

## **PERHITUNGAN MEDAN KOERSIF INTRINSIK MATERIAL ZINC OXIDE (ZnO)**

Septian Rahmat Adnan  
Fakultas Teknik, Universitas EsaUnggul  
Jalan Arjuna Utara No. 9 Tol Tomang Jakarta Barat 11510  
septian.rahmat@esaunggul.ac.id

### **Abstract**

*The Prediction of intrinsic coersive field of Zinc Oxide (ZnO) was calculated by using ferroelectric theory of Landau Ginzburg. A Mathematical approach for calculating was used on routine program based on Pascal plat form on Delphi. There are decreasing in the values Spontaneous Polarization while increasing on lattice parameters. The result showed that the relation between Spontaneous Polarization and Intrinsic coercive field is linear.*

**Keywords:** *Intrinsic Coersive Field, ZnO, Landau-Ginzburg*

### **Abstrak**

Prediksi Sifat Intrinsik medan koersif dari material Zinc Oxide (ZnO) dihitung menggunakan pendekatan teori ferroelektrik Landau Ginzburg. Pendekatan matematis untuk perhitungan medan koersif intrinsik dibuat dengan menggunakan sebuah program komputasi dibuat dengan menggunakan bahasa pascal pada Delphi 6. Hasil menunjukkan bahwa dengan penambahan nilai parameter kisi a pada struktur material ZnO mengakibatkan penurunan nilai Polarisasi Spontan serta hubungan antara Polarisasi spontan dan medan koersif intinsik adalah linier.

**Kata kunci :** Medan Koersif Intrinsik, ZnO, Landau-Ginzburg

### **Pendahuluan**

Material Zinc Oxide (ZnO) telah banyak diteliti karena sifatnya yang merupakan semikonduktor dan menjadi material kandidat untuk aplikasi memori dan sensor. Pada tahun 2017 Goel dkk menemukan bahwa Zinc Oxide (ZnO) memiliki respon elektrokimia yang paling besar, respon tersebutlah yang dibutuhkan untuk banyak aplikasi seperti alat elektronik, alat elektrokimia, dan aplikasi elektronik lainnya (Goel et al., 2017) Teori Landau-Ginzburg telah banyak digunakan peneliti dikarenakan cukup memuaskan untuk menjelaskan sifat ferroelektritas suatu material (Wang, Zhang, Zhong, & Zhang, 1999)

Pada penelitian ini perhitungan medan koersif intrinsik material Zinc

Oxide dengan menggunakan teori Landau-Ginzburg untuk memprediksi dan menganalisa sifat ferroelektritas material ZnO.

### **Metode Penelitian**

Sifat ferroelektrik material dapat dijelaskan menggunakan pendekatan energi bebas Gibbs yang merupakan pendekatan termodinamika pada material. Energi Bebas Gibbs pada material ferroelektrik dapat dijelaskan menggunakan persamaan Landau-Ginzburg sebagai berikut (Adnan et al., 2018) :

$$\Delta G = \frac{\alpha T}{2} P^2 - \frac{\beta}{4} P^4 + \frac{\gamma}{6} P^6 - EP$$

Dengan  $\Delta G$  adalah perubahan energy bebas gibbs, T adalah *temperature* dan adalah konstanta independen (Hikam & Adnan, 2014). Medan koersif intrinsik dapat dihitung dengan persamaan matematis sebagai berikut (Wang, 2010) :

$$E_c = E_o f(t)$$

$$E_o = \frac{6}{25} \left( \frac{3}{5} \right)^{1/2} \left( \frac{|\beta|^{5/2}}{\gamma^{3/2}} \right)$$

dengan  $E_o$  medan listrik intrinsik pada  $T_o$ , selanjutnya pada perhitungan diasumsikan terdapat suatu konstanta yang mempengaruhi nilai medan koersif yaitu  $f(t)$  dengan  $t$  merupakan konstanta tanpa dimensi yang merupakan factor struktur material (Wong & Shin, 2008).

$$f(t) = \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \sqrt{1 - \frac{5t}{9}}} \right) \left( \frac{1}{2} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{5t}{9} - \frac{5}{3}t} \right) \right)$$

Nilai  $t$  didapatkan dari perhitungan polarisasi spontan ( $P_s$ ) pada material dengan pendekatan momen dipol pada material (Shrestha, 2012)

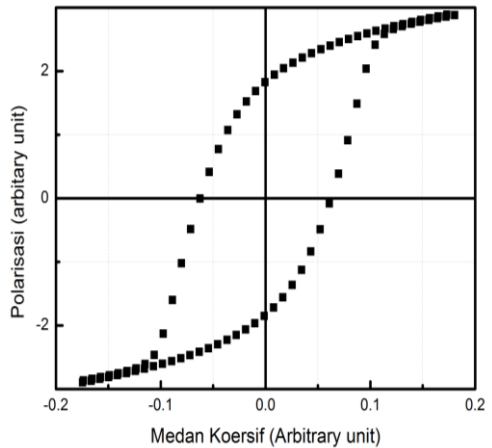
$$P_s^2 = -\frac{3}{5} \left( 1 + \left[ 1 - \frac{5t}{9} \right]^{1/2} \right)$$

nilai konstanta  $t$  selanjutnya dijadikan masukan dalam perhitungan kurva hysteresis intrinsik dan medan koersif intrinsik. Perhitungan medan koersif intrinsik dilakukan pada suatu program berbasis bahasa Pascal.

### Hasil dan Pembahasan

Kurva pemodelan polarisasi dan medan koersif ditunjukkan pada gambar 1. dari gambar tersebut dapat terlihat bahwa nilai polarisasi spontan berkisar pada nilai 2,09 dan medan koersif berkisar pada nilai 0,8. Pada penelitian ini nilai polarisasi, konstanta faktor struktur dan medan koersif

hasil perhitungan tidak berdimensi atau dimesionless. Hasil perhitungan Polarisasi Spontan dan konstanta faktor struktur dengan data parameter kisi mengacu pada penelitian terdahulu (Sowa dan Ahsbahs, 2006) ditunjukkan pada tabel 1. Dari tabel 1 terlihat bahwa nilai polarisasi spontan material ZnO terjadi penurunan dengan pertambahan nilai parameter kisi dari kristal Zinc Oxide (ZnO). Hal ini dapat dipahami karena dengan bertambahnya nilai parameter kisi dari kristal Zinc Oxide (ZnO), menyebabkan volume kristal dari ZnO semakin bertambah dan menyebabkan momen dipole dari Zn dan O menjadi berkurang. Sedangkan untuk nilai konstanta faktor struktur ( $t$ ) didapatkan nilai semakin bertambah dengan menurunnya nilai polarisasi spontan dari ZnO.

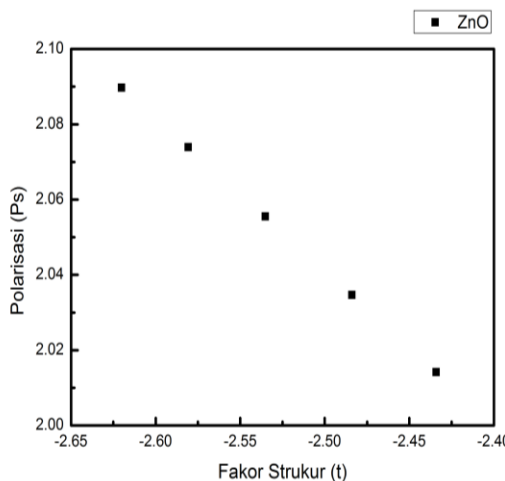


Gambar 1  
Kurva model hysteresis ZnO dengan konstanta struktur  $t = -2,62$

Tabel 1  
Polarisasi Spontan dan konstanta (t)  
material Zinc Oxide (Sowa & Ahsbahs,  
2006)

No	$P_s$	t
1	2,09	-2,62
2	2,07	-2,58
3	2,06	-2,54
4	2,03	-2,48
5	2,01	-2,43

konstanta konstanta struktur (t) merupakan faktor yang dipengaruhi oleh momen dipol dan struktur atom pada kristal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sowa dkk dan goel dkk, struktur kristal dari material Zinc Oxide (ZnO) adalah hexagonal Close Packed (HCP), hal ini menyebabkan volume dari kristal ZnO menjadi cukup besar dan mempengaruhi nilai momen dipol dan polarisasi spontan pada material tersebut.



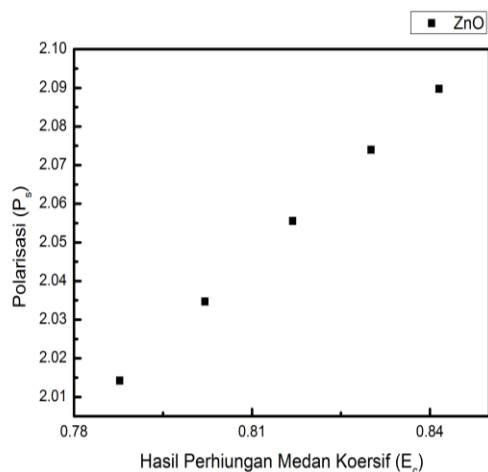
Gambar 2  
Hubungan Hasil Polarisasi Spontan dan  
faktor struktur

Hubungan antara polarisasi spontan dan konstanta struktur (t) ditunjukkan oleh gambar 2, dari kurva tersebut terlihat bahwa tren dari kurva adalah linier negatif sehingga hal ini dapat kembali dijelaskan bahwa faktor struktur mempengaruhi nilai polarisasi pada unit cell pada nilai volume kristal.

Tabel 2  
Medan Koersif intrinsik ZnO dengan  
variasi konstanta (t)

No	T	F(t)	Ec
1	-2,62	-2,62	0,84
2	-2,58	-5,16	0,83
3	-2,54	-7,61	0,82
4	-2,48	-9,94	0,80
5	-2,43	-12,17	0,79

hasil perhitungan faktor struktur f(t) dan medan koersive intrinsik dari material Zinc Oxide (ZnO) ditunjukkan pada tabel 2. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa semakin besar nilai t mengakibatkan nilai faktor struktur f(t) semakin kecil, serta juga terjadi pada hasil perhitungan medan koersif intrinsik. Hal ini serupa dengan hasil yang didapatkan Goel dkk pada eksperimennya bahwa dengan bertambahnya nilai polarisasi dari material Zinc Oxide (ZnO) yang di doping dengan Gd maka nilai medan koersivnya juga akan bertambah. Hal ini dapat dipahami bahwa dengan dengan bertambahnya nilai faktor struktur yang bergantung pada nilai momen dipol menunjukkan bahwa proses pembalikan dipol pada material Zinc Oxide cukup mudah.



Gambar 3  
Hubungan Hasil Polarisasi Spontan dan Medan Koersif intrinsik

Hubungan antara hasil perhitungan Polarisasi Spontan dan Medan Koersif intrinsik material Zinc Oxide (ZnO) ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil menunjukkan bahwa dengan bertambahnya nilai Polarisasi spontan menyebabkan nilai medan koersif bertambah. Hal ini dapat dijelaskan dan dipahami bahwa dengan bertambahnya nilai polarisasi spontan maka energi yang dibutuhkan untuk proses pembalikan dipol juga bertambah, Artinya bahwa semakin banyak momen dipole yang akan mengalami proses pembalikan maka energi berupa medan koersif yang dibutuhkan juga akan bertambah. Serta hal ini juga sesuai yang ditemukan oleh Heidrun dkk tentang struktur Zinc Oxide pada single fasa. Pada penelitian lanjutan penulis akan mengembangkan model dinamis dengan menggunakan beberapa referensi seperti model Miller, Model Yu dkk untuk dapat menjelaskan sifat ferroelektrik lebih lanjut dari material Zinc Oxide. Serta penulis akan mencoba membandingkan hasil model dan eksperimen untuk membandingkan hasil model yang telah dilakukan.

## Kesimpulan

Hasil simulasi perhitungan sifat intrinsik Zinc Oxide dapat disimpulkan sebagai berikut : Polarisasi spontan yang dihitung dengan pendekatan momen dipol mempengaruhi nilai faktor struktur. Dengan bertambahnya nilai polarisasi spontan mengakibatkan medan koersif intrinsik juga bertambah karena faktor pembalikan momen dipole. faktor struktur menentukan nilai polarisasi dari material ZnO akibat nilai volume dari struktur Kristal. Semakin besar polarisasi dari material ZnO, maka nilai medan koersif intrinsik juga akan mengalami kenaikan

## Daftar Pustaka

- Adnan, S. R., Soegijono, B., Teknik, F., Unggul, U. E., Fisika, D., & Indonesia, U. (2018). Perhitungan Kurva Histeresis Intrinsik Material Zinc Oxide ( Zno ), (April), 15–18.
- Goel, S., Sinha, N., Yadav, H., Godara, S., Joseph, A. J., & Kumar, B. (2017). Ferroelectric Gd-doped ZnO nanostructures: Enhanced dielectric, ferroelectric and piezoelectric properties. *Materials Chemistry and Physics*, 202, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2017.08.067>
- Hikam, M., & Adnan, S. R. (2014). Intrinsic Ferroelectric Coercive Field Calculation for BZT Films Doped by Indium and Lanthanum. *Advanced Materials Research*, 911, 256–259. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.911.256>
- Shrestha, B. (2012). Modeling Polarization and Capacitance Hysteresis of Ferroelectric Capacitors.

- Sowa, H., & Ahsbahs, H. (2006). High-pressure X-ray investigation of zincite ZnO single crystals using diamond anvils with an improved shape. *Journal of Applied Crystallography*, 39(2), 169–175. <https://doi.org/10.1107/S0021889805042457>
- Wang, C. L. (2010). Theories and Methods of First Order Ferroelectric Phase Transitions, 1–26. Retrieved from <papers2://publication/uuid/9ADF8168-EB19-4F4A-986B-C874B2233F49>
- Wang, C. L., Zhang, L., Zhong, W. L., & Zhang, P. (1999). Switching characters of asymmetric ferroelectric films. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics*, 254(5), 297–300. [https://doi.org/10.1016/S0375-9601\(99\)00129-2](https://doi.org/10.1016/S0375-9601(99)00129-2)
- Wong, C. K., & Shin, F. G. (2008). A simplified treatment of the Landau theory of phase transitions for thin ferroelectric films. *American Journal of Physics*, 76(1), 31. <https://doi.org/10.1119/1.2800353>