

STUDI KARAKTERISTIK KELISTRIKAN KOMPOSIT CARBON NANOTUBE-POLYVINYLIDENE-FLUORIDE (CNT-PVDF)

Maulidanir Rohman, Agus Subagio

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRACT

Development of nanomaterial technology strongly supports advancements in composite technology. Composite that use nanomaterial produce better electrical properties than common composite. Carbon nanotubes (CNT) is one of nanomaterial with high conductivity, so it's potentially used in composite for various application. This research combines Carbon Nanotubes (CNT) with Polyvinylidene Fluoride (PVDF) for producing CNT-PVDF composite with high conductivity.

CNT-PVDF composites were fabricated by solution processing method. PVDF was dissolved into distilled acetone then CNT was dissolved in acetone and added Triton X-100 4 ml. PVDF solution and the solution of CNT were stirred for 1 hour using a magnetic stirrer, then both were mixed and stirred at temperature of 40 ° C until the acetone evaporates. Composites were molded using a hot-pressing at a pressure of 1 MPa and a temperature of 200°C for 10 minutes. CNT-PVDF composite were characterized by a conductivity test to generate conductivity values.

The results of the analysis of the test showed that the addition of CNT conductivity on CNT-PVDF composite increased conductivity values. In the mass percentage of CNT 2%, 4%, 6%, and 8% conductivity increased slowly. Improved high conductivity of CNTs obtained in the mass percentage of 10%.

Key word : Carbon Nanotubes, Polyvinylidene Fluoride, composite, and conductivity

ABSTRAK

Perkembangan teknologi nanomaterial sangat mendukung kemajuan teknologi komposit. Komposit yang menggunakan nanomaterial menghasilkan sifat listrik yang lebih baik daripada komposit biasa. Carbon Nanotubes (CNT) merupakan nanomaterial yang memiliki konduktivitas tinggi, sehingga berpotensi digunakan dalam komposit untuk berbagai aplikasi. Penelitian ini menggabungkan Carbon Nanotubes (CNT) dengan Polyvinylidene Fluoride (PVDF) untuk menghasilkan komposit CNT-PVDF yang memiliki nilai konduktivitas yang baik.

Komposit CNT-PVDF telah dibuat dengan metode solution processing. PVDF dilarutkan dalam acetone , kemudian CNT dilarutkan dalam acetone dan ditambahkan Triton X-100 4 ml. Larutan PVDF dan larutan CNT masing-masing diaduk selama 1 jam dengan menggunakan magnetic stirrer, kemudian keduanya dicampur dan diaduk pada temperatur 40°C sampai acetone menguap. Komposit dicetak menggunakan alat hot-pressing pada tekanan 1 MPa dan suhu 200°C selama 10 menit. Komposit CNT-PVDF dikarakterisasi dengan uji konduktivitas untuk menghasilkan nilai konduktivitas.

Hasil analisis dari uji konduktivitas menunjukkan bahwa penambahan CNT pada komposit CNT-PVDF meningkatkan nilai konduktivitasnya. Pada prosentase massa CNT 2%, 4%, 6%, dan 8% konduktivitas mengalami peningkatan perlahan. Peningkatan konduktivitas yang tinggi diperoleh pada prosentase massa CNT 10%.

Kata kunci : Carbon Nanotubes, Polyvinylidene Fluoride, komposit, dan konduktivitas

PENDAHULUAN

Teknologi komposit saat ini didukung oleh perkembangan teknologi nanomaterial. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa komposit yang menggunakan nanomaterial menghasilkan sifat yang lebih baik [1].

Di sisi lain studi mengenai *carbon nanotubes* (CNT) sedang berkembang dengan cepat sebagai bagian dari riset nanoteknologi dewasa ini. Hal ini karena material ini tersusun atas karbon yang keberadaannya di alam diketahui sangat melimpah. Sebagaimana

diramalkan oleh sejumlah peneliti bahwa salah satu potensi aplikasi material CNT dalam bidang elektronik adalah sebagai kawat transmisi dengan resistansi yang sangat kecil. Disamping kegunaannya sebagai material dasar dalam pembuatan divais nanoelektronik mengingat bahwa material CNT ini mempunyai sifat superior dengan struktur pori yang teratur berukuran nanometer. Alasan itulah yang menjadi pemicu pentingnya studi tentang karakteristik dan gejala transport elektronik pada material CNT.

Dalam beberapa tahun terakhir, komposit polimer konduktif telah mendapatkan perhatian luas karena penggunaannya dalam berbagai aplikasi teknologi termasuk perangkat elektronik, lapisan konduktif, penangkal gelombang elektromagnetik, dan sensor [2]. Komposit polimer konvensional biasanya dengan menggabungkan karbon hitam konduktif dan logam ukuran mikro [3]. Pada umumnya, diperlukan fraksi volume yang besar dari mikropartikel konduktif untuk mencapai batas ambang perkolasi listrik. Hal ini disebabkan pembentukan *filler* konduktif dalam matriks polimer. Penambahan jumlah *filler* yang besar dapat menyebabkan berat molekul meningkat, kemampuan proses dispersi kecil dan kekuatan mekanik yang rendah dari polimer komposit [4].

Kemajuan terbaru dalam nanoteknologi mengarah pada pengembangan nanomaterial dengan area permukaan yang besar. CNT dengan konduktivitas listrik dan termal yang sangat baik mencapai 3×10^5 S/cm merupakan *nanofiller* yang sangat menarik untuk komposit polimer. *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) adalah material semikristal yang menunjukkan aplikasi yang luas dalam kimia, biomedis dan industri elektronik karena stabilitas termal yang sangat baik, elastisitas tinggi dan ketahanan kimia yang sangat baik. PVDF fase β adalah material penting dalam industri elektronik karena memiliki efek

dielektrik dan konstanta piezoelektrik yang tinggi [5].

Komposit polimer konduktif biasanya menunjukkan peningkatan konduktivitas yang ditandai dengan menurunnya nilai tahanan ketika suhu mencapai transisi atau mencairnya matriks polimer [6]. Dengan teknologi rekayasa material diharapkan komposit dari *Carbon nanotubes* (CNT) dan *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) dapat meningkatkan nilai sifat-sifat listrik komposit diantaranya nilai konduktivitas listrik.

DASAR TEORI

Komposit

Komposit adalah perpaduan dari material yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun [7].

Carbon Nanotubes (CNT)

Struktur *carbon nanotubes* dapat dianggap sebagai lembaran *graphene* yang terbungkus panjang, sehingga CNT dapat dianggap seperti struktur satu dimensi. Berdasarkan jumlah dinding yang dibentuknya ada dua jenis CNT yaitu *Single-Walled Nanotubes* (SWNT) yang hanya membentuk satu dinding dan *Multi-Walled Nanotubes* (MWNT) yang membentuk lebih dari satu dinding berlapis-lapis. Struktur MWNT mempunyai karakteristik cukup unik, namun penelitian secara teori mengindikasikan bahwa jenis CNT berdinding satu lapis (SWNT) dan biasanya berdiameter lebih kecil (~2 nm) mempunyai karakteristik yang lebih menarik dan fantastis.

Polyvinylidene Fluoride (PVDF)

PVDF adalah salah satu bahan polimer yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan piezoelektrik terutama sebagai transduser

akustik, sensor tekanan, dan peralatan-peralatan telekomunikasi. Bahan ini disamping mempunyai sifat piezoelektrisitas yang relatif tinggi juga mempunyai impedansi akustik yang rendah serta tahan terhadap shock mekanik.

Sifat piezoelektrik PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) berasal dari struktur molekulnya yang tidak simetris, dengan rumus $\text{CH}_2 - \text{CF}_2$. Bahan ini mempunyai pusat gravitasi antara proton dan electron tidak berimpit pada temperatur kamar. Hal ini menimbulkan dipol permanen yang akan terorientasi secara acak sehingga tidak menimbulkan efek piezoelektrik. Cara menimbulkan efek piezoelektrik adalah dengan memberikan medan listrik luar yang akan mengubah orientasi dipol permanen. Proses orientasi momen dipol dalam bahan yang diberi medan listrik tidak dapat terjadi seketika, melainkan membutuhkan waktu tertentu. Temperatur bahan akan berpengaruh pada agitasi molekul-molekulnya [8].

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan meliputi 3 tahap yaitu sintesis CNT dengan metode *spray pyrolysis*, pembuatan komposit CNT-PVDF dengan penambahan surfaktan Triton X-100, dan uji konduktivitas komposit CNT-PVDF.

• Pembuatan komposit variasi Prosentase massa CNT terhadap PVDF

Pembuatan komposit CNT-PVDF dengan menggunakan metode *solution processing*. Metode *solution processing* banyak digunakan dalam pembuatan komposit polimer/*nanotube*. Mekanisme pada metode *solution processing* yaitu polimer dilarutkan, kemudian ditambahkan *nanotube*.

Komposit yang dibuat menggunakan *Polyvinylidene Fluoride (PVDF)* sebagai matriks. PVDF dilarutkan dalam acetone. Pelarutan PVDF dalam acetone didorong kesamaan sifat polar dari PVDF dan acetone. Adanya gugus hidroksil menyebabkan PVDF

mudah menyerap acetone. Pelarutan PVDF pada penelitian ini menggunakan konsentrasi PVDF 5%, 1 gram PVDF dilarutkan dalam 20 ml acetone. PVDF ditambahkan dalam acetone dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai temperatur 40°C . PVDF yang terlarut dalam acetone menghasilkan larutan PVDF. Langkah selanjutnya, melarutkan CNT dalam acetone dan menambahkan Triton X-100 sebagai surfaktan. Pada penelitian yang dilakukan larutan PVDF memiliki peran ganda yaitu sebagai pendispersi dan matriks yang menyusun komposit. Larutan PVDF mendispersikan CNT dengan proses pengadukan.

• Pegujian Konduktivitas

Metode yang digunakan adalah dengan Two Point Probe yaitu dengan menggunakan I-V meter dua probe.

Hasil pengukuran menggunakan I-V meter menunjukkan kurva Ohmik pada grafik I-V sesuai hukum Ohm. Data *Voltage* dan *Current* yang dihasilkan selanjutnya diolah sesuai hukum Ohm untuk menentukan nilai konduktivitas bahan [9].

Pertama, memploting data V vs I dengan *excel* untuk memperoleh grafik ohmik, selanjutnya menentukan persamaan garis miring grafik

$$y = mx + c \quad (3.1)$$

dengan

$$m = \frac{1}{R} \quad (3.2)$$

Resistivity adalah

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (3.3)$$

atau

$$\rho = R \frac{A}{l} \quad (3.4)$$

atau

$$\rho = \frac{1}{m} \frac{l}{A} \quad (3.5)$$

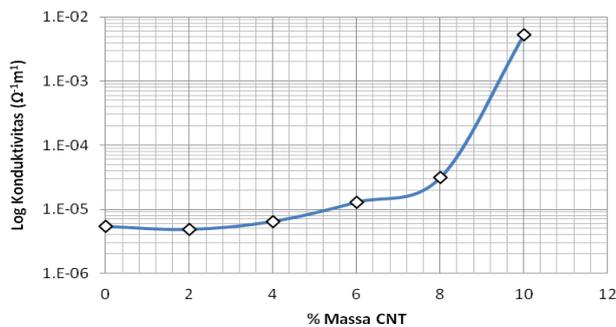
dimana A adalah luas penampangnya yaitu perkalian panjang dengan tebal komposit, sedangkan l adalah panjangnya. Konduktivitas ditentukan dengan rumus

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \tag{3.6}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1. Nilai konduktivitas dengan perubahan komposisi CNT pada Komposit

% CNT pada Komposit	Konduktivitas ($\Omega^{-1}m^{-1}$)
0%	5.36×10^{-6}
2%	4.81×10^{-6}
4%	6.40×10^{-6}
6%	1.28×10^{-5}
8%	3.10×10^{-5}
10%	5.36×10^{-3}



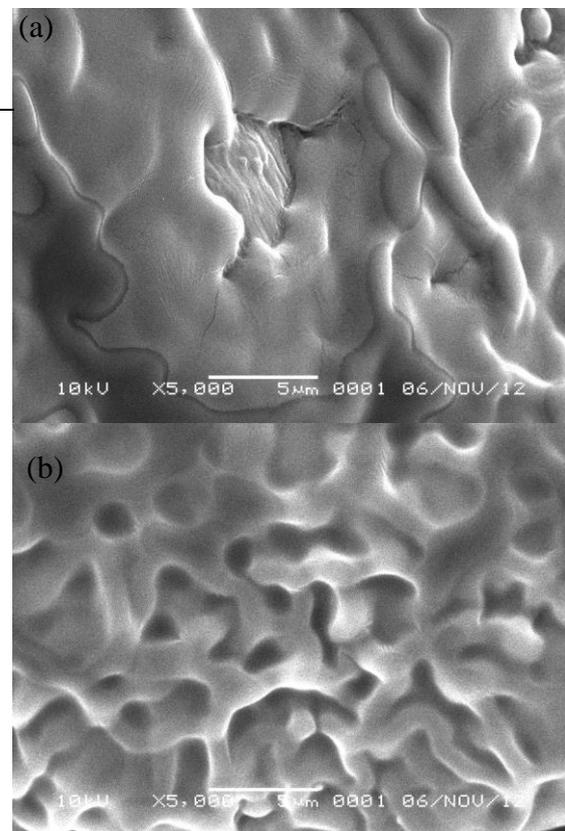
Gambar 4.1 Grafik hubungan komposisi % massa CNT dalam komposit CNT-PVDF terhadap nilai konduktivitas

Nilai konduktivitas relatif belum mengalami kenaikan sampai pada komposisi CNT 2% dan pada komposisi CNT 4%-10% menunjukkan adanya peningkatan nilai konduktivitas. Grafik menunjukkan adanya penurunan nilai konduktivitas pada prosentase CNT sebesar 2%. Hal ini menunjukkan bahwa pada prosentase tersebut tidak tepat apabila diberikan dosis CNT sebanyak 2%. Jumlah molekul dari CNT terlalu sedikit dibandingkan jumlah Triton X-100 dalam komposit sehingga menyebabkan konsentrasi surfaktan terlalu tinggi dan memacu terbentuknya micelle atau

agregat, hal ini disebut juga dengan *Critical Micelle Concentration (CMC)* [10].

Peningkatan nilai konduktivitas mulai terlihat pada prosentase CNT di atas 2% yaitu pada 4% sampai dengan 10%. Pada kondisi tersebut jumlah konsentrasi CNT terhadap surfaktan lebih tinggi sehingga tidak melewati batas kritis atau CMC. Semakin tinggi prosentase CNT dalam komposit akan mengurangi nilai CMC sehingga bagian ekor Triton X-100 lebih banyak berikatan dengan CNT.

Hasil citra morfologi dari lapisan PVDF dan Komposit CNT-PVDF dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* ditunjukkan seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Citra morfologi (a) Lapisan PVDF perbesaran 5.000 kali (b) Komposit CNT-PVDF dengan 10% massa CNT perbesaran 5.000 kali

Dari gambar 4.2 di atas terlihat citra morfologi yang berbeda pada dua perlakuan

yang berbeda. Pada lapisan PVDF tampak pola morfologi permukaan yang tidak lebih rapi dibandingkan komposit CNT-PVDF dengan prosentase massa CNT 10%. Pada morfologi komposit CNT-PVDF terlihat pola morfologi permukaan menunjukkan adanya gelembung-gelembung yang tersusun rapi.

KESIMPULAN

1. Komposit CNT-PVDF telah berhasil dibuat dengan metode *solution processing*, dengan penambahan surfaktan.
2. Penambahan CNT pada pembuatan komposit CNT-PVDF mempengaruhi nilai sifat listrik komposit CNT-PVDF. Pada prosentase massa CNT 2%, 4%, 6%, dan 8% konduktivitas mengalami peningkatan perlahan. Peningkatan konduktivitas yang tinggi diperoleh pada prosentase massa CNT 10%.
3. Nilai konduktivitas tertinggi diperoleh pada komposisi CNT 10% yaitu sebesar $5.36 \times 10^{-3} \Omega^{-1}m^{-1}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Twardowski, Thomas E. 2007. Introduction to Nanocomposite Material. DEStech Publication Inc.
- [2].Dong XM, Fu RW, Zhang MQ, Zang B, Rong MZ. Electrical resistance response of carbon black filled amorphous polymer composite sensors to organic at low vapor concentrations. Carbon 2004;42(12-13):2551-9.
- [3].Xue QZ. The influence of particle shape and size on electric conductivity of metal-polymer composite. Eur Polym J 2004;40(2):323-7.
- [4].Tjong SC. Structur and mechanical properties of polymer nanocomposites. Mater Sci Eng R 2006;53(3-4):73-197.
- [5].Newman BA, Scheinbeim JI. Polarization mechanism in phase II poly(vinylidene fluoride) films. Macromolecules 1983;16(1):60-8.
- [6].Lee JH, Kim SK, Kim NH. Effect of the addition of multi-walled carbon nanotubes on the positive temperature density polyethylene nanocomposites. Scripta Mater 2006;55(12);1119-22.
- [7].Gibson, Ronald F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. New York. McGraw-Hill. Inc. (1994) 27-29.
- [8].B. Tareev, 1975, *Physich Of Dielectric Material*, Mir Publisher, Moscow.
- [9].Khairurrijal, M. Abdullah, M.M. Munir, A. Surachman, A. Suhendi, Low cost and user-friendly electronic components characterization system for undergraduate students, WSEAS TRANS on Advances in Engineering Education 3 (2006) 971-976.
- [10]. Supriyo, Edi., 2007. Pengaruh Konsentrasi Surfactant Pada Formulasi Propuxure 20 EC Dan Efektifitasnya Dalam Membasmi Nyamuk Aedes Aegypti. *Tesis*, Program Studi Teknik Kimia , Universitas Diponegoro, Semarang.

