

Sifat Listrik Material Ferroelektrik Barium Titanat (BaTiO_3) dengan Doping Cerium (Ce)

Vivi Wijaya, Elvaswer*

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 29 Januari 2021
Direvisi: 2 Februari 2021
Diterima: 11 Februari 2021

Kata kunci:

Barium Titanat
Cerium
Doping
Konstanta Dielektrik
Kristalinitas
Ukuran Kristal

Keywords:

Barium Titanate
Cerium
Doping
Dielectric Constant
Crystallinity
Crystal Grain

Penulis Korespondensi:

Elvaswer
Email: elvaswer@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Pembuatan material ferroelektrik Barium Titanat (BaTiO_3) didoping cerium (Ce) telah dilakukan. Pemberian variasi komposisi doping dilakukan untuk mengetahui nilai konstanta dielektrik, rugi-rugi dielektrik, tingkat kekrystalan serta ukuran kristal tiap sampel. Sampel dibuat menggunakan metode *solid state reaction* dengan persentase doping Ce 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% mol yang dikompaksi dalam bentuk pelet. Setelah sampel disintering pada suhu 700°C selama 4 jam, dilakukan karakterisasi menggunakan RLC meter dengan variasi frekuensi 100 Hz, 120 Hz dan 1 KHz dan karakterisasi XRD. Diperoleh hasil bahwa pengaruh doping menaikkan nilai konstanta dielektrik pada komposisi doping 1% mol pada frekuensi 100 Hz dengan nilai konstanta dielektrik sebesar 4220. Pada komposisi doping 1% ini juga ditemukan nilai faktor desipasi tertinggi yaitu sebesar 4,45 ada uji XRD ditemukan komposisi doping 1% memiliki nilai tingkat kekrystalan yang lebih besar dari komposisi doping 3% yaitu sebesar 89%.

The manufacture of ferroelectric barium titanate doped cerium has been carried out. The purpose of giving variations in doping composition is to determine the value of dielectric constant, dielectric loss, crystallinity, and crystal grain. Sample made using solid-state reaction method with mol doping percentage 0%, 1%, 2%, 3%, 4% and 5% which are compacted in pellet form. After the sample is sintered with a temperature of 700°C for 4 hours, do the characterization RLC meter with frequency 100 Hz, 120 Hz, and 1 kHz and characterize XRD. The result shows that the doping effect increases dielectric constant at mol doping 1% at frequency 100 Hz achieve 4220. In this 1% doping composition, the highest dissipation factor's value was found, which 4.45. The XRD test was found that 1% doping composition has a higher crystallinity level than the doping composition 3%, which is 89%.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Perangkat elektronika laptop, smartphone dan kamera memerlukan sistem penyimpanan energi untuk mempertahankan kontinuitas pemakaian. Salah satu perangkat elektronika yang sering digunakan sebagai sistem penyimpanan energi adalah kapasitor. Kapasitor pada prinsipnya terdiri dari dua buah pelat konduktor yang berlawanan muatan yang dipisahkan oleh sebuah material dielektrik. Ferroelektrik merupakan material elektronik khususnya dielektrik yang terpolarisasi spontan dan memiliki kemampuan untuk mengubah medan listrik. Polarisasi yang terjadi merupakan hasil dari penerapan medan yang mengakibatkan adanya suatu material ferroelektrik (Safitri, 2016).

Barium Titanat (BaTiO₃) adalah material ferroelektrik dari struktur perovskite yang mempunyai permitivitas tinggi (konstanta dielektrik melebihi 1000) dan resistivitas elektrik diatas 10⁶ ohm meter. Ferroelektrik banyak digunakan sebagai komponen aktif dan pasif pada elektronika (Razvan, 2017). Untuk meningkatkan sifat listrik dari Barium Titanat, maka dilakukan doping yang bertujuan untuk memperoleh nilai konstanta dielektrik yang tinggi sehingga nilai kapasitansi akan meningkat. (Nisa, 2016) telah melakukan penelitian tentang pengaruh doping Zirconium (Zr) terhadap nilai konstanta dielektrik dan struktur kristal Barium Zirkonium Titanat (BaZrTiO₃). Diperoleh hasil Semakin besar mol doping maka parameter kisi bertambah besar sehingga konstanta dielektriknya semakin tinggi. Nilai konstanta dielektrik semakin besar diperoleh sebesar 641.

(Suwarni, 2015) telah melakukan penelitian tentang struktur mikro dan sifat listrik material ferroelektrik Barium Titanat dengan doping Stronsium (Sr) Diperoleh hasil bahwa semakin besar mol doping maka ukuran kristal akan semakin besar yakni 54,8 nm. (Azizah, 2019) telah melakukan penelitian tentang kajian struktur mikro, sifat optik dan sifat listrik BaTiO₃ termodifikasi dengan penambahan Lanthanum (La). Efek penambahan jumlah mol doping Lanthanum menyebabkan ukuran kristal meningkat. (Zaidah, 2015) telah melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur sintering pada konstanta dielektrik Barium Stronsium Titanat (BaSrTiO₃) yang dibuat dengan metode reaksi zat padat (solid state reaction). Hasil menunjukkan semakin lama waktu sintering maka semakin besar ukuran kristal.

Teknik yang digunakan pada penelitian ini adalah metode solid state reaction. Doping Cerium (Ce) terhadap BaTiO₃ akan membentuk Ba_{1-x}Ce_xTiO₃. Penambahan ion Ce³⁺ akan menstabilkan struktur karena ion Ce³⁺ memiliki jari-jari ion yang lebih besar dari jari-jari ion Ti⁴⁺ (jari-jari ion Ce³⁺ sebesar 1,02 Å dan jari-jari ion Ti⁴⁺ sebesar 0,68 Å). Ion Ce³⁺ mempunyai muatan positif lebih banyak satu dibanding Ba²⁺, hal ini menyebabkan terlepasnya ion Ti⁴⁺ guna menjaga kenetralan muatan pada struktur kristal. Pemberian komposisi doping Ce 0%: 1%; 2%; 3%; 4% dan 5% pada BaTiO₃. Karakterisasi dengan X-RD untuk melihat struktur kristal yang terbentuk dan dikarakterisasi dengan RLC meter sifat listrik.

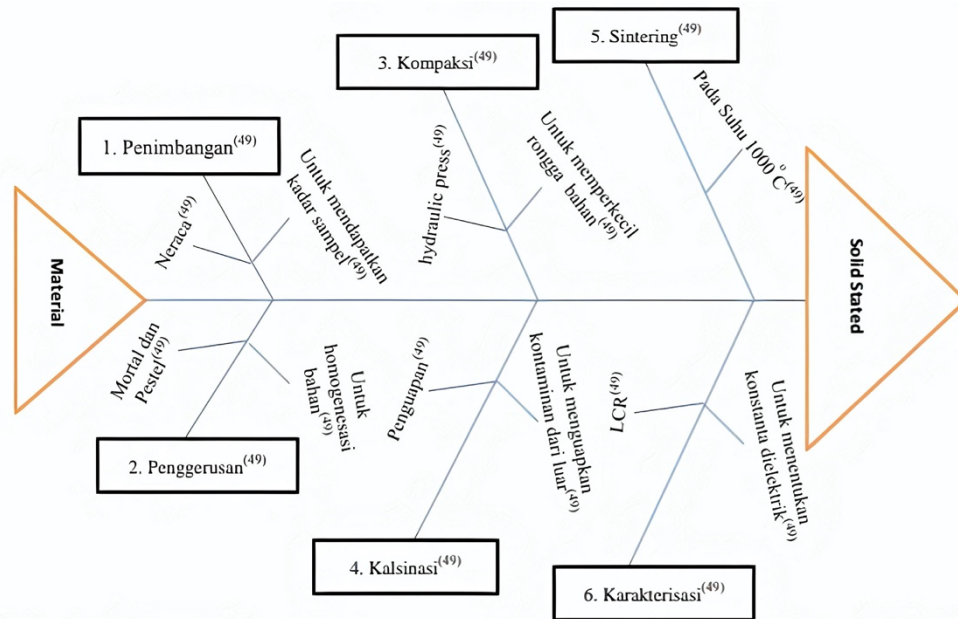
II. METODE

2.1 Persiapan dan pembuatan pelet

Bahan-Bahan yang digunakan antara lain Barium Karbonat (BaCO₃), Cerium Oxide (CeO₂), Titanium Dioksida (TiO₂) ditimbang menurut Persamaan 1.



Dengan x adalah jumlah bahan yang ditambahkan dalam mol. Setelah bahan tercampur, sampel dikompaksi dalam bentuk pelet, sebelum dipress serbuk ditimbang dengan berat yang sama sebesar 1,2 g dengan diameter 0,65 cm lalu disintering pada suhu 750 °C selama 4 jam. Langkah-langkah metode *solid state reaction* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Fishbone metode *solid state reaction* (Sumber: Febriani, 2018)

2.2 Karakterisasi sampel

Karakterisasi dilakukan menggunakan XRD dan RLC meter. Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk dari sampel Ba_{1-x}Ce_xTiO₃. Karakterisasi dengan menggunakan RLC meter bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai kapasitansi sampel sehingga dapat digunakan untuk mencari konstanta dielektrik pada setiap sampel. Dalam pengujian instrumen ini menggunakan variasi frekuensi dari rentang frekuensi 100 Hz, 120 Hz dan 1 KHz untuk mengetahui pengaruh kenaikan frekuensi terhadap kapasitansi dan faktor desipasi tiap sampel. Pelat elektroda yang digunakan terbuat dari seng yang dipotong dengan ukuran lebar 1,7 cm dan panjang 2 cm dan tiap sisi ujung elektroda dihubungkan dengan kabel.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisa Konstanta Dielektrik

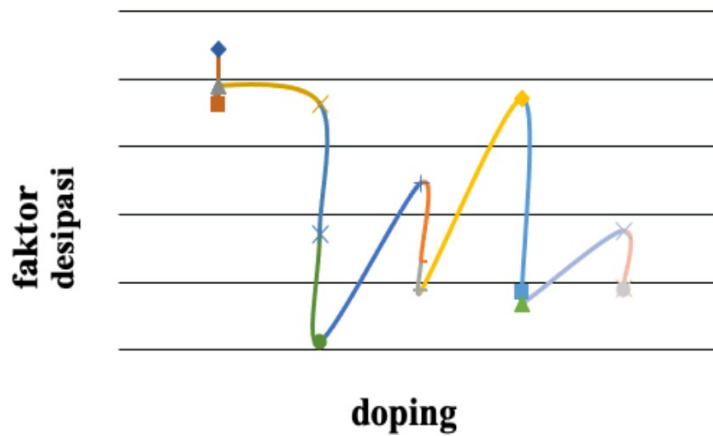
Nilai konstanta dielektrik diperoleh menggunakan RLC Meter, hasil dari RLC meter berupa nilai kapasitansi bahan dan faktor desipasi. Pengukuran menggunakan frekuensi 100 Hz, 120 Hz dan 1KHz menunjukkan konstanta dielektrik tertinggi cenderung ditemukan di variasi doping 1%. Menurut (Yusnafi, 2001) di artikel pembuatan keramik Barium Titanat untuk peralatan elektronik menyimpulkan bahwa nilai konstanta dielektrik Barium Titanat pada temperatur 900°C sebesar 818. Nilai konstanta dielektrik Barium Titanat yang didapat pada penelitian ini berkisar antara 504 – 930.

Tabel 1 Nilai Konstanta Dielektrik

Frekuensi	Doping					
	0%	1%	2%	3%	4%	5%
100 Hz	930	4220	1899	1395	409	282
120 Hz	875	3151	1484	1401	321	183
1 KHz	504	1567	443	303	105	161

Nilai konstanta dielektrik tertinggi diperoleh pada frekuensi 100 Hz dengan variasi doping 1% mol yaitu sebesar 4220. Penambahan komposisi doping Ce terhadap BaTiO₃ dapat meningkatkan konstanta dielektrik pada batas tertentu. Pemberian doping yang berlebihan justru dapat menurunkan konstanta dielektrik karena sejalan dengan penambahan doping ada defek yang terbentuk. Dengan konsentrasi doping tinggi menimbulkan muatan vakansi dan elektron yang bergerak lebih bebas dibandingkan dengan konsentrasi doping rendah (Hastuti, 2011).

Pada tabel 1 terlihat nilai konstanta dielektrik menurun seiring dengan bertambahnya frekuensi yang diberikan. Hal itu sesuai dengan pernyataan Sutrisno (2014) bahwa dengan naiknya frekuensi yang diberikan maka semakin banyak gelombang yang ditransmisikan tiap detiknya. Sebelum kapasitor terisi penuh oleh muatan, arah arus listrik sudah berbalik sehingga terjadi pengosongan muatan pada plat elektroda kapasitor dengan cepat, yang mengakibatkan muatan dalam kapasitor semakin berkurang dan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan semakin kecil.



Gambar 2 Grafik hubungan pengaruh doping terhadap faktor desipasi

Faktor disipasi merupakan faktor kerugian dari kapasitor, diketahui dari Gambar 2 faktor disipasi terendah diperoleh sebesar terendah sebesar 0.106 di komposisi doping 2% pada frekuensi 1 KHz. Nilai faktor disipasi dipengaruhi oleh variasi frekuensi dan doping yang diberikan. Menurut penn (1997) dalam Nisa (2015) menyatakan bahwa penurunan nilai faktor disipasi menandakan bahwa adanya peningkatan nilai hambatan batas butir. Nilai ini berkaitan dengan perubahan posisi atau polarisasi dipol, Pada frekuensi yang tinggi perubahan posisi dipol sangat sedikit, sehingga gesekan antar molekul semakin sedikit. Dengan sedikitnya pergeseran antar dipol menyebabkan material tidak cepat panas dan arus bocor yang rendah. Kapasitor yang sangat ideal mempunyai resistansi dielektrik (arus bocor rendah) sehingga disipasi daya juga nol.

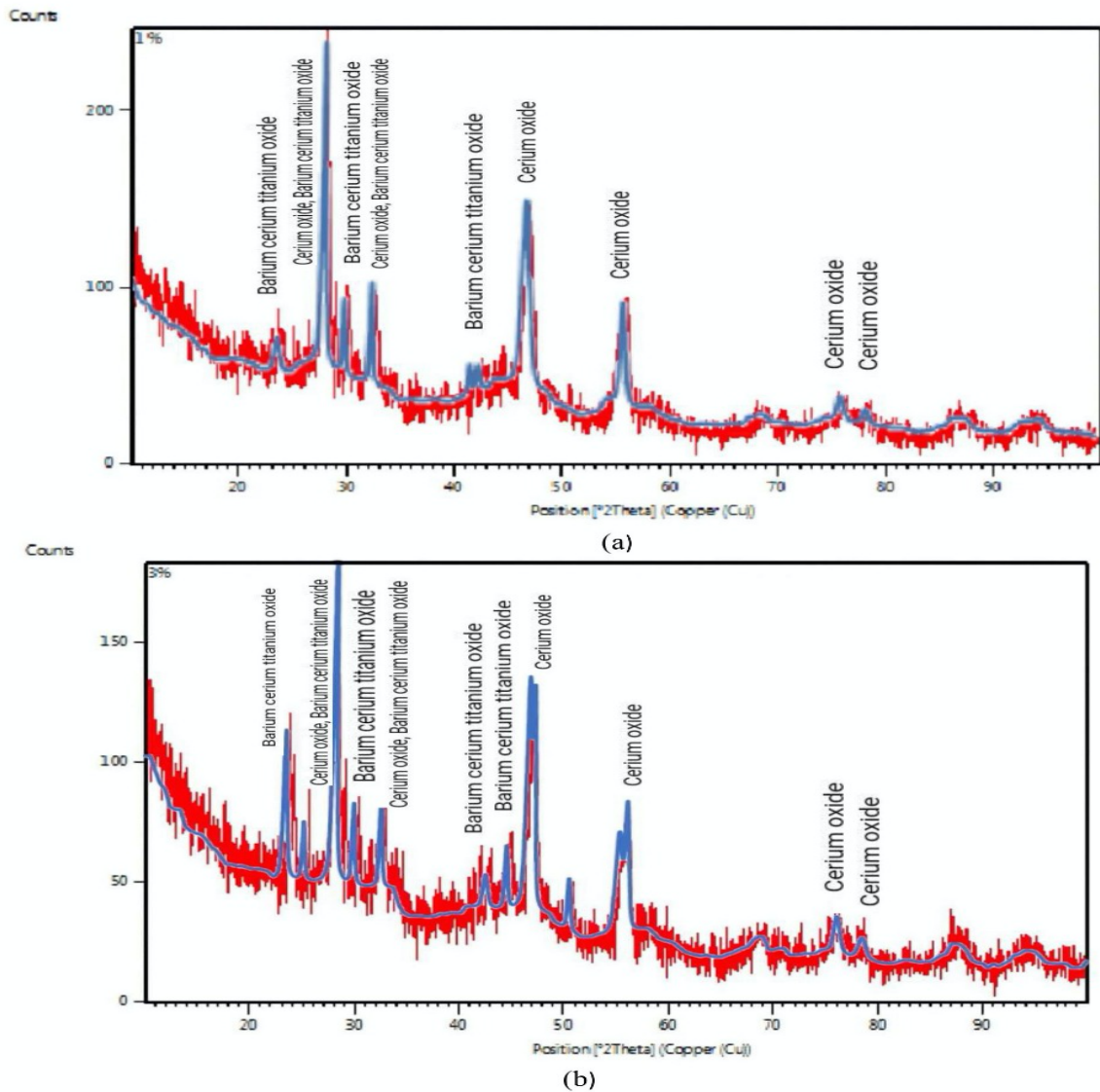
3.2 Analisa XRD

Uji XRD dilakukan pada sampel komposisi doping 1% dan 3%. Hasil data XRD berupa grafik hubungan antara intensitas dengan sudut difraksi (2θ), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 Masih ditemukan adanya cerium oxide pada sampel yang menandakan belum terjadi homogenisasi pada sampel. Intensitas tertinggi pada komposisi 1% diperoleh sebesar 152,84 dengan sudut 2θ sebesar 28,2242. Dan untuk intensitas tertinggi pada komposisi 3% diperoleh sebesar 107,28 dengan sudut 2θ sebesar 28,4845.

Tabel 2 Ukuran kristal komposisi 1% dan 3%

Komposisi Doping	Bahan	K	λ (nm)	D rata-rata (nm)
1%	Ba _{0,99} Ce _{0,1} TiO ₃	0,9	0,154	33,285
3%	Ba _{0,97} Ce _{0,3} TiO ₃	0,9	0,154	36,754

Pada Tabel 2 ukuran kristal rata-rata pada komposisi 1% adalah 33,285 nm, sedangkan ukuran kristal rata-rata pada komposisi doping 3% adalah 36,754. Ukuran kristal pada komposisi doping 3% lebih besar dari pada komposisi doping 1%. Hal ini dijelaskan Suwarni (2015) dimana Pengaruh komposisi doping mol terhadap ukuran kristal yaitu semakin besar penambahan mol doping maka ukuran kristal akan semakin besar. Besarnya ukuran butir mempengaruhi jarak atom-atom dalam kristal semakin berdekatan sehingga menyebabkan regangan kisi juga semakin kecil.



Gambar 3 (a) Hasil uji XRD pada komposisi doping 1%
 (b) Hasil uji XRD pada komposisi doping 3%

Tabel 3 Kristalinitas Ba_{1-x}Ce_xTiO₃ pada Komposisi doping 1% dan 3%

Komposisi Doping	Kristalinitas (%)
1%	89,1128
3%	81,9537

Kristalinitas berarti tatanan struktural dalam suatu benda padat. Nilai kristalinitas dipengaruhi oleh ketajaman (ketinggian puncak) intensitas yang diperoleh pada pengolahan data XRD. Semakin tinggi puncak maka kristalinitas akan semakin tinggi (Faradilla, 2018). Sampel dengan komposisi doping 1% memiliki ketajaman puncak yang tinggi sehingga menghasilkan nilai intensitas yang lebih tinggi dibanding kristal dengan komposisi doping 3%, hal ini menyebabkan kristalinitas pada komposisi doping 1% lebih tinggi.

IV. KESIMPULAN

Ba_{1-x}Ce_xTiO₃ telah berhasil dibuat untuk kelima komposisi doping (x = 0%; 1%, 2%, 3%, 4%, 5%), Konstanta dielektrik tertinggi berada di komposisi doping 1% sebesar 4220 pada frekuensi

minimum 100 Hz dan faktor desipasi tertinggi sebesar 4,45 juga berada pada komposisi doping 1% pada frekuensi 100 Hz, Intensitas tertinggi pada komposisi doping 1% sebesar 152,84 dan pada komposisi doping 3% sebesar 107,28. Pengaruh doping memperbesar ukuran kristal pada komposisi 3% yaitu sebesar 36,754 dan kristalinitas terbesar terlihat pada komposisi doping 1% yaitu sebesar 89,1128%.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, Y.N., 2019, 'Kajian Struktur Mikro, Sifat Optik, dan Sifat Listrik pada Barium Titanat Termodifikasi dengan Penambahan Lanthanum', Skripsi Universitas Sebelas Maret.
- Faradilla, F.S., 2018, 'Kristalinitas ZSM-5 Dengan Prekursor Kaolin Bangka dan Abu Sekam Padi Tanpa Tempalte: Fungsi Variasi Waktu Kristalisasi', *Jurnal Akta Kimia Indonesia*.
- Febriani, S.S., 2018, 'Solid state principles and Methode', *Jurnal Fisika Universitas Negeri Padang*.
- Hastuti, E., 2011, 'Analisis Sifat Listrik dan Cacat Kristal Pada Bahan Dielektrik $\text{Ba}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{TiO}_3$ dengan Doping Y_2O_3 ', *Jurnal Neutrino*, Vol.3, No.2.
- Nisa, F.K., 2016, 'Pengaruh Doping Zirkonium (Zr) pada Konstanta Dielektrik dan struktur Kristal $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ ', *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol.12, No.1.
- Nisa, R.A., 2015, 'Sintering Material $\text{Zn}_{0,9}\text{MgO}_{0,1}\text{TiO}_3$ Variasi Penambahan V_2O_5 Dengan Metode Reaksi Padat', Skripsi Teknologi Sepuluh November.
- Razvan, R., 2017, 'Preparation of ferroelectric Barium Titanate through an energy effective solis state ultrasound assisted method', Polymer Institute, Slovakia Academy Of Science.
- Safitri, R.D., 2016 'Pembuatan Material Ferroelektrik Barium Titanat Menggunakan Metode Kopresipitasi', *jurnal fisika dan aplikasinya*, Vol.12, No.3.
- Sutrisno, B.A., 2014, 'Penumbuhan Lapisan Tipis $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ Dan BaFeSrTiO_3 dan observasi sifat Ferroelektriknya', Skripsi Jurusan Fisika Institut Pertanian Bogor.
- Suwarni, 2015, 'Struktur Mikro dan Sifat Listrik Material Ferroelektrik Barium Titanat dengan doping Stronsium', *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol.11, No.3.
- Yusnafi, 2001, 'Pembuatan Keramik Barium Titanat untuk peralatan Elektronik', *Elektro Indonesia Tahun VI*, No.35.
- Zaidah, A., 2015, 'Pengaruh Waktu Sintering pada Konstanta Dielektrik Barium Strontium Titanat ($\text{BaSr}_{0,2}\text{Ti}_{0,80}\text{O}_3$) yang dibuat dengan Metode Reaksi Fasa Padat', *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol.11, No.2.