

## Pembuatan dan Karakterisasi Komposit CNT/PVA

Metri Setyaningsih, Hendri Widiyandari, Agus Subagio

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika

Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

E-mail: agus\_fadhil@yahoo.com

---

### ABSTRACT

Komposit CNT/PVA telah dibuat dengan metode *solution processing*. *Polyvinyl alcohol* (PVA) dilarutkan dalam akuades bertemperatur 80°C, dan kemudian *carbon nanotubes* (CNT) ditambahkan ke dalam larutan tersebut dengan berbagai variasi rasio fraksi massa CNT/PVA sebesar 10, 20 dan 30%. Komposit CNT/PVA terbentuk setelah dikeringkan dalam oven bertemperatur 90°C. Sifat mekanik komposit CNT/PVA dikarakterisasi dengan uji tarik. Komposit CNT/PVA yang memberikan sifat mekanik terbaik selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pembuatan komposit dengan variasi ketebalan. Komposit dengan variasi ketebalan dibuat dengan 3 metode yaitu cetak tebal, cetak lapis tebal dan cetak lapis tipis. Analisis dari uji tarik menunjukkan bahwa komposit CNT/PVA dengan fraksi massa 20% CNT/PVA menghasilkan modulus Young yang paling besar yaitu 137,710348 MPa. Metode cetak lapis tipis menunjukkan peningkatan yang lebih besar dibandingkan dengan metode cetak tebal, dan cetak lapis tebal. Komposit dengan 3 lapis dan ketebalan 0,94 mm menghasilkan modulus Young sebesar 212,825166 MPa dan peningkatan modulus Young komposit CNT/PVA terhadap modulus Young dari PVA sampai 107,30%

---

### PENDAHULUAN

Carbon nanotubes (CNT) merupakan salah satu material berukuran nano dalam bentuk tabung yang memiliki sifat mekanik yang sangat baik. CNT mempunyai nilai modulus Young sekitar 120 GPa. Material CNT dapat diproduksi dengan menggunakan metode *spray pyrolysis* dengan mensintesis *benzene* dan *ferrocene* pada temperatur sintesis 900°C [1]. Material CNT yang dihasilkan memiliki diameter antara 20-60 nm, sehingga dapat diklasifikasikan dalam jenis *multi-wall nanotubes* (MWNT) [2].

Pembuatan komposit CNT dengan *polyvinyl alcohol* (PVA) merupakan salah satu cara untuk memanfaatkan CNT yang akan diaplikasikan dalam berbagai bidang. PVA merupakan polimer larut dalam air yang disintesis paling besar di dunia, sehingga menjadikan harga PVA yang lebih murah. Pembuatan komposit MWNT-PVA telah dilakukan beberapa peneliti dan menghasilkan peningkatan sifat mekanik yaitu peningkatan modulus Young. Cadek dkk menghasilkan komposit MWNT-PVA dengan peningkatan modulus Young PVA sebesar 1,8 kali. Modulus Young PVA sebesar 7 GPa mengalami peningkatan pada komposit MWNT-PVA dengan menambahkan 1% MWNT menjadi sebesar 12,5 GPa [3]. Chen dkk juga telah

menambahkan MWNT pada PVA dan menghasilkan peningkatan modulus Young PVA yang paling tinggi yaitu 4,5 kali. Modulus Young PVA sebesar 5,6 GPa mengalami peningkatan pada komposit MWNT-PVA dengan penambahan 9,1% MWNT menjadi sebesar 25,3 GPa [4]. Peningkatan modulus Young pada komposit MWNT-PVA menunjukkan daya rekat yang baik antara PVA dan MWNT [3].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penambahan CNT ke dalam polimer PVA dapat meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Namun peningkatan sifat mekanik tidak selalu terjadi ketika dilakukan penambahan CNT. Terdapat suatu kondisi dimana penambahan CNT pada PVA justru mengurangi sifat mekaniknya. Hal ini dapat terjadi karena dengan semakin banyaknya CNT dalam komposit terdapat kemungkinan terjadi penggumpalan [5]. Penggumpalan CNT berpotensi membentuk rongga pada PVA [4]. Dengan demikian, diperlukan penelitian untuk mengetahui jumlah CNT yang mampu dikombinasikan dalam PVA sehingga memberikan peningkatan sifat mekanik pada komposit. Selain jumlah CNT pada komposit, ketebalan mempengaruhi sifat mekanik komposit. Material yang lebih tebal mampu

menyerap energi yang lebih besar [6]. Komposit yang tebal juga akan menyerap energi yang lebih besar. Hal ini terjadi karena ikatan antara material penyusunnya terbentuk semakin banyak. Namun pembuatan komposit dalam bentuk tebal memiliki peluang timbulnya cacat yang besar. Cacat berupa patahan maupun rongga dapat mengurangi sifat mekanik komposit. Dengan demikian diperlukan juga penelitian untuk mengetahui metode yang tepat untuk menghasilkan komposit berukuran tebal dan mengetahui hubungan ketebalan terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan.

**EKSPERIMAN**

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan meliputi 7 tahap yaitu sintesis CNT dengan metode *spray pyrolysis*, pembuatan lapisan PVA, pembuatan komposit CNT-PVA dengan variasi fraksi massa CNT terhadap PVA, pengujian mekanik lapisan PVA dan komposit CNT-PVA dengan variasi fraksi massa CNT terhadap PVA, analisis hasil uji mekanik lapisan PVA dan komposit CNT-PVA untuk mendapatkan fraksi massa CNT terhadap PVA yang menghasilkan sifat mekanik terbaik, pembuatan komposit CNT-PVA dengan variasi ketebalan, pengujian komposit CNT-PVA dengan variasi ketebalan dan analisis hasil uji komposit CNT-PVA dengan variasi ketebalan untuk mendapatkan metode yang tepat dan hubungan ketebalan terhadap sifat mekanik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengaruh fraksi massa CNT terhadap PVA dengan sifat mekanik komposit CNT-PVA**

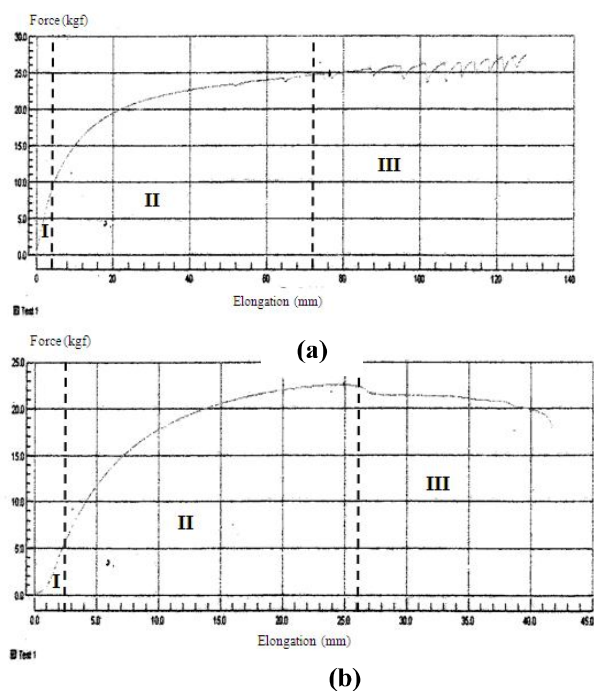
Penambahan CNT pada PVA dilakukan pada komposit dengan fraksi massa 10, 20 dan 30 %. Penambahan CNT juga mempengaruhi volume dari komposit. Perubahan volume ditunjukkan oleh perubahan ketebalan komposit. Semakin besar fraksi massa CNT terhadap PVA, komposit yang dihasilkan semakin tebal (Tabel 1).

**Tabel 1.** Ketebalan komposit dengan variasi fraksi massa CNT terhadap PVA

CNT/PVA (%)	Tebal (mm)
10	0,89
20	0,94
30	1,16

Peningkatan ketebalan menunjukkan penyebaran CNT di antara PVA. Semakin besar fraksi massa CNT terhadap PVA, ketebalan komposit yang dihasilkan semakin besar.

Gambar 2 menunjukkan komposit dengan fraksi massa CNT terhadap PVA 10% memiliki daerah linier (I), daerah non-linier (II) dan daerah plastis (III) yang semakin kecil. Pertambahan panjang yang semakin kecil menunjukkan bahwa CNT yang ditambahkan dalam komposit telah berperan menerima tegangan dan meningkatkan sifat mekanik.



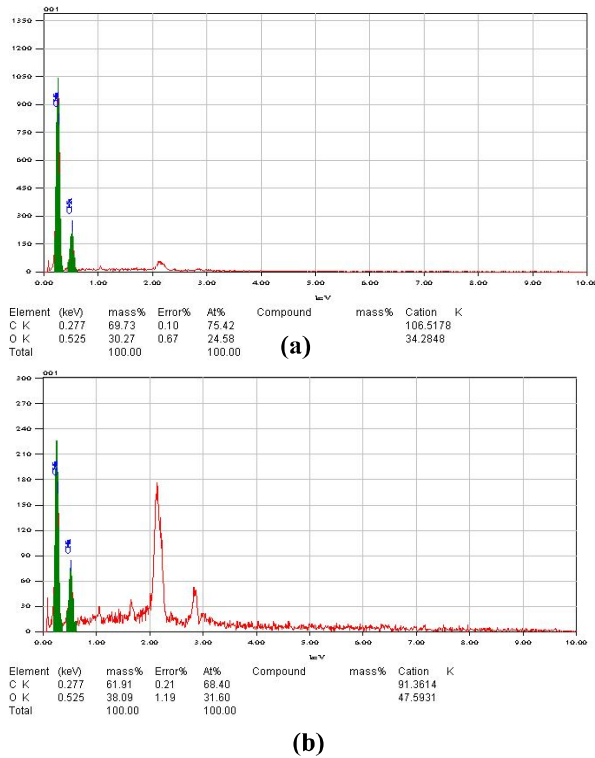
**Gambar 1.** Grafik hubungan antara perpanjangan (*elongation*) terhadap gaya tarik pada (a) Lapisan PVA dan (b) komposit CNT-PVA dengan fraksi massa CNT terhadap PVA 10%

Peningkatan nilai Modulus Young pada komposit fraksi massa CNT terhadap PVA 30% lebih rendah dibandingkan dengan komposit fraksi massa CNT terhadap PVA 20%.

**Tabel 2.** Nilai Modulus Young dengan variasi fraksi massa CNT terhadap PVA

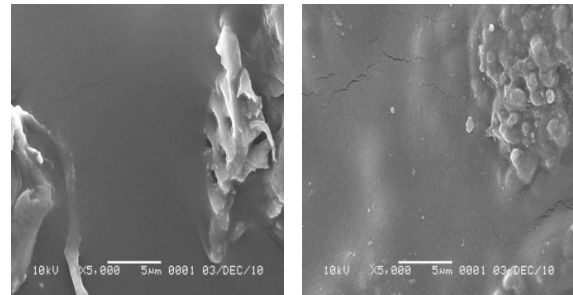
CNT/PVA(%)	E(MPa)
10	132,224440
20	137,710348
30	131,882481

Hasil karakterisasi EDX menunjukkan kandungan unsur C pada komposit CNT-PVA dengan fraksi massa CNT 20% sebesar 75,42%, sedangkan pada komposit CNT-PVA dengan fraksi massa CNT 30% hanya 68,40% (gambar 3).



**Gambar 2.** Hasil karakterisasi EDX komposit CNT- PVA dengan fraksi massa CNT terhadap PVA (a) 20% (b) 30%

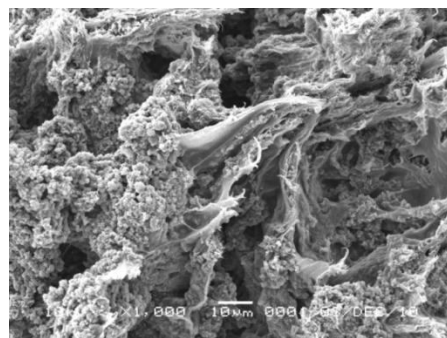
Daerah yang sedikit mengandung CNT akan lebih mudah mengalami deformasi setelah dilakukan pengujian. Hal ini disebabkan tegangan yang diterima PVA semakin besar. Deformasi pada komposit dengan fraksi massa CNT 30% berupa retakan terlihat pada hasil karakterisasi permukaan komposit dengan SEM yang ditunjukkan pada gambar 3. Retakan yang ada pada komposit dengan fraksi massa CNT 30% lebih banyak dibandingkan dengan komposit dengan fraksi massa CNT 20%.



(a) (b)

**Gambar 4.** Citra morfologi permukaan komposit CNT-PVA dengan fraksi massa CNT terhadap PVA (a) 20 % dan (b) 30 %

Daerah yang mengandung CNT yang lebih banyak memiliki peluang interaksi antar CNT semakin banyak pula. Interaksi antar CNT yang semakin besar, menyebabkan CNT menggumpal dan menyebabkan permukaan CNT yang berinteraksi dengan PVA semakin kecil. Interaksi yang tidak kuat antara CNT dan PVA menyebabkan mekanisme terlepasnya CNT dari PVA (*debonding*) pada daerah patahan (gambar 4). Fraksi massa CNT terhadap PVA sebesar 20% yang menghasilkan sifat mekanik terbaik selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk membuat komposit dengan variasi ketebalan



**Gambar 4.** Citra morfologi tampang lintang daerah patahan komposit dengan fraksi massa CNT terhadap PVA 30 %

**Pengaruh ketebalan komposit CNT/PVA dengan sifat mekanik komposit CNT/PVA Metode cetak tebal**

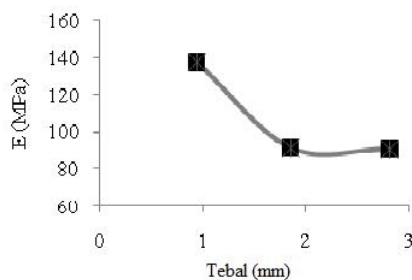
Pada pembuatan komposit dengan metode cetak tebal, variasi ketebalan dihubungkan dengan jumlah PVA yang digunakan dalam pembuatan komposit dan jumlah CNT disesuaikan dengan

fraksi massa acuan yaitu 20%. Jumlah PVA yang digunakan pada metode cetak tebal yaitu 9 gram dan 12 gram. Komposit dengan jumlah PVA lebih banyak menghasilkan komposit yang lebih tebal. Tabel 3 dan gambar 5 menunjukkan pengaruh ketebalan terhadap sifat mekanik komposit. Komposit yang dihasilkan dibandingkan juga dengan komposit yang dibuat sebelumnya dengan jumlah PVA 6 gram.

**Tabel 3.** Ketebalan dan modulus Young komposit metode cetak tebal

PVA (gr)	Tebal (mm)	E (MPa)
6	0,94	137,617021
9	1,85	91,378378
12	2,81	90,737685

Tabel 3 dan gambar 5 menunjukkan semakin tebal komposit, sifat mekanik komposit justru menurun. Hal ini disebabkan oleh komposit yang dihasilkan memiliki cacat. Cacat yang timbul berupa rongga yang mendominasi bagian tepi komposit. Rongga yang terdapat pada komposit mengakibatkan transfer tegangan yang tidak merata saat pengujian tarik komposit.



**Gambar 5.** Grafik hubungan ketebalan dengan modulus Young metode cetak tebal

Rongga terjadi saat penguapan molekul akuades. Penguapan molekul akuades pada permukaan atas komposit terjadi lebih cepat dan membentuk lapisan yang memadat. Lapisan yang memadat tersebut menghalangi molekul akuades meninggalkan larutan. Permukaan tepi komposit yang menempel pada cetakan memiliki energi panas yang lebih tinggi, sehingga molekul akuades bergerak ke bagian tersebut dan menghasilkan rongga saat pengeringan lebih lanjut. Rongga yang terbentuk pada komposit yang dihasilkan terlihat seperti yang ditunjukkan

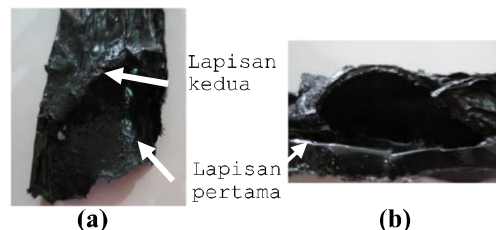
pada gambar 6. Nilai modulus Young yang semakin kecil dengan bertambahnya ketebalan komposit pada metode cetak tebal menunjukkan metode tersebut tidak tepat untuk menghasilkan komposit dalam bentuk tebal.



**Gambar 6.** Foto makro rongga pada komposit metode cetak tebal

**Metode cetak lapis tebal**

Pada pembuatan komposit dengan metode cetak lapis tebal digunakan PVA sebanyak 6 gram untuk tiap lapisnya. Komposit yang dibuat terdiri dari 2 lapis. Lapisan kedua dilapiskan di atas lapisan pertama yang telah sedikit mengering. Komposit 2 lapis memiliki ketebalan 3,19 mm. Komposit yang telah diuji tarik menunjukkan kedua lapisan tidak menyatu dan terdapat rongga di antara keduanya (gambar 7). Cacat tersebut menjadikan nilai modulus Young komposit menjadi lebih kecil.



**Gambar 7.** Foto makro komposit metode cetak lapis tebal (a) tampak depan (b) tampak samping

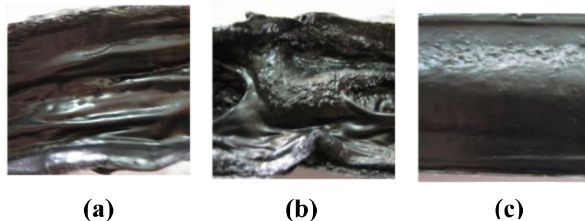
Komposit 2 lapis dengan metode cetak lapis tebal memiliki modulus Young sebesar 78,996865 MPa. Cacat yang menjadikan modulus Young komposit lebih kecil menunjukkan metode cetak lapis tebal tidak tepat untuk menghasilkan komposit dalam bentuk tebal.

**Metode cetak lapis tipis**

Pada metode cetak lapis tipis, jumlah PVA yang digunakan untuk tiap lapis sebanyak 2 gram. Komposit yang dibuat dengan metode cetak lapis tipis menghasilkan permukaan yang lebih rata karena proses penguapan molekul akuades lebih merata. Gambar 8 menunjukkan permukaan



komposit yang dibuat dengan metode cetak lapis tipis lebih rata dibandingkan dengan metode cetak tebal dan metode cetak lapis tebal.



**Gambar 8.** Foto makro permukaan komposit (a) metode cetak tebal, (b) metode cetak lapis tebal dan (c) metode cetak lapis tipis

Jumlah lapisan yang dilakukan pada metode ini yaitu 1, 2, 3, 5 dan 7. Semakin banyak jumlah lapisan menghasilkan komposit yang semakin tebal (Tabel 4). Nilai modulus Young dari komposit yang dibuat dengan metode cetak lapis tipis lebih besar dibandingkan dengan modulus Young lapisan PVA ( $E_{PVA} = 105,071207$  MPa).

**Tabel 4.** Ketebalan dan modulus Young komposit metode cetak lapis tipis

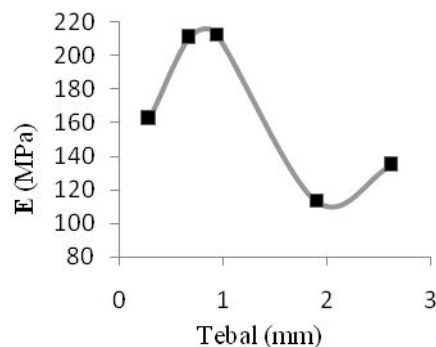
Jumlah lapisan	Tebal (mm)	E (MPa)
1	0,29	162,316962
2	0,67	210,769787
3	0,94	212,825166
5	1,90	113,550682
7	2,62	134,747860

Nilai modulus Young untuk komposit yang dibuat dengan metode cetak lapis tipis cenderung lebih besar daripada komposit yang dibuat dengan metode cetak tebal maupun metode cetak lapis tebal. Komposit 1 lapis tipis menghasilkan modulus Young yang lebih besar dibandingkan komposit 1 lapis tebal dengan fraksi massa CNT terhadap PVA yang sama. Komposit 1 lapis tipis menghasilkan modulus Young sebesar 162,316962 MPa, sedangkan komposit 1 lapis tebal hanya menghasilkan modulus Young sebesar 137,617021 MPa.

Peningkatan modulus Young komposit berturut-turut dengan jumlah lapisan 1,2,3, 5 dan 7 yaitu 58,10%, 105,30%, 107,30%, 10,60% dan 31,25%. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa metode cetak lapis tipis tepat digunakan

untuk menghasilkan komposit dalam bentuk tebal. Komposit metode cetak lapis tipis menghasilkan permukaan yang lebih rata sehingga mereduksi adanya cacat pada komposit dan sifat mekanik yang dihasilkan lebih baik. Peningkatan modulus Young paling besar pada komposit 3 lapis sebesar 107,30 % dengan ketebalan komposit 0,94 mm.

Gambar 9 menunjukkan hubungan ketebalan dengan modulus Young metode cetak lapis tipis. Modulus Young dari komposit yang dibuat dengan metode cetak lapis tipis cenderung meningkat sampai pada komposit 3 lapis, namun kemudian cenderung menurun pada komposit 5 lapis dan 7 lapis. Komposit dengan jumlah lapisan 5, memiliki modulus Young lebih kecil dibandingkan yang lain. Hal ini diduga akibat adanya sedikit cacat pada permukaan dasar komposit. Komposit yang terdiri dari lapisan yang banyak juga memiliki peluang dislokasi antar lapisan ketika diuji tarik jika antar lapisan tidak terikat secara sempurna.



**Gambar 9.** Grafik hubungan ketebalan dengan modulus Young metode cetak lapis tipis

### KESIMPULAN

1. Komposit CNT/PVA telah berhasil dibuat dengan metode *solution processing*.
2. Perbandingan massa CNT terhadap PVA dalam komposit CNT/PVA yang memberikan peningkatan sifat mekanik terbaik yaitu 20% dengan modulus Young sebesar 137,710348 MPa.
3. Ketebalan komposit CNT/PVA yang memberikan peningkatan sifat mekanik terbaik dihasilkan dengan metode cetak lapis tipis dengan jumlah lapisan yaitu 3, ketebalan 0,94 mm, modulus Young sebesar 212,825166 MPa dan peningkatan modulus

Young komposit terhadap modulus Young  
PVA sebesar 107,30 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subagio. A., Pardoyo, Ngurah Ayu K., V. Gunawan, Sony, dan Rowi, 2009, Studi Temperatur Penumbuhan Carbon Nanotubes (CNT) yang ditumbuhkan dengan Metode Spray Pyrolysis. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi Vol. 2 No. 1*.
- [2] Ajayan, M., 2007, Nanotubes Composite. *Nature Volume 447, Nature Publishing Group*
- [3] Cadek, M. J., N. Coleman, and V. Barron, 2002, Morphological and Mechanical Properties of Carbon-Nanotube-Reinforced Semicrystalline and Amorphous Polymer Composites, *Applied Physics Letters Volume 81, 27*.
- [4] Chen, Wei, Xiaoming Tao, Pu Xue, and Xiaoyin Cheng, 2005, Enhanced mechanical properties and morphological characterizations of poly(vinyl alcohol)-carbon nanotube composite films, *Applied Surface Science 252, 1404-1409. Elsevier Ltd*.
- [5] Gogotsi, Yury, 2006, Nanotubes and Nanofibers. *Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania, USA. CRC Press Taylor and Francis Group, LLC*.
- [6] Mylvaganam, Kausala and L C Zhang, 2007, Ballistic Resistance Capacity of Carbon Nanotubes, *Centre for Advanced Materials Technology, University of Sydney. Sydney, Australia. IOP Publishing Ltd*.