

Sifat Fisis Komposit Polietilen/Nanotitania Sebagai Fungsi Ketebalan

Nola Fricilia^{(1)*}, Posman Manurung⁽¹⁾ dan Agus Riyanto⁽¹⁾

⁽¹⁾ Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145

*email korespondensi: fricilianola@gmail.com

Diterima (23 November 2018), Direvisi (07 Desember 2018)

Abstract. *Physical properties of polyethylene (PE)/ nanotitania composite as a function of thickness have been studied. The material used is PE and nanotitania. The blending of PE with nanotitania was carried out by melting polyethylene at 95 °C for 5 minutes then added nanotitania 5 wt% and 10 wt% and heated at 124 °C for 30 minutes. Then printed using barcoater with size 6, 12 and 25 μm with four repetitions. Variations were performed to determine the effect of composite thickness of polyethylene/nanotitania on electrical properties and functional groups. FTIR results show that as the thickness of the absorption sample increases, new functional groups appear, namely hydroxyl and carbonyl. The LCR results show the smallest conductivity value, sample 5 wt% PE / nanotitania with 6 μm size and the largest 10% PE/nanotitania sample with a size of 25 μm each at $2,302 \times 10^{-5}$ S/m and $3,121 \times 10^{-5}$ S/m at a frequency of 10^5 Hz. While the largest dielectric constant value is a sample of PE/nanotitania 5 wt% with a size of 6 μm and the smallest sample PE/nanotitania 10 wt% with a size of 6 μm at a frequency of 10^5 Hz. Based on these characteristics, the 5 wt% PE/nanotitania sample with a size of 6 μm is the material with the best dielectric properties so that the sample has the potential to be used as a cable insulator.*

Key words. *composite, PE, TiO_2 , conductivity and dielectric constant.*

Abstrak. Telah dilakukan penelitian tentang sifat fisis komposit PE/nanotitania sebagai fungsi ketebalan. Bahan yang digunakan adalah PE dan nanotitania. Pencampuran polietilen dan nanotitania dilakukan dengan pelelehan polietilen pada suhu 95 °C selama 5 menit kemudian ditambahi nanotitania 5 wt% dan 10 wt% dan dipanaskan pada suhu 124 °C selama 30 menit. Selanjutnya dicetak menggunakan *barcoater* dengan ukuran 6, 12 dan 25 μm dengan empat kali pengulangan. Variasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh ketebalan komposit polietilen/nanotitania terhadap sifat listrik dan gugus fungsi. Hasil FTIR menunjukkan seiring bertambah ketebalan sampel serapan semakin sedikit dan muncul gugus fungsi baru yaitu hidroksil dan karbonil. Hasil LCR menunjukkan nilai konduktivitas terkecil yaitu sampel PE/nanotitania 5 wt% dengan ukuran 6 μm dan terbesar sampel PE/nanotitania 10% dengan ukuran 25 μm masing-masing sebesar $2,302 \times 10^{-5}$ S/m dan $3,121 \times 10^{-5}$ S/m pada frekuensi 10^5 Hz. Sedangkan nilai konstanta dielektrik terbesar yaitu sampel PE/nanotitania 5 wt% dengan ukuran 6 μm dan terkecil sampel PE/nanotitania 10 wt% dengan ukuran 6 μm pada frekuensi 10^5 Hz. Berdasarkan karakteristik tersebut, sampel PE/nanotitania 5 wt% dengan ukuran 6 μm merupakan material dengan sifat dielektrik terbaik sehingga sampel tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai isolator kabel.

Kata kunci: komposit, PE, TiO_2 , konduktivitas dan konstanta dielektrik

PENDAHULUAN

Polietilen (PE) adalah termoplastik yang merupakan bahan polimer kimia yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Polietilen pada temperatur rendah bersifat fleksibel dan tahan akan bahan kimia. Karena itu dipakai untuk berbagai

keperluan termasuk untuk pembuatan berbagai wadah, alat dapur, berbagai barang kecil, botol-botol, film, pipa, isolator kabel listrik, serat, kantong tempat sampah dan sebagainya [1].

Polietilen merupakan polimer non polar yang khas yang memiliki sifat-sifat listrik yang baik. Terutama sangat baik

dalam sifat khas frekuensi tinggi, banyak dipakai sebagai bahan isolasi untuk radar, TV dan sebagai alat komunikasi. karena bentuknya yang tak biasa, komponen kimiawi dan elektris. Selanjutnya, kemekanikalan dan keelektrisan komponen polietilen ini seperti daya rentang, daya hambat, permitivitas dan pengurangan dielektrik, bisa ditingkatkan dengan menambahkan nanopartikel anorganik dikarenakan oleh ukuran kecil dan efek permukaannya, polietilen/nanokomposit nanopartikel anorganik dijadikan sebagai peluang untuk kebutuhan industri di masa yang akan datang [2]–[4]. Dari berbagai jenis nanomaterial, titanium dioksida (TiO_2) atau nanotitania merupakan salah satu bahan yang sedang dikembangkan [5].

Baru-baru ini, TiO_2 dijadikan pengisi yang melekat pada matrik polimer dan kelengkapan elektronik [6]. TiO_2 adalah bahan anisotrop digunakan untuk sebagai pembeda yang signifikan, dengan permitivitas dielektrik yang bernilai parallel dan tegak lurus [7]. Penelitian [8] menunjukkan permitivitas dan pengurangan komponen dielektrik pada nanokomposit dari TiO_2 /micro dan TiO_2 epoxy/nano. Dilaporkan bahwa permitivitas dari TiO_2 epoxy/micro lebih lebar daripada TiO_2 epoxy/nano dan matrik polimer, sedangkan permitivitas dari TiO_2 epoxy/nano lebih kecil dari matrik polimer dan TiO_2 epoxy/micro.

Nanoteknologi adalah pemahaman dan kontrol materi dalam skala nano, dimana hal ini merupakan fenomena unik yang memungkinkan adanya aplikasi baru [9]. Nanomaterial yang banyak diproduksi secara pasaran adalah nanosilika, nanotitania, nanoalumina, fullerenes dan tabung nano berbasis karbon atau *carbon nanotube* (CNTs). Dari berbagai jenis nanomaterial, TiO_2 atau nanotitania merupakan salah satu bahan yang sedang dikembangkan [5].

Berdasarkan penelitian [10] nanopartikel rutile TiO_2 dipilih sebagai

pengisi (filler) yang melekat di matrik LDPE dengan konsentrasi massa yang berbeda (0,5wt%, 1wt%, 3wt%, dan 5wt%) dan ketebalan 150 μm dipanaskan di dalam vacuum oven pada suhu 90°C menunjukkan LDPE/ TiO_2 memiliki permitivitas dan faktor pembubaran terendah karena penyebaran nanopartikel yang bagus, ini menunjukkan bahwa sampel LDPE/ TiO_2 memiliki komponen dielektrik yang canggih dan kemampuan signifikan pada anti *aging*. Oleh karena itu, sangat diperlukan untuk melakukan penelitian lanjutan tentang efek ketebalan polietilen/nanotitania terhadap sifat fisis. Untuk mengetahui gugus fungsi bahan diuji dengan karakterisasi *Fourier Transform InfraRed* (FTIR), dan LCR meter sebagai pengukur sifat listrik lapisan polietilen-nanotitania

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan dasar polietilena (PE), dan nanopartikel TiO_2 . Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca digital, gelas ukur, spatula, *alumunium foil*, tisu, *barcoater*, *blender*, plastik *press* dan oven. Pembuatan polietilena-nanotitanium dilakukan dengan pencampuran antara polietilen dan nanotitania. Langkah pertama yaitu, polietilen dilelehkan terlebih dahulu menggunakan oven pada suhu 95 °C selama 5 menit. Kemudian polietilena yang sudah meleleh ditambahi dengan nanotitanium. Setelah itu diaduk menggunakan *blender*. Variasi komposisi dari keenam sampel tersebut ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Variasi komposisi sampel PE/nanotitania.

Sampel	Perbandingan PE (gr) dengan nanotitania	Ketebalan (μm)
A6	1 : 5	6
A12	1 : 5	12
A25	1 : 5	25
B6	1 : 10	6
B12	1 : 10	12
B25	1 : 10	25

Hasil campuran polietilena-nanotitanium dicetak menggunakan *barcoater* untuk menghasilkan lapisan dengan ukuran 6 μm , 12 μm , dan 25 μm . Proses pelapisan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali pada suhu 124 $^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit pada setiap ukuran *barcoater*..

Setelah itu sampel polietilen/nanotitania dikarakterisasi menggunakan FTIR pada rentang frekuensi 400-4000 cm^{-1} dan LCR tipe Hi Tester Hioki 3520-52. Karakterisasi dilakukan bertujuan agar dapat menganalisis gugus fungsi dan sifat listrik dari komposit polietilen/nanotitania. Untuk menghitung nilai konduktivitas listrik dan permitivitas dielektrik riil atau konstanta dielektrik dapat menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{GL}{A} \quad (1)$$

$$\epsilon_r = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} \quad (2)$$

Dengan σ ialah konduktivitas listrik (S/m), G konduktansi (S), L ketebalan sampel (m), A luas permukaan sampel (m^2), ϵ_r permitivitas dielektrik, C kapasitansi sampel (F), ϵ_0 permitivitas vakum ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m), d ketebalan sampel (m) dan A luas permukaan sampel (m^2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan lapisan Polietilen/nanotitania

Layer dengan konsentrasi *filler* 5 wt% dan 10 wt% yang menggunakan *barcoater* berukuran 6, 12 dan 25 μm dan dilakukan pengulangan selama empat kali pada masing-masing ukuran. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Hasil ketebalan sampel kadar titania 5 wt%

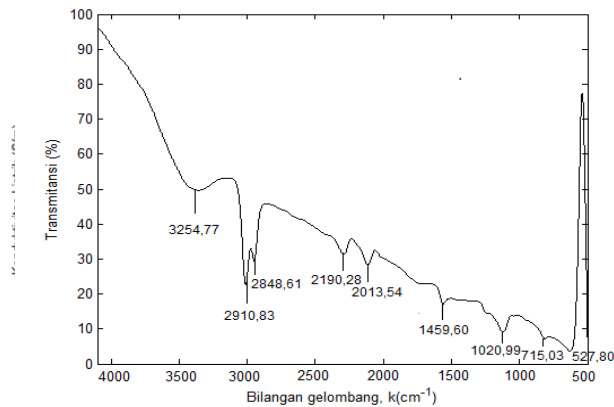
Sample	Repetition (times)	Thickness (μm)
A6	4	180
A12	4	210
A25	4	240

Tabel 3. Hasil ketebalan sampel kadar titania 10 wt%

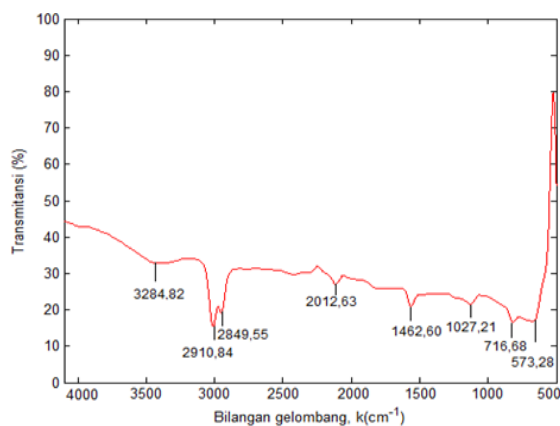
Sample	Repetition (times)	Thickness (μm)
B6	4	190
B12	4	230
B25	4	250

Berdasarkan **Tabel 2** terlihat bahwa pengulangan keempat menghasilkan ukuran paling tipis. Untuk PE/nanotitania dengan kadar nanotitania 5 wt% untuk *barcoater* 6, 12 dan 25 μm diperoleh ketebalan masing-masing sebesar 180, 210 dan 240 μm . Pada **Tabel 3** menunjukkan hasil ketebalan PE/nanotitania dengan kadar nanotitania 10 wt% dengan ukuran *barcoater* 6, 12 dan 25 μm diperoleh ketebalan masing-masing sebesar 190, 230 dan 250 μm . Hasil pembuatan lapisan tidak sesuai dengan ukuran *barcoater* yang digunakan. Ketidaksesuaian lapisan karena proses pelapisan masih menggunakan *barcoater* manual.

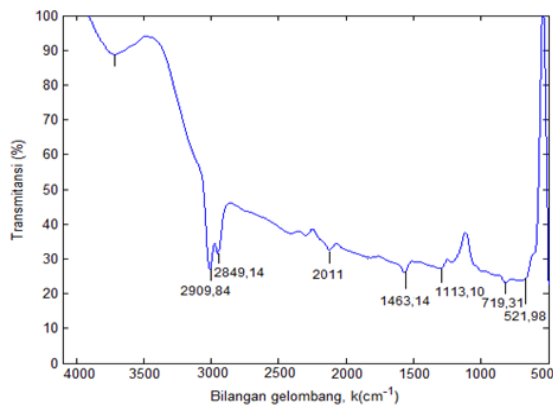
Hasil FTIR digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi yang ada pada komposit polietilen dan TiO_2 . Sampel diberi kode dalam penyajian berdasarkan ketebalannya. Hasil spektrum FTIR sampel PE/nanotitani ditunjukkan pada **Gambar 1** dengan puncak-puncak serapan yang ditunjukkan pada **Tabel 4**.



(a)



(b)



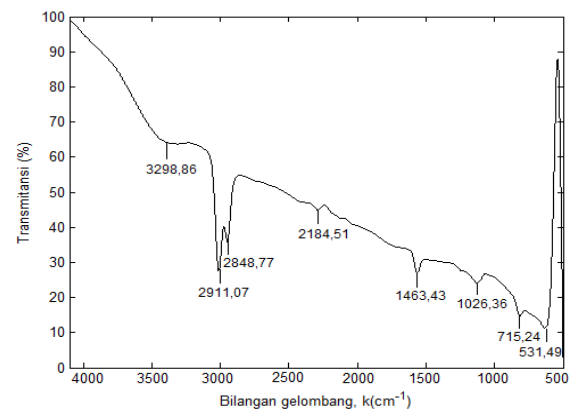
(c)

Gambar 1. Hasil spektrum FTIR komposit PE/nanotitania dengan persentasi massa 5 wt%. (a) sampel A6 (6 μm), (b) sampel A12 (12 μm) dan (c) sampel A25 (25 μm).

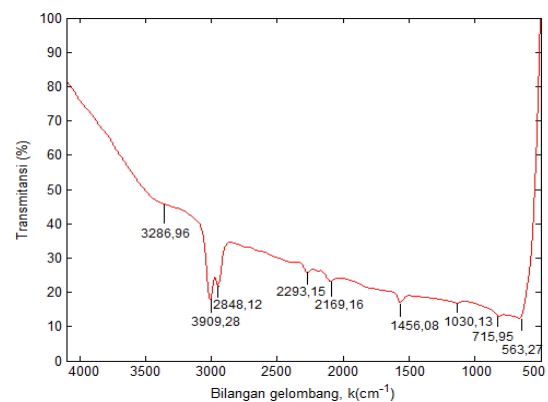
Tabel 4. Serapan bilangan gelombang yang terdeteksi.

Panjang gelombang / cm^{-1}	Gugus fungsi
3498-3254	O-H
2910-2800	C-H
2190-2010	C-O
1463-715	CH_2
719-521	TiO_2

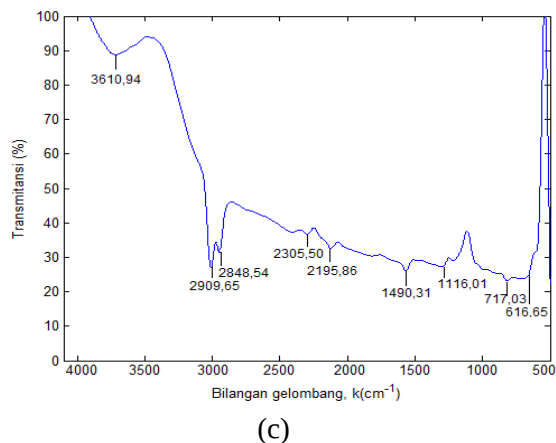
Berdasarkan **Tabel 4.** Semua sampel menunjukkan hasil yang sama dimana setiap sampel menghasilkan gugus fungsi C-H pada bilangan gelombang 2910 – 2800 cm^{-1} dan CH_2 pada bilangan gelombang 1463 – 715 cm^{-1} . Pita-pita serapan ini merupakan pita serapan khas polietilen (Peacock, 2000) dan bilangan gelombang 719 – 521 cm^{-1} merupakan vibrasi dari TiO_2 . Hasil FTIR pada sampel polietilen/nanotitania 10 wt% di tunjukkan pada **Gambar 2.**



(a)



(b)



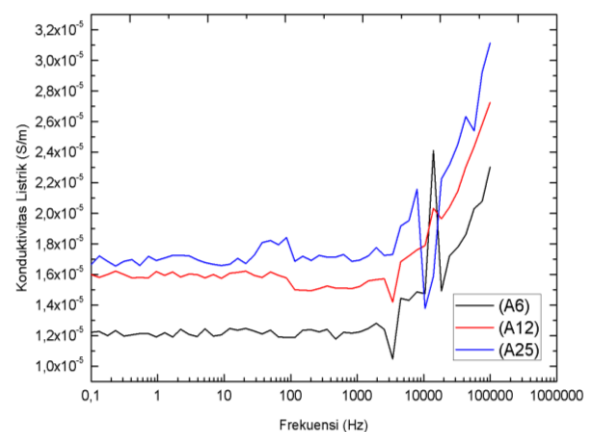
Gambar 2. Hasil spektrum FTIR komposit PE/nanotitania dengan persentasi massa 10 wt%. (a) sampel B6 (6 μm), (b) sampel B12 (12 μm) dan (c) sampel B25 (25 μm).

Berdasarkan **Gambar 2** terlihat puncak serapan yang sama dimana hasil serapan menunjukkan gugus fungsi C-H Dan CH_2 . Berdasarkan hasil FTIR pada sampel dengan fiiler 5 wt% dan 10 wt% menunjukkan bahwa serapan yang dihasilkan semakin sedikit. Hasil spektrum FTIR menunjukkan bahwa munculnya gugus fungsi O-H yang berasal dari penggunaan prekursor titanium butoksida pada TiO_2 dan C-O yang menunjukkan bahwa telah terjadi interaksi antara polietilen dengan nanotitania yang disebabkan saat pemanasaan terjadi reaksi oksidasi rantai molekul polietilen dan cabangnya, sehingga gas oksigen bereaksi dengan atom carbon atau atom hidrogen melekat pada rantai karbon utama yang menghasilkan ikatan *hydroxyl* dan *carbonyl* [10].

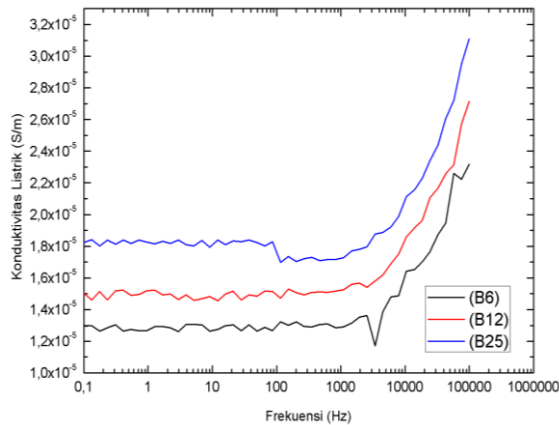
Hasil LCR menunjukkan pengukuran konduktivitas listrik pada rentang frekuensi 0,1 – 10^5 Hz ditunjukkan pada **Gambar 3**. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konduktivitas listrik meningkat seiring dengan meningkatnya frekuensi. Nilai konduktivitas listrik sampel A25 dan B25 meningkat lebih tajam seiring meningkatnya frekuensi dibandingkan sampel yang lainnya. Meningkatnya nilai

konduktivitas listrik dapat dikarenakan pengaruh unsur-unsur pepadu, pengotor atau ketidaksempurnaan dalam kristal, yang sangat mempengaruhi konduktivitas suatu penghantar [11]. Sementara itu berdasarkan hasil karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa pada sampel mengandung gugus fungsi O-H yang merupakan molekul air yang menyebabkan timbulnya sifat dielektrik (isolator terpolarisasi). Molekul air dapat mempengaruhi konduktivitas listrik. Namun, seiring bertambahnya ketebalan sampel serapan ikatan O-H semakin menurun yang dikonfirmasi berdasarkan hasil spektrum FTIR pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Hal inilah yang menyebabkan nilai konduktivitas listrik semakin meningkat. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan [12] bahwa semakin tinggi kandungan molekul air pada sampel maka sifat dielektriknya semakin kuat.

[12] bahwa semakin tinggi kandungan molekul air pada sampel maka sifat dielektriknya semakin kuat.



(a)



(b)

Gambar 3. Nilai konduktivitas listrik sampel PE/nanotitania, (a) *filler* titania 5 wt%, (b) *filler* titania 10 wt%.

Secara umum, nilai konduktivitas listrik seluruh sampel yang diperoleh pada penelitian ini mencapai nilai yang tinggi yakni mencapai orde 10^{-5} S/m pada frekuensi 1×10^5 Hz. Nilai konduktivitas tertinggi untuk PE/nanotitania 5 wt% yaitu sebesar $3,11 \times 10^{-5}$ S/m dengan ketebalan 25 μm dilihat pada **Tabel 5** dan untuk nilai konduktivitas listrik terbesar pada sampel PE/nanotitania 10 wt% yaitu sebesar $3,12 \times 10^{-5}$ S/m dengan ketebalan 25 μm seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 6**.

Tabel 5. Nilai konduktivitas listrik PE/nanotitania 5 wt%

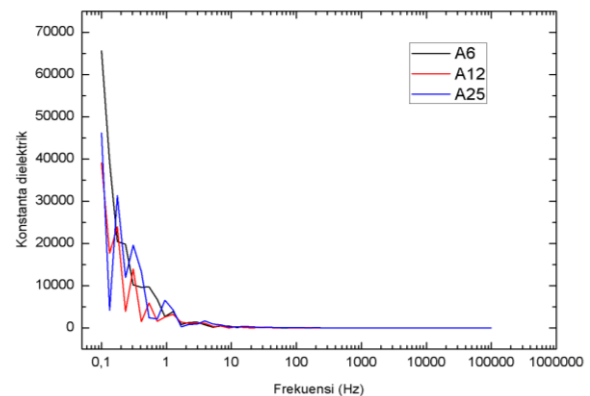
Sampel	Ketebalan (μm)	Konduktivitas Listrik (S/m)
A6	6	$2,30 \times 10^{-5}$
A12	12	$2,72 \times 10^{-5}$
A25	25	$3,11 \times 10^{-5}$

Tabel 6. Nilai konduktivitas listrik PE/nanotitania 10 wt%

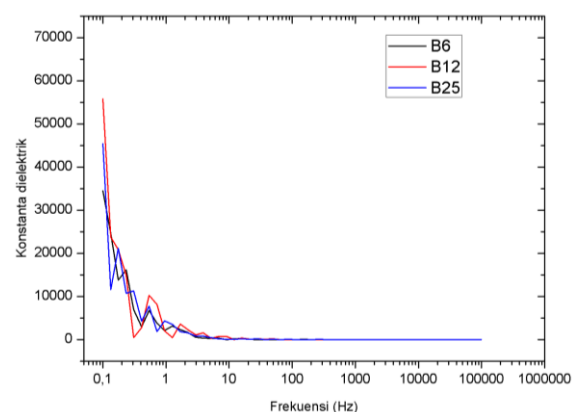
Sampel	Ketebalan (μm)	Konduktivitas Listrik (S/m)
B6	6	$2,31 \times 10^{-5}$
B12	12	$2,71 \times 10^{-5}$
B25	25	$3,12 \times 10^{-5}$

Hasil pengukuran konstanta dielektrik dalam rentang frekuensi 0,1 – 10^5 Hz disajikan pada **Gambar 4**. Berdasarkan hasil pengukuran pada kedua sampel PE/nanotitania (5 wt%

dan 10 wt%) terlihat pada frekuensi rendah, berbagai jenis polarisasi (polarisasi dipolar, muatan listrik, ion-ion, dan polarisasi permukaan) sangat mudah dibangkitkan oleh medan listrik. Namun, pada frekuensi tinggi hanya polarisasi muatan listrik saja yang mudah dibangkitkan oleh medan listrik. Oleh sebab itu, nilai konstanta dielektrik semakin menurun pada frekuensi tinggi [13], [14]. Karakteristik nilai konstanta dielektrik yang diperoleh pada **Gambar 4** menunjukkan kesesuaian dengan nilai konduktivitas listrik pada **Gambar 3**. Sesuai dengan penelitian Hanjitsuwan *et al* (2011), semakin kecil nilai konstanta dielektrik maka semakin besar nilai konduktivitas listriknya karena polarisasi semakin berkurang.



(a)



(b)

Gambar 4. Nilai konstanta dielektrik sampel PE/nanotitania, (a) *filler* titania 5 wt%, (b) *filler* titania 10 wt%.

Berikut ini hasil dari konstanta dielektrik komposit PE/nanotitania 5 wt% pada **Tabel 7** dan konstanta dielektrik PE/nanotitania 10 wt% ditunjukkan pada **Tabel 8**.

Tabel 7. Nilai konstanta dielektrik komposit PE/nanotitania 5 wt%

Sampel	Ketebalan (μm)	Konstanta Dielektrik
A6	6	6.563 – 1,57
A12	12	3.911 – 2,89
A25	25	4.632 – 2,62

Tabel 8. Nilai konstanta dielektrik PE/nanotitania 10 wt%

Sampel	Ketebalan (μm)	Konstanta Dielektrik
B6	6	3.457 – 1,57
B12	12	5.586 – 2,85
B25	25	4552 – 2,81

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil FTIR menunjukkan bahwa semakin tebal sampel maka pita-pita serapan semakin rendah. Pada sampel PE/nanotitania dengan persentasi massa 5 % dan 10 % menunjukkan bahwa terdapat ikatan O-H dan C-O yang menunjukkan bahwa telah terjadi interaksi antara polietilen dengan nanotitania yang disebabkan saat pemanasan terjadi reaksi oksidasi rantai molekul polietilen dan cabangnya, sehingga gas oksigen bereaksi dengan atom carbon atau atom hidrogen melekat pada rantai karbon utama yang menghasilkan ikatan *hydroxyl* dan *carbonyl*. Hasil LCR menunjukkan bahwa semakin tebal sampel maka nilai konduktivitasnya tinggi seiring dengan pengurangan serapan gugus O-H. Nilai konduktivitas terkecil yaitu terjadi pada sampel PE/nanotitania 5 wt% dengan ukuran 6 μm dan terbesar pada sampel PE/nanotitania 10% dengan ukuran 25 μm masing-masing sebesar $2,302 \times 10^{-5}$ S/m dan $3,121 \times 10^{-5}$ S/m pada frekuensi 10^5 Hz. Sedangkan nilai konstanta dielektrik terbesar yaitu sampel PE/nanotitania 5 wt%

Berdasarkan **Tabel 7** dan **Tabel 8** terlihat semakin tebal sampel maka nilai konstanta dielektrik semakin menurun. Nilai konstanta dielektrik terbesar yaitu sampel PE/nanotitania 5 wt% dengan ukuran 6 μm dan terkecil sampel PE/nanotitania 10 wt% dengan ukuran 6 μm pada frekuensi 10^5 Hz. Menurut penelitian Liu *et al* (2017), nilai konstanta dielektrik tinggi pada sampel dapat menunjukkan bahwa sampel tersebut merupakan sampel yang memiliki kemampuan *antiaging* yang baik atau anti penuaan terhadap panas. Berdasarkan karakteristik tersebut, sampel PE/nanotitania 5 wt% dengan ukuran 6 μm merupakan material dengan sifat dielektrik terbaik sehingga sampel tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai isolator kabel. dengan ukuran 6 μm dan terkecil sampel PE/nanotitania 10 wt% dengan ukuran 6 μm pada frekuensi 10^5 Hz.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. . Peacock and S. Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.
- [2] W. Zhang, Y. Dai, H. Zhao, and L. Zhong, "Influence of Nanocomposites of LDPE Doped with Nano-MgO by Different Preparing Methods on Its Dielectric Properties," *J. Nanomater.*, pp. 1–6, 2015.
- [3] A. Ameli, M. Nofar, C. B. Park, P. Pötschke, and G. Rizvi, "Polypropylene/carbon nanotube nano/microcellular structures with high dielectric permittivity, low dielectric loss, and low percolation threshold," *Carbon N. Y.*, 2014.
- [4] I. M. Alwaan, A. Hassan, and M. A. M. Piah, "Effect of zinc borate on mechanical and dielectric properties of metallocene linear low-density polyethylene/rubbers/magnesium

- oxide composite for wire and cable applications,” *Iran. Polym. J. (English Ed.)*, 2015.
- [5] W. K. Adi, “Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel dan Nanotube TiO₂ untuk Aplikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna,” Universitas Indonesia, 2012.
- [6] G. A. Kontos *et al.*, “Electrical relaxation dynamics in TiO₂ - polymer matrix composites,” *Express Polym. Lett.*, 2007.
- [7] M. Landmann, E. Rauls, and W. G. Schmidt, “The electronic structure and optical response of rutile, anatase and brookite TiO₂,” *J. Phys. Condens. Matter*, 2012.
- [8] J. K. Nelson and J. C. Fothergill, “Internal charge behaviour of nanocomposites,” *Nanotechnology*, 2004.
- [9] A. Clunan, “Nanotechnology in A Globalized World Strategic Assessments of An Emerging Technology,” Naval Postgraduate School, 2014.
- [10] J. Liu, Y. Wang, K. Xiao, and Z. Zhang, “Research on the Thermal Aging Behaviors of LDPE / TiO₂ Nanocomposites,” *J. Nanomater.*, pp. 1–11, 2017.
- [11] R. E. Smallman and R. J. Bishop, *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material Edisi Keenam*, Enam. Jakarta: Erlangga, 2000.
- [12] S. Jumrat, B. Chatveera, and P. Rattanadecho, “Dielectric properties and temperature profile of fly ash-based geopolymer mortar,” *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, 2011.
- [13] M. S. Khan, M. Sohail, N. S. Khattak, and M. Sayed, “Industrial ceramic waste in Pakistan, valuable material for possible applications,” *J. Clean. Prod.*, 2016.
- [14] S. Thakur, R. Rai, I. Bdikin, and M. A. Valente, “Impedance and Modulus Spectroscopy Characterization of Tb modified Bi_{0.8}A_{0.1}Pb_{0.1}Fe_{0.9}Ti_{0.1}O₃ Ceramics,” *Mater. Res.*, 2016.