

DOI: doi.org/10.21009/SPEKTRA.021.04

REVIEW: MENENTUKAN PERBANDINGAN JARI-JARI IONIK ATOM KECIL DENGAN ATOM BESAR (R/R) PADA STRUKTUR KRISTAL OKTAHEDRON DAN KUBUS

Irzaman^{1, a)}, Johan Iskandar², Ade Kurniawan²

¹Staf Pengajar Departemen Fisika FMIPA Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680.

²Alumni S2 Biofisika Departemen Fisika FMIPA Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680.

Email: ^{a)} irzaman@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Struktur kristal oktahedron dan kubus menarik untuk dikaji ulang (*review*) agar dapat membekali pemahaman mahasiswa dalam menganalisis perbandingan jari-jari ionik atom kecil dengan jari-jari ionik atom besar (r/R) sebagai penyusun molekul dalam bahan keramik maupun kajian difraksi sinar-X dalam mata kuliah fisika modern. Kajian perbandingan (r/R) pada struktur kristal oktahedron (berbilangan koordinasi 6) diperoleh hasil perbandingan (r/R) dalam selang 0,414 – 0,732, sedangkan kubus (bilangan koordinasi 8) diperoleh hasil perbandingan (r/R) dalam selang 0,732 - 1. Contoh senyawa berstruktur oktahedron adalah NaCl, karena jari-jari ionik Na^+ sebesar 0,102 nm dan jari-jari ionik Cl^- sebesar 0,181 nm, sedangkan contoh senyawa berstruktur kubus adalah CsCl, karena jari-jari ionik Cs^+ sebesar 0,170 nm.

Kata kunci: Jari-jari ionik, kubus, oktahedron, perbandingan r/R, struktur kristal.

Abstract

Octahedral and cubic crystal structure was interesting to be reviewed in order to provide an understanding to the students for analyzing the ionic radius ratio of small and large atoms (r/R) as molecule composer in ceramic materials and x-ray diffraction in modern physics chapter. Study of ratio on octahedron crystal structure (coordination number of 6) theorem resulted r/R ratio in range 0.414 0.732, while cubic structures (coordination number of 8) theorem resulted r/R ratio in range 0.732 - 1. For example octahedron structure is NaCl, because Na^+ radii is 0.102 nm and Cl^- radii is 0.181 nm, while for example cubic is CsCl, because Cs^+ radii is 0.170 nm.

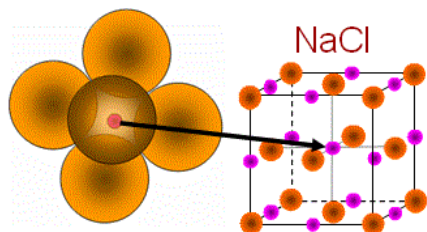
Key words: crystal structure, cubic, ionic radius, octahedron, ratio of r/R ,.

1. PENDAHULUAN

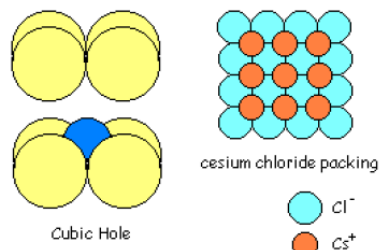
Oktahedron adalah polyhedron terbentuk dari 8 segitiga biasa. Polyhedron dapat dibangun oleh satu lingkungan yang dikelilingi oleh 6 bidang yang sama (berbilangan koordinasi 6) (Gambar 1) [1-2]. Jika peneliti menghubungkan enam pusat dari bola sekitarnya, maka peneliti menghasilkan

oktahedron itu. Contoh senyawa berstruktur oktahedron adalah NaCl, karena jari-jari ionik Na^+ sebesar 0,102 nm dan jari-jari ionik Cl^- sebesar 0,181 nm [1 – 5].

Gambar 2 menunjukkan struktur kubus, dimana sebuah kation (Cs^+) dapat mengikat 8 anion (Cl^-) di sekitarnya (berbilangan koordinasi 8) [1-2]. Contoh senyawa kubus ini adalah CsCl, karena jari-jari ionik Cs^+ sebesar is 0,170 nm dan jari-jari ionik Cl^- sebesar 0,181 nm, [1 – 5].



Gambar1. Struktur kristal oktahedron (contoh senyawa NaCl) [1-2].



Gambar2. Struktur kristal kubus (contoh senyawa CsCl) [1-2].

Tujuan dari makalah ini adalah mengkaji ulang perbandingan jari-jari ionik atom kecil dengan jari-jari ionik atom besar (r/R) pada struktur kristal oktahedron (berbilangan koordinasi 6) dan struktur kristal kubus (berbilangan koordinasi 8).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan berupa telaah pustaka (studi literatur) dari buku, prosiding dan jurnal. Kajian ulang penelitian untuk menganalisis perbandingan jari-jari r/R pada struktur kristal oktahedron (berbilangan koordinasi 6) dan struktur kristal kubus (berbilangan koordinasi 8) berbantuan analisis fisika matematika sederhana dalam ruang tiga dimensi.

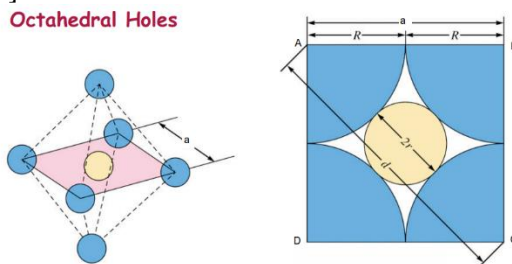
Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada senyawa yang memiliki sebuah kation dan sebuah anion seperti senyawa NaCl untuk kajian struktur kristal oktahedron dan senyawa CsCl untuk kajian struktur kristal kubus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekam jejak tim peneliti dari Departemen Fisika FMIPA IPB ini bahwa telah berhasil mengkaji ulang (*review*) struktur kristal tetrahedron senyawa SiO_2 yang merupakan dasar pemikiran dalam mengkaji ulang (*review*) struktur kristal oktahedron senyawa NaCl maupun struktur kristal kubus senyawa CsCl [6].

3.1 Kajian Struktur Kristal Oktahedron

Ilustrasi struktur kristal oktahedron senyawa NaCl seperti tampak dalam Gambar 1, maka diperoleh penampang melintang bidang persegi ABCD dari struktur kristal oktahedron NaCl seperti tampak dalam Gambar 3, di mana warna coklat menunjukkan kation Na^+ dan warna biru menunjukkan anion Cl^- [1 – 2].



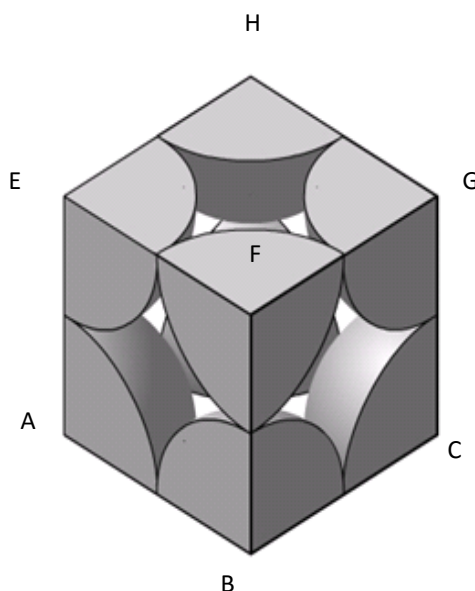
Gambar 3. Penampang melintang bidang persegi ABCD dari struktur kristal oktahedron [1 -2].

Kajian perbandingan jari-jari r/R pada struktur kristal oktahedron yang tertera dalam Gambar 3 dilakukan dengan tiga (3) langkah berikut ini:

1. Mencari panjang garis AB yang merupakan sisi persegi ABCD, maka diperoleh panjang sisi persegi $AB = BC$ sebesar $2R$.
2. Mencari panjang garis diagonal bidang AC menggunakan Teori Pythagoras, maka diperoleh panjang garis AC sebesar $2R\sqrt{2}$.
3. Mencari perbandingan jari-jari r/R pada struktur kristal oktahedron (berbilangan koordinasi 6), karena panjang garis diagonal bidang $AC = BD = 2R\sqrt{2} = 2R + 2r$, maka $R\sqrt{2} = R + r \Rightarrow R(\sqrt{2} - 1) = r \Rightarrow \frac{r}{R} = 0,414$. Jadi perbandingan (r/R) pada struktur kristal oktahedron (berbilangan koordinasi 6) diperoleh hasil perbandingan (r/R) dalam selang $0,414 - 0,732$. Contoh senyawa berstruktur oktahedron adalah NaCl, karena jari-jari ionik Na^+ sebesar $0,102 \text{ nm}$ dan jari-jari ionik Cl^- sebesar $0,181 \text{ nm}$, maka $\frac{r_{\text{Na}^+}}{R_{\text{Cl}^-}} = \frac{0,102 \text{ nm}}{0,181 \text{ nm}} = 0,564$ (ada dalam selang $0,414 - 0,732$).

3.2 Kajian Struktur Kristal Kubus

Ilustrasi struktur kristal kubus senyawa CsCl seperti tampak dalam Gambar 2, maka diperoleh bidang tiga (3) dimensi struktur kristal kubus ABCD.EFGH seperti tampak dalam Gambar 4, di mana di titik diagonal ruang terletak kation Cs^+ dan di ke delapan pojok kubus terletak anion Cl^- [1 - 2].



Gambar 4. Struktur kristal kubus ABCD.EFGH [1 -2].

Kajian perbandingan jari-jari r/R pada struktur kristal kubus yang tertera dalam Gambar 4 dilakukan dengan tiga (3) langkah berikut ini.

1. Mencari panjang garis sisi kubus $AB = BC = CD = DA$ sebesar $2R$.
2. Mencari panjang garis diagonal ruang AG menggunakan Teori Pythagoras, maka diperoleh panjang garis diagonal ruang $AG = BH = CE = DF$ sebesar $2R\sqrt{3}$.
3. Mencari perbandingan jari-jari r/R pada struktur kristal kubus (berbilangan koordinasi 8), karena panjang garis diagonal ruang kubus $AG = BH = CE = DF = 2R\sqrt{3} = 2R + 2r$, maka $R\sqrt{3} = R + r \Rightarrow R(\sqrt{3} - 1) = r \Rightarrow \frac{r}{R} = 0,732$. Jadi perbandingan (r/R) pada struktur kristal kubus (berbilangan koordinasi 8) diperoleh hasil perbandingan (r/R) dalam selang $0,732 - 1,000$. Contoh senyawa berstruktur kubus adalah CsCl, karena jari-jari ionik Cs^+ sebesar $0,170 \text{ nm}$ dan jari-jari ionik Cl^- sebesar $0,181 \text{ nm}$, maka $\frac{r_{\text{Cs}^+}}{R_{\text{Cl}^-}} = \frac{0,170 \text{ nm}}{0,181 \text{ nm}} = 0,939$ (ada dalam selang $0,732 - 1,000$).

Kajian struktur kristal tetrahedron, oktahedron maupun kubus sangat penting dalam penerapannya sehari-hari yakni untuk menumbuhkan film tipis ferroelektrik $\text{Pb}_x\text{Zr}_{1-x}\text{TiO}_3$, $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$, LiTaO_3

dan LiNbO_3 serta turunannya yang didadah senyawa seperti Ga_2O_3 , La_2O_3 , Li_2O , Fe_2O_3 di atas substrat Si (100) berstruktur kristal kubus [7 – 20].

4. KESIMPULAN

Telah berhasil mengkaji ulang (review) struktur kristal oktahedron berbilangan koordinasi 6 pada senyawa NaCl dengan hasil perbandingan (r/R) dalam selang 0,414 – 0,732 dan struktur kristal kubus berbilangan koordinasi 8 pada senyawa CsCl dengan hasil perbandingan (r/R) dalam selang 0,732 – 1.

DAFTAR ACUAN

- [1] West, A. R. *Solid State Chemistry and Its Applications*. John Wiley and Sons, Singapore (1989).
- [2] Kaxiras, E. *Atomic and Electronic Structure of Solid*. Cambridge University Press, UK (2003).
- [3] Ellis, A.B., Geselbracht, M.J., Johnson, B.J., Lisensky, G.C., Robinson, W.R. *Teaching General Chemistry: A Material Science Companion*, American Chemical Society, Washington, DC (1993).
- [4] Lambert, J. *Spinel Models for Demonstrating Crystal Field Stabilization*, Journal of Chemical Education, **41** (1); 41-3, Jan. 1964 ..
- [5] Kittel, C. *Introduction to Solid State Physics*. Wiley, New York (2004).
- [6] Irzaman, R. Silfia Epriyanti, J. Iskandar, A. Kurniawan, dan Aminullah. Review: Menentukan Perbandingan Jari-Jari Ionik Atom Kecil Dengan Atom Besar (r/R) dan Sudut Apit (Θ) Pada Struktur Kristal Tetrahedron Dengan Teori Menelaus. Prosiding Seminar Nasional Fisika. Prosiding Seminar Nasional Fisika 2015, Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta, VII-61 - VII-65 (2015).
- [7] Irzaman, Y. Darvina, A. Fuad, P. Arifin, M. Budiman, and M. Barmawi. Physical and Pyroelectric Properties of Tantalum Oxide Doped Lead Zirconium Titanate [$\text{Pb}_{0.9950}(\text{Zr}_{0.525}\text{Ti}_{0.465}\text{Ta}_{0.010})\text{O}_3$] Thin Films and Its Application for IR Sensor. *J. Physica Status Solidi (a)*, **199** (3) pp. 416 – 424., (2003).
- [8] Irzaman, Heriyanto Syafutra, Endang Rancasa, Abdul Wahidin Nuayi, Tb Gamma Nur Rahman, Nur Aisyah Nuzulia, Idawati Supu, Sugianto, Farly Tumimomor, SURIANTY, Otto Muzikarno, Masrur. The Effect of Ba/Sr ratio on Electrical and Optical Properties of $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ ($x = 0.25; 0.35; 0.45; 0.55$) Thin Film Semiconductor. *Ferroelectrics*, **445** (1) pp. 4 – 17. (2013).
- [9] Irzaman, H. Syafutra, A. Arif, H. Alatas, M.N. Hilaluddin, A. Kurniawan, J. Iskandar, M. Dahrul, A. Ismail, D. Yosman, Aminullah, L.B. Prasetyo, A. Yusuf, T.M. Kadri. Formation of Solar Cells Based On $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ (BST) Ferroelectric Thick Film. AIP Publishing LLC. 24-34 (2014).
- [10] Wahidin, A.N, H. Alatas, Irzaman, and M. Rahmat. Enhancement of Photon Absorption on $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ Thin-Film Semiconductor Using Photonic Crystal. *Hindawi*. 1-8 (2014).
- [11] Kurniawan, A., D. Yosman, A. Arif, J. Juansah, Irzaman. Development and application of $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ (BST) thin film as temperature sensor for satellite technology. *Procedia Environmental Sciences*, **24**, page 335 – 339, (2015).
- [12] Irzaman, Y. Pebriyanto, E. Rosidah Apipah, I. Noor, A. Alkadri. Characterization of Optical and Structural of Lanthanum Doped LiTaO_3 Thin Films. *Integrated Ferroelectrics*, **167** (1), page 137-145, (2015).

- [13] Ismangil, A., R. Prasta Jenie, Irmansyah, Irzaman. Development of lithium tantallite (LiTaO_3) for automatic switch on LAPAN-IPB Satellite infra-red sensor. *Procedia Environmental Sciences*, **24**, page 329 – 334, (2015).
- [14] Sani, Y., I. Ukhtianingsih, B. Hermawan, A. Maddu, Irzaman. Karakterisasi Optik Dan Struktur Kristal LiTaO_3 Pada Substrat Silikon [Si(111)] TIPE-n/n⁺. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta*, **16** (2) 41 – 44. (2015).
- [15] Septiani, N., Irzaman. Analisis Struktur Kristal Lithium Oksida Dan Niobium Pentaoksida Dengan XRD. *Prosiding Seminar Nasional Fisika 2015, Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta*, **IV**, VII-29 – VII-31 (2015).
- [16] Ukhtianingsih, I., Y. Sani, Irzaman. Karakterisasi Optik Dan Sifat Listrik Film LiTaO_3 Pada Variasi Suhu Annealing. *Prosiding Seminar Nasional Fisika, SNF2015*, **IV**, VII-133 – VII-134 (2015),.
- [17] Irzaman, Ridwan Siskandar, Aminullah, Irmansyah, and Husin Alatas. Characterization of $\text{Ba}_{0,55}\text{Sr}_{0,45}\text{TiO}_3$ films as light and temperature sensors and its implementation on automatic drying system model. *Integrated Ferroelectrics*. **168** (1), page 130-150, (2016).
- [18] Agus Ismangil, Irmansyah, Irzaman. The diffusion coefficient of lithium tantalite (LiTaO_3) with temperature variations on LAPAN-IPB satellite infra-red sensor. *Procedia Environmental Sciences*, **33**, page 668 – 673, (2016).
- [19] Irzaman, Irvan Raditya Putra, Aminullah, Heriyanto Syafutra, Husin Alatas. Development of ferroelectric solar cells of barium strontium titanate ($\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$) for substituting conventional battery in LAPAN-IPB Satellite (LISAT). *Procedia Environmental Sciences*, **33**, page 607 – 614, (2016).
- [20] M. Dahrul, Husin Alatas, Irzaman. Preparation and optical properties study of CuO thin film as applied solar cell on LAPAN-IPB Satellite. *Procedia Environmental Sciences*, **33**, page 661 – 667, (2016).

