilakukan pengukuran kapasitansi dengan variasi jarak antar plat. Sebelum pengukuran konstanta dielektrik larutan, dilakukan kalibrasi dahulu terhadap alat dengan mengukur konstanta dielektrik udara dan didapatkan nilai sebesar 1,05. Nilai ini berbeda dengan konstanta dielektrik udara referensi sebesar 1,00054 sehingga didapatkan eror sebesar 4,9 %. Nilai eror ini masih dalam tahap wajar sehingga alat dapat digunakan untuk mengukur konstanta dielektrik larutan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai konstanta dielektrik menurun dari 6,64 (konsentrasi 5%) menjadi 3,97 (konsentrasi 50%). Hal ini disebabkan karena medan listrik local yang berlawanan dengan arah medan listrik luar dan hydration shell yang menyebabkan konstanta dielektrik larutan gula menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi larutan gula

Kata kunci: larutan gula, konstanta dielektrik, konsentrasi, plat sejajar

Pendahuluan

Sifat-sifat larutan sangat dipengaruhi oleh komposisinya. Oleh karena itu digunakan istilah konsentrasi untuk menyatakan komposisi larutan (Setyarini, Setijono, Hatta, & Komponen, 2012). Konsentrasi larutan menunjukkan perbandingan antara jumlah zat terlarut dengan jumlah pelarut (Mei et al., 2015). Sistem pengukuran kadar gula dalam bidang pertanian tebu dituntut untuk memberikan sumbangan dalam hal efisiensi dan biaya murah untuk meningkatkan produktivitas (M, Marzuki, & Yunianto, 2013). Untuk mendapatkan nilai ukur yang presisi dengan unjuk respon yang lebih baik pada pengukuran konsentrasi pada larutan di bidang pertanian dapat digunakan sifat elektrik yang dalam hal ini adalah konstanta dielektrik (Van Vuuren J. A. J.; Meyer J.; Claasens, 2006).

Konstanta dielektrik adalah karakteristik dari suatu zat, artinya setiap zat dengan karakteristik berbeda akan memiliki konstanta dielektrik yang berbeda (Didik, 2016). Secara sederhana besarnya polarisasi elektrik disebabkan oleh 4 sumber yaitu : (a) komponen elektronik yang disebabkan oleh induksi medan pada awan elektron yang mengelilingi tiap atom pada suatu material, (b) kontribusi ionik yang diasosiasikan dengan gerak relatif kation dan anion dalam

medan elektrik, (c) Polarisasi orientasional disebabkan karena rotasi dipol molekul dalam medan. Selain ketiga penyebab tersebut, sumber polarisasi suatu material juga disebabkan oleh pergerakan pembawa muatan, yaitu perpindahan ion atau elektron dibawah pengaruh medan (Chang, Yeh, & Lue, 2012).

Secara umum, terdapat tiga metode dalam pengukuran konstanta dielektrik larutan yaitu menggunakan metode pengukuran kapasitansi plat sejajar (Beroual, 2017; Lue, 2013), metode pengukuran menggunakan transduser kapasitif (Triyana, 2017) dan menggunakan metode reflectometry (Gramse et al., 2013; Sun et al., 2009). Diantara ketiga metode tersebut pengukuran kapasitansi adalah metode pengukuran yang paling sederhana.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai pengukuran konstanta dielektrik larutan NaCl dengan beberapa konsentrasi yang berbeda (Nurmasyitah & Khotimah, 2015). Nilai konstanta dielektrik berbanding terbalik dengan konsentrasi larutan (Sobirin et al., 2016). Oleh karena itu, dalam penelitian ini mencoba menggunakan metode pengukuran kapasitansi untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi larutan gula dengan konstanta dielektriknya.

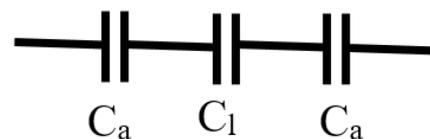
Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan penyiapan sampel larutan gula. Sampel yang digunakan adalah larutan gula dengan konsentrasi 50 % sebagai referensi. Gula halus sebanyak 50 gram dilarutkan ke dalam 100 ml aquades untuk mendapatkan konsentrasi larutan sebanyak 50% (Didik, 2014). Larutan gula kemudian

dimasukkan dalam plat sejajar dengan luas 2,5 x 5 cm dan jarak antar plat bervariasi antara 1 mm, 1,5 mm, 2 mm dan 2,5 mm. Kapasitansi larutan gula kemudian diukur menggunakan kapasitansi meter. Adapun rangkaian pengukuran dan rangkaian ekuivalen kapasitor ditunjukkan pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1 (a) Skema Rangkaian Pengukuran Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik (b) Skema Ekuivalensi Rangkaian

Berdasarkan skema ekivalensi plat sejajar dalam Gambar 1b, tampak bahwa kapasitor akrilik tersusun seri dengan larutan sehingga kapasitansi yang terukur adalah kapasitansi seri ketiga kapasitor.

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_a} + \frac{1}{C_l} + \frac{1}{C_a} \tag{1}$$

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_l} + \frac{2}{C_a} \tag{2}$$

Ingat bahwa kapasitansi larutan bergantung pada konstanta dielektrik larutan, jarak antar celah dan luas penampang plat,

$$C_l = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{rl} A}{d} \tag{3}$$

Sehingga persamaan dapat dituliskan sebagai

$$\frac{1}{C_s} = \frac{d}{\epsilon_0 \epsilon_{rl} A} + \frac{2}{C_a} \tag{4}$$

Persamaan identic dengan persamaan garis lurus $y = ax + b$ sehingga konstanta dielektrik dapat ditentukan melalui kemiringan grafik (Δ) dengan variable bebas berupa jarak antar plat (d) dapat dituliskan sebagai

$$\epsilon_{rl} = \frac{1}{\Delta \epsilon_0 A} \tag{5}$$

Sebelum dilakukan pengukuran konstanta dielektrik larutan, set alat pengukuran dikalibrasi terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian alat (Didik, 2017). Sehingga diperoleh persamaan penentuan konstanta dielektrik udara sebesar

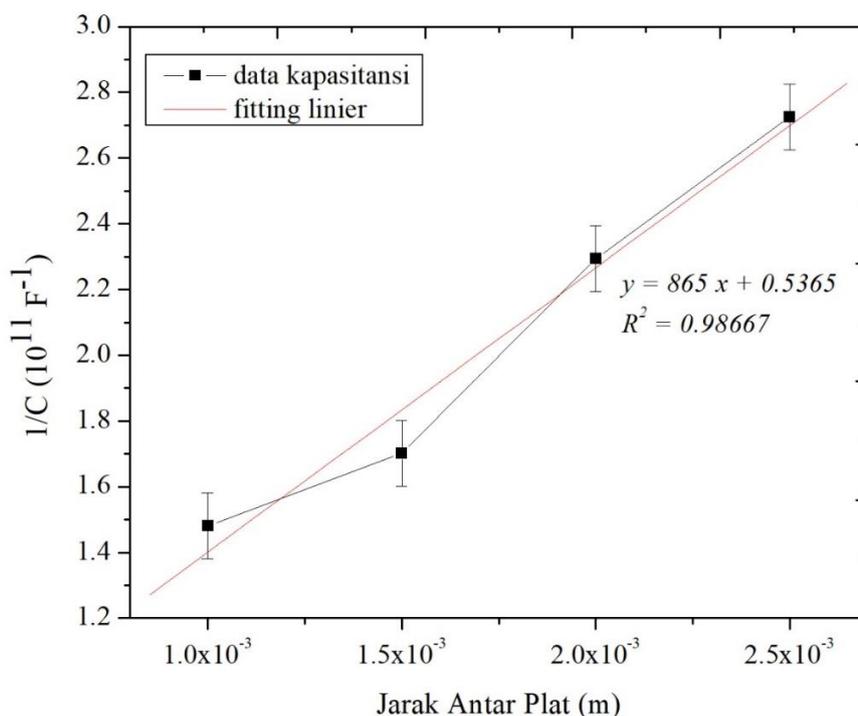
$$\epsilon_{ru} = \frac{1}{\Delta \epsilon_0 A} \tag{6}$$

Hasil dan Pembahasan

Sebelum dilakukan pengukuran konstanta dielektrik larutan gula, maka terlebih dahulu harus dilakukan kalibrasi terhadap alat yang digunakan. Dalam hal ini dilakukan terlebih dahulu penentuan konstanta dielektrik udara. Kapasitansi diukur dengan memvariasikan jarak antar plat. Data kalibrasi dibuat grafik dan dilakukan fitting linier menggunakan software Microcal Rigin. Adapun hasil fitting linier ditunjukkan pada gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 didapatkan kemiringan grafik sebesar $8,65 \times 10^{11} \text{ F}^{-1}\text{m}^{-1}$.

Nilai konstanta dielektrik dihitung menggunakan persamaan 6 dan didapatkan nilai konstanta dielektrik udara hasil eksperimen sebesar 1,05. Nilai ini berbeda dengan konstanta dielektrik udara referensi sebesar 1,00054 sehingga didapatkan eror sebesar 4,9 % (Bandri, 2014). Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui keakuratan alat dalam mengukur konstanta dielektrik sehingga dapat digunakan untuk mengukur konstanta dielektrik larutan gula (Didik, 2017).



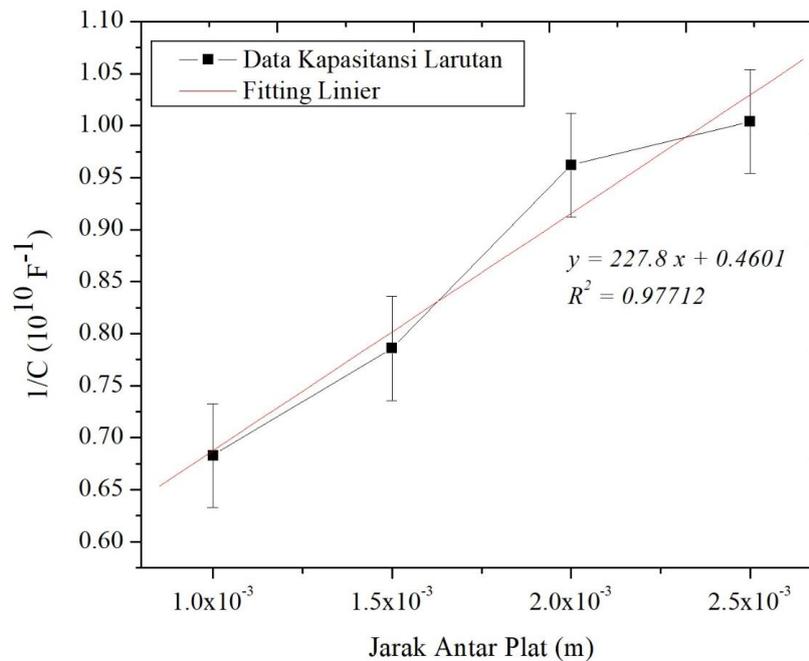
Gambar 2 Fitting Linier grafik 1/C dengan variasi jarak antar plat untuk menentukan konstanta dielektrik udara.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Kapasitansi Larutan Gula 50% dengan Variasi Jarak Antar Plat

No	Jarak Antar Plat (mm)	Kapasitansi (F)
1	1,0	1,46 x 10-10
2	1,5	1,27 x 10-10
3	2,0	1,04 x 10-10
4	2,5	0,99 x 10-10

Dengan cara yang sama dilakukan pengukuran konstanta dielektrik larutan gula dengan konsentrasi 50% sebagai parameter acuan. Data yang diperoleh ditunjukkan pada tabel 1. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin besar jarak antar plat, maka kapasitansi akan

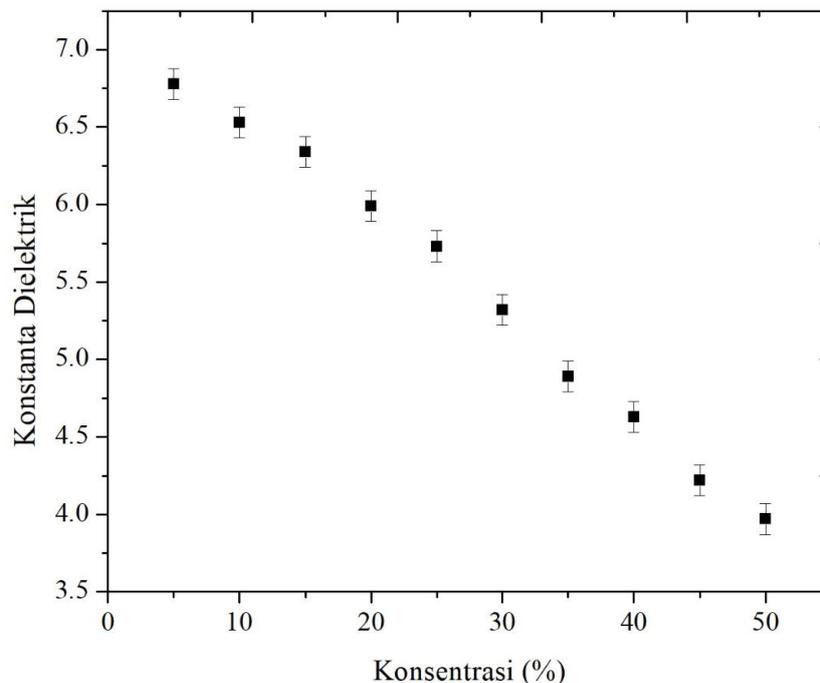
semakin kecil. Hal ini sesuai dengan persamaan 3 yang menunjukkan hubungan perbandingan terbalik antara kapasitansi dan jarak antar plat. Langkah selanjutnya adalah fitting linier data kapasitansi dan jarak antar plat menggunakan software Microcal Origin.



Gambar 3 Fitting Linier grafik 1/C dengan variasi jarak antar plat untuk menentukan konstanta dielektrik larutan gula dengan konsentrasi 50%.

Berdasarkan hasil analisis fitting linier pada Gambar 3 diperoleh kemiringan grafik 227,8 x 10¹¹ F⁻¹m⁻¹. Dengan menggunakan persamaan 5 diperoleh konstanta dielektrik larutan gula 50% sebesar 3,97. Nilai ini senada dengan penelitian

sebelumnya yang menunjukkan bahwa nilai konstanta dielektrik larutan gula di bawah 50% senada dengan konstanta dielektrik karet alam yang bernilai dalam rentang 2-4 (Triyana, 2017).



Gambar 4 Grafik Hubungan Konsentrasi dengan Konstanta Dielektrik Larutan Gula

Untuk menentukan konstanta dielektrik larutan dengan konsentrasi yang berbeda dapat

menggunakan persamaan regresi linier sebagai akibat hubungan dari konsentrasi larutan dengan

nilai konstanta dielektrik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Tampak bahwa peningkatan konsentrasi larutan gula akan menurunkan nilai konstanta dielektrik. Hasil ini juga diperkuat oleh beberapa penelitian sebelumnya yang meneliti

tentang sifat elektrik larutan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 tampak bahwa nilai sifat fisis larutan menurun akibat peningkatan konsentrasi larutan.

Tabel 2. Komparasi Hasil Eksperimen dengan Penelitian Sebelumnya

No	Jenis Larutan	Sifat Fisis Terukur	Metode Pengukuran	Hasil	Referensi
1	Larutan gula	Tegangan	Tranduser Kapasistif	Nilai tegangan berkurang akibat peningkatan konsentrasi	(Triyana, 2017)
2	Metanol	Konstanta dielektrik	Low pass filter method	Nilai konstanta dielektrik berkurang akibat peningkatan konsentrasi	(Lue, 2013)
3	Larutan NaCl	Kapasitansi	Plat Sejajar	Nilai konstanta dielektrik berkurang akibat peningkatan konsentrasi	(Nurmasyitah & Khotimah, 2015)

Penurunan nilai konstanta dielektrik larutan dapat dijelaskan menggunakan teori medan listrik local yang disebabkan oleh ion penyusun larutan. Meningkatnya nilai konsentrasi larutan gula akan meningkatkan jumlah ion yang terkandung di dalam larutan sehingga akan menghasilkan medan listrik local (Nurmasyitah & Khotimah, 2015). Selain itu, terdapat juga molekul air yang bersifat polar sebagai pelarut yang ikut mengalami polarisasi akibatnya adanya medan listrik local. Polarisasi pada molekul air akan menghasilkan *hydration shell* yang mengakibatkan respon molekul air terhadap medan listrik luar akan menurun (*dielectric decrement*). Adanya medan listrik local yang berlawanan dengan arah medan listrik luar dan *hydration shell* yang menyebabkan konstanta dielektrik larutan gula menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi larutan gula.

Simpulan

Nilai konstanta dielektrik dihitung menggunakan persamaan 6 dan didapatkan nilai konstanta dielektrik udara hasil eksperimen sebesar 1,05. Nilai ini berbeda dengan konstanta dielektrik udara referensi sebesar 1,00054 sehingga didapatkan eror sebesar 4,9 %. Peningkatan konsentrasi larutan gula akan menurunkan nilai konstanta dielektrik. Penurunan nilai konstanta dielektrik larutan dapat dijelaskan

menggunakan teori medan listrik local yang disebabkan oleh ion penyusun larutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Islam Negeri Mataram yang telah mendanai penelitian ini melalui dana DIPA LP2M UIN Mataram.

Daftar Pustaka

- Bandri, S. (2014). Analisis Kegagalan Isolasi Akibat Partial Discharge pada Kabel NA2XSEBY 20KV Berisolasi XLPE dan PVC. *Momentum*, 16 No(2), 56–64.
- Beroual, M. A. B. A. (2017). Experimental Characterisation of Concrete Containing Different Kinds of Dielectric Inclusions Trough Measurements of Dielectric Constant and Electrical Resistivity. *Procedia Environmental Sciences*, 37, 647–654. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.051>
- Chang, K. C., Yeh, Y. C., & Lue, J. T. (2012). Measurement of the Dielectric Constants of Zinc Metallic Nanoparticles at Various Frequencies. *Measurement*, 45(4), 808–813. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2011.06.021>

- Didik, L. A. (2016). Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap Konstanta Dielektrik Material AgCrO₂. *Konstan*, 2(1), 1–5.
- Didik, L. A. (2017). Pengukuran Kalor Jenis Material Dengan Menggunakan Modifikasi Persamaan Teorema Stefan Boltzmann. *Konstan*, 2(2), 1–4.
- Gramse, G., Edwards, M. A., Fumagalli, L., & Gomila, G. (2013). Nanoscale Measurement of the Dielectric Constant of Supported Lipid Bilayers in Aqueous Solutions with Electrostatic Force Microscopy. *Biophysics*, 104(6), 1257–1262. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2013.02.011>
- Lue, K. C. C. Y. C. Y. J. T. (2013). Measurement and Modelling of Static Dielectric Constant of Aqueous Solutions of Methanol, Ethanol, and Acetic Acid at T=293.15 K and 91.3 kPa. *The Journal Of Chemical Thermodynamics*, 57, 67–70. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2012.08.009>
- M, A. N., Marzuki, A., & Yuniarto, M. (2013). Desain Sensor Serat Optik Sederhana untuk Mengukur Konsentrasi Larutan Gula dan Garam Berbasis Pemantulan dengan Menggunakan Konfigurasi Jarak Cermin-Fiber Optik Tetap. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(2), 163–168.
- Mei, L., Putri, A., Prihandono, T., & Supriadi, B. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Laju Kenaikan Suhu Larutan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 6(2), 147–153.
- Nurmasyitah, & Khotimah, S. N. (2015). Penentuan Konstanta Dielektrik Larutan NaCl. In *Prosiding SKF* (pp. 301–307).
- Setyarini, L. W., Setijono, H., Hatta, A. M., & Komponen, A. I. (2012). Perancangan Sistem Pengukuran Konsentrasi Larutan Gula Menggunakan Metode Difraksi. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1–5.
- Sobirin, M., Rosita, N., Fitriawan, M., Usriyah, F., Faizal, R., & Yulianto, A. (2016). Journal of Creativity Students, 1(1), 1–6.
- Sun, M., Maichen, W., Pophale, R., Liu, Y., Cai, R., Lew, C. M., ... Yan, Y. (2009). Microporous and Mesoporous Materials Dielectric constant measurement of zeolite powders by time-domain reflectometry. *Microporous and Mesoporous Materials*, 123(1–3), 10–14. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2009.03.013>
- Triyana, M. H. (2017). Pengukuran Konsentrasi Larutan gula Menggunakan Transduser Kapasitif. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 9(1), 43–56.
- Van Vuuren J. A. J.; Meyer J.; Claasens, H. (2006). Potential Use of Near Infrared Reflectance Monitoring in Precision Agriculture. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 37, 2171–2184.