

## **PENGARUH PENAMBAHAN Cr TERHADAP STRUKTUR KRISTAL DAN SIFAT LISTRIK PADA BAHAN KOMPOSIT C-Cr**

**P. Purwanto, Yunasfi dan S. Mustofa**

*Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN*

*Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang Selatan*

*e-mail: ppurwanto88@gmail.com*

### **ABSTRAK**

**PENGARUH PENAMBAHAN Cr TERHADAP STRUKTUR KRISTAL DAN SIFAT LISTRIK PADA BAHAN KOMPOSIT C-Cr.** Telah dilakukan pengamatan pengaruh penambahan partikel Cr terhadap struktur kristal dan sifat listrik bahan serbuk komposit berbasis karbon C-Cr. Bahan serbuk komposit berbasis karbon C-Cr dibuat dari campuran antara serbuk grafit hasil *milling* dengan *High Energy Milling (HEM)* selama 50 jam dan serbuk Cr dengan variasi persen berat divariasikan dari 2% hingga 5%. Pencampuran dilakukan dengan digerus memakai mortal selama 30 menit. Identifikasi komposisi fasa bahan serbuk komposit C-Cr dilakukan dengan metode *X-Ray Diffractometer (XRD)*, sedangkan pengukuran sifat listrik dilakukan dengan alat ukur *LCRmeter* dan pengamatan deformasi ikatan partikel pada bahan tersebut dilakukan dengan metode Raman spektroskopi. Hasil identifikasi dengan metode *XRD* menunjukkan adanya 2 puncak, yaitu puncak C(002) pada sudut difraksi sekitar 26° dan unsur Cr(110) pada sudut difraksi sekitar 44°. Dari hasil analisis *XRD*, tidak terlihat perbedaan yang signifikan pada bahan serbuk karbon yang dicampurkan Cr sebesar 2% dan Cr sebesar 5%. Dari analisis sudut 2 theta dan lebar setengah puncak (*FWHM*) memakai program Igor, diperoleh bahwa ukuran kristalit dan regangan bahan serbuk komposit C-Cr turun seiring dengan penambahan kandungan Cr ke dalam serbuk komposit C-Cr. Adanya penambahan kandungan Cr ke dalam serbuk komposit C-Cr membuat nilai konduktivitas menjadi relatif stabil, sedangkan nilai kapasitansi berkurang seiring dengan peningkatan frekuensi pengukuran. Hasil analisis dengan *Raman* spektroskopi menunjukkan bahwa nilai intensitas Cr sebesar 2 % berat lebih tinggi dibandingkan dengan Cr sebesar 5 % berat.

**Kata kunci:** C-Cr, Serbuk komposit, Difraksi sinar-X, Konduktivitas listrik, Raman spektroskopi

### **ABSTRACT**

**EFFECT OF ADDITION Cr CRYSTAL STRUCTURE AND ELECTRICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS IN C-Cr.** The effect of Cr addition on the crystal structure and electrical properties of C-Cr composite powders have been observed. C-Cr composite powders are made from a mixture between graphite powder as a milling product using HEM for 50 hours and Cr powder with various weight percent from 2% until 5 wt% of Cr. Mixing is done by taking mortal crushed for 30 minutes. Identification of phase composition of C-Cr composite powder was conducted by XRD method, and the measurement of electrical properties was done by using LCR meter and the observation of particle bonding deformation in the material was done by using Raman spectroscopy. The results of identification by XRD method shows the existence of 2 peaces peak only, that are the peak of element C (002) at about 26° and element Cr (110) on the diffraction angle of about 44°. From the results of XRD analysis, no significant changes in the graphite powder that are mixed with Cr 2% and 5%. From the analysis of 2 theta angles and half-peak width (FWHM) using the Igor program, it is found that the crystallite size and strain of C-Cr composite powder decreases with the increasing of addition of Cr into the C-Cr composite powder. The addition of Cr in the C-Cr composite powders made the conductivity values to be relatively stable, while the capacitance values decrease with the increasing of measurement frequency. The results of the analysis by Raman spectroscopy showed that the intensity of the Raman spectra with weight percent Cr 2% higher compared with the weight percent Cr by 5%.

**Keywords:** C-Cr, Composite powder, X-Ray diffraction, Electric conductivity, Raman spectroscopy

### **PENDAHULUAN**

Bahan nanopartikel menarik para ilmuwan, karena ukurannya kecil dan rasio luas permukaan terhadap volume menyebabkan ukuran mempengaruhi sifat kimia dan fisika, yang sangat berbeda dengan material berukuran besar pada komposisi kimia yang

sama. Nanopartikel yang saat ini dianggap sebagai *building block* berguna untuk teknologi masa depan [1].

Untuk memanfaatkan teknologi dengan ukuran nanomaterial, adalah penting untuk mengembangkan

teknik baru yang dapat mengukur secara kuantitatif sifat masing-masing nanomaterials, seperti nanopartikel tunggal atau karbon berstruktur nanometer [2].

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendapatkan karbon berstruktur nanometer, salah satunya adalah teknik *milling* secara mekanik. Teknik *milling* merupakan salah satu teknik sederhana dan efektif untuk menumbuhkan kristal padat tanpa melalui fasa vaporasi [3]. Bahan grafit setelah diproses *milling* dengan teknik *High Energy Milling (HEM)* akan mengalami pembesaran pada luas permukaan sehingga terbentuk karbon nanopori dan pembentukan *Carbon Nanotube (CNT)* [3-5]. Serbuk grafit yang diproses dengan teknik *HEM* memiliki ukuran lebih kecil seiring dengan semakin lamanya proses, bahkan sampai ke ukuran nanometer dan ditemukan bahwa karbon struktur nano telah terbentuk [6,7].

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap sifat struktur kristal dan listrik bahan yang terbentuk dari proses *milling* dengan teknik *HEM* yang menggunakan Cr sebagai prekursor. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya dalam rangka pengaplikasian bahan nanokomposit berbasis karbon untuk sensor [8].

## METODE PERCOBAAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk grafit (karbon, C) buatan *Merck*, yang memiliki tingkat puritas 99,5 % dengan ukuran 10 µm, dan serbuk krom (Cr) produk *Aldrich* yang memiliki tingkat kemurnian 99,9% dengan ukuran partikel serbuk bervariasi 10µm hingga 50 µm. Serbuk Cr dan C ditimbang dalam satuan persen berat dengan komposisi sebagai berikut : Cr(2%)-C(98%) dan Cr(5%)-C(95%). Berat total masing-masing campuran serbuk adalah 20 gram. Campuran serbuk ini diproses *milling* selama 50 jam dengan teknik *High Energy Milling (HEM)*, merk *SPEX CertiPrep 8000M Mixer/Mill* di Bidang Karakterisasi dan Analisis Nuklir (BKAN), PTBIN-BATAN. Dalam proses *milling* ini *vial* dan bola yang digunakan terbuat dari bahan *stainless steel*.

Campuran serbuk hasil *milling* dilakukan pengukuran parameter struktur kristal, *LCRmeter* dan spektroskopi *Raman* terdapat di BKAN, PTBIN-BATAN. Selanjutnya, campuran serbuk hasil *milling* ini, masing-masing ditimbang sebanyak 0,5 gram kemudian dipelet dengan daya tekan sampai 15 ton dengan menggunakan mesin pres hidrolik merk *Daiwa Universal Testing Machine : rat 100*, capacity = 100 ton, produksi *Daiwa Kenko, Co. Ltd.*, yang terdapat di Fakultas Teknik Sipil, ITB-Bandung. Pelet yang terbentuk berdiameter 1,5 cm dengan ketebalan sekitar 0,3 cm.

Masing-masing pelet yang terbentuk ini dilakukan pengukuran dengan difraksi sinar-X, sifat listrik dan spektroskopi *Raman*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Struktur Kristal

Pola difraksi sinar-X pada komposit C-Cr ditunjukkan pada Gambar 1.

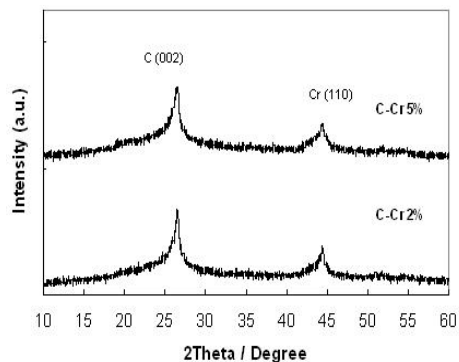
Dari Gambar 1, menunjukkan dua puncak yaitu karbon pada bidang (002), dan puncak krom pada bidang (110). Dari dua puncak ini dilakukan analisis untuk sudut 2 theta dan lebar setengah puncak (*FWHM*) dengan menggunakan program *Igor*, ditunjukkan pada Tabel 1. Perhitungan ukuran dan regangan pada komposit C-Cr menggunakan Persamaan (1) [9-10]

$$(\beta \cdot \cos \theta) / \lambda = 0,9/D + (2 \cdot \eta \cdot \sin \theta) / \lambda \quad \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- β = Lebar setengah puncak difraksi (*FWHM*) dalam (rad)
- θ = Sudut Bragg (°)
- λ = Panjang gelombang sinar-X (Å)
- D = Ukuran kristalit (Å)
- η = Regangan kristal

Dari data sudut 2 theta dan lebar setengah puncak dibuat kurva antara β·cos θ/λ terhadap sin θ/λ, diperoleh ukuran dan regangan kristal C-Cr. Dari hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2, diperoleh hasil ukuran kristal dan regangan. Ukuran dan regangan komposit C-Cr turun seiring dengan naiknya konsentrasi Cr, hal ini menunjukkan adanya unsur Cr yang terdifusi kedalam karbon, sehingga tersisip antara bidang kisi kristal yang menimbulkan cacat substitusi atau interstisi.



Gambar 1. Pola difraksi C-Cr dengan konsentrasi 2 %Cr dan 5 %Cr.

Tabel 1. Sudut 2 theta dan lebar setengah puncak (*FWHM*).

Cr (%)	2 theta (°)	FWHM ( rad )
2	26,4877	0,1612
	44,4327	0,2267
5	26,4459	0,1999
	44,3751	0,4339

Tabel 2. Ukuran kristalit dan regangan.

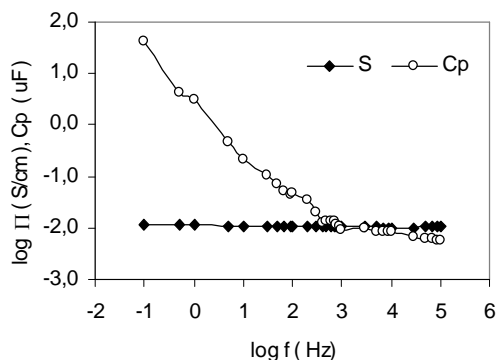
Cr (%)	D ( Å )	Regangan ( % )
2	8,91	116,53
5	2,57	35,50

### Konduktivitas Listrik

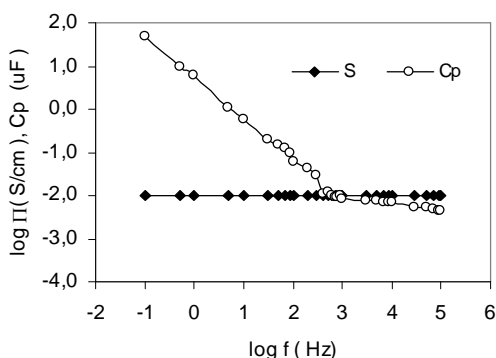
Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan kurva konduktivitas dan kapasitansi pada komposit C-2%Cr dan C-5%Cr.

Dari Gambar 2 dan Gambar 3, terlihat konduktivitas relatif stabil terhadap frekuensi, begitu juga untuk penambahan Cr = 5%. Kapasitansi pada komposit C-Cr turun seiring dengan naiknya frekuensi sampai 1000 Hz, sedangkan di atas frekuensi 1000 Hz turun tidak begitu tajam terhadap frekuensi. Hasil perhitungan konduktivitas dan kapasitansi komposit C-Cr ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3, menunjukkan konduktivitas komposit C-Cr turun seiring dengan naiknya konsentrasi Cr. Sedangkan pada Tabel 4, kapasitansi komposit C-Cr turun pada rentang frekuensi 0,1 Hz sampai 1000 Hz, sedangkan pada frekuensi diatas 1000 Hz sampai 100 k.Hz relatif stabil. Kapasitansi komposit



Gambar 2. Hubungan antar konduktivitas dan kapasitansi terhadap frekuensi pada C-2%Cr.



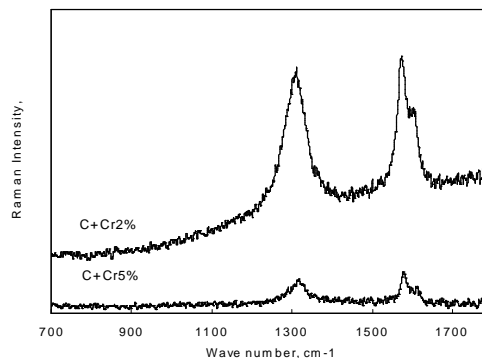
Gambar 3. Hubungan antar konduktivitas dan kapasitansi terhadap frekuensi pada C-5%Cr.

Tabel 3. Konduktivitas komposit C-Cr.

Cr (%)	Konduktivitas $\sigma_0$ (S/cm)
2	$11,023 \times 10^{-3}$
5	$9,749 \times 10^{-3}$

Tabel 4. Kapasitansi komposit C-Cr.

Cr (%)	C <sub>1</sub> ( $\mu$ F)	C <sub>2</sub> ( $\mu$ F)
2	2,576	0,023
5	0,028	0,026



Gambar 4. Spektrum Raman C-Cr.

C-Cr turun seiring dengan naiknya konsentrasi Cr, sedangkan pada frekuensi di atas 1000 Hz stabil. Konduktivitas komposit C-Cr turun terhadap pengaruh penambahan Cr, hal ini menunjukkan Cr tidak dapat meningkatkan sifat konduktivitas pada bahan atau tidak meningkatkan jumlah aliran elektron.

Kapasitansi pada rentang frekuensi 0,1 Hz sampai 1000 Hz turun seiring dengan penambahan Cr, hal ini menunjukkan bahwa Cr tidak dapat menyimpan muatan listrik. Konduktivitas suatu bahan ditentukan oleh mobilitas pembawa muatan, sedangkan mobilitas pembawa muatan ditentukan oleh cacat, komposisi, suhu. Peningkatan cacat, komposisi dan suhu akan menyebabkan pengaruh konduktivitas oleh ion-ion oksigen yang semakin dominan [11].

### Spektroskopi Raman

Gambar 4 menunjukkan spektrum Raman pada bahan C dengan 2%Cr dan C dengan 5%Cr. Dari Gambar 4, diperoleh bilangan gelombang untuk puncak pertama  $1358 \text{ cm}^{-1}$  dan puncak kedua  $1581 \text{ cm}^{-1}$ . Puncak dengan intensitas tinggi pada konsentrasi C dengan 2% Cr dibandingkan dengan C kandungan 5%Cr. Bilangan gelombang puncak pertama  $1350 \text{ cm}^{-1}$  dan puncak kedua  $1580 \text{ cm}^{-1}$ . Pergeseran bilangan gelombang pada spektrum C-Cr adanya cacat dan vibrasi dari C. Cacat dan vibrasi ini adanya pengaruh penambahan Cr sehingga menurunkan intensitas dan pergeseran bilangan gelombang [12,13].

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa struktur kristal yang nampak yaitu karbon dan krom, ukuran dan regangan kristal menurun seiring dengan naiknya krom. Konduktivitas pada bahan C 2%Cr dan C 5%Cr relatif stabil seiring dengan naiknya frekuensi, sedangkan kapasitansi kedua komposit C-Cr turun seiring dengan naiknya frekuensi. Spektrum pada komposit C-Cr yang nampak yaitu karbon dengan intensitas C 2%Cr lebih tinggi dibandingkan C 5%Cr. Pergeseran bilangan gelombang adanya cacat dan vibrasi dari karbon.

**DAFTAR ACUAN**

- [1] AVASTHI D. K. and PIVIN J. C., *Current Science*, **98** (26) (2010) 780-790
- [2] WANG L., PONNCHARALP. and DE HEER W. A., *Pure Appl. Chem*, **7** (2000) 209-219
- [3] Y. CHEN, J. F. GERALD, L. T. CHADDERTON, L. CLAFFRON, *Materials Science Forum*, **312-314** (1999) 375-380
- [4] Y. CHEN, J. F. GERALD, L. T. CHADDERTON, L. CLAFFRON, *Appl. Phys. Lett.*, **74** (10) (1999) 2782-2784
- [5] SALIM MUSTOFA dan YUNASFI, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **10** (3) (2009) 288-291
- [6] YUNASFI dan SALIM MUSTOFA, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **10** (2) (2009) 194-198
- [7] P. PURWANTO, MASHADI dan SAEFUL YUSUF, Karakterisasi Magnetik dan Sifat Listrik Bahan Karbon Hasil Milling Menggunakan Fe Precursor, *Seminar Nasional Fisika 2012, Pusat Penelitian Fisika-LIPI, Serpong*, (2012)
- [8] G.K. WILLIAMSON and W.H. HALL, *Acta.Met*, **1** (1) (1953) 22-31
- [9] B.N.R. REHANI, P.B. JOSHI, K.N. LAD and A. PRATAP, *Indian J.of Pure Physics*, **44** (2006) 157-161
- [10] S. CHANDRA, *Superionic Solid, Principle and Applications*, North Holland Publish Co, Amsterdam, (1981) 17-28
- [11] V. SHANOV, Y. HEUNG YUN and M.J. SCHULZ, *J. of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, **41** (2006) 377-390
- [12] M.S. DRESSELHAUS, G. DRESSELHAUS, R. SAITO and A. JORIO, *Phys.Report.*, **409** (2005) 47-99