SIFAT LISTRIK DAN OPTIK NANOKOMPOSIT *EPOXY* RESIN - TiO_2

Hawariyi Ola Yuzria, Astuti
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
e-mail: tuty_phys@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian tentang sintesis nanokomposit *epoxy* resin-TiO_2 yang bertujuan untuk mengetahui sifat listrik dan optik *epoxy* resin murni dan *epoxy* resin dengan variasi penambahan TiO_2 telah dilakukan. Karakterisasi sifat listrik dengan menggunakan LCR meter menunjukkan bahwa *epoxy* resin murni dan *epoxy* resin dengan variasi penambahan TiO_2 0,1 %, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5% memiliki nilai konduktivitas cukup kecil yaitu 23,30 x 10^{-9} S/cm, 30,01 x 10^{-9} S/cm, 28,47 x 10^{-9} S/cm, 27,11 x 10^{-9} S/cm, 26,00 x 10^{-9} S/cm dan 24,50 x 10^{-9} S/cm. Karakterisasi sifat optik dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa penambahan 0,5% TiO_2 ke dalam *epoxy* resin dapat meningkatkan absorbsi terhadap panjang gelombang pendek dengan absorbsi maksimum pada panjang gelombang 325,95 nm sebesar 4,471 dan bersifat transparan pada panjang gelombang cahaya tampak dengan persentase transmitansi maksimum 0,0076%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka nanokomposit ini dapat diaplikasikan sebagai pelapis anti korosi.
Kata kunci : nanokomposit, *epoxy* resin, TiO_2, konduktivitas, transmitansi.

ABSTRACT

The research about nanocomposite epoxy resin-TiO_2 to determine the electrical and optical properties of pure epoxy resin and epoxy resin with the addition of TiO_2 has been done. Characterization of electrical property by using LCR meter showed that the pure epoxy resin and epoxy resin with the addition of TiO_2 0,1 %, 0,2%, 0,3%, 0,4% and 0,5% has the value of conductivity fairly small that are 23,30 x 10^{-9} S/cm, 30,01 x 10^{-9} S/cm, 28,47 x 10^{-9} S/cm, 27,11 x 10^{-9} S/cm, 26,00 x 10^{-9} S/cm and 24,50 x 10^{-9}S/cm. Characterization of optical property by using spectrophotometer UV-Vis showed that the addition 0,5% TiO_2 into epoxy resin increase the absorption range of the short wavelength with maximum absorption 4,471 for the wavelength 325,95 nm and transparent to the wavelength of visible light with maximum transmittance 0,0076%. Based on the result of analysis, it can be applied as anti-corrosion coating.
Keywords : nanocomposite, epoxy resin, TiO_2, conductivity, transmittance.

I. PENDAHULUAN

Bidang material nanokomposit akhir–akhir ini mendapatkan banyak perhatian dari para ilmuwan. Penelitian dilakukan berdasarkan pemikiran/ide yang sangat sederhana, yaitu menyusun sebuah material yang terdiri dari blok–blok partikel homogen dengan ukuran nanometer. Ikatan antar partikel yang terjadi pada material tersebut memainkan peran penting dalam peningkatan dan pembatasan sifat material. Partikel-partikel yang berukukuran nano mempunyai luas permukaan interaksi yang tinggi. Pada umumnya material nanokomposit menunjukkan perbedaan sifat mekanik, listrik, optik, elektrokimia, katalis dan struktur dengan materialpenyusunnya (Hadiyawarman, 2008).

Nanokomposit merupakan material komposit yang dibuat dengan menyisipkan nanopartikel ke dalam suatu material berukuran makro sebagai filler dalam sebuah matriks. Material komposit terbagi atas dua bagian yaitu *filler* (penguat matriks) dan matriks (pelindung *filler*). Matriks yang paling umum digunakan adalah polimer termoset.

Polimer termoset ini terbentuk melalui reaksi kimia secara *in-situ,* dimana resin dan *hardener* dicampurkan dalam satu tempat sehingga terjadi proses pengerasan (polimerisasi). Sekali terjadi pengerasan, termoset tidak dapat lagi dicairkan ataupun dibentuk kembali. Salah satu polimer yang bersifat termoset adalah *epoxy* resin.

Secara umum *epoxy* resin biasa digunakan sebagai bahan adhesif dan lapisan pelindung yang sangat baik karena memiliki kekuatan yang tinggi dan daya rekat yang kuat. Selain itu *epoxy* resin bersifat dielektrik dan isolasi, serta baik dalam ketahanan terhadap bahan kimia, korosi dan suhu tinggi namun tidak tahan sinar Ultra Violet (UV). Pembuatan nanokomposit

dengan menyisipkan nanopartikel Titanium Dioksida (TiO_2) dalam *epoxy* resin memungkinkan untuk meningkatkan sifat perlindungan terhadap korosi.

Nanopartikel titanium dioksida (TiO_2) merupakan kristal yang berwarna putih yang mempunyai kestabilan yang tinggi, material semikonduktor tipe-n yang mempunyai ukuran partikel antara 10 sampai 50 nm (Smestad, 1998), tahan terhadap korosi, memiliki nilai kelistrikan yang rendah, tidak beracun dan harga yang relatif murah. Nanopartikel TiO_2 dapat berfungsi sebagai fotokatalis karena mempercepat reaksi yang diinduksi oleh cahaya dan mempunyai struktur semikonduktor yang dikarakterisasi oleh adanya pita valensi terisi dan pita konduksiyang kosong. Kedua pita tersebut dipisahkan oleh celah yang disebut celah pita energi. Celah pita energi TiO_2 jenis *anatase* sebesar 3.2 eV dan jenis *rutile* sebesar 3.0 eV, sehingga jenis *anatase* lebih fotoreaktif daripada jenis *rutile* (Hoffmann, dkk., 1995; Fujishima, dkk., 1999).

Polizos dkk.(2010) telah melakukan penelitian tentang sintesis dan hubungan sifat nanokomposit *epoxy* resin-TiO_2.Pendistribusian partikel TiO_2 ukuran kecil (diameter $\leq$5 nm) dalam matrik polimerdapat meningkatkan sifat makroskopik komposit, yaitu peningkatan sifat dielektrik-*breakdown*, sifat mekanik dan bisa digunakan untuk bahan isolator listrik.Material yang didapat adalah material kuat dan transparan pada skala besar.

Asrori dkk. (2000) telah melakukan sintesis komposit berbasis PAni dengan menggunakan pengisi partikel nano TiO_2 (*anatase* dan *rutile*). Sintesis PAni dilakukan dengan metode reaksi pembentukan, dengan menggunakan HCl sebagai pendoping. Sementara nanopartikel TiO_2 disintesis dengan menggunakan teknik hidrotermal. Penyiapan komposit dilakukan dengan menggunakan teknik pencampuran mekanik. Konduktivitas listrik diukur dengan menggunakan metode 4-titik menghasilkan 2,412 S/cm untuk PAni(HCl), 1,832 S/cm untuk PAni(HCl)-TiO_2 dengan 10% berat TiO_2 *anatase*, serta 1,641 S/cm dengan 10% berat TiO_2 *rutile*. Pada sisi ketahanan korosi, penambahan TiO_2 (*anatase* dan *rutile*) menunjukkan material menjadi lebih tahan terhadap korosi dan UV.

Norzita dkk. (2012) juga telah melalukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan dan mempelajari sifat anti korosi pada karbon baja dengan metode sol-gel. Sintesis *epoxy–hardener* yang dilapisi nanopartikel TiO_2, ZnO, SiO_2 dan CeO_2 dengan ketebalan 0,625 mm menunjukkan kekuatan adhesi yang sangat baik. Pada penelitian ini, anti korosi yang paling bagus ketika nanopartikel TiO_2, ZnO, SiO_2 dan CeO_2 mempunyai massa 6, 4, 1 dan 9 %.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah ada, maka dalam penelitian ini akan disintesis nanokomposit bersifat isolatif dan transparan dengan penambahan nanopartikel TiO_2 dalam polimer *epoxy* resin. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat nanokomposit *epoxy* resin-TiO_2 serta mengetahui perbandingan sifat listrik dan sifat optik *epoxy* resin murni dan e*poxy* resin-TiO_2. Selain itu, penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi atau bahan referensi, serta kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia, spatula, timbangan digital PGW 2502i, cetakan yang terbuat dari plat seng ukuran 2 x 2 x 0,2 cm^3, kuas, *hot plate magnetic stirrer* C-MAG HS 7, LCR meter TH2820 dan Spektroskopi UV-Vis *Evolution* 201. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah nanopartikel TiO_2 fasa *anatase* sebanyak 10 g dan *epoxy* resin + *hardener versamide.*

2.2 Sintesis Material

Epoxy resin dan *hardener* dicampur dengan perbandingan massa 100% : 33,3% ke dalam suatu wadah, begitu juga sintesis sampel selanjutnya, *epoxy* resin – *hardener* dengan perbandingan massa 100% : 33,3% dicampurkan dengan penambahan variasi massa nanopartikel TiO_2 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5% ke dalam suatu wadah, selanjutnya dipanaskan. Sampel tersebut diaduk pada suhu 70 ^oC selama 10 menit hingga campuran menjadi homogen. Setelah itu, sampel dituangkan kedalam masing-masing cetakan dan dikeringkan

selama 1 hari. Setelah sampel kering, maka akan dilakukan karakterisasi dengan LCR meter dan Spektrofotometri UV-Vis.

2.3 Karakterisasi

2.3.1 Karakterisasi Sifat Listrik

Karakterisasi sifat listrik dilakukan dengan menggunakan LCR meter. LCR meter merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengukur induksi, kapasitansi dan resistansi dari suatu bahan. LCR meter pada pengukuran menggunakan arus AC dengan tegangan masukan (V_{in}) 220 Volt. Pada pengukuran ini frekuensi yang digunakan 1000 Hz. Pengukuran dilakukan dengan cara menjepitkan *port* HD-HS-LD-LS yang terdapat pada LCR meter ke sisi sampel. Dari pengukuran tersebut akan diperoleh nilai resistansi masing-masing sampel. Berdasarkan nilai resistansi, luas penampang dan ketebalan sampel maka dapat dihitung nilai konduktivitas listrik masing-masing sampel yaitu dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\sigma = \frac{L}{RA} \tag{1}$$

dengan R adalah resistansi suatu bahan (S^{-1}), ρ adalah resistivitas suatu bahan (S^{-1}.cm), L adalah panjang cuplikan pengukuran sampel (cm), A adalah luas penampang sampel (cm^2) dan σ adalah konduktivitas listrik suatu bahan (S/cm).

2.3.2 Karakterisasi Sifat Optik

Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk melihat penyerapan radiasi ultraviolet dan cahaya tampak dari suatu bahan. Pengukuran dilakukan dengan cara menghubungkan alat dengan sumber arus listrik lalu dihidupkan. Setelah itu, ditunggu alat menyelesaikan setting panjang gelombang. Pengaturan panjang gelombang diatur, lalu sampel tersebut dimasukkan ke tempat yang sudah disediakan di dalam alat dan selanjutnya mulai untuk mengambil data. Hasil data yang didapatkan berupa nilai panjang gelombang, nilai absorbansi dan grafik absorbsi dari sampel. Hasil karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis ini untuk menentukan nilai persentase transmitansi sampel dengan menggunakan Persamaaan 2.

$$\%T = 10^{-A} \times 100\% \tag{2}$$

dengan T adalah transmisi cahaya yang diteruskan oleh material, A adalah absorbsi cahaya, $\%T$ adalah transmisi efektif dari material.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Sifat Listrik

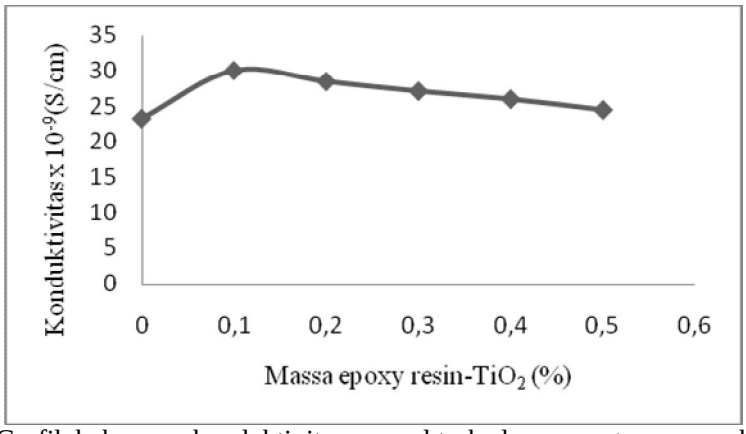
Pengukuran dengan LCR Meter menghasilkan nilai resistansi sampel. Berdasarkan nilai tersebut dapat dihitung nilai konduktivitas dengan Persamaan 1, maka diperoleh nilai konduktivitas untuk setiap nilai resistansi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai konduktivitas *epoxy* resin-*hardener* dan *epoxy* resin-TiO_2

No	Sampel	Resistansi (MΩ)	Konduktivitas x10^{-9}(S/cm)
		1000 Hz	1000 Hz
1	*Epoxy* resin-*hardener*	2,146	23,30
2	*Epoxy* resin-TiO_2 0,1 %	1,666	30,01
3	*Epoxy* resin-TiO_2 0,2 %	1,756	28,47
4	*Epoxy* resin-TiO_2 0,3 %	1,845	27,11
5	*Epoxy* resin-TiO_2 0,4 %	1,923	26,00
6	*Epoxy* resin-TiO_2 0,5 %	2,042	24,50

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas *epoxy* resin - hardener tanpa TiO_2 pada frekuensi 1000 Hz adalah 23,30 x 10^{-9} (S/cm), hal ini sesuai dengan teori nilai konduktivitas *epoxy* resin - hardener yaitu di bawah 10^{-4} (S/cm). Nilai konduktivitas *epoxy*

resin-hardener ini berada dalam rentang konduktivitas listrik isolator. Grafik hubungan antara konduktivitas sampel terhadap persentase penambahan TiO_2 dapat dilihat dari Gambar 1.



Gambar 1 Grafik hubungan konduktivitas sampel terhadap persentase penambahan TiO_2

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa penambahan TiO_2 dalam matriks *epoxy* resin dapat meningkatkan konduktivitas. Konduktivitas tertinggi diperoleh pada penambahan 0,1% TiO_2, namun konduktivitasnya semakin menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi TiO_2. Peningkatan konduktivitas *epoxy* resin - TiO_2 disebabkan oleh adanya substitusi partikel-pertikel TiO_2 ke dalam rantai *epoxy* resin. Partikel TiO_2 berukuran lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan rantai *epoxy* resin - TiO_2 akan terdistribusi merata, sehingga akan dapat menghalangi pergerakan elektron. Sedangkan penurunan konduktivitas setelah penambahan TiO_2 0,2%-0,5% disebabkan oleh terbentuknya rongga udara dalam nanokomposit *epoxy* resin - TiO_2. Rongga udara ini menyebabkan menurunnya mobilitas elektron, karena udara mempunyai resistansi yang besar.

Walaupun penambahan TiO_2 pada *epoxy* resin dapat meningkatkan nilai konduktivitas, namun berdasarkan data pada Tabel 1 menunjukkan nilai konduktivitas tersebut masih berada pada rentang bahan isolator. Berdasarkan tujuan dari penelitian ini, maka nanokomposit yang dihasilkan cocok digunakan sebagai material pelapis anti korosi karena dapat menghambat aliran listrik diseluruh permukaan material yang dilindungi, dimana lapisan tersebut dapat mencegah material dari kontak langsung dengan bahan elektrolit dan lingkungan, sehingga reaksi logam dengan lingkungan terhambat.

3.2 Karakterisasi Sifat Optik

Sifat optik dari nanokomposit *epoxy* resin - *hardener* dan *epoxy* resin - TiO_2 dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200 nm sampai 600 nm. Nilai % transmitansi maksimum untuk setiap sampel dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2, sehingga dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai % transmitansi maksimum untuk setiap sampel

Sampel	Transmitansi maks (%)
Epoxy resin–*hardener*	0,0338
Epoxy resin–TiO_2 0,1 %	0,0182
Epoxy resin–TiO_2 0,2 %	0,0235
Epoxy resin–TiO_2 0,3 %	0,0345
Epoxy resin–TiO_2 0,4 %	0,0232
Epoxy resin–TiO_2 0,5 %	0,0076

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai persentase transmitansi untuk setiap bahan sangat kecil, baik tanpa penambahan TiO_2 maupun dengan penambahan TiO_2 sampai 0,5%. Secara umum nilai persentase transmitansi mengalami penurunan dengan penambahan/ substitusi TiO_2 ke dalam bahan. Namun sampel dengan 0,3% TiO_2 terjadi penyimpangan,

dimana nilai persentase transmitansi lebih besar dibandingkan dengan sampel tanpa TiO_2. Berdasarkan analisis morfologi bahan tersebut, terlihat adanya rongga udara yang cukup banyak sehingga nilai persentase transmitansi meningkat.

Pada sampel *epoxy* resin yang ditambahkan dengan variasi 0,1%, 0,2%, dan 0,5% TiO_2 memiliki peningkatan absorbsi terhadap panjang gelombang pendek. Namun tidak untuk penambahan 0,3% dan 0,4% TiO_2, sehingga diasumsikan pada sampel tersebut terdapat rongga udara dan bahan pengotor. Ketidaksamaan panjang gelombang absorbsi maksimum pada TiO_2 fase *anatase* murni dengan panjang absorbsi maksimum pada sampel disebabkan karena ukuran nanopartikel TiO_2 yang digunakan tidak homogen, akibatnya berpengaruh pada panjang gelombang absorbsi. Selain itu juga bisa dipengaruhi oleh tingkat kemurnian nanopartikel TiO_2 itu sendiri, dengan kata lain nanokomposit TiO_2 yang digunakan mengandung bahan pengotor (Sari, 2012).

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini, maka nanokomposit yang dihasilkan cocok digunakan untuk pelapis anti korosi karena dapat meningkatkan absorbsi terhadap panjang gelombang pendek dan bersifat transparan untuk panjang gelombang panjang atau pada cahaya tampak, yang berarti absorbsi terhadap cahaya tampak tersebut sangat sedikit.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa secara umum komposit *epoxy* resin menunjukkan konduktivitas bahan isolator, dengan konduktivitas sebesar $24{,}50 \times 10^{-9}$ S/cm - $30{,}01 \times 10^{-9}$ S/cm untuk semua penambahan TiO_2. Selain itu penambahan TiO_2 ke dalam *epoxy* resin juga dapat meningkatkan absorbsi bahan terhadap panjang gelombang pendek. Hal ini mengindikasikan transmisi cahaya gelombang pendek tersebut menurun. Bahan nanokomposit *epoxy* resin-TiO_2 ini bersifat transparan untuk panjang gelombang panjang atau pada cahaya tampak, yang berarti absorbsi terhadap cahaya tampak tersebut sangat sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

Asrori, M.Z., Permana,A., Sukma, D. dan Darminto., 2000, *Pengembangan Nanokomposit PAni (HCl)-TiO_2 Sebagai Material Pelapis Anti Korosi*, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Fujishima, Akira. dan Honda, K., 1972, *Electrochemical Photolysis of Water at a Semi-conductor Electrode*, Nature 238 (5358): 37. doi:10.1038/238037a0. PMID 12635268.

Hadiyawarman, Agus Rijal, Bebeh Wahid Nuryadin, Mikrajuddin Abdullah, dan Khairurrijal., 2008, *Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan MetodeSimple Mixing*, FMIPA, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Hoffman, M.R., 1995, *Environmental Application of Semiconductor Photocatalysis*, Chem. Rev. 95, hal 69-96.

Norzita, N., Haziq, M. dan Zurina, M., 2012, *Development of Hybrid Nano-sol Gel Coatings for Corrosion Protection of Carbon Steel*, Volume 3, Dept. of Chemical Engineering, University of Teknologi Malaysia, Malaysia.

Polizos, G., Tuncer, Enis., Sauers, Isidor. Dan More, KL., 2010. *Processing-Property Relationships in Epoxy-Resin/ Titania Nanocomposites*, *Society of Plastics Engineers*, volume 3410, Oak Ridge National Laboratory, hal 1-3.

Sari, Laila., 2012, Pengaruh Nanopartikel Titanium Dioksida pada Resin Sebagai Material Transparan Anti UV dan Self Cleaning Material, *Skripsi*, FMIPA, UNAND, Padang.

Smestad, G.P., and M., Grätzel, 1998, Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology, *A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline Energy Converter*, Vol. 75, Journal of Chemical Education, hal 752-756.