

KARAKTERISASI CANGKANG KERANG MENGUNAKAN XRD DAN X RAY PHYSICS BASIC UNIT

Menik Sri Wahyuni*
Erna Hastuti*

Abstrak: Cangkang kerang jenis *Anadara Granosa* merupakan bahan keramik yang termasuk ke dalam jenis zat padat kristal. Sebagai langkah awal dilakukan penelitian dengan sampel cangkang kerang (CaCO_3) yaitu melakukan karakterisasi menggunakan dua alat yang berbeda yaitu *X Ray Diffraction* (XRD) dan *X Ray Physics Basic Unit*, ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara kedua alat tersebut. Dalam karakterisasi cangkang kerang (CaCO_3) menggunakan *X-Ray Diffraction* dan *X - Ray Physics Basic Unit* tahapan – tahapannya antara lain: (1) cangkang kerang dicuci dengan alkohol dan gelombang ultrasonik, (2) penghalusan secara manual dan *ball milling*, (3) Karakterisasi menggunakan XRD dan *X-Ray Physics Basic Unit*, (4) Pengamatan serbuk cangkang kerang menggunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) dan mikroskop inverted, (5) analisa. Dari hasil karakterisasi menggunakan XRD diketahui strukturnya adalah ortorombik, dengan nilai parameter kisi a 4.96630, b 7.95950, c 5.75030, sedangkan untuk nilai R_p , R_{wp} , R_{exp} , R_B dan GOF masih belum didapatkan hasil yang baik, hal ini disebabkan cangkang kerang merupakan bahan alam yang bersifat heterogen. ini dapat dilihat dari hasil foto TEM yang masih kurang jelas. Sedangkan hasil difraksi sinar x menggunakan *X-Ray Physics Basic Unit* tidak didapatkan puncak yang jelas, namun dapat dihitung energi tertinggi pada sudut 18° yaitu $2,006.10^{-6} \text{ d}^{-1}$ dan energi terendah pada sudut 58° sebesar $1,171.10^{-6} \text{ d}^{-1}$. Dan dari pengamatan dengan mikroskop inverted didapatkan ukuran butir sampel antara 1.28 sampai $0.85 \mu\text{F}$.

PENDAHULUAN

Kristal dilihat dari proses terbentuknya ada dua, yakni kristal alam dan kristal buatan. kristal alam merupakan kristal yang terbentuk oleh proses alam dan terdapat di alam. Sedangkan kristal buatan, merupakan kristal yang dibuat oleh manusia, proses terbentuknya berada di dalam laboratorium.

Salah satu jenis kristal yang lain yaitu keramik, keramik di alam ini salah satu contohnya yaitu cangkang kerang (CaCO_3) yang dapat kita peroleh dengan mudah karena jumlahnya yang berlimpah dan pemanfaatannya yang belum maksimal. Selama ini pemanfaatan cangkang kerang kurang maksimal karena hanya terbatas untuk pembuatan kerajinan tangan. Sedangkan pemanfaatannya di dunia sains atau ilmu pengetahuan belum begitu banyak, padahal cangkang kerang yang termasuk jenis material keramik dan merupakan bahan semikonduktor dapat digunakan untuk komponen elektronik dan tentu harus diteliti atau diperiksa terlebih dahulu karakteristiknya.

Sedangkan untuk dapat mengetahui karakteristik suatu material dalam hal ini yaitu cangkang kerang, dapat dilakukan menggunakan difraksi sinar x (*x - ray diffraction* /

* Jurusan Fisika, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

XRD). Dari proses difraksi sinar x tersebut dapat mengidentifikasi struktur, ukuran butir, unsur dan parameter kisi suatu kristal. Seiring dengan perkembangan teknologi difraksi sinar x sendiri dapat dilakukan dengan beberapa alat yang berbeda diantaranya X-Ray Diffraction dan X-Ray Physics Basic Unit.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Entri (Juli 2007). Penelitian terdahulu ini juga menggunakan difraksi sinar x untuk menganalisa struktur kristal dengan sampel kristal yang dibuat dari arang bambu apus. Sedangkan penelitian yang akan dilakukan ini berbeda yaitu penentuan karakteristik bahan (struktur kristal, ukuran, unsur dan parameter kisi) pada cangkang kerang menggunakan XRD guna identifikasi awal pembentukan bahan dielektrik.

Penentuan karakteristik bahan (struktur kristal, unsur dan parameter kisi) pada cangkang kerang menggunakan XRD tersebut dilakukan dengan dua alat bertujuan untuk membandingkan hasil analisa menggunakan *X-Ray Diffraction* dan *X-Ray Physics Basic Unit*, karena kedua alat ini memiliki standarisasi yang berbeda. *X-Ray Diffraction* merupakan alat uji analisa dengan standar riset sedangkan *X-Ray Physics Basic Unit* yang berada di laboratorium fisika UIN MALIKI Malang memiliki standar laboratorium

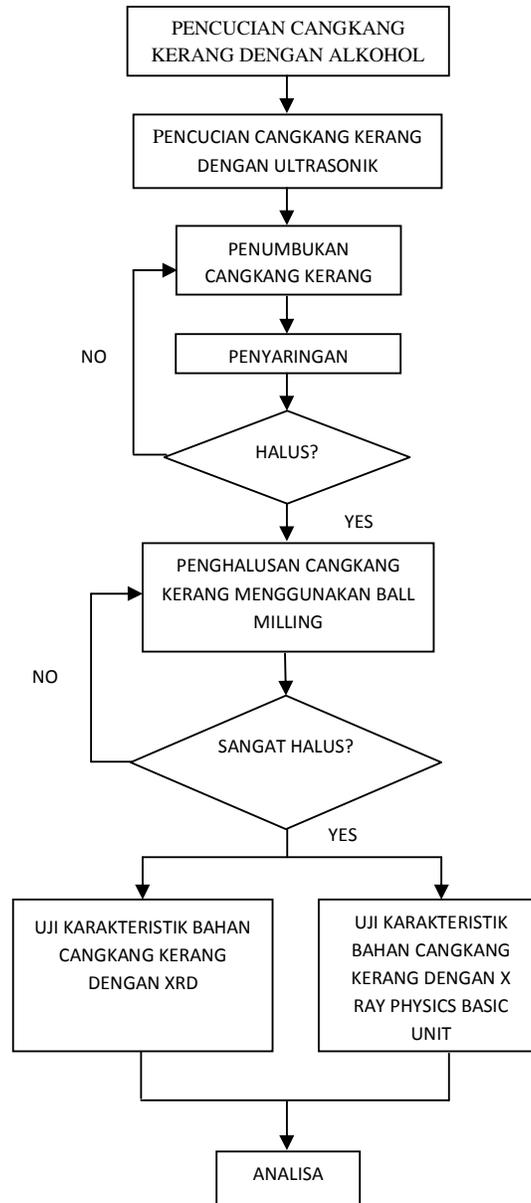
METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan antara lain:

1. Pencuci bahan (Ultrasonik)
2. Penumbuk bahan
3. Penyaring
4. *Ball milling*
5. X- Ray Diffraction Panasonic
6. *X- Ray Physics Basic Unit*
7. *Personal Computer*

Bahan yang digunakan antara lain:

1. Cangkang kerang
2. Alkohol
3. Etanol



Keterangan diagram alir :

1. Pencucian cangkang kerang dengan alkohol

Pencucian cangkang kerang dilakukan dengan menggunakan alkohol, dimaksudkan agar unsur dalam cangkang kerang tidak mengalami reaksi kimia. kareneseperti kita ketahui alkohol mudah menguap di dalam suhu ruang, sehingga tidak akan mengakibatkan reaksi kimia pada cangkang kerang (CaCo_3).

2. Pencucian cangkang kerang dengan ultrasonik

Pencucian cangkang kerang menggunakan gelombang ultrasonik dilakukan agar kotoran yang masih tersisa setelah pencucian dengan alkohol dalam cangkang kerang benar-benar bersih.

3. Penumbukan cangkang kerang

Setelah cangkang kerang dicuci menggunakan geombang ultrasonik, kemudian cangkang kerang ditumbuk. Penumbukan pada tahap awal ini dilakukan secara manual sampai halus. Penghalusan tahap berikutnya masih harus dilakukan untuk mendapatkan sampel yang benar-benar halus.

4. Penyaringan

Setelah dilakukan penumbukan secara manual, cangkang kerang harus di saring agar didapatkan ukuran butiran cangkang kerang yang lebih kecil. Dan butiran yang berukuran lebih besar tidak tercampur.

5. Penghalusan cangkang kerang menggunakan *Ball Milling*

Setelah didapatkan butiran cangkang kerang yang berukuran kecil (halus), maka langkah selanjutnya yaitu menghaluskan kembali cangkang kerang tersebut menggunakan *Ball Milling*. Penghalusan menggunakan *Ball Milling* ini dilakukan agar didapatkan ukuran butiran cangkang kerang hingga nano meter. Pada saat menghaluskan serbuk cangkang kerang harus ditambah etanol.

6. Pemanasan Serbuk Cangkang Kerang

Setelah serbuk cangkang kerang dihaluskan menggunakan *Ball Milling*, langkah selanjutnya yaitu serbuk cangkang kerang dipanaskan hingga 100° C untuk menguapkan etanol.

7. Uji karakteristik bahan cangkang kerang

a. Uji karakteristik bahan cangkang kerang menggunakan XRD

Uji karakteristik bahan cangkang kerang menggunakan XRD dilakukan dengan menggunakan alat difraksi sinar x yang memiliki standar riset. Caranya yaitu dengan menekan tombol *ON* pada XRD, kemudian diletakkan sampel butiran cangkang kerang yang berukuran nanometer pada tempat sampel. agar radiasi sinar x tidak keluar, maka XRD harus tertutup rapat setelah sampel di letakkan. kemudian dengan menggunakan *Personal Computer (PC)* diatur sudut dari goniometer atau pendeteksi intensitas sinar x. dari sinilah nanti akan didapatkan grafik hubungan antara sudut 2θ dan intensitas sinar x.

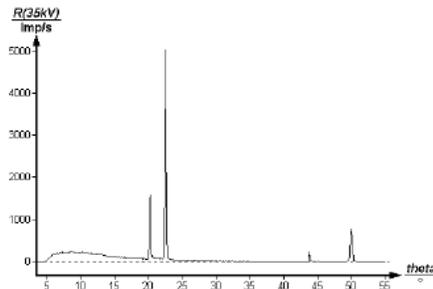
b. Uji karakteristik bahan cangkang kerang menggunakan *X Ray Physics Basic Unit*.

Uji karakteristik bahan cangkang kerang menggunakan *X Ray Physics Basic Unit* yang memiliki standar laboratorium. Caranya tidak jauh berbeda dengan menggunakan XRD, yaitu dengan menekan tombol *ON* pada XRD, kemudian diletakkan sampel butiran cangkang kerang yang berukuran nanometer pada tempat sampel. agar radiasi sinar x tidak keluar, maka XRD harus tertutup rapat setelah sampel di letakkan. kemudian dengan menggunakan *Personal Computer (PC)* diatur sudut dari *goniometer* atau pendeteksi intensitas sinar x. dari sinilah nanti akan didapatkan grafik hubungan

antara sudut θ dan intensitas sinar x. perbedaannya yang didapatkan nantinya akan tampak pada skala ketelitiannya.

8. Analisa

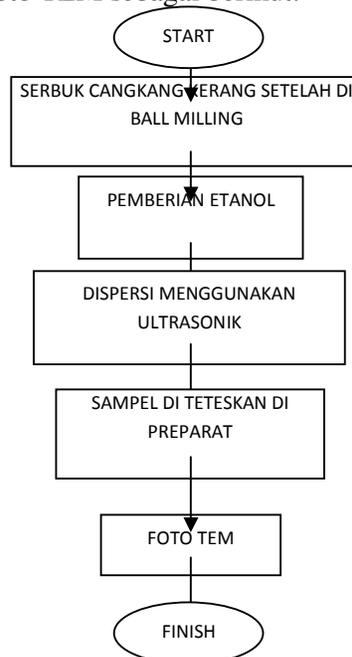
Analisa dilakukan pada kedua uji karakteristik bahan cangkang kerang, baik yang menggunakan XRD maupun yang menggunakan *X Ray Physics Basic Unit*. Analisa yang dilakukan adalah analisa peak-peak pada grafik hubungan antara sudut *goniometer* dan intensitas sinar x setelah melewati sampel. Dari analisa ini parameter-parameter yang akan didapatkan antara lain : struktur kristal dari bahan cangkang kerang, ukuran (*size*) butir sampel, unsur dan parameter kisi. Penerjemahan dari grafik yang didapatkan menggunakan software *Rietica*. yaitu sebuah program yang dapat menerjemahkan grafik hubungan antara intensitas sinar x dan sudut *goniometer* untuk mengetahui struktur kristal dari bahan cangkang kerang, unsur dan parameter kisi.



Gambar 1. *Peak-peak* pada grafik hubungan antara intensitas sinar x dan θ

Metode Pengambilan Foto TEM (*Transmission Electron Microscopy*)

Untuk dapat melihat ukuran butir serbuk cangkang kerang dapat dilakukan dengan cara menggunakan TEM (*Transmission Electron Microscopy*). Adapun langkah yang dilakukan untuk mendapatkan foto TEM sebagai berikut:



Keterangan diagram alir:

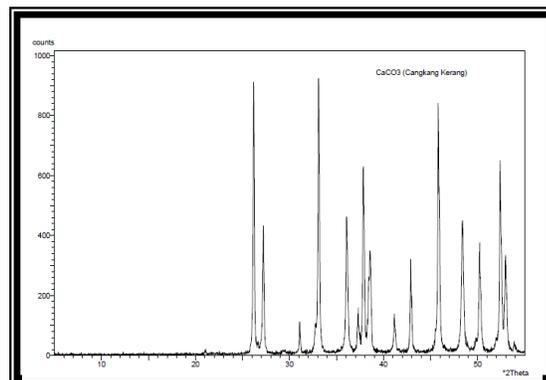
Untuk pengambilan foto *Transmission Electron Microscopy* (TEM) langkah – langkah yang dilakukan adalah pembuatan sampel dengan menambahkan etanol pada serbuk cangkang kerang yang telah di *ball milling* kemudian didispersikan menggunakan ultrasonik agar serbuk cangkang kerang dapat terdispersi secara merata. Kemudian sampel tersebut diteteskan pada preparat menggunakan pipet. Setelah itu dimasukkan ke dalam TEM. kemudian difoto secara otomatis oleh TEM.

Metode Pengamatan Menggunakan Mikroskop Inverted

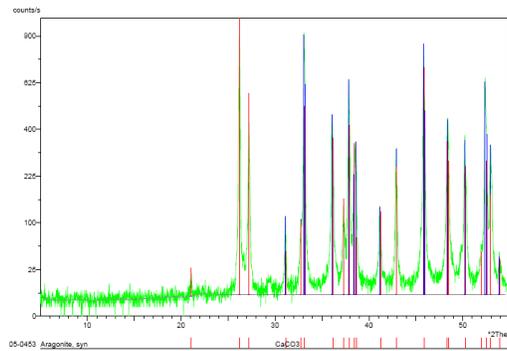
Untuk melakukan pengamatan terhadap sampel menggunakan Mikroskop Inverted langkah yang perlu ditempuh yaitu mengambil sampel dan diletakkan pada kaca preparat kemudian sampel yang ada pada kaca preparat di letakkan pada meja yang dekat dengan lensa mikroskop (lensa yang jauh dengan mata pengamat).

HASIL DAN PEMBAHASAN**Analisa Menggunakan Difraksi Sinar X****1. Menggunakan X Ray Diffraction**

Teknik difraksi sinar x merupakan teknik umum yang dipakai untuk mengetahui karakteristik kristalografi suatu material melalui puncak-puncak intensitas yang muncul. Pada penelitian ini, uji difraksi dilakukan untuk mempelajari struktur dan karakteristik serbuk cangkang kerang (CaCO_3). Berikut ini sumbu X menyatakan sudut pergerakan *goniometer* (2θ) dengan sudut pergerakan $0,01^\circ$ dan sumbu Y menyatakan intensitas sinar x setelah melewati sampel serbuk cangkang kerang. Pada uji sampel serbuk cangkang kerang menggunakan XRD ini, sudut *goniometer* yang di gunakan adalah antara 5° - 55° dan mulai muncul puncak pada sudut 25° - 55° .



Gambar 2. Hasil Uji CaCO_3 Menggunakan XRD

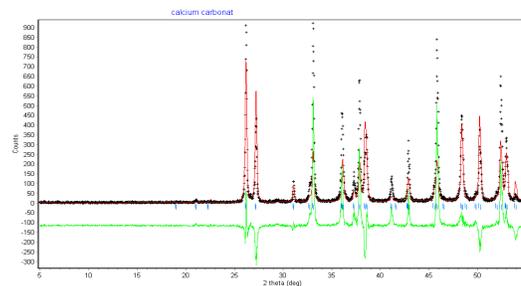


Gambar 3. Hasil *search match* difraksi sinar x

Setelah serbuk cangkang kerang diuji menggunakan difraksi sinar x kemudian hasilnya dicocokkan dengan karakter CaCO_3 Aragonit proses tersebut dinamakan *search match*. Dari gambar 4.3 diatas merupakan hasil *search match* dimana garis yang berwarna merah merupakan karakteristik puncak-puncak intensitas masukan yang dicocokkan dengankarakteristik puncak-puncak intensitas hasil difraksi sinar x (XRD). Dari hasil *search match* tersebut menunjukkan bahwa hasil difraksi menggunakan *X Ray Diffraction* menunjukkan puncak-puncak intensitas yang muncul bersesuaian dengan puncak-puncak karakter dari CaCO_3 Aragonit. Namun pada penelitian ini sudut *goniometer* yang diambil dimulai dari sudut 5° - 55° , sehingga kita tidak mengetahui apakah ada puncak lain yang muncul pada sudut $2\theta > 55^\circ$ yang menunjukkan adanya kristal lain yang terkandung dalam serbuk cangkang kerang yang telah disintesa.

Analisis *Rietveld*

Analisis *rietveld* merupakan proses penghalusan dengan cara memasukkan model *standard* untuk parameter yang akan diperhalus sehingga mendekati harga sesungguhnya yang dapat dilihat dari harga indikator R dan GOF-nya. Semakin kecil harga indikator R dan GOF, maka semakin baik hasilnya.



Gambar 4. Plot penghalusan *rietveld*

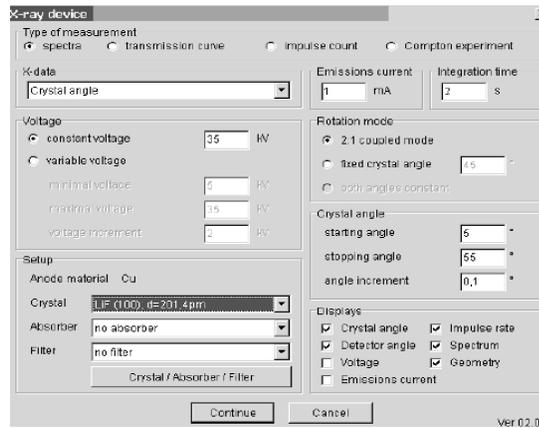
Gambar diatas merupakan plot hasil penghalusan kesesuaian antara grafik uji difraksi sinar x dan model CaCO_3 aragonit yang didapatkan dari COD (*Crystallography open Database*). Dimana warna hitam menunjukkan hasil uji sampel menggunakan difraksi sinar x, warna merah merupakan model CaCO_3 aragonit yang didapatkan dari COD, dan warna hijau merupakan selisih atau penyimpangan antara keduanya.

Tabel 1. Parameter Kisi, R_p , R_{wp} , R_{exp} dan GOF

Hist	Parameter Kisi				R_p	R_{wp}	R_{exp}	R_B	GOF
	a	B	c	c/a					
1	4.96630	7.95950	5.75030	1.15786	40.50	47.75	15.01	37.97	10.12

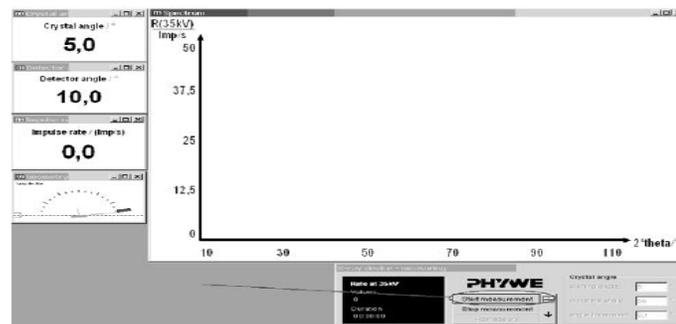
Dari nilai parameter kisi yang didapatkan seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.1 maka struktur kristal $CaCO_3$ aragonit merupakan ortorombik, ini sesuai dengan karakter yang disebutkan oleh Parno bahwa untuk struktur kristal ortorombik nilai $a \neq b \neq c$ dan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Menurut E.H Kisi, penghalusan dikatakan berhasil jika R_p , R_{wp} dan R_{exp} bernilai kurang dari 20 %, GOF dan R_B kurang dari 4 %. Dari penghalusan menggunakan *rietveld* didapatkan R_p 40.50, R_{wp} 47.75 dan R_{exp} 15.01. Sedangkan dari output didapatkan nilai GOF 10.12 dan nilai faktor R Bragg 37.97 . Secara keseluruhan penghalusan menggunakan *rietveld* ini kurang baik karena sampel yang diuji merupakan serbuk cangkang kerang yang merupakan bahan alam dan didalamnya terdapat kristal lain yang belum teridentifikasi.

2. Menggunakan X Ray Physics Basic Unit

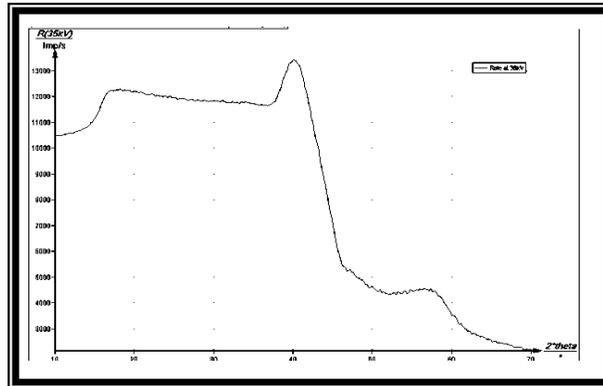


Gambar 5. Parameter Pengukuran X Ray Physics Basic Unit

Untuk melakukan uji sampel serbuk cangkang kerang menggunakan X Ray Physics Basic Unit perlu diatur parameter-parameter pengukuran, seperti *x-data*, *voltage*, *anode material*, *emission current*, *integration time*, *rotation mode*, *crystal angle*, dan *display*. Adapun tampilan programnya sebagaimana yang ditunjukkan oleh gambar diatas. Setelah semua parameter diisi kemudian klik *continue*, akan muncul tampilan seperti gambar 4.6 dibawah ini, untuk memulai pengukuran atau uji sampel klik *start measurement*.



Gambar 6. Tampilan Pengukuran X Ray Physics Basic Unit



Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran menggunakan X Ray Physics Basic Unit (cangkang kerang)

Pada penelitian uji sampel serbuk cangkang kerang menggunakan X Ray Physics Basic Unit dengan voltage 35 kV. Adapun grafik yang ditampilkan yaitu grafik antara Intensitas sinar x setelah melewati sampel yaitu sumbu Y (Imp/s) dan sudut goniometer 2θ pada sumbu X. Dengan skala sudut pergerakan goniometer $0,1^\circ$. Dari gambar tersebut tidak dapat diketahui puncak dan noise, sehingga tidak dapat dilihat pola puncak-puncak intensitas yang terbentuk. Hal ini disebabkan cangkang kerang merupakan bahan alam, sedangkan pada teori muncul grafik yang baik, karena sampel yang digunakan merupakan sampel kristal murni seperti LiF dan KBr. Selain itu kita tidak mempunyai software untuk analisa peak-peak yang muncul pada uji sampel kristal menggunakan X Ray Physics Basic Unit, sehingga kita tidak dapat mengetahui kristal apa saja yang terdapat dalam sampel yang kita uji. Menggunakan X Ray Physics Basic Unit kita dapat mengetahui tingkat energi pada puncak-puncak yang muncul. Dengan rumusan :

$$E_n = (n \cdot h \cdot c) / (2 \cdot d \cdot \sin \theta)$$

Dimana :

Energi tingkat ke n (E_n)

Kulit atom (n)

Jarak parallel atom dengan atom yang lain (d)

Ketetapan Planck $h = 6.6256 \cdot 10^{-34}$ Js

Kecepatan Cahaya $c = 2.9979 \cdot 10^8$ m/s

$1 \text{ eV} = 1.6021 \cdot 10^{-19}$ J

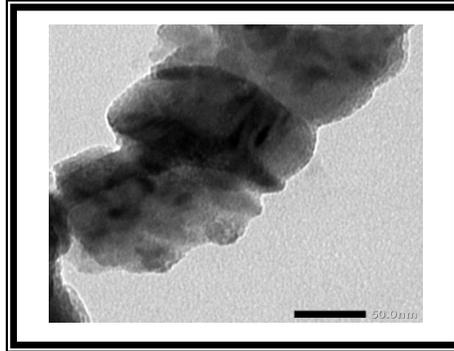
Dengan rumusan tersebut di atas kita dapat mengetahui tingkat energi pada sinar x pada saat terjadi puncak pada sampel cangkang kerang, dengan menganggap bahwa puncak-puncak yang muncul pada sudut 2θ yaitu 18° , 40° , dan 58° .

Tabel 2. Energi Sinar X Pada Puncak-puncak (KeV)

Sampel Cangkang Kerang (CaCO_3)	Sudut puncak (2θ)	Energi (KeV)
n = 1	18°	$2.006 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$
n = 2	40°	$1.501 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$
n = 3	58°	$1.171 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$

Dari Tabel tersebut diketahui bahwa energi sinar x pada puncak-puncak yang terbentuk yaitu $2,006 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$ pada sudut 18° ; $1,501 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$ pada sudut 40° dan $1,171 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$ pada 58° dengan demikian kita dapat mengetahui bahwa energi sinar x terbesar terdapat pada puncak dengan sudut 18° dan energi sinar x terkecil terdapat pada puncak dengan sudut 58° .

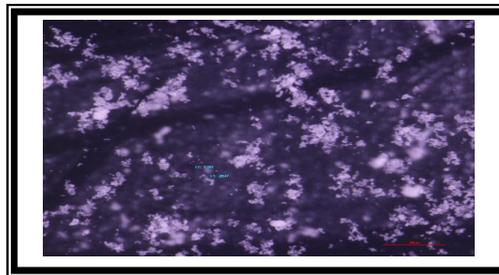
Pengambilan Foto TEM (*Transmission Electron Microscopy*)



Gambar 8. Pengamatan Serbuk Cangkang Kerang Menggunakan TEM

Pengamatan sampel serbuk cangkang kerang CaCO_3 menggunakan foto TEM (*Transmission Electron Microscopy*) dapat dilakukan dengan cara mengambil sampel serbuk cangkang kerang yang telah dihaluskan dengan *ball milling* di masukkan kedalam gelas ukur yang berisi etanol, kemudian didispersikan menggunakan ultrasonik agar serbuk cangkang kerang dapat tersebar secara merata. Kemudian sampel tersebut ditetaskan pada preparat menggunakan pipet. Setelah itu ditembak dengan elektron yang berasal dari TEM. Hasilnya kemudian difoto secara otomatis oleh TEM. Dengan melakukan pengamatan terhadap sampel menggunakan TEM (*Transmission Electron Microscopy*) sebenarnya kita dapat mengetahui ukuran sampel dan strukturnya dengan jelas, namun dari gambar 4.8 foto yang didapatkan kurang jelas, hal ini disebabkan karena terdapat unsur logam didalam sampel yang mengandung ion bermuatan +/- sehingga ketika sampel di tembak oleh elektron pada TEM (*Transmission Electron Microscopy*) maka ion logam pada sampel bergerak dan menghasilkan gambar yang kurang baik. Untuk mengatasi hal ini sebenarnya dapat dilakukan *coting* (pelapisan karbon) pada sampel sebelum dilakukan foto TEM, hal ini dilakukan untuk mengikat ion-ion agar tidak bergerak ketika ditembak oleh elektron pada TEM karena karbon sebagai isolator. *Coting* (pelapisan karbon) dilakukan sangat tipis (transparan) sehingga tidak mempengaruhi foto TEM yang dihasilkan.

Pengambilan Foto Menggunakan *Microscope Inverted*



Gambar 9. Pengamatan Serbuk Cangkang Kerang Menggunakan *Microscope Inverted*

Pengamatan serbuk cangkang kerang CaCO_3 menggunakan *Microscope Inverted* dapat dilakukan dengan cara meletakkan serbuk cangkang kerang di antara kaca preparat, kemudian kaca preparat tersebut diletakkan di bawah lensa mikroskop yang jauh dari lensa pengamat seperti halnya melakukan pengamatan menggunakan mikroskop biasa. Dengan melakukan pengamatan menggunakan *Microscope Inverted* kita dapat mengetahui ukuran butir sampel yang telah kita buat. Dari gambar hasil foto *Microscope Inverted* diketahui ukuran sampel serbuk cangkang kerang CaCO_3 antara 1.28 sampai 0.85 μF .

KESIMPULAN

1. Penelitian Karakterisasi Cangkang kerang menggunakan XRD Dan *X Ray Physics basic Unit* meliputi pembuatan sampel, uji karakterisasi sampel menggunakan difraksi sinar x beserta analisisnya dan pengamatan sampel menggunakan *Transmission Electron Microscopy*(TEM) dan mikroskop inverted. Dari uji karakterisasi menggunakan *X Ray Diffraction* (XRD) dan analisa *search match* didapatkan bahwa *puncak - puncak* yang muncul bersesuaian dengan karakter *puncak-puncak* pada CaCO_3 dari jenis aragonit. Hal ini menunjukkan bahwa kristal yang terdapat dalam sampel merupakan kristal CaCO_3 , akan tetapi uji sampel menggunakan XRD tersebut hanya dilakukan pada sudut 2θ mulai 5° - 55° , padahal jika uji XRD dilakukan sampai sudut 90° tidak menutup kemungkinan akan muncul *puncak-puncak* lain yang menunjukkan adanya kristal lain selain CaCO_3 . Hal ini diperkuat dengan adanya pengamatan menggunakan TEM yang memberikan gambar yang kurang baik, hal ini terjadi karena terdapat ion yang belum diketahui di dalam sampel.
2. Dari analisa *rietveld* didapatkan nilai R_p 40.50, R_{wp} 47.75 dan R_{exp} 15.01. Sedangkan dari output didapatkan nilai GOF 10.12 dan nilai faktor R Bragg 37.97 . Secara keseluruhan penghalusan menggunakan *rietveld* ini kurang baik karena sampel yang diuji merupakan serbuk cangkang kerang yang merupakan bahan alam dan didalamnya terdapat kristal lain yang belum teridentifikasi.
3. Sedangkan uji karakterisasi cangkang kerang menggunakan *X Ray Physics Basic Unit* memberikan grafik yang kurang baik pula karena sampel cangkang kerang (CaCO_3) merupakan bahan alam yang di dalamnya masih terkandung banyak unsur yang bersifat heterogen. Namun demikian jika dilihat dari grafik yang didapatkan dan di anggap muncul *puncak-puncak* pada sudut 2θ yaitu pada 18° , 40° dan 58° maka dapat diketahui energi sinar x pada *puncak-puncak* tersebut yaitu $2,006 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$ pada sudut 18° ; $1,501 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$ pada sudut 40° dan $1,171 \cdot 10^{-6} \text{ d}^{-1}$ pada 58° .

4. Untuk dapat mengetahui ukuran sampel dilakukan pengamatan menggunakan Mikroskop Inverted. Dari pengamatan tersebut didapatkan ukuran sampel cangkang kerang CaCO_3 yaitu antara 1.28 sampai $0.85 \mu\text{F}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Barsoum Michel. 1997. *Fundamentals Of Ceramics*. Singapura : Mc Graw Hill
- Hand book PHYWE, *Physical Structur Of Matter (Characteristic X-rays Of Copper)*
- Katsiir, Ibnu. 2006. *Tafsir Ibnu Katsir (Jilid 6)*. Jakarta : Puataka Imam Asy- Syafi'i
- Kholis Ghalib, Achmad. 2009. *The true Power Of Atom*. Jogjakarta : Diva Press
- Parno. 2002. *Pendahuluan Fisika Zat Padat*. Malang : UNM Press
- Semat, Henry. 1962. *Introduction to Atomic and Nuclear Physics*. USA : Holt, Rinchart and Winston
- S. M, Antao dan Hasan I. 2010. *Crystallography Open Database (COD) CaCO_3 Aragonit* <http://www.crystallography.net/>. Diakses Tanggal 21 Oktober 2010
- Soedjojo, Peter. 1992. *Azas-Azas Ilmu fisika Jilid 3 Optika*. Jogjakarta : UGM Press
- Surdia, Tata Saito, dkk. 2005. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT Pradnya Pramita
- Zemansky, Sears. 1994. *Fisika untuk Universitas 3 Optika, Fisika Modern*. Bandung: Bina Cipta
- (http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_electron_microscopy). Diakses Tanggal 5 September 2010
- (http://en.wikipedia.org/wiki/Inverted_microscope). Diakses Tanggal 5 September 2010