

# Penentuan Konstanta Dielektrik Larutan NaCl

Nurmasyitah<sup>1,a)</sup>, Siti Nurul Khotimah<sup>2,b)</sup>

<sup>1</sup>Magister Pengajaran Fisika,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>2</sup>Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>a)</sup>nurmasyitahfisika@gmail.com (corresponding author)

<sup>b)</sup>nurul@fi.itb.ac.id

## Abstrak

*Kapasitor plat sejajar terdiri dari dua plat logam dalam keadaan saling sejajar dan terpisah dengan jarak yang lebih kecil dibandingkan dimensi linear plat. Diantara kedua plat disisipkan bahan dielektrik, dalam wujud padat (kertas, mika, dan akrilik), cair (air dan larutan elektrolit), atau gas (udara). Kemampuan suatu kapasitor untuk menyimpan muatan listrik disebut kapasitansi yang dapat diukur dengan menggunakan LCRmeter. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konstanta dielektrik akrilik, konstanta dielektrik larutan NaCl, dan hubungan konstanta dielektrik larutan NaCl dengan konsentrasinya. Dengan menggunakan LCRmeter dan kapasitor plat sejajar, konstanta dielektrik ditentukan dengan dua cara. Pertama, dengan menggunakan satu nilai ketebalan dielektrik maka konstanta dielektrik ditentukan dengan ratio antara kapasitansi yang disisipkan bahan dielektrik ( $C$ ) terhadap kapasitansi yang disisipkan udara ( $C_0$ ) untuk satu nilai ketebalan dielektrik ( $d$ ). Kedua, dengan memvariasikan ketebalan dielektrik ( $d$ ) yang disisipkan di antara dua plat sejajar maka konstanta dielektrik ditentukan dari kemiringan grafik antara  $C$  dengan  $1/d$ . Dari hasil percobaan diperoleh nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) dari suatu bahan dielektrik. Dari hasil percobaan diperoleh nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) untuk akrilik, yaitu sebesar 2,2 dengan cara pertama dan 2,2 dengan cara kedua. Nilai konstanta dielektrik akrilik termasuk dalam rentang nilai referensi yaitu 2,1 s/d 3,9. Dengan menggunakan larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM diperoleh konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) sebesar 400. Semakin besar konsentrasi larutan NaCl, didapatkan bahwa konstanta dielektrik larutan NaCl semakin kecil. Selain larutan NaCl yang dapat digunakan sebagai dielektrik, terdapat larutan elektrolit lain yang dapat digunakan seperti HCl, NaOH dan sebagainya. Dengan mengetahui konsentrasi larutan elektrolit maka dapat diperoleh nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ), dan dapat dibuat dielektrik cair dari berbagai larutan elektrolit dengan berbagai kekuatan dielektrik cair.*

*Kata-kata kunci: Kapasitor plat sejajar, kapasitansi kapasitor, konstanta dielektrik, akrilik, konsentrasi larutan NaCl.*

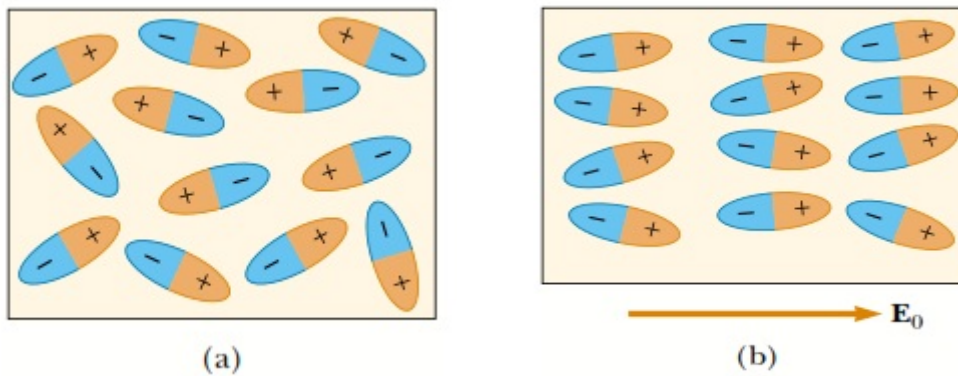
## PENDAHULUAN

Kapasitor merupakan komponen elektronik yang berfungsi menyimpan muatan listrik, medan listrik, dan energi potensial listrik. Kapasitor yang biasa digunakan dalam percobaan dilaboratorium fisika adalah kapasitor plat sejajar. Kapasitansi sebuah kapasitor dapat diukur secara langsung dengan LCRmeter. Pada umumnya, LCRmeter digital yang biasa digunakan dan memiliki skala ukur dari 20 nF s/d 200  $\mu$ F.

Kandungan NaCl banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti air laut, air kolam, serta larutan fisiologi tanaman dan hewan [1]. Untuk menentukan konstanta dielektrik larutan NaCl yang disisipkan di antara dua plat sejajar, dibutuhkan suatu wadah agar larutan tidak tumpah. Bentuk wadah yang digunakan mengikuti geometri kapasitornya, pada percobaan ini digunakan petridish yang terbuat dari akrilik karena plat sejajar yang digunakan berbentuk lingkaran. Kapasitor disusun seri yaitu plat, petridish yang terbuat dari akrilik dan plat. Sistem petridish yang terbuat dari akrilik mirip seperti sistem kapasitor yang disusun secara seri yaitu tersusun dari akrilik, larutan NaCl dan akrilik. Untuk menentukan konstanta dielektrik larutan NaCl, terlebih dahulu menentukan konstanta dielektrik akrilik. Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk menentukan konstanta dielektrik akrilik, konstanta dielektrik larutan NaCl dan hubungan konstanta dielektrik NaCl dengan konsentrasi larutan NaCl.

**TEORI DASAR**

Ketika ruang diantara dua keping konduktor pada suatu kapasitor diisi dengan dielektrik, kapasitansi meningkat sebanding dengan faktor  $\kappa$  yang merupakan karakteristik dielektrik dan disebut konstanta dielektrik [2]. Kenaikan kapasitansi disebabkan oleh melemahnya medan listrik diantara keping sejajar kapasitor yang disisipi dielektrik. Dielektrik menyebabkan medan listrik mengecil diantara keping sejajar suatu kapasitor karena dengan adanya medan listrik, molekul-molekul dalam dielektrik akan menghasilkan medan listrik tambahan yang arahnya berlawanan dengan medan listrik luar [3].



Gambar 1. (a) Dipol-dipol listrik yang tersebar secara acak dari suatu dielektrik polar tanpa medan listrik luar, (b) Dalam pengaruh medan listrik luar, dipol-dipol menyearahkan dirinya sejajar dengan arah medan listrik [3]

Dielektrik dapat memperlemah medan listrik antara kedua plat suatu kapasitor karena adanya medan listrik tambahan yang arahnya berlawanan dengan medan listrik luar. Apabila molekul-molekul dalam dielektrik bersifat molekul polar, maka dielektrik tersebut memiliki momen dipol permanen. Kemampuan momen dipol untuk menyearahkan dengan medan listrik bergantung pada kuat medan dan temperatur. Suatu dielektrik dengan momen dipol yang searah dengan medan listrik dikatakan terpolarisasi oleh medan. Terpolarisasi disebabkan oleh penyearahan oleh momen dipol permanen suatu molekul-molekul. Dipol-dipol molekular menghasilkan suatu medan listrik tambahan yang arahnya berlawanan dengan medan listrik awal, sehingga dapat melemahkan medan listrik awal. Molekul polar atau akibat terjadinya momen-momen dipol induksi dalam molekul-molekul nonpolar [2]. Kapasitansi merupakan suatu ukuran dari "kapasitas" penyimpanan muatan untuk suatu perbedaan potensial tertentu [2]. Dengan menggunakan LCRmeter dan kapasitor plat sejajar, konstanta dielektrik ditentukan dengan dua cara. Pertama, konstanta dielektrik dapat ditentukan dengan persamaan kapasitansi plat sejajar sebagai berikut:

$$C = \kappa \cdot C_0 \tag{1}$$

Kedua, konstanta dielektrik dapat ditentukan dengan persamaan kapasitansi kapasitor plat sejajar yang disisipkan bahan dielektrik secara penuh [4] sebagai berikut:

$$C = \kappa \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \tag{2}$$

Keterangan:

- $C$  = kapasitansi kapasitor (F)
- $\kappa$  = konstanta dielektrik
- $\epsilon_0$  = permitivitas ruang vakum ( $8,85 \times 10^{-12}$  F/m)

- $d$  = jarak antara dua keping sejajar (m)
- $A$  = Luas permukaan masing-masing plat ( $m^2$ )

Dengan memvariasikan ketebalan dielektrik ( $d$ ), maka konstanta dielektrik dapat ditentukan dari kemiringan (*slope*) grafik hubungan antara  $C$  terhadap  $1/d$ . Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y(\text{slope}) = \kappa \cdot \epsilon_0 \cdot A \tag{3}$$

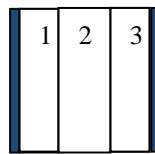
Apabila  $N$  buah kapasitor disusun secara paralel, maka besar kapasitansi adalah sebagai berikut [4]:

$$C_p = C_1 + C_2 + \dots + C_N = \sum_{i=1}^N C_i \tag{4}$$

Sedangkan, apabila  $N$  buah kapasitor disusun secara seri, maka besar kapasitansi adalah sebagai berikut [4] :

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} \tag{5}$$

Jika bahan dielektrik yang digunakan adalah petridish terbuat dari akrilik dan berisi larutan NaCl maka yang susunannya akrilik, larutan NaCl dan akrilik seperti gambar berikut:



Gambar 2. Dua plat sejajar disisipi petridish berisi larutan NaCl ((1)akrilik, (2)larutan NaCl, (3)akrilik)

Berdasarkan gambar 2 dan persamaan (5), maka diperoleh persamaan untuk sistem petridish yang terbuat dari akrilik sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_u} &= \frac{1}{C_{akr}} + \frac{1}{C_{NaCl}} + \frac{1}{C_{akr}} \\ \frac{1}{C_u} &= \frac{1}{C_{NaCl}} + \frac{2}{C_{akr}} \\ \frac{1}{C_u} &= \frac{d_{NaCl}}{\kappa_{NaCl} \cdot \epsilon_0 \cdot A} + B \end{aligned} \tag{6}$$

$C_u$  adalah kapasitansi yang terbaca dari LCRmeter dan  $B$  adalah kapasitansi akrilik. Jika konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) akrilik telah diketahui, maka konstanta dielektrik larutan NaCl ditentukan dari kemiringan (*slope*) grafik antara  $1/C_u$  dengan  $d$ . Konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) larutan NaCl ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$y(\text{slope}) = \frac{1}{\kappa_{NaCl} \cdot \epsilon_0 \cdot A} \tag{7}$$

$A$  adalah luas permukaan masing-masing plat yang berbentuk lingkaran sebesar  $0,13 \text{ m}^2$  dan  $d$  adalah ketebalan larutan NaCl di dalam petridish.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode percobaan. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- LCRmeter 1 buah
- Kabel Penghubung 2 buah
- Plat Aluminium berbentuk lingkaran berdiameter 20cm 2 buah
- Gulas Ukur (250 mL) 1 buah
- Gulas Kimia (500 mL) 1 buah
- Neraca Digital *Boeco* 1 buah
- Akrilik berbentuk lingkaran berdiameter 20 cm dan ketebalan ( $d = 1,5 \text{ mm}, 2 \text{ mm}, 4 \text{ mm}, 5 \text{ mm}, 8 \text{ mm}, 10 \text{ mm}$ )
- Akrilik berbentuk cincin berdiameter luar 20 cm dan berdiameter dalam 19 cm

- Petridish acrylic berdiameter 20 cm dengan ketebalan ( $d = 6 \text{ mm}, 7 \text{ mm}, 9 \text{ mm}, 11 \text{ mm}$ )  
Larutan NaCl dengan konsentrasi  $0,5 \times 10^2 \text{ mM}, 1 \times 10^2 \text{ mM}, 3 \times 10^2 \text{ mM}, 5 \times 10^2 \text{ mM}, 9 \times 10^2 \text{ mM}, 1,3 \times 10^2 \text{ mM}, 1,7 \times 10^2 \text{ mM}$  dan  $2 \times 10^3 \text{ mM}$ . Adapun desain alat untuk percobaan menentukan konstanta dielektrik akrilik adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Percobaan menentukan konstanta dielektrik akrilik [5]

Langkah percobaan yang dilakukan adalah merangkai seluruh alat seperti pada gambar 2, mengukur kapasitansi untuk bahan dielektrik udara ( $d = 5 \text{ mm}$ ) dan akrilik dengan ketebalan ( $d = 1,5 \text{ mm}, 2 \text{ mm}, 4 \text{ mm}, 5 \text{ mm}, 8 \text{ mm}, 10 \text{ mm}$ ). Untuk percobaan menentukan konstanta dielektrik larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2 \text{ mM}$  adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2 \text{ mM}$  diisi kedalam petridish akrilik

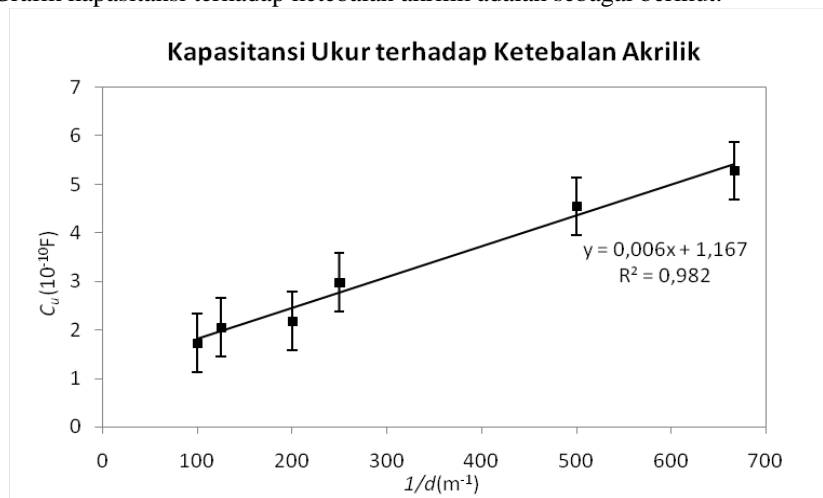


Gambar 5. Percobaan menentukan konstanta dielektrik larutan NaCl

Langkah percobaan yang dilakukan adalah mempersiapkan larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM dan mengisi petridish dengan larutan NaCl seperti pada gambar 2, kemudian mengukur kapasitansi dari larutan NaCl. Ulangi percobaan untuk petridish acrylic dengan ketebalan ( $d = 6$  mm,  $7$  mm,  $9$  mm,  $11$  mm). Dan untuk percobaan mengetahui relasi konstanta dielektrik terhadap konsentrasi larutan NaCl terdapat langkah-langkah percobaan yang sama seperti percobaan menentukan konstanta dielektrik larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM. Pada percobaan ini hanya menggunakan petridish dengan ketebalan ( $d = 7$  mm), kemudian mengukur kapasitansi dengan larutan [NaCl] ( $0,5 \times 10^2$  mM,  $1 \times 10^2$  mM,  $3 \times 10^2$  mM,  $5 \times 10^2$  mM,  $9 \times 10^2$  mM,  $1,3 \times 10^2$  mM,  $1,7 \times 10^2$  mM dan  $2 \times 10^3$  mM).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

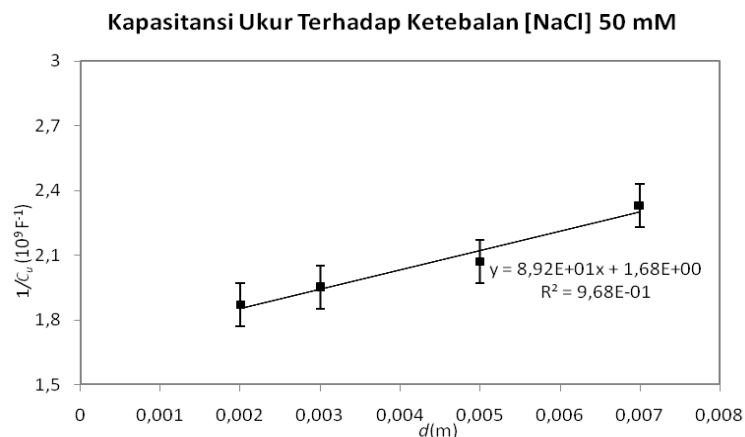
Dari percobaan yang telah dilakukan, untuk ketebalan akrilik 5 mm dengan menggunakan persamaan (1) diperoleh konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) akrilik sebesar 2,2. Selanjutnya, untuk percobaan dengan memvariasikan ketebalan akrilik ( $d = 1,5$  mm,  $2$  mm,  $4$  mm,  $5$  mm,  $8$  mm,  $10$  mm), diperoleh data yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik kapasitansi terhadap ketebalan akrilik adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik kapasitansi ukur terhadap ketebalan akrilik

Konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) akrilik ditentukan dari kemiringan (*slope*) pada gambar 6 dan dengan menggunakan persamaan (3) diperoleh konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) akrilik sebesar 2,2. Nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) akrilik termasuk dalam rentang dengan nilai referensi sebesar 2,1 s/d 3,9 [6].

Untuk percobaan menentukan konstanta dielektrik larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM diperoleh data yang ditampilkan dalam grafik sebagai berikut:

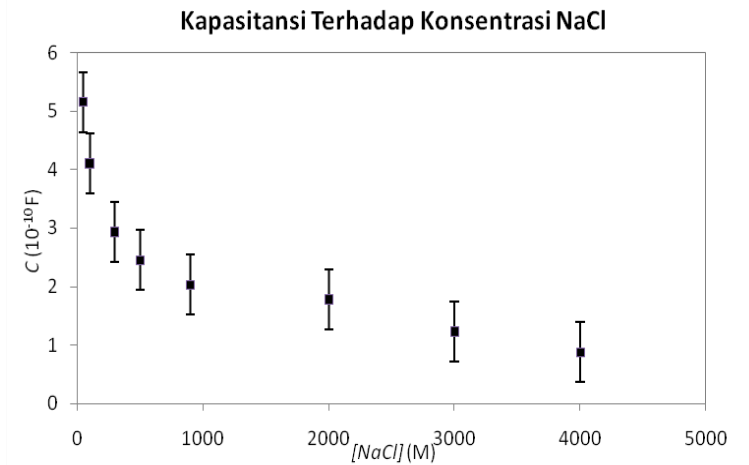


Gambar 7. Grafik kapasitansi ukur terhadap ketebalan petridish yang berisi larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM

Percobaan menggunakan konsentrasi larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM dan memvariasikan  $d$  petridish yang berisi larutan NaCl. Konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) NaCl berbentuk padat adalah 150 dan konstanta dielektrik ( $\kappa$ )

air adalah 80 [7]. Konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) untuk larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM dapat diperoleh dari kemiringan (*slope*) grafik (gambar 7) dan dengan menggunakan persamaan (7) diperoleh konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) untuk larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM sebesar 400.

Untuk percobaan mengetahui hubungan konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) NaCl terhadap konsentrasi larutan dilakukan percobaan yang sama seperti percobaan menentukan konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM. Percobaan menggunakan *d* petridish yang berisi larutan NaCl sebesar 3 mm dan petridish diisi dengan konsentrasi larutan NaCl ( $0,5 \times 10^2$  mM,  $1 \times 10^2$  mM,  $3 \times 10^2$  mM,  $5 \times 10^2$  mM,  $9 \times 10^2$  mM,  $1,3 \times 10^2$  mM,  $1,7 \times 10^2$  mM dan  $2 \times 10^3$  mM). Diperoleh data sebagai berikut dan ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 8. Grafik kapasitansi ukur terhadap konsentrasi larutan NaCl

Berdasarkan gambar 8, semakin besar konsentrasi larutan NaCl maka semakin kecil kapasitansi. Meningkatnya konsentrasi larutan NaCl maka meningkatnya jumlah ion-ion yang terkandung didalam larutan. Ion-ion penyusun larutan NaCl akan terdisosiasi menjadi ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$ . Ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$  didalam larutan akan menimbulkan medan listrik lokal. Medan listrik lokal tersebut akan mendominasi medan listrik eksternal. Selain ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$ , terdapat juga molekul air sebagai pelarut. Molekul air merupakan molekul polar dan akan terpolarisasi karena medan listrik lokal. Polarisasi molekul air menimbulkan *hydration shell* atau cangkang hidrasi di sekitar ion-ion. Larutan ionik mengakibatkan respon molekul air terhadap medan listrik luar menurun. Peristiwa ini disebut *dielectric decrement* [8]. Meningkatnya konsentrasi larutan NaCl dapat menurunkan nilai konstanta dielektrik larutan NaCl. Konstanta dielektrik berhubungan dengan kemampuan suatu material berpolarisasi akibat medan listrik luar dan mengurangi medan listrik didalam bahan [9]. Konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) sebanding dengan nilai kapasitansi ( $C$ ). Dengan menggunakan persamaan (2) dan nilai  $\epsilon_0$ ,  $A$  dan  $d$  dibuat tetap, maka diperoleh hubungan antara kapasitansi ( $C$ ) dengan konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) larutan NaCl adalah sebagai berikut:

$$\frac{C_{[NaCl]}}{C_{[50]}} = \frac{\kappa_{[NaCl]}}{\kappa_{[50]}} \tag{8}$$

Keterangan:

- $C_{[NaCl]}$  = kapasitansi larutan [NaCl] (F)
- $\kappa_{[NaCl]}$  = konstanta dielektrik larutan [NaCl]
- $C_{[50]}$  = kapasitansi larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM (F)
- $\kappa_{[50]}$  = konstanta dielektrik larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^2$  mM

Dengan menggunakan persamaan (8) diperoleh konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) larutan [NaCl]  $9 \times 10^2$  mM sebesar 157 dan diperkirakan mendekati dengan nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) NaCl berbentuk padat sebesar 150[3]. Apabila larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu dan kapasitansi larutan NaCl diketahui, maka konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (8). Dielektrik yang sekarang banyak digunakan dan dijual dipasaran adalah dielektrik cair, karena tergantung pada sifat atom dan molekul cairan itu sendiri, material dari elektroda, suhu, jenis tegangan yang diberika, gas yang terdapat dalam cairan, dan sebagainya yang dapat merubah sifat molekul cairan [10]. Menurut hukum Paschen's kekuatan dielektrik cair berkisar antara  $10^7$  V/cm [11]. Dielektrik cair mempunyai kerapatan  $10^3$  kali lebih besar dari pada dielektrik gas sehingga kekuatan dielektriknya lebih tinggi dielektrik gas [12]. Kelebihan menggunakan dielektrik cair yaitu mempunyai kemampuan untuk memperbaiki diri sendiri jika

terjadi suatu pelepasan muatan (*discharge*). Larutan elektrolit (NaCl, HCl, NaOH dan sebagainya) dapat digunakan sebagai dielektrik cair, dengan mengetahui konsentrasi larutan maka nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) larutan elektrolit dapat diketahui.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan LCRmeter dan kapasitor plat sejajar, konstanta dielektrik ditentukan. Konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) akrilik sebesar 2,2 untuk ketebalan 5 mm dan untuk ketebalan akrilik yang berbeda diperoleh konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) sebesar 2,2. Nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) akrilik dari percobaan mendekati dengan nilai referensi konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) akrilik 2,1 s/d 3,9. Percobaan larutan [NaCl]  $0,5 \times 10^{-2}$  mM diperoleh konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) sebesar 400. Semakin besar konsentrasi larutan NaCl, maka kapasitansi semakin kecil dan konstanta dielektrik larutan NaCl semakin kecil. Konstanta dielektrik ( $\kappa$ ) menentukan kekuatan dielektrik. Dielektrik yang sekarang banyak digunakan dan dijual dipasaran adalah dielektrik cair karena kekuatan dielektrik cair berkisar antara  $10^7$  V/cm [1] dan kerapatan  $10^3$  kali lebih besar dari pada dielektrik gas sehingga kekuatan dielektriknya lebih tinggi dielektrik gas. Manfaat menggunakan dielektrik cair adalah kemampuan untuk memperbaiki diri sendiri jika terjadi suatu pelepasan muatan (*discharge*). Selain larutan NaCl yang dapat digunakan sebagai dielektrik, terdapat larutan elektrolit lain yang dapat digunakan seperti HCl, NaOH dan sebagainya. Dengan mengetahui konsentrasi larutan elektrolit maka dapat diperoleh nilai konstanta dielektrik ( $\kappa$ ), dan dapat dibuat dielektrik cair dari berbagai larutan elektrolit dengan berbagai kekuatan dielektrik cair.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yaitu Pak Freddy Haryanto yang telah memberi izin penggunaan tempat dan alat di laboratorium magister pengajaran fisika ITB, Pak Dadang dan Pak Jajad yang telah membantu dalam persiapan pelaksanaan penelitian ini.

## REFERENSI

1. Fauziyah, A., P. Dwijananti, *Pengaruh Radiasi Sinar X Terhadap Motilitas Sperma Pada Tikus Mencit (Mus musculus)*. Unnes : Skripsi Sarjana Fisika (2013)
2. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid Dua Edisi Ketiga*. Jakarta : Erlangga (2001)
3. Halliday.D, Resnick.R, dan Walker.J, *Fundamentals Of Physics 9th Edition*. USA : John Willey and Sons, Inc (2011)
4. Serwey, Jewett, *Physics for Scientists and Engineers 6 th Edition*. Thomson Brooks (2004)
5. Rusmiati.Y, *Eksperimen Penentuan Konstanta Dielektrik Akrilik Dengan Menggunakan Prinsip Kerja Kapasitor Plat Sejajar*. ITB : Proyek Akhir Magister Pengajaran Fisika (2013)
6. Steven Dufresne. *Dielectrics*. <http://rimstar.org/materials/dielectrics/resindc1/resindc1.htm>(2011) (diakses 1 November 2015)
7. D. R. Lide (ed.), *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press, Florida (2005)
8. Hasted, J.B., Ritson, D.M., Collie, C., *Dielectric Properties of Aqueous Ionic Solution : Part I dan Part II. The Journal of Chemical Physics*, Vol.16,No.1, 1-21(1948)
9. Ayu, S.N, *Analisis Sinyal Terukur Brain Ecvt 2-elektroda Pada Kondisi Stress Dan Relax*. ITB: Tesis Magister Fisika (2015)
10. Wibowo, W.K., *Analisis Karakteristik Breakdown Voltage Pada Dielektrik Minyak Shell Diala B Pada Suhu 30°C-130°C*, Universitas Diponegoro : Tesis Jurusan Teknik Elektro (2011)
11. Malik, N.H., Al-Arainy, A.A, and Qureshi, M.I., *Electrical Insulation in Power Systems*, New York : Marcel Dekker, Inc., (1998)
12. Naidu, M.S., and Karamaju, V., *High Voltage Engineering*, New Delhi : McGraw-Hill, (1995)