

ANALISA FOTO POLA DIFRAKSI ELEKTRON UNTUK PENGUKURAN JARAK ANTAR BIDANG KRISTAL KARBON

Elisabeth Dian Atmajati, Kintan Limiansih, Ign Edi Santosa

Pendidikan Fisika, Universitas Sanata Dharma

Paingan, Maguwohardjo, Depok, Sleman, Yogyakarta

edi@usd.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran jarak antar bidang kristal karbon dengan metoda difraksi elektron. Hasil tersebut diperoleh dari pengukuran diameter pola difraksi untuk berbagai tegangan pemercepat elektron. Pola difraksi direkam dengan menggunakan kamera digital. Pola difraksi dianalisa dengan perangkat lunak LoggerPro untuk mendapatkan diameternya. Nilai jarak antar bidang pada kristal karbon dari hasil pengukuran ini adalah sebesar $(2,02 \pm 0,05) \text{ \AA}$ dan $(1,22 \pm 0,04) \text{ \AA}$.

Kata-kata kunci: difraksi, bidang kristal

PENDAHULUAN

Sesuai dengan hipotesa de Broglie, elektron yang bergerak juga berlaku sebagai gelombang. Untuk menunjukkan aspek gelombang tersebut, elektron dapat didifraksikan dengan menggunakan sebuah kristal. Percobaan difraksi elektron semacam ini merupakan salah satu mata praktikum dalam bidang Fisika Modern [Portis dan Young, 1971].

Pola difraksi yang dihasilkan dapat digunakan untuk menentukan jarak antar atom pada kristal yang digunakan sebagai kisi difraksi. Untuk itu diperlukan pengukuran diameter pola difraksi yang terbentuk. Pada praktikum yang biasa, pengukuran jari-jari tersebut dilakukan secara langsung dengan menggunakan mistar. Pengukuran semacam ini, mempunyai kelemahan. Pertama, pengukuran dilakukan di ruang gelap agar dapat menampilkan pola difraksi dengan jelas. Karena keadaan ruang tersebut maka pengukurannya menjadi relatif sulit. Kedua, pola difraksi yang terbentuk tidak tajam, sehingga ada kendala penentuan titik acuan pengukuran.

Saat ini kamera digital sangat mudah didapatkan. Selain itu juga sudah banyak dikenal adanya perangkat lunak untuk menganalisa gambar / foto. Berbagai eksperimen telah menggunakan kamera sebagai alat bantu untuk pengambilan data. Kamera

digital digunakan untuk mengukur kecepatan bulan mengelilingi bumi [Hughes, 2006]. Distribusi intensitas cahaya hasil difraksi oleh celah telah diamati dengan kamera digital [Ramil et al, 2007; Rossi et al, 2013]. Onorato dan De Ambrosio menggunakan kamera untuk mencatat data lintasan elektron yang bergerak dalam medan magnet [Onorato dan De Ambrosio, 2012].

Karena itu pada eksperimen ini dilakukan pengambilan data percobaan difraksi elektron dengan memanfaatkan kamera dan perangkat lunak penganalisa gambar.

BAHAN DAN METODE

De Broglie menyatakan bahwa partikel bermassa m dan bergerak dengan kelajuan v , mempunyai panjang gelombang λ mengikuti persamaan (1) berikut

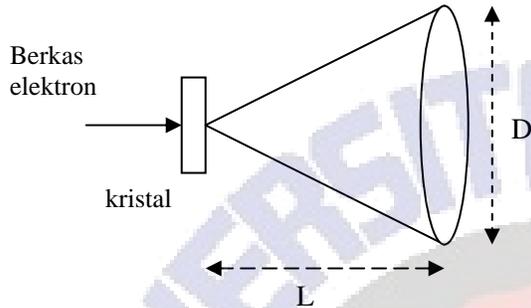
$$\lambda = \frac{h}{m v} \quad (1)$$

dengan h : tetapan Planck

Pada tabung difraksi elektron, elektron yang digerakkan dengan tegangan pemercepat V_a (dalam volt), akan memiliki panjang gelombang λ (dalam \AA) sebesar

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{V_a}} \quad (2)$$

Bila elektron dilewatkan pada kristal, maka elektron tersebut akan didifraksikan seperti pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. pembentukan pola difraksi elektron oleh kristal.

Atom-atom dalam kristal tersusun secara teratur membentuk bidang-bidang dengan jarak antar bidangnya sebesar d . Sebagai gelombang, berkas elektron yang melalui kristal akan didifraksikan menghasilkan pola difraksi yang berbentuk cincin [Portis dan Young, 1971]. Pola ini teramati pada layar pendar yang berjarak L dari kristal. Untuk sudut difraksi yang kecil, diameter pola difraksi tersebut sebesar D mengikuti persamaan [Manual Electron Diffraction Tube TEL 555]:

$$D = \frac{2L}{d} \sqrt{\frac{150}{V_a}} \quad (3)$$

Susunan peralatan yang digunakan dalam eksperimen disajikan pada gambar 2. Catu daya digunakan untuk memanaskan katoda dan juga untuk memberikan tegangan pemercepat elektron. Catu daya ini dilengkapi dengan pengatur dan pengukur tegangan pemercepatnya. Tabung difraksi elektron TEL 555 menggunakan kristal karbon sebagai kisi difraksinya. Jarak antara kristal karbon dan layar pendar adalah $L=13,5$ cm [Manual Electron Diffraction Tube TEL 555].

Pola difraksi terlihat pada layar pendar. Pola ini selanjutnya dipotret dengan kamera digital Nikon A2200. Untuk dapat menentukan jarak, pada bidang pemotretan juga disertakan acuan yang sudah diketahui panjangnya sebagai pembanding. Pemotretan dilakukan untuk pola difraksi dari berbagai nilai tegangan pemercepat. Kedudukan kamera terhadap layar pendar dibuat konstan. Agar keadaannya tetap selama pemotretan maka digunakan tripod penyangga kamera.

Gambar hasil pemotretan selanjutnya diolah dengan perangkat lunak LoggerPro [Vernier] untuk mendapatkan nilai jari-jari pola difraksi.

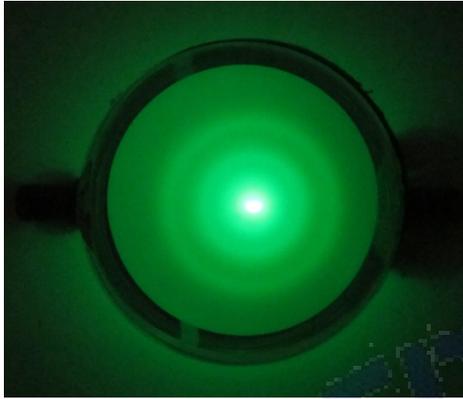


Gambar 2. susunan peralatan yang digunakan dalam eksperimen

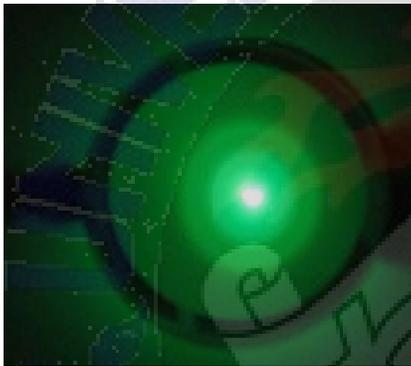
HASIL DAN DISKUSI

Pola difraksi hasil eksperimen untuk dua nilai tegangan pemercepat, ditampilkan pada gambar 3 dan gambar 4. Gambar 3 menunjukkan pola difraksi dari elektron yang dipercepat dengan tegangan pemercepat sebesar 2800 volt, sedang gambar 4 diperoleh ketika tegangan pemercepatnya sebesar 4600 volt.

Dari kedua gambar tersebut terlihat bahwa diameter pola difraksinya tergantung pada tegangan pemercepat. Diameter pola difraksi pada gambar 3 terlihat lebih besar dari diameter pola difraksi pada gambar 4. Hal ini sesuai dengan persamaan (3) di muka.



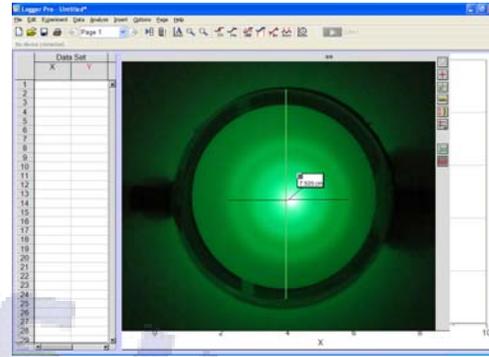
Gambar 3. Pola difraksi untuk elektron yang dipercepat dengan tegangan 2800 volt



Gambar 4. Pola difraksi untuk elektron yang dipercepat dengan tegangan 4600 volt

Pada masing-masing gambar tersebut tampak dua lingkaran konsentris yang menyatakan pola difraksi 1 dan pola difraksi 2. Diameter kedua lingkaran tersebut ditentukan dengan menggunakan program LoggerPro seperti yang ditampilkan pada gambar 5. Pada gambar tersebut panjang acuan sebesar 13,3 cm ditunjukkan dengan garis vertikal. Salah satu pengukuran diameter ditunjukkan dengan garis horisontal.

Karena lingkaran tersebut cukup tebal, pada satu pola difraksi, penentuannya dilakukan dengan mengukur diameter dalam dan diameter luarnya. Dari kedua nilai tersebut dapat dihitung nilai tengahnya. Selanjutnya pengukuran seperti ini dilakukan pada berbagai arah untuk mendapatkan nilai rerata diameternya.



Gambar 5. Pengukuran diameter pola difraksi menggunakan perangkat lunak LoggerPro. Garis vertikal menunjukkan panjang acuan, sedang diameter pola difraksinya ditunjukkan dengan garis horisontal.

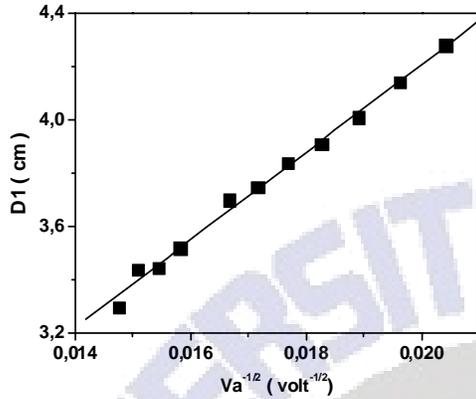
Hasil pengukuran diameter pola difraksi untuk berbagai nilai tegangan pemercepat disajikan pada tabel 1. Pada tabel tersebut D1 menyatakan diameter pola difraksi 1, sedang D2 untuk diameter pola difraksi 2.

Tabel 1. Hasil pengukuran diameter pola difraksi untuk berbagai nilai tegangan pemercepat

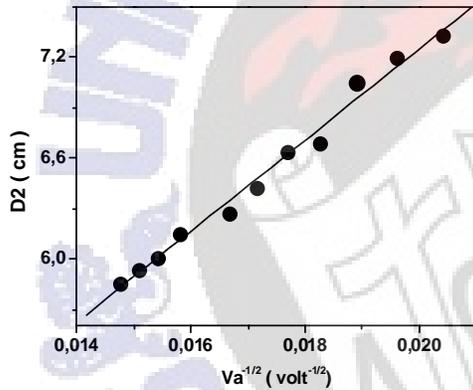
No	V _a (volt)	Diameter (cm)	
		D1	D2
1	2400	4,28	7,33
2	2600	4,14	7,20
3	2800	4,01	7,05
4	3000	3,96	6,73
5	3200	3,91	6,66
6	3400	3,84	6,52
7	3600	3,73	6,29
8	4000	3,52	6,15
9	4200	3,44	6,01
10	4400	3,44	5,93
11	4600	3,30	5,85

Dari data tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara diameter pola difraksi (D) dengan $V_a^{-1/2}$ untuk mendapatkan nilai jarak antar bidang kristal karbon. Grafik tersebut ditampilkan secara berturutan pada gambar 6 dan gambar 7 untuk pola difraksi 1 dan pola difraksi 2.

Sesuai dengan persamaan (3) nilai jarak antar bidang kristal (d) dapat ditentukan dari nilai gradien grafik dan nilai L .



Gambar 6. Grafik hubungan diameter pola difraksi 1 (D_1) terhadap $Va^{-1/2}$



Gambar 7. Grafik hubungan diameter pola difraksi 2 (D_2) terhadap $Va^{-1/2}$

Hasil perhitungan gradien dan jarak antar bidang kristalnya disajikan pada tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat bahwa terdapat dua nilai jarak antar bidang kristal karbon. Hasil ini sesuai dengan yang diperkirakan.

Tabel 2. Hasil pengukuran jarak antar bidang kristal karbon

Pola difraksi	Gradien (cm volt ^{1/2})	d (Å)
1	164 ± 4	$2,02 \pm 0,05$
2	272 ± 10	$1,22 \pm 0,04$

Hasil tersebut sesuai dengan nilai tipikal yang diperoleh dengan menggunakan tabung difraksi elektron TEL 555 yaitu sebesar $2,06\text{Å}$ dan $1,20\text{Å}$ [Manual Electron Diffraction Tube TEL 555].

Pada pengukuran biasa, penentuan diameter pola difraksi dilakukan secara langsung pada layar pendar. Kelemahan pengukuran semacam ini pada penentuan diameter pola difraksi yang cukup sulit dan kurang teliti. Hal ini disebabkan oleh bentuk lingkaran yang cukup tebal, dan titik pusat lingkarannya kurang jelas. Selain itu layar pendar berbentuk cembung tidak datar. Hal ini semakin sulit dilakukan karena ruang pengukurannya dibuat gelap.

Hasil pengukuran ini didapat dari sejumlah penentuan diameter lingkaran pola difraksi. Cara ini dimungkinkan karena polanya sudah terekam seperti pada gambar 3. Dengan cara ini nilai diameter pola difraksi dapat ditentukan secara lebih teliti.

Pengambilan data diameter pola difraksi dengan bantuan kamera semacam ini dapat dilakukan dengan relatif lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan cara biasa. Untuk satu gambar pola difraksi dapat dilakukan analisa secara lebih leluasa sehingga diperoleh jumlah data yang lebih banyak. Selain itu pengecekan dan pengulangan penghitungan dapat dilakukan dengan sangat mudah.

KESIMPULAN

Pengukuran diameter pola difraksi elektron oleh kristal karbon dapat dilakukan dengan menganalisa fotonya. Jarak antar bidang pada kristal karbon yang teramati adalah sebesar $(2,02 \pm 0,05)\text{Å}$ dan $(1,22 \pm 0,04)\text{Å}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Hughes, S.W. 2006. Measuring the orbital period of the Moon using a digital camera. *Physics Education* **41**, 144-150
- NN. *Manual Electron Diffraction Tube TEL 555*. Teltron Limited. London.

3. Onorato, P. and A de Ambrosis. 2012. Particle traces in a cloud chamber: historical photographs as a context for studying magnetic force, *Eur. J. Phys.* 33, 1721-1735.
4. Portis, A.M and H.D Young. 1971. *Berkeley Physics Laboratory*, New York: McGraw-Hill Book Company.
5. Ramil, A, A. J. López, and F. Vincitorio. 2007. Improvements in the analysis of diffraction phenomena by means of digital images, *Am. J. Phys* 75, 999-1002
6. Rossi. M, L. M. Gratton, and S. Oss. 2013. Bringing the Digital Camera to the Physics Lab, *Phys. Teach* 151, 141-143.
7. www.vernier.com



Nama Penanya : Made Rai S. Shanti

Instansi : UKSW

Pertanyaan :

1. Hasil dari data pengukuran diameter apakah nilai pengukuran rata-rata atau bukan ?
2. Software yang digunakan membuat sendiri atau tidak ?

Jawaban : Tidak ada jawaban

