

APLIKABILITAS METODE DIFRAKSI SINAR-X UNTUK KARAKTERISASI PARTIKELNANO**S u y a n t a**

Jurusan Kimia FMIPA UGM Sekip utara Kotak Pos 21 Bls Yogyakarta 55281

e-mail : suyantakimiaugm@yahoo.co.id Hp: 085729639243**Abstrak**

Partikelnano adalah suatu partikel dengan ukuran 1-100 nm, yaitu antara ukuran atom atau molekul dengan ukuran material mikroskopik. Sifat-sifatnya yang unik menyebabkan bahan tersebut sangat prospektif karena dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang. Para peneliti terdahulu menegaskan bahwa tanpa adanya ligan penstabil partikelnano hanya dapat disintesis di dalam bahan inang (*host material*) yang memiliki struktur pori, rongga ataupun ruang antar lapis yang dapat membatasi pertumbuhan kristalnya. Dalam hal ini penulis berpendapat bahwa pada kondisi tertentu (misalnya konsentrasi prekursor yang relatif kecil) partikelnano juga bisa terbentuk di luar bahan inang walaupun tanpa ligan penstabil.

Metode difraksi sinar-X dapat digunakan sebagai "sidik jari" dalam identifikasi bahan-bahan yang memiliki keteraturan kisi, misalnya senyawa-senyawa kristal. Beberapa peneliti terdahulu belum sepakat mengenai aplikabilitas metode difraksi sinar-X untuk karakterisasi partikelnano, sebagian menyatakan bahwa partikelnano bisa dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X, sebaliknya sebagian yang lain menyatakan bahwa partikelnano tidak bisa dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X. Pendapat penulis bahwa partikelnano yang berukuran relatif besar masih dapat di deteksi dengan metode XRD, sedang yang sangat kecil (mendekati 1 nm) tidak lagi bisa dikarakterisasi dengan metode XRD sesuai dengan sebagian literatur.

Kata kunci : Partikelnano, karakterisasi, Difraksi sinar-X.

PENDAHULUAN

Partikelnano adalah suatu partikel dengan ukuran 1-100 nm, yaitu antara ukuran atom atau molekul dengan ukuran material mikroskopik. Sifat-sifatnya yang unik menyebabkan bahan tersebut sangat prospektif karena dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang. Partikelnano pada umumnya disintesis dengan menggunakan ligan penstabil untuk mencegah aglomerasi atau dengan menggunakan bahan inang yang memiliki struktur pori, rongga ataupun ruang antar lapis yang dapat membatasi pertumbuhan kristal.

Metode difraksi sinar-X dapat digunakan sebagai "sidik jari" dalam identifikasi bahan-bahan yang memiliki keteraturan kisi, terutama senyawa-senyawa kristalin. Beberapa peneliti terdahulu berbeda pendapat mengenai aplikabilitas metode difraksi sinar-X untuk karakterisasi partikelnano. Sebagian peneliti berpendapat bahwa partikelnano bisa dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X^[1,2,3,4], sebaliknya sebagian yang lain menyatakan bahwa partikelnano tidak bisa dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X^[5,6,7,8]. Tentunya hal ini membingungkan dan perlu klarifikasi

TUJUAN

Berdasarkan pada uraian singkat pada pendahuluan tersebut di atas, maka kajian literatur dalam paper ini adalah bertujuan melakukan klarifikasi berdasarkan logika dan dengan menelusuri lebih banyak literatur untuk mengetahui apakah partikelnano dapat dikarakterisasi dengan metode XRD ataukah tidak.

PEMBAHASAN

Untuk mempermudah pemahaman masalah utama yang akan dibahas yaitu aplikabilitas metode difraksi sinar-x untuk karakterisasi partikelnano, maka terlebih dahulu perlu diingat kembali beberapa hal mendasar terkait dengan hal tersebut, yaitu mengenai prinsip dasar metoda difraksi sinar-X dan masalah partikelnano.

Metode difraksi sinar-X merupakan metode yang paling umum digunakan sebagai

"sidik jari" dalam identifikasi bahan-bahan kristalin. Metode ini menyediakan banyak informasi, yaitu yang terkait dengan dimensi sel satuan serta stuktur dan kemurnian kristal^[9]. Informasi tersebut tersaji dalam suatu pola difraksi yang merupakan plot intensitas sinar difraksi sebagai fungsi sudut difraksi (2θ). Gelombang sinar-X yang biasa digunakan adalah radiasi karakteristik K_{α} dengan panjang gelombang $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$, yang dipancarkan oleh Cu. Bila suatu sampel dikenai sinar-X, maka atom-atom atau ion-ion dalam sampel tersebut akan menghamburkan sinar-X tersebut dengan berfungsi sebagai sumber titik sekunder^[10].

Menurut Bragg, kristal tersusun atas lapisan-lapisan atau bidang-bidang yang masing-masing berkelakuan sebagai cermin semitransparan. Suatu berkas sinar-X dipantulkan oleh suatu bidang kristal dengan sudut pantul yang sama besar dengan sudut

datang, berkas lainnya diteruskan untuk dipantulkan oleh bidang kristal yang ada pada lapisan berikutnya, seperti tampak pada Gambar 1. Dalam hal ini akan mengikuti Persamaan Bragg, $n\lambda = 2d \sin \theta$, dengan λ = panjang gelombang sinar-X, d = jarak antara bidang kristal, dan θ = sudut datang sinar-X pada bidang kristal^[10].

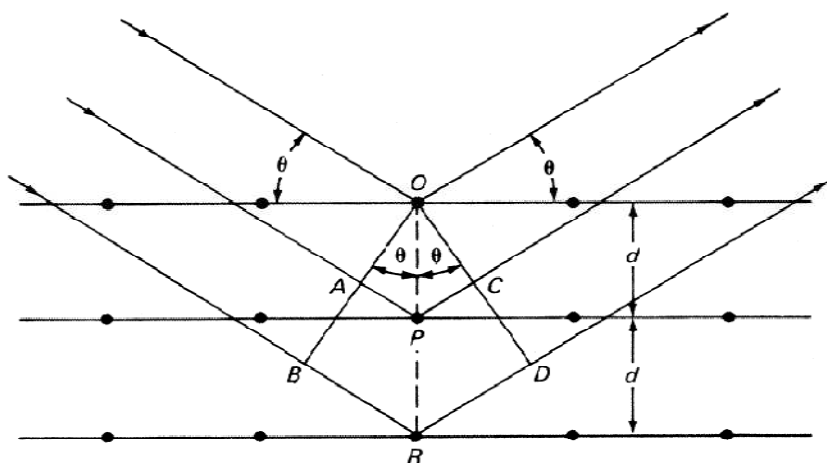
Sebagaimana telah disebutkan di atas, metode difraksi sinar-X biasanya hanya digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai struktur dan kristalinitas materi-materi yang bersifat kristal, dan jarang diaplikasikan untuk karakterisasi materi-materi amorf. Walaupun demikian, persyaratan suatu materi untuk dapat dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X adalah adanya keteraturan struktur pada materi tersebut, jadi tidak harus kristalin. Bahan silikat mesopori, seperti MCM-41 dan SBA-15 lebih bersifat amorf, namun memiliki keteraturan kisi yang baik, yaitu kemasannya heksagonal berdimensi-1 (menyerupai rumah lebah) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, oleh karenanya dapat dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X.

Geometri kisi MCM-41 dapat diindeks dengan sel satuan heksagonal di mana $a = b$, sedang $c = \infty$. Karena parameter a dan b berada dalam order nanometer dan bukan dalam puluhan nanometer sebagaimana yang umum dijumpai pada kristal, maka sinar-X terdifraksi pada sudut-sudut yang kecil saja. Dengan demikian dapat dipahami bahwa karakterisasi MCM-41 dengan metode difraksi sinar-X menghasilkan difraktogram dengan jumlah pantulan yang relatif sedikit, biasanya meliputi bidang-bidang (100), (110), (200) dan (210) yang semuanya berada pada sudut-sudut kecil, $2\theta < 7^\circ$ ^[11, 12]. Salah satu contoh

difraktogram sinar-X MCM-41 disajikan pada Gambar 3.

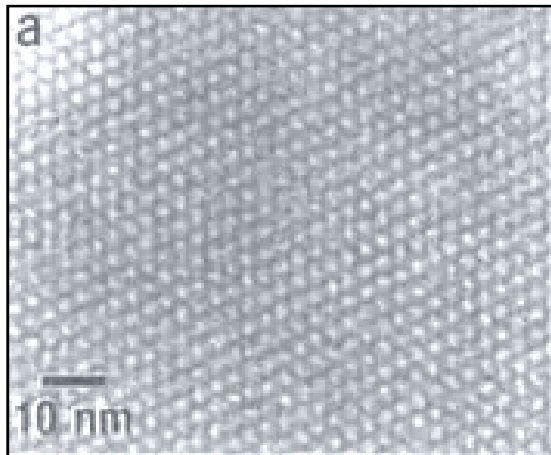
Partikelnano adalah suatu partikel dengan ukuran 1-10 nm, yaitu antara ukuran atom atau molekul dengan ukuran material mikroskopik^[13]. Sebagian ahli yang lain menyatakan bahwa partikelnano berukuran 1-100 nm dan mengandung sekitar 10 hingga 10^6 atom atau molekul tiap partikel^[14]. Sejak sekitar dua dasawarsa terakhir kajian mengenai partikelnano telah menarik perhatian para peneliti karena material tersebut sangat berpotensi untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang diantaranya: semikonduktor, penyimpan informasi, pendingin magnetik, komputer optik, keramik, isolator, logam superkeras, prekursor film, sel surya, sel kering, sintesis obat, teknologi pengobatan, pelabelan DNA, pemurnian dan dekontaminasi air, adsorben destruktif, katalis, sensor, elektroda, dan polimer^[15]. Hal tersebut disebabkan oleh karena partikelnano memiliki sifat-sifat unik yang tidak dimiliki oleh material fasa ruahnya, yaitu perilaku optoelektronik yang ditandai dengan munculnya gejala *quantum sized effect*^[16,17,18]; serta perilaku supraparamagnetik^[19,20,21]. Partikelnano merupakan bidang ilmu yang relatif baru yang terletak di antara ilmu kimia dan fisika zat padat tradisional^[22].

Salah satu cara agar partikelnano dapat dihasilkan adalah sintesis dengan menggunakan ligan penstabil yang dapat mencegah terjadinya aglomerasi antar partikel. Beberapa ligan penstabil yang telah diteliti dan dapat dimanfaatkan untuk maksud tersebut adalah P(*styrene co acrylic acid*), P(*styrene co butyl acrylicat*) dan *styrenebutadiene ruber*^[23], glukosa oksidase^[24],

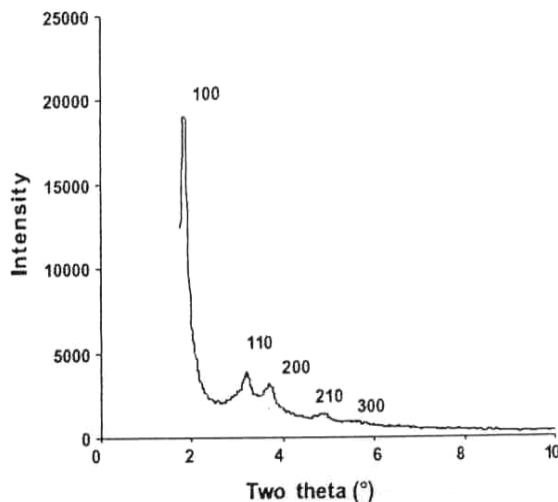


Diffraction of X-rays by a crystal.

Gambar 1 Pemantulan sinar-X pada bidang-bidang kristal



Gambar 2 TEM (*Transmission electron micrographs*) silikat mesopori MCM-41

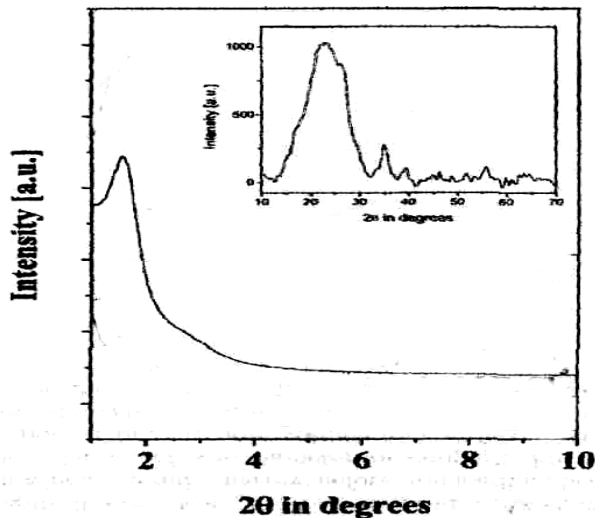


Gambar 3 Difraktogram sinar-X MCM-41

β -siklodekstrin^[25], styrene-divinilbenzen^[26], *poly(D,L-lactide-co-glycolide)*^[27], dan sebagainya. Partikel nano juga dapat disintesis dalam bahan inang (*host material*) yang memiliki struktur pori, rongga ataupun ruang antar lapis yang dapat membatasi pertumbuhan kristalnya. Beberapa bahan yang memenuhi syarat dan telah dimanfaatkan sebagai inang dalam sintesis partikel nano diantaranya silika^[28], organosilan^[29], gelas berpori^[30], resin^[31], mormorilonit^[32], dan zeolit^[33]

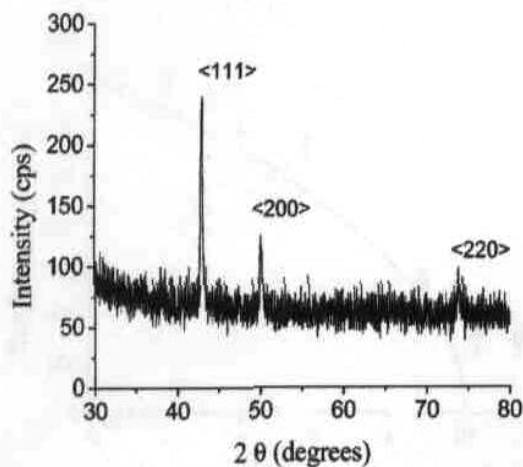
Beberapa peneliti terdahulu berbeda pendapat mengenai aplikabilitas metode difraksi sinar-X untuk mendeteksi suatu partikel nano. Bhaumik *et al.*^[1] dalam penelitian tentang sintesis partikel nano α -Fe₂O₃ terkapsul dalam pori MCM-41 (α -Fe₂O₃/MCM-41) menyatakan bahwa keberadaan puncak difraktogram pada sudut difraksi (2 θ) yang karakteristik untuk α -Fe₂O₃

(lihat Gambar 4) merupakan bukti terbentuknya partikel nano α -Fe₂O₃ dalam pori MCM-41.

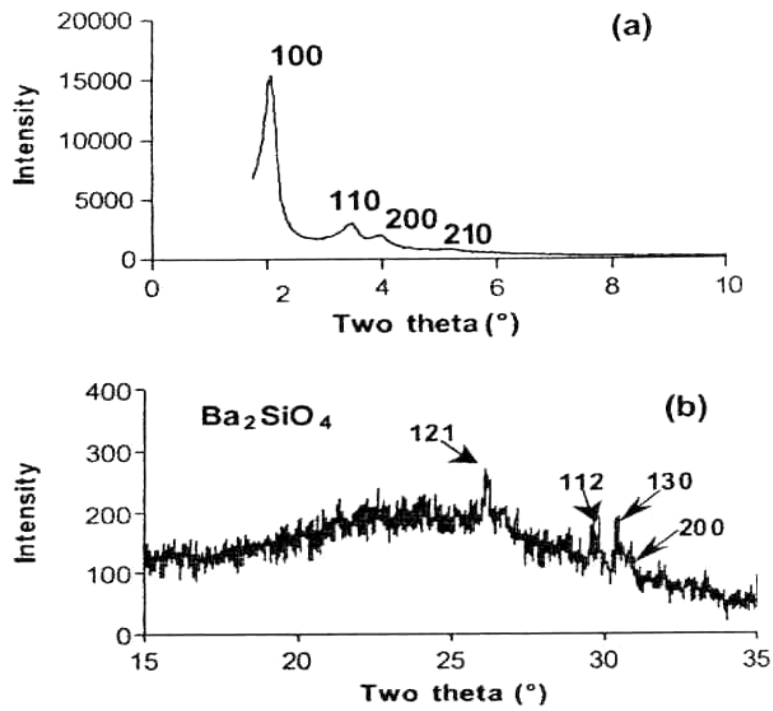


Gambar 4 Difraktogram α -Fe₂O₃/MCM-41

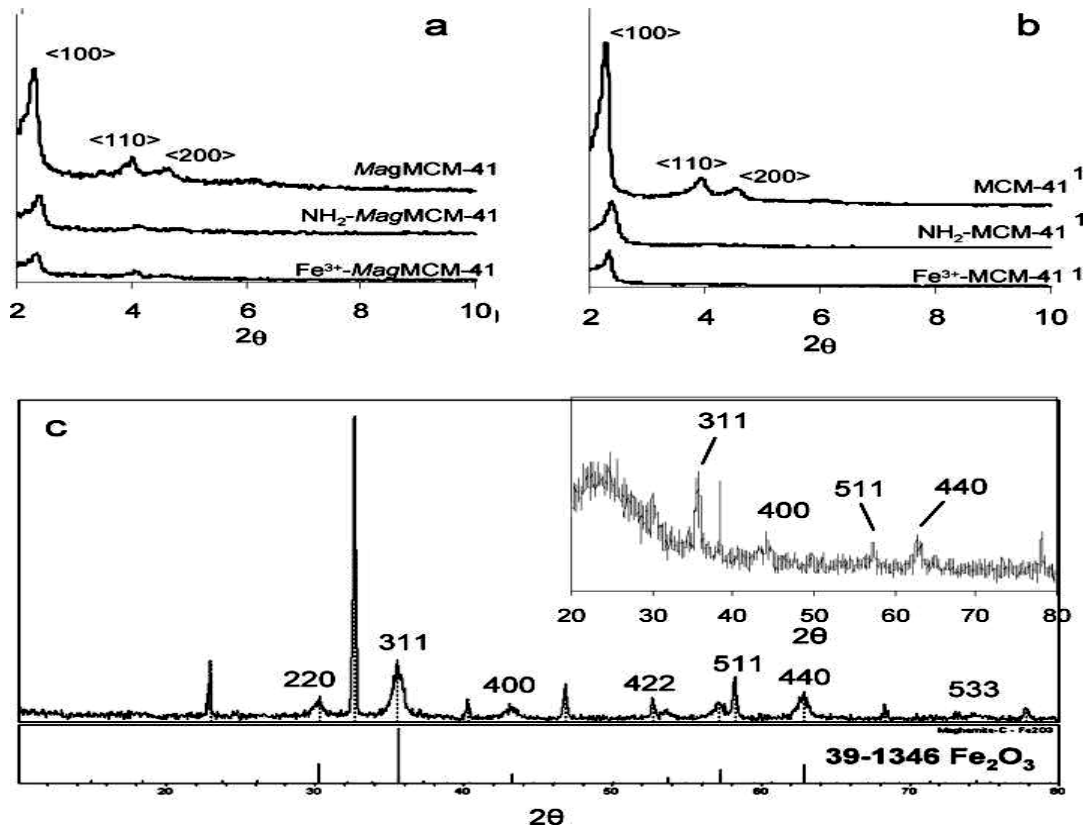
Pernyataan juga dikemukakan oleh Crowley *et al.*^[2], Li *et al.*^[3], dan Chen *et al.*^[4]. Crowley *et al.*^[2] menyatakan bahwa partikel nano Fe₃O₄ terbentuk dalam pori SBA-15 dengan alasan adanya puncak difraktogram pada sudut difraksi yang karakteristik untuk Fe₃O₄ (lihat Gambar 5), Li *et al.*^[3] menyatakan bahwa keberadaan partikel nano Ba₂SiO₄ dalam pori MCM-41 ditandai dengan munculnya puncak-puncak difraktogram yang karakteristik untuk Ba₂SiO₄ (lihat Gambar 6), sedang Chen *et al.*^[4] melaporkan terbentuknya puncak difraktogram partikel nano Fe₂O₃ dalam pori NH₂-MCM-41 (Gambar 7).



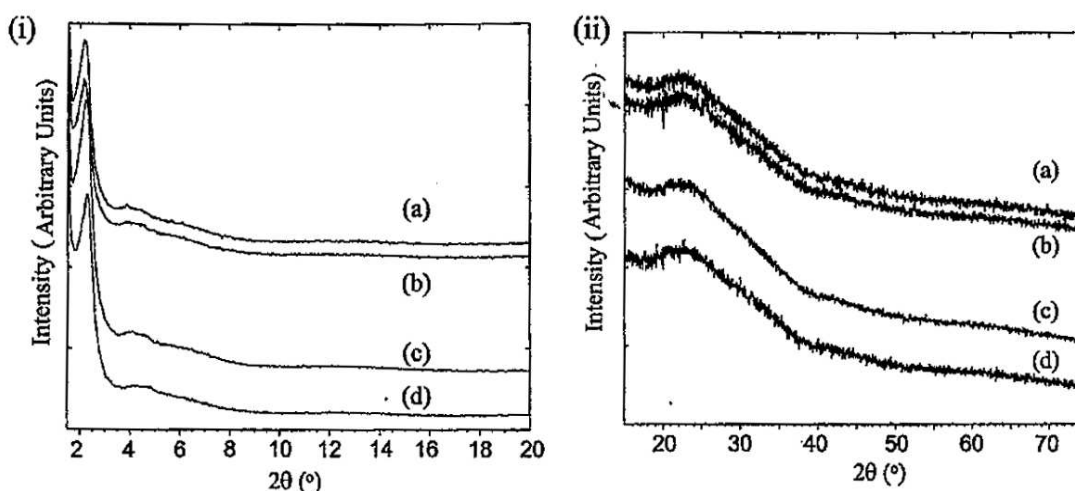
Gambar 5 Difraktogram Fe₃O₄/SBA-15



Gambar 6 Difraktogram Ba₂SiO₄/MCM-41



Gambar 7 Difraktogram (a) magMCM-41, NH₂-magMCM-41, Fe-magMCM-41 (b) MCM-41, magMCM-41, Fe-magMCM-41 dan (c) Fe₂O₃ fasa ruah dan partikel nano Fe₂O₃/MCM-41



Gambar 8 Difraktogram $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{AlMCM-41}$ (i) : $2\theta=1,5-20$ dan (ii) : $2\theta=15-75$. (a) tersintesis, (b) kalsinasi pada $300\text{ }^\circ\text{C}$, (c) kalsinasi pada $500\text{ }^\circ\text{C}$, (d) kalsinasi pada $800\text{ }^\circ\text{C}$.

Di pihak lain Dapurkar *et al.*^[5], Dapurkar and Selvam^[6], Zhang *et al.*^[7] dan Park *et al.*^[8] memberikan penafsiran yang berbeda. Dapurkar *et al.*^[5] dalam penelitian tentang sintesis partikel nano $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MCM-41}$ dan $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MCM-48}$ menyatakan bahwa ketiadaan puncak karakteristik untuk Fe_2O_3 (lihat Gambar 8) menandai tidak terbentuknya Fe_2O_3 fasa ruah pada permukaan luar MCM-41/MCM-48, dengan kata lain, jika terdeteksi puncak difraktogram yang karakteristik untuk Fe_2O_3 berarti terbentuk Fe_2O_3 fasa ruah pada permukaan luar MCM-41/MCM-48. Dapurkar and Selvam^[6] bahkan menegaskan bahwa munculnya puncak difraktogram yang karakteristik untuk Fe_2O_3 berarti terbentuk Fe_2O_3 fasa ruah pada permukaan luar MCM-41/MCM-48. Zhang *et al.*^[7] dalam penelitian tentang sintesis nanokluster maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dalam pori matriks aluminosilikat mendapatkan data bahwa tidak ada puncak-puncak tambahan pada sudut difraksi tinggi ($2\theta=15-75^\circ$) yang berhubungan dengan kristal $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ walaupun sampel dikalsinasi pada suhu $300, 500$ dan $800\text{ }^\circ\text{C}$ (lihat Gambar 8). Hal ini, oleh Zhang *et al.*^[7] ditafsirkan sebagai tetap terjaganya ukuran partikel nano kluster oksida besi oleh peningkatan suhu kalsinasi. Adapun Park *et al.*^[8] dalam penelitian tentang sintesis dan karakterisasi partikel nano vanadium dalam MCM-41 juga berpendapat bahwa ketiadaan puncak karakteristik untuk V_2O_5 menunjukkan bahwa kristal V_2O_5 tidak terbentuk.

Dengan demikian, menurut Bhaumik *et al.*^[1], Crowley *et al.*^[2], Li *et al.*^[3], dan Chen *et al.*^[4], partikel nano bisa dideteksi dengan metode difraksi sinar-X, sebaliknya menurut

Dapurkar *et al.*^[5], Dapurkar and Selvam^[6], Zhang *et al.*^[7] dan Park *et al.*^[8], partikel nano tidak bisa dideteksi dengan metode difraksi sinar-X. Tentunya hal ini membingungkan dan perlu diklarifikasi dengan logika dan penelusuran pustaka lebih lanjut.

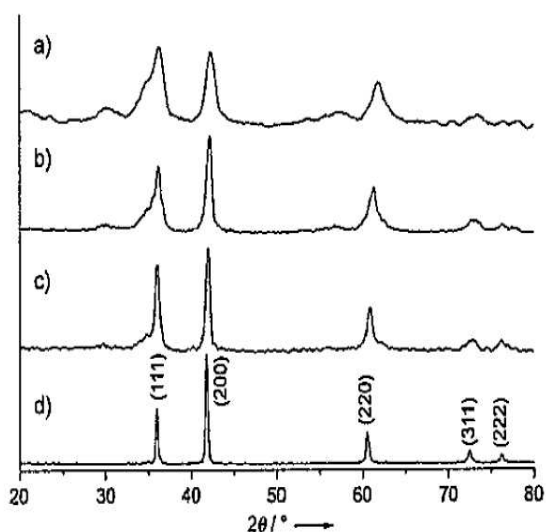
Sebagaimana dikemukakan pada bagian awal paper ini, partikel nano memiliki kisaran ukuran yang cukup lebar, yaitu $1-100\text{ nm}$ (sebagian para ahli berpendapat $1-10\text{ nm}$). Berdasarkan lebarnya kisaran ukuran ini, maka dapat dipahami bahwa ada partikel nano yang dapat dideteksi dengan metode XRD, namun ada pula partikel nano yang tidak terdeteksi oleh XRD. Lebih jelasnya, penulis berpendapat bahwa partikel nano yang ukurannya cukup besar masih terdeteksi oleh XRD, akan tetapi yang sangat kecil (mendekati 1 nm) sudah tidak lagi terdeteksi oleh alat tersebut. Selain itu, literatur terdahulu yang menyatakan bahwa tanpa adanya ligan penstabil partikel nano hanya dapat terbentuk di dalam inang yang memiliki struktur pori, rongga ataupun ruang antar lapis yang dapat membatasi pertumbuhan kristal, juga perlu dikoreksi. Penulis berpendapat bahwa pada kondisi tertentu (misalnya jika konsentrasi prekursor relatif kecil) maka partikel nano dapat saja terbentuk di luar pori, rongga ataupun ruang antar lapis. Dalam hal ini pembatas pertumbuhan kristal tidak diperlukan karena tidak akan terjadi aglomerasi mengingat konsentrasi prekursor yang relatif kecil.

Berdasarkan dua pendapat penulis tersebut, perbedaan penafsiran para ahli mengenai aplikabilitas metode XRD untuk

mendeteksi partikel nano dapat dijelaskan, yaitu :

- Puncak-puncak difraktogram tambahan pada 2-theta 25-80° yang terdeteksi pada eksperimen Bhaumik *et al.*^[1], Crowley *et al.*^[2] dan Li *et al.*^[3] dan Zhang *et al.*^[4] bukan berasal dari partikel nano yang terbentuk di dalam pori MCM-41 maupun SBA-15, melainkan dari partikel nano yang terbentuk di luar pori sehingga dapat memiliki ukuran yang cukup besar (masih dalam skala nanometer) dan dengan demikian terdeteksi oleh XRD.
- Ketiadaan puncak-puncak difraktogram tambahan pada $2\theta=25-80^\circ$ menunjukkan bahwa partikel nano hanya terbentuk di dalam pori sehingga berukuran relatif kecil (ingat diameter pori MCM-41 hanya sekitar 3 nm), sehingga tidak terdeteksi oleh XRD.

Pendapat penulis tersebut sesuai dengan hasil eksperimen yang dilaporkan oleh Hou *et al.*^[34] yang menyatakan bahwa partikel nano oksida besi dapat terdeteksi oleh XRD dimana puncak difraktogram akan semakin tajam jika ukuran partikel nano tersebut semakin besar, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9. Pada gambar tersebut terlihat jelas bahwa partikel nano FeO berukuran 100 nm memiliki puncak dengan intensitas yang cukup tajam, intensitas ini semakin berkurang seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel nano. Selain itu, peneliti lain^[35] juga menyatakan bahwa ketiadaan puncak difraktogram pada $2\theta = 25-80^\circ$ mengindikasikan tidak terbentuknya kristal oksida besi, atau walaupun terbentuk berukuran amat kecil (kurang dari 3 nm) sehingga tidak terdeteksi oleh XRD.



Gambar 9 Difraktogram partikel nano FeO dengan ukuran 14 nm (a), 32 nm (b), 53 nm (c) dan 100 nm (d).

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada pembahasan tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Para peneliti terdahulu menegaskan bahwa tanpa adanya ligan penstabil partikel nano hanya dapat disintesis di dalam bahan inang (*host material*) yang memiliki struktur pori, rongga ataupun ruang antar lapis yang dapat membatasi pertumbuhan kristalnya.
2. Penulis berpendapat bahwa pada kondisi tertentu (misalnya konsentrasi prekursor yang relatif kecil) partikel nano juga bisa terbentuk di luar bahan inang walaupun tanpa ligan penstabil.
3. Beberapa peneliti terdahulu belum sepakat mengenai aplikabilitas metode difraksi sinar-X untuk karakterisasi partikel nano, sebagian menyatakan bahwa partikel nano bisa dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X, sebaliknya sebagian yang lain menyatakan bahwa partikel nano tidak bisa dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X.
4. Pendapat penulis bahwa partikel nano yang berukuran relatif besar masih dapat di deteksi dengan metode XRD, sedang yang sangat kecil (mendekati 1 nm) tidak lagi bisa dikarakterisasi dengan metode XRD sesuai dengan sebagian literatur.

Daftar Pustaka

1. Bhaumik, A., Samanta, S., and Mal, N.K., 2005, Iron Oxide Nanoparticles Stabilized Inside Highly Ordered Mesoporous Silica, *Pramana- J. Phys.*, 65(5), 855-862.
2. Crowley, T.A., Ziegler, K.J., Lyons, D.M., Erts, D., Olin, H., Moris, M.A., and Holmes, J.D., 2003, Synthesis of Metal and Metal Oxide Nanowire and Nanotube Arrays within a Mesoporous Silica Template, *Chem. Matter.*, 15, 3518-3522.
3. Li, Tiefu, Deng, Y., Song, X., Jin, Z., 2003, The Formation of Magnetite Nanoparticle in Ordered System of the Soybean Lechitin, *Bull. Korean Chemical Society*, 24, 958-960.
4. Chen, X., Lam, K.F., Zhang, Q., Pan, B., Arruebo, M. and Yeung, K.L., 2009, Synthesis of Highly Selective Magnetic Mesoporous Adsorbent, *J. Phys. Chem. C*, 113, 9804-9813.

5. Dapurkar, S.E., Badamali, S.K., and Selvam, P., 2001, Nanosized Metal oxides in The Mesoporous of MCM-41 and MCM-48 Silicates, *Catalysis Today*, 68, 63-68.
6. Dapurkar, S.E., dan Selvam, P., 2001, Encapsulation of Fe₂O₃ Nanoparticles in Periodic Mesoporous Materials, *Mater. Phys. Mench.*, 4, 13-16.
7. Zhang, L., Papaefthymiou, G.C., and Jackie Y. Ying, J.Y. 2001, Synthesis and Properties of γ -Fe₂O₃ Nanoclusters within Mesoporous Aluminosilicate, *J. Phys. Chem. B*, 105, 7414-7423
8. Park, D.H., Cheng, C.P., He, H., and Klinowski, J., 1997, Sintesis and Characterization of Vanadosilicate Mesoporous Molecularsieves MCM-41, 7(1), 159-162.
9. McCusker, L.B., 2001, Product Characterization by X-ray Diffraction. In: Robson, H. ed. *Verified Syntheses of Zeolitic Materials*. New York: John Wiley and Sons Inc. 47-49;.
10. West, A.R., 1988, *Basic Solid State Chemistry*. New York: John Wiley and Sons Inc.
11. Wold, A. and Dwight, K., 1993, *Solid State Chemistry; Synthesis, Structure, and Properties of Selected Oxides and Sulfides*. New York: Chapman and Hall Inc..
12. Huo, Q., Margolese, D.I., and Stucky, G.D., 1996, *Chem. Mater.*, 8, 1147.
13. Tartaj, P., Morales, M.P., Veintemillas-Verdaguer, S., Gonzalez-Carreno, T. dan Serna, C.J., 2003, The Preparation of Magnetic Nanoparticles for Application in Biomedicine, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 36, R182-R187.
14. Tolles, W.M., "Nanosciences and Nanotechnology: A Perspective with Chemistry Examples" in *Nanotechnology Molecularly Designed Materials*, Eds. Chow, G.M. dan Gonsalves, K.E., American Chemical Society, Washington D.C., 1996, 1-18.
15. Klabunde, K.J., "Introduction to Nanotechnology" in *Nanoscale Materials in Chemistry*, Ed. Klabunde, K.J., John Wiley & Sons, Inc., New York, 2001, 1-13.
16. Borreli, N.F., Hall, D.W., Holland, H.J., dan Smith, D.W., 1987, Quantum Confinement Effect of Semiconducting Microcrystallite in Glass, *J. Appl. Phys.*, 61 (12), 5399-5409.
17. Shipway, A.N. dan Willner, I., 2001, Nanoparticles as Structural and Functional Units in Surface-Confined Architecture, *Chem. Commun.*, 2035-2045.
18. Zhao, X. S., Lu, G. Q. dan Millar, G. J., 1996a, Encapsulation of Transition Metal Species into Zeolites and Molecular Sieves as Redox Catalyst, *Journal of Porous Material*, 3, 61-66.
19. Ibrahim, M.M., Edward, G. dan Seehra, M.S., 1994, Magnetism and Spin Dynamic of Nano Scale FeOOH particles, *J. Appl. Phys.*, 75(10), 5873-5875.
20. Ennas, G., Musinu, A., Piccaluga, G., Zedda, D., Gatteschi, D., Sangregorio, C., Stanger, J.L., Concas, G., dan Spano, G., 1998, Characterization of Iron Oxide Nanoparticles in a Fe₂O₃-SiO₂ Composite Prepared by Sol-Gel Method, *Chem. Mater.*, 10, 495-502.
21. Gonsalves, K.E., Carlson, G., Benaissa, M., Jose-Jocaman, M. dan Kumar, J., 1997, Magneto-Optical Properties of Nanostructured Iron, *J. Mater. Chem.*, 7(5), 703-704.
22. Morales, M.P., Veintemillas-Verdaguer, S., Montero, I. dan Serna, C.J., 1999, Surface and Internal Spin Canting in γ -Fe₂O₃ Nanoparticles, *Chem. Mater.*, 11, 3059-3064.
23. Omi, S., Kanetaka, A., Shimamori, Y., Supsakulchai, A., Nagai, M., and Ma, G.H., 2001, Magnetite (Fe₃O₄) Microcapsules Prepared Using a Glass Membrane and Solvent Removal, *Journal of Microencapsulation*, 18(6), 749-765.
24. Rossi, L.M., Quach, A.D. and Rosenzweig, Z., 2004, *Glucose Oxidase-Magnetite Nanoparticle Bioconjugate for Glucose Sensing*, <http://www.springerlink.com/app/home/contribution>.
25. Bocanegra-Diaz, A., Mohallem, N.D.S. and Sinisterra, R.D., 2003, Preparation of Ferrofluid Using Cyclodextrine and Magnetite, *Journal of Brazil Chemical Society*, 14(6), 936-941.
26. Morais, P.C., Garg, V.K., Oliveira, A.C., Azevedo, R.B., Rabelo, D., Lima, E.C.D., 2003, Synthesis and Characterization of Magnetite Nanoparticles Embedded in Copolymer Microspheres, *European Cells and Materials*, 3(2), 173-175.
27. Lee, S.J., Jeong, J.R., Shin, S.C., Kim, J.C., Chang, Y.H., Lee, K.H., and Kim, J.D., 2005, Magnetic Enhancement of Iron Oxide Nanoparticles Encapsulated With

- Poly(D,L-lactide-co-glycolide), *Colloids and surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 255, 19-25.
28. Cao, J., Wang, Y., Yu, J., Xia, J., Zhang, C., Yin, D. and Hafeli U.O., 2004, Preparation and Radolabeling of Surface-Modified Magnetic Nanoparticles With Rhenium-188 for Magnetic Targeted Radiotherapy, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 277, 165-174.
29. Yamaura, M., Camilo, R.L., Rodrigues, I.S., Perin, T.R., Junior Hauy,E., Moura, E, Santos, B.Z.Wada, L.Y., and Ribetro, F.C., 2001, Synthesis, Characterization and Performance of Magnetic Nanoparticle, *Chemical and Environmental Technology Centre*, Progress Report, 25.
30. Ekimov, A. I., Efros,A. L. and Anuchenko,A. A., 1985, Quantum Size Effect in Semiconductor Microcrystals, *Solid State Comuncations*, 56(11), 921-924.
31. Navratil, J.D., 2001, Advances in Treatment Methods for Uranium Contaminated Soil and Water, *Archive of Oncology*, 9(4), 257-260.
32. Miyoshi, H. and Yoneyama, H., 1989, Photochemical of Iron Oxide Incorporated in Clay Interlayers, *J. Phys. Chem., Faraday Trans.*, 1, 85(7), 1873-1880.
33. Liu, X., Lu, K.K., and Thomas, J.K., 1993, Preparation, Characterization and Photoreactivity of Titanium(IV) Oxide Encapsulated in Zeolites, *J. Chem. Soc., Faraday Trans.*, 89(11), 1861-1865.
34. Hou, Y., Xu, Z., and Sun, S., 2007, Controlled Synthesis and Chemical Conversions of FeO Nanoparticles, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
35. Samanta, S., Giri, S. , Sastry, P. U. , Mal, N. K. , Manna, A.,and Bhaumik, A., 2003, Synthesis and Characterization of Iron-Rich Highly Ordered Mesoporous Fe-MCM-41, *Ind. Eng. Chem. Res.* , 42, 3012-3018.

TANYA JAWAB

Penanya : Mudjijono (UNS)

Pertanyaan :

XRD yang cocok untuk nano?

Jawaban :

- XRD yang kita gunakan baru yang berasal dari radiasi Cu dengan $\lambda = 1,518 \text{ \AA}$
- Kami belum punya alat lain.

BEBERAPA TABEL PERIODIK UNSUR ALTERNATIF

S u y a n t a

Jurusan Kimia FMIPA UGM Sekip utara Kotak Pos 21 BlsYogyakarta 55281

e-mail : suyantakimiaugm@yahoo.co.id Hp: 085729639243

Abstrak

Tabel Periodik Unsur (TPU) merupakan salah satu penemuan besar dalam bidang kimia. Dengan menggunakan TPU tersebut struktur, sifat dan reaksi unsur maupun senyawanya dapat dikaji dengan lebih mudah dan sistematis. TPU yang lazim digunakan dalam pembelajaran kimia dewasa ini, yaitu TPU bentuk panjang merupakan hasil penyempurnaan dari TPU-TPU yang sudah diusulkan sebelumnya, akan tetapi ternyata masih menyimpan beberapa persoalan, diantaranya : (a) penomoran golongan, yang walaupun sudah ditetapkan oleh IUPAC masih tetap belum memuaskan, (b) unsur hidrogen yang seringkali ditempatkan di dua golongan, yaitu golongan 1 (alkali) dan golongan 7 (halogen), atau di luar tabel, (c) tidak adanya tempat untuk deret lantanida dan aktinida di dalam tabel, (d) dll. Berkaitan dengan hal tersebut, hingga sekarang para peneliti masih terus mengusahakan penyempurnaan TPU. Dalam makalah ini disajikan dan dibahas beberapa TPU alternatif yang telah diusulkan oleh para peneliti, diantaranya : TPU spiral, TPU pohon 3 dimensi, TPU Piramida, TPU 8 periode, dll. Diharapkan hal ini dapat menambah wawasan para pengajar dan peneliti dalam bidang kimia.

Kata kunci : Tabel Periodik Unsur, Mendeleev, penemuan.

PENDAHULUAN

Sebagai sebuah alat bantu pembelajaran yang memuat sejumlah besar informasi, Tabel Periodik Unsur (TPU) merupakan salah satu hasil temuan besar dalam ilmu pengetahuan, khususnya Ilmu Kimia [1]. Menurut Scerri [2], urgensi TPU dapat disejajarkan dengan Teori Evolusi Darwin dalam bidang Biologi. Pendapat tersebut beralasan mengingat TPU memberikan kerangka klasifikasi, sistematika dan komparasi unsur berdasarkan sifat-sifatnya sehingga sangat membantu dalam pembelajaran ilmu kimia [1,2].

Cara penyajian sistem periodik unsur dalam bentuk tabel telah berkembang dari waktu ke waktu. Sejak Mendeleev dan Lothar Meyer mengemukakan hasil rancangannya, lebih dari 100 bentuk TPU telah disarankan oleh para peneliti, tiap tabel dirancang untuk menunjukkan berbagai kecenderungan dan hubungan yang dianggap oleh penciptanya sebagai hal yang paling penting [3,4]. TPU yang umum digunakan sekarang nampaknya juga belum final dan masih akan ada penyempurnaan atau bahkan muncul versi lain mengikuti dinamika perkembangan iptek. Dalam makalah ini akan dibahas secara singkat perkembangan TPU yang telah terjadi termasuk kemunculan beberapa TPU alternatif yang karakteristik. Hal ini terutama bertujuan untuk menambah wawasan para pengajar dan peneliti dalam bidang kimia.

PEMBAHASAN

Para kimiawan pada umumnya mengakui bahwa TPU merupakan hasil rancangan dua ahli, yaitu D.I. Mendeleev (Rusia) dan J.

Lothar Meyer (Jerman) pada tahun 1869. Dua orang yang tidak saling mengenal tersebut secara terpisah dan dalam waktu yang hampir bersamaan mengemukakan pendapat bahwa *sifat unsur-unsur merupakan fungsi periodik dari berat atomnya* [5]. TPU Mendeleev yang dikomunikasikan dalam serangkaian pertemuan Himpunan Kimia Rusia pada tahun 1869-1871 disajikan pada Gambar 1, sedang TPU Meyer yang diterbitkan oleh *Liebig's Annalen* pada tahun 1869 disajikan pada Gambar 2.

Atas jasanya, pada tahun 1882 *Royal Society* menganugerahkan medali Davy kepada dua tokoh tersebut. Temuan Mendeleev dan Meyer itu tetap dianggap sebagai terobosan besar, walaupun harus segera dikoreksi oleh fakta bahwa *sifat unsur-unsur bukanlah fungsi periodik dari berat atomnya, melainkan nomor atomnya*, yaitu setelah H. G.J. Mosley pada tahun 1913 mengkaji spektra sinar-X karakteristik yang dipancarkan oleh berbagai unsur[5]. Sebagaimana penemuan-penemuan lainnya, penemuan TPU juga tidak terjadi sesaat; melainkan melalui serangkaian pemikiran yang telah dikemukakan oleh para pendahulu. Menurut Stewart [6], setidaknya ada 4 pendahulu yang ikut melapangkan jalan penemuan TPU, yaitu Newlands, Odling, Beguyer de Chancourtois dan Hinrichs. Sedang menurut Kauffman [7], orang-orang yang memberikan kontribusi paling signifikan adalah Döbereiner (Jerman, 1780-1849) yang mengusulkan aturan "triad" (1829), Beguyer de Chancourtois (Perancis, 1820-1886) yang menemukan "telluric helix" (1862), dan Newlands (Inggris, 1827-1898)