

PERHITUNGAN POLARISASI SPONTAN DAN MOMEN QUADRUPOL POTENSIAL LISTRIK BAHAN PIZT ($\text{PbIn}_x\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-x-y}\text{O}_{3-x/2}$)

Muhammad Hikam¹, Edy Sarwono¹, dan Irzaman²

1. Program Pascasarjana Ilmu Material, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia
2. Departemen Fisika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16143, Indonesia

E-mail: hikam@ui.edu

Abstrak

PZT ($\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$) merupakan bahan berbentuk kristal *perovskite* yang dapat dimanfaatkan sebagai sensor inframerah. Penambahan sedikit *dopan* (bahan pendoping) dapat mengubah secara drastis karakteristik spesifik dari bahan keramik-ferroelektrik seperti polarisasi spontan, sifat dielektrik, sifat elektromekanik, elektrooptik dan sifat lainnya. *Hard doping* dengan menggunakan ion In^{3+} diaplikasikan pada penelitian ini dan dilakukan penumbuhan lapisan tipis dari bubuk PIZT ($\text{PbIn}_x\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-x-y}\text{O}_{3-x/2}$) pada substrat Si(100) dengan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) dengan konsentrasi 0,5 M dan kecepatan putar *spin coating* 3000 rpm. Karakteristik bahan PIZT baik bubuk maupun lapisan tipisnya diuji dengan difraksi sinar x. Analisis Rietveld dilakukan dengan menggunakan program GSAS-EXPGUI dan diperoleh parameter kisi dan komposisi fasa dari kristal. Polarisasi spontan (P_s) PIZT bubuk dan lapisan tipisnya mengalami penurunan dibandingkan dengan bahan asalnya (PZT). Polarisasi spontan yang optimum dari lapisan tipis PIZT dicapai pada rentang doping 0,5% - 1% In_2O_3 . Momen quadrupol potensial listrik ($\Phi_{Q(r)}$) bahan PIZT pada suatu titik $P(0,0,2a)$ mencapai kondisi optimum pada % doping 6% In_2O_3 dan dari hasil penelitian ini juga menunjukkan bentuk lapisan tipis PIZT memiliki nilai ($\Phi_{Q(r)}$) yang lebih baik daripada bentuk bubuknya untuk rentang doping > 1% In_2O_3 .

Abstract

The Calculation Spontaneous Polarization and Quadrupole Moment of Electric Potential PIZT ($\text{PbIn}_x\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-x-y}\text{O}_{3-x/2}$). PZT ($\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$) is a perovskite crystal that can be used for IR sensor. Small amount of dopant can drastically change the specific characteristic of ferroelectric ceramic such as spontaneous polarization, dielectric constant, electromechanical and also electro-optic properties. The addition of In^{3+} ion (called as hard doping) has been applied in this research. Thin film of PIZT ($\text{PbIn}_x\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-x-y}\text{O}_{3-x/2}$) has been deposited on Si(100) substrate with Chemical Solution Deposition (CSD) method. The concentration of solution is 0,5 M and the angular speed applied of spin coating is 3000 rpm. The PIZT sample has been analyzed with x-ray diffraction method. Rietveld analyses using GSAS-EXPGUI software resulted lattice parameter of crystal and phase compositions of PIZT samples. The values of all sample PIZT spontaneous polarization (P_s) have been calculated lower than PZT. The optimally P_s was reached at 0,5% to 1% In_2O_3 doping. Quadrupole moment of electric potential ($\Phi_{Q(r)}$) at point $P(0,0,2a)$ reached optimum at 6% In_2O_3 doping and they also showed that PIZT thin film have $\Phi_{Q(r)}$ higher value than their bulk form for In_2O_3 doping >1%.

Keywords: PZT, PIZT, XRD, Rietveld analyses, spontaneous polarization, quadrupole moment of electric potential

1. Pendahuluan

Peranan bahan pyroelektrik $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ (PZT) sangat menarik untuk diteliti karena dalam penerapannya dapat digunakan sebagai sensor inframerah [1-3]. Bahan pyroelektrik PZT dan turunannya memiliki kepekaan (responsivitas) tinggi terhadap panas dibanding dengan bahan pyroelektrik lainnya seperti LiTaO_3 , $\text{BaSr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ [4]. Berdasarkan hasil penelitian Iyon Suryana [2], polarisasi spontan bahan PZT bubuk dan lapisan tipisnya (dengan konsentrasi 0,5 M dan kecepatan putar *spin-coating* 3000 rpm) masing-masing adalah $64,4502 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ dan $66,0432 \mu\text{C}/\text{cm}^2$. Sedangkan bahan ferroelektrik lainnya seperti BaTiO_3 , PbTiO_3 dan KNbO_3 memiliki nilai polarisasi spontannya masing-masing adalah: 26; 52 dan $30 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ [5,6]. Selain itu, bahan ferroelektrik PZT dan turunannya mempunyai kelebihan dalam lingkungan yang tidak memerlukan pendinginan, berarti pembuatannya lebih layak dilakukan di laboratorium kampus-kampus Indonesia.

Pada aplikasinya seringkali diperlukan suatu keramik piezoelektrik yang memiliki karakteristik tertentu agar sesuai dengan kebutuhan pada penggunaan yang spesifik. Untuk memenuhi kebutuhan keramik pada aplikasi khusus tersebut, dapat dilakukan dengan melakukan modifikasi pada kondisi yang berbeda sehingga dihasilkan karakteristik yang berbeda pula. Teknik yang dipakai dalam memodifikasi keramik piezoelektrik adalah dengan substitusi unsur atau doping [6].

Dalam pembuatan lapisan tipis pada penelitian ini digunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) karena pada metode ini stokiometrinya mudah dikontrol dengan baik, mudah dibuat dan dilakukan pada temperatur rendah.

Tujuan umum penelitian ini adalah menumbuhkan *thin film* (lapisan tipis) bahan $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ yang didoping In_2O_3 dengan menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD). Sedangkan tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk menambahkan doping In_2O_3 pada bahan PZT untuk melihat pengaruhnya pada mutu lapisan tipis (PIZT) yang terbentuk kemudian menghitung polarisasi spontan (P_s) dan momen quadrupol potensial listrik (ϕ_{Qr}) dari bubuk dan lapisan tipis PIZT tersebut.

2. Metode Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Departemen Fisika FMIPA UI Depok. Pengujian lapisan tipis yang menggunakan peralatan XRD, XRF dan SEM dilakukan di Program Pascasarjana Ilmu Material FMIPA, UI Salemba.

Alat dan bahan yang dipergunakan mencakup bubuk PbTiO_3 , bubuk PbZrO_3 , bubuk In_2O_3 semuanya dengan kemurnian minimum 99%, pelarut 2-methoksietanol 99,99%, acetone pa (99%), aquades, hidrogen proksida pa, hidrogen fluorida pa dan hidrogen klorida pa. Substrat yang dipakai untuk lapisan tipis adalah Si(100).

Peralatan yang digunakan adalah: *Evaporator* untuk menguapkan pelarut, analytical balances SARTORIUS® model BL 6100, *furnace* merk VULCAN® 3-550, *Spin-coater* dengan *speed controler system* merk CLEMENTS®, XRF device (x-ray fluorescence) merk JEOL® SX 29020, XRD device (x-ray diffraction) merk PHILIPS® Analytical PW3710, dan SEM device (scanning electron microscope) merk JEOL® seri JSM-5310LV.

Tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tahap I yaitu pembuatan bubuk PIZT yang dilanjutkan dengan proses annealing bubuk pada temperatur 750°C . Tahap II yaitu pembuatan lapisan tipis PIZT dari bahan bubuk PIZT yang telah diannaeling dan dilanjutkan dengan proses annealing kembali lapisan tipis tersebut pada temperatur 750°C . Tahap III selanjutnya karakterisasi struktur kristal baik dari bubuk maupun lapisan tipis PIZT. Tahap IV berupa menganalisis nilai parameter kisi dan menghitung polarisasi spontan dan momen quadrupol potensial listrik bahan.

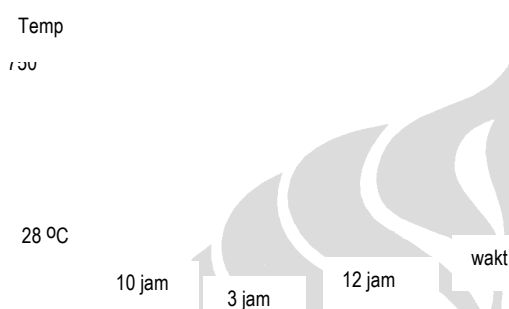
3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan 12 gram bubuk PIZT dengan reaksi padatan dilakukan dengan cara mencampurkan 5,302 gram bubuk lead titanat (PbTiO_3 99%), 6,698 gram bubuk lead zirkonat (PbZrO_3 99.7%) dan indium oksida (In_2O_3) ditumbuk dalam mesin mortar selama 24 jam dan diperoleh 12 gram bubuk PIZT. Campuran ini kemudian ditekan sampai pada tekanan

68.94 MPa selama 15 menit untuk pembuatan pelet. Pelet kemudian diannealing dalam *furnace* (tanur pemanas) pada suhu 750 °C selama 3 jam dengan proses pemanasan mengikuti kurva pada Gambar 1.

Selanjutnya untuk membuat lapisan tipis dengan metode CSD (*Chemical Solution Deposition*) perlu dibuat larutan dan proses persiapan substrat. Pembuatan larutan 0,5 M PIZT dilakukan dengan menimbang sebanyak 0,42 gram bubuk PIZT kemudian dilarutkan dalam 2,5 ml 2-methoksietanol 99.9%. Larutan ini kemudian diaduk selama 1 jam dalam tabung reaksi sehingga diperoleh larutan 0,5 M larutan PIZT yang siap untuk dibuat lapisan tipis.

Substrat yang digunakan adalah Si (100). Si (100) tersebut dipotong-potong dengan ukuran 12 mm x 12 mm dengan menggunakan pemotong intan.



Gambar 1. Kurva perubahan temperatur pada proses annealing

Substrat dibersihkan dengan aseton selama 10 menit lalu dibersihkan dengan methanol selama 10 menit kemudian dibilas dengan aquades. Selanjutnya dilakukan 3 tahap pembersihan pada substrat. Pertama substrat direndam selama 15 menit dalam larutan $H_2O:NH_2OH:H_2O_2$ (perbandingan 5:1:1) yang telah dibiarkan selama 1-2 menit. Selanjutnya substrat direndam dalam larutan $H_2O:HF$ (perbandingan 50:1) untuk membuang lapisan tipis silikon dioksida dimana pengotor logam kemungkinan terkumpul akibat proses sebelumnya. Langkah terakhir adalah merendam substrat dalam larutan $H_2O:H_2O_2:HCl$ (dengan perbandingan 6:1:1) selama 10 menit. Setelah selesai kemudian substrat dibilas dengan aquades. Setelah bersih substrat dikering-kan dan siap dipakai.

Substrat yang telah siap digunakan diletakkan pada reaktor *spin coating* dan ditetesi dengan larutan PIZT yang telah disiapkan. Lapisan tipis dibentuk dengan adanya pemutaran reaktor *spin coating* pada kecepatan 3000 rpm dalam waktu 30 detik. Lapisan tipis tersebut kemudian dikeringkan untuk selanjutnya diannealing selama 3 jam dengan tahapan sesuai Gambar 1.

Dengan menggunakan instrumen XRF, maka unsur-unsur berat (selain O) penyusun bahan PIZT dapat diketahui.

Dari hasil pengukuran XRF seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2, dapat dikatakan bahwa semakin besar In_2O_3 yang ditambahkan dalam campuran $PbTiO_3$ dan $PbZrO_3$, maka hasil pengukuran dengan XRF menunjukkan wt%-In yang terdeteksi juga ada kecenderungan semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa unsur Indium yang didoping telah masuk dalam campuran PZT dengan benar sesuai prosentasi dopan (In_2O_3). Sehingga dapat dikatakan bahwa sampel PIZT yang berasal dari bahan-bahan $PbTiO_3$, $PbZrO_3$ dan In_2O_3 yang dibuat sudah dapat dipakai untuk pengukuran lebih lanjut, yaitu dengan XRD

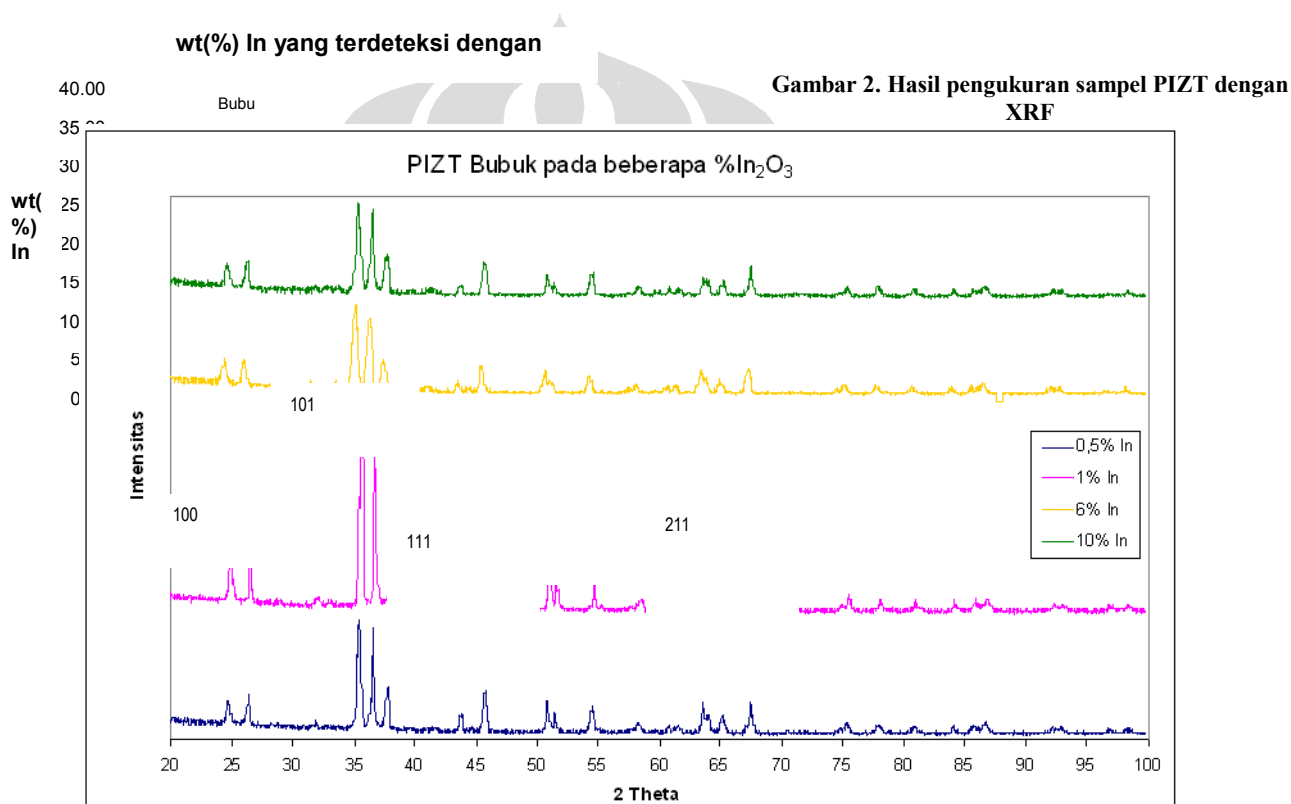
Hasil pengukuran Difraksi Sinar-x sampel PIZT dengan alat XRD Philips type PW 1140/00 untuk sampel bubuk terdapat pada Gambar 3.

Dari kurva tersebut, terlihat puncak-puncak intensitas diantara keempat sampel PIZT bubuk dengan variasi %-doping In_2O_3 mempunyai kemiripan. Puncak-puncak intensitas tertinggi (*3 strongest line*) fasa PIZT hasil refine dengan GSAS terdapat pada bidang-bidang hkl (100), (101) dan (200). Hasil refine dengan GSAS sampel hasil uji XRD menunjukkan adanya 2 fasa yang terdapat dalam sampel, yaitu fasa PIZT dan fasa $PbTiO_3$ sebagai sisa (*residu*) bahan penyusun PIZT yang belum terbentuk. Selanjutnya, bubuk PIZT yang telah terbentuk tersebut, dibuat lapisan tipis dengan teknik CSD

(*Chemical Solution Deposition*) yang ditumbuhkan pada substrat Si(100), dengan konsentrasi larutan 0,5% M dan kecepatan putar *spin-coating* yang diaplikasikan adalah 3000 rpm.

Hasil pengukuran XRD sampel lapisan tipis PIZT terdapat pada Gambar 4 a-d. Dari keempat kurva lapisan tipis PIZT tersebut, terlihat bahwa puncak-puncak intensitas semakin berkurang pada lapisan tipis, dibandingkan pada bubuk. Arah bidang *hkl* (100) pada lapisan tipis ini semakin dominan, walaupun bidang-bidang *hkl* (101) dan (111) masih terbentuk cukup jelas.

Hal tersebut memberikan arti bahwa penumbuhan PIZT pada lapisan tipis menyebabkan adanya orientasi bidang-bidang *hkl* dari struktur kristal. Orientasi bidang-bidang *hkl* tersebut disebabkan oleh batas butir pada bubuk PIZT yang semakin besar, terutama dengan adanya proses *re-annealing* dalam proses pembuatan



Gambar 3. Kurva Hasil Pengujian Difraksi Sinar-x sampel PIZT bubuk pada berbagai variasi doping In_2O_3 (dari bawah keatas 0,5%In sampai 10%-In).

lapisan tipis tersebut. Kami tidak sampai pada pengujian batas butir lapisan tipis PIZT tersebut karena kami tidak melakukan proses *sintering* dalam penelitian ini. Karena batas butir lapisan tipis akan terbentuk apabila dilakukan proses *sintering* tersebut [6].

Data hasil pengukuran dengan XRD, kemudian dilakukan *refinement* dengan *software* GSAS-EXPGUI. Proses refine dimulai dengan melihat data hasil pengukuran XRD yang dianalogikan parameter kisi dan posisi atomnya sama sebagai hasil refine PZT yang pernah dilakukan penelitian sebelumnya [7]. Setelah dilakukan proses refine dengan mencoba beberapa fase yang mungkin terdapat dalam sample PIZT yang diukur dengan XRD adalah sebagai berikut :

- Satu fasa PIZT, ternyata hasil refine tidak konvergen dan *tick-mark* sebagian besar tidak sesuai dengan fasa yang diduga,
- Fasa PZT + In_2O_3 ,
- Fasa PbTiO_3 + PbZrO_3 + In_2O_3 ,
- Fasa PIZT + substrat Si(100),

Dari proses uji coba refine GSAS tersebut, ternyata fasa yang sesuai adalah PIZT dengan campuran PbTiO_3 yang dianggap sebagai residu bahan awal penyusun PIZT tersebut. Pada hasil *refinement* data hasil XRD sampel bubuk dan lapisan tipis PIZT ini kami menemukan bahwa residu PbTiO_3 masih relatif besar (untuk bentuk bubuk wt% hasil GSAS masih sekitar 40% sedangkan untuk lapisan tipis wt% antara 20%-50%). Hal ini memberikan arti bahwa paduan keramik antara PbTiO_3 ,

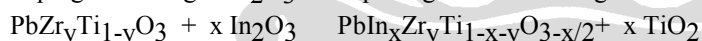
Tabel 1. Hasil proses analisa Rietveld sampel bubuk dan lapisan tipis PIZT dengan program GSAS

Hasil :	BUBUK PIZT			
	0,5%-In	1%-In	6%-In	10%-In
a=b (Å)	4.166	4.159	4.132	4.139
c (Å)	4.117	4.110	4.114	4.141
Lapisan Tipis PIZT 1-lapisan				
a=b (Å)	4.154	4.150	4.150	4.200
c (Å)	4.123	4.122	4.075	4.161
Lapisan Tipis PIZT 2-lapisan				
a=b (Å)	4.161	4.161	4.144	4.159
c (Å)	4.097	4.113	4.110	4.114

PbZrO_3 dan In_2O_3 belum sepenuhnya terbentuk. Fenomena ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain : homogenitas pencampuran ketiga bahan tersebut yang belum baik, ukuran partikel yang masih terlalu besar saat proses pencampuran untuk membentuk paduan keramik yang sempurna, dan belum dilakukannya proses *sintering* pada pembuatan keramik PIZT ini. Walaupun demikian, pada kasus lapisan tipis yang telah dilakukan proses *annealing* dua kali (*re-annealing*) memberikan efek yang cukup baik, yaitu dengan terbentuknya orientasi dominan dari struktur kristal lapisan tipis PIZT tersebut.

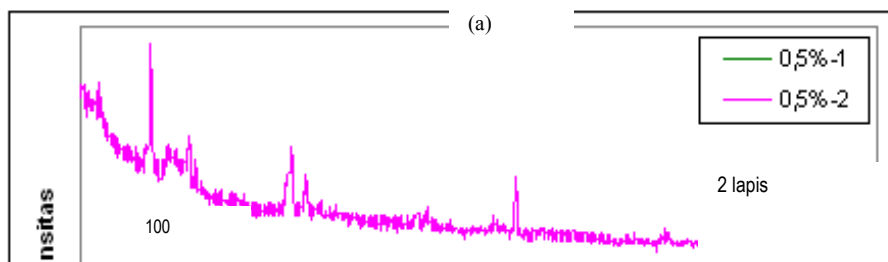
Hasil parameter kisi yang diperoleh pada proses refine tersebut adalah seperti yang ditampilkan dalam Tabel 1 dengan *space group* adalah P4mm.

Dari hasil analisa Rietveld, fasa PbZrTiO_3 tidak muncul dalam campuran sedangkan fasa PbTiO_3 masih ada dalam campuran akhir bersama PIZT. Hal ini memberikan arti bahwa In_2O_3 (ion In^{3+}) telah mendoping bahan PZT dengan menempati posisi ion Ti^{4+} dalam struktur *perovskite*. Dengan demikian mekanisme pembentukan PIZT dalam proses doping PZT dengan In_2O_3 ini dapat digambarkan sebagai berikut:



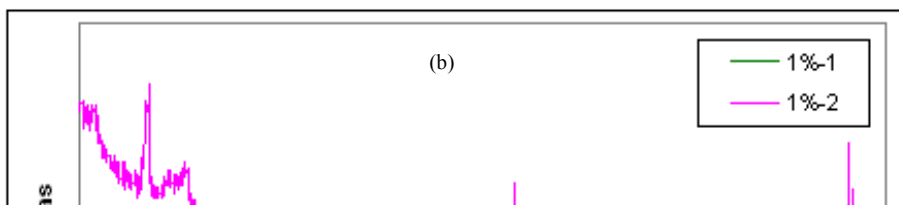
Dengan mekanisme seperti yang ditulis diatas, semestinya dalam campuran akhir PIZT terdapat fasa TiO_2 , tetapi kami tidak menemukannya. Hal ini kemungkinan besar, karena ion Pb^{2+} yang sangat mudah terevaporasi pada temperatur tinggi (saat proses *annealing* atau *re-annealing*) dan berdifusi ke TiO_2 sehingga terbentuk fasa PbTiO_3 dan terakumulasi sebagai residu.

Gambar 4 (a)



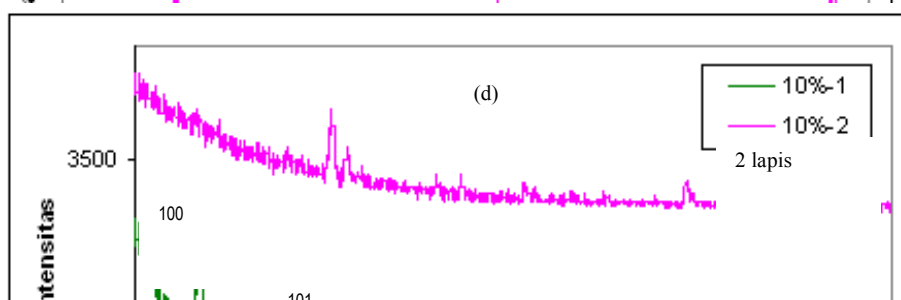
Kurva pola Difraksi Sinar-x Lapisan Tipis PIZT 0,5% In₂O₃

Gambar 4 (b)



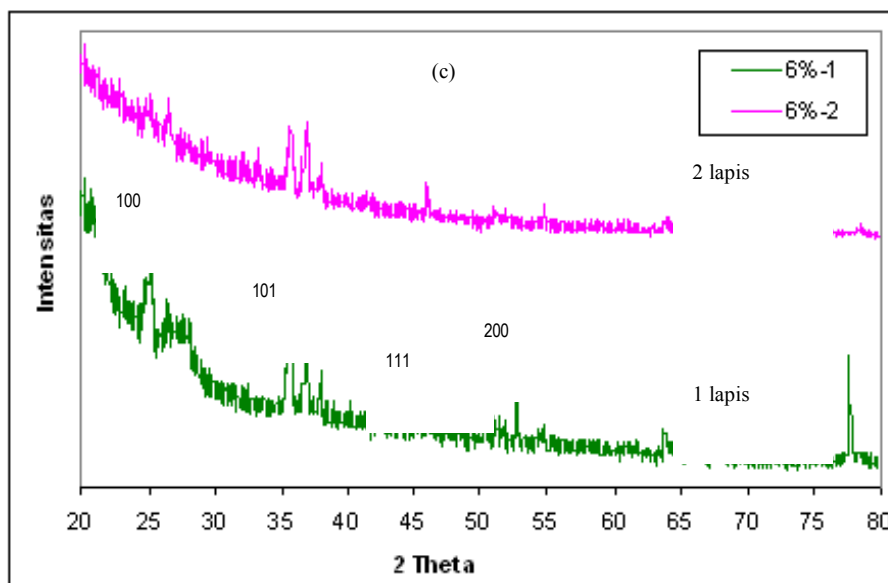
Kurva pola Difraksi Sinar-x Lapisan Tipis PIZT 1% In₂O₃

Gambar 4 (c)



Kurva pola Difraksi Sinar-x Lapisan Tipis PIZT 6% In₂O₃

Gambar 4 (d)
Difraksi Sinar-x PIZT 10% In₂O₃



Kurva pola Lapisan Tipis

Dari hasil refine diperoleh struktur PIZT. parameter kisi digunakan menghitung spontan.

GSAS, dapat parameter kisi perovskite Selanjutnya tersebut untuk polarisasi

Dari hasil polarisasi bahwa pada lapisan tipis

perhitungan spontan terlihat bubuk dan PIZT, nilai

polarisasi spontan semakin besar dengan bertambahnya %-In₂O₃ yang didoping dan mencapai maksimum pada doping 6%-In₂O₃. Sehingga dapat dikatakan bahwa prosentase doping yang optimum untuk menghasilkan polarisasi spontan PIZT maksimum adalah pada rentang doping 1% sampai 10% In₂O₃ seperti yang dapat dilihat dari kurva pada Gambar 5.

Nilai hasil penghitungan polarisasi spontan untuk PIZT pada penelitian ini sedikit lebih rendah dibandingkan nilai polarisasi spontan bahan PZT hasil penghitungan yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya masing-masing untuk bubuk PZT dan lapisan tipis PZT sebesar 64,4502 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ dan 66,0432 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ [2].

Perlakuan doping In₂O₃ pada bahan PZT memperkecil nilai polarisasi spontan (P_s) bahan baik untuk bentuk bubuk maupun lapisan tipisnya. Hal ini disebabkan pada doping dengan kategori *hard-doping* seperti yang dilakukan pada

penelitian ini dengan menggunakan ion In^{3+} sebagai pengganti ion Ti^{4+}/Zr^{4+} menyebabkan efek menaikkan sifat kekerasan dari bahan PZT. Tetapi nilai konstanta dielektrik dan sebagian konstanta listrik lainnya seperti coupling faktor k_p dan bulk resistivity ρ_v menurun [6].

Pembentukan lapisan tipis PIZT dengan prosentasi doping In_2O_3 diatas 6% pada keramik PIZT seperti terlihat pada Gambar 5 memberikan efek memperkecil nilai polarisasi spontan (P_s) lapisan tipis. Pembentukan lapisan tipis PIZT akan memberikan efek peningkatan nilai polarisasi spontan keramik PIZT seiring dengan semakin tipisnya *film* untuk rentang doping 0,5%- In_2O_3 sampai 4%- In_2O_3 .

Secara umum, pembentukan lapisan tipis pada keramik ferroelektrik seperti bahan PIZT ini akan memberikan efek sensitifitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bubuknya [6]. Seperti terlihat pada hasil refine GSAS pada pembahasan sebelumnya, puncak-puncak intensitas hasil XRD semakin terorientasi pada lapisan tipis, yang mengindikasikan bahwa domain-domain yang dominan pada fasa ferroelektrik semakin terbentuk. Hal inilah yang menyebabkan pembentukan lapisan tipis (untuk rentang doping 0,5% - 1%) memberikan beberapa sifat listrik bahan seperti nilai polarisasi spontan (P_s) yang lebih baik dibandingkan bentuk bubuknya.

Pada lapisan tipis PIZT seperti yang terlihat pada Gambar 4-a sampai 4-d, terdapat pola difraksi yang agak unik, karena terbentuk puncak yang relatif dominan pada sudut $2\theta = 77,8^\circ$ yang bukan merupakan fasa PIZT ataupun residu ($PbTiO_3$). Puncak ini berasal dari substrat yang dipakai yaitu Si(100).

Hasil penelitian menunjukkan, pada rentang doping 0,5% - 4% In_2O_3 semakin tipis lapisan, memberikan sensitifitas yang lebih baik dari bahan keramik ferroelektrik karena seperti terlihat di hasil GSAS, semakin terbentuk orientasi bidang-bidang hkl yang dominan (100) dari fasa PIZT dan menurunnya puncak-puncak yang tidak dominan (111). Pada penelitian ini, untuk rentang doping 0,5% sampai 1% In_2O_3 pembentukan lapisan tipis memberikan hasil yang optimal untuk nilai polarisasi spontan (P_s) bahan PIZT.

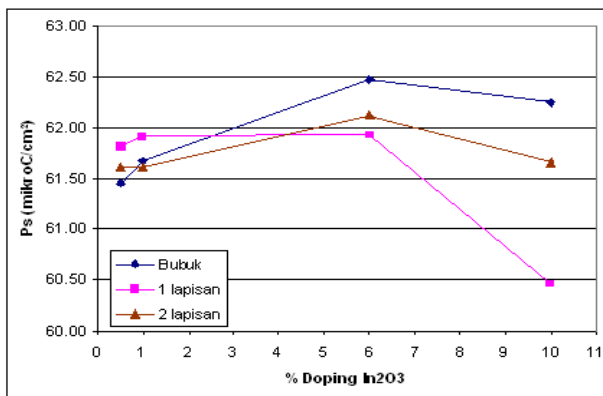
Berdasarkan perhitungan Tensor Momen Quadrupol dengan menggunakan rumus persamaan (1) dan (2),

$$Q_{jk} = \sum q_i (3 j_i k_i - r_i^2 \delta_{jk}) \dots\dots\dots (1)$$

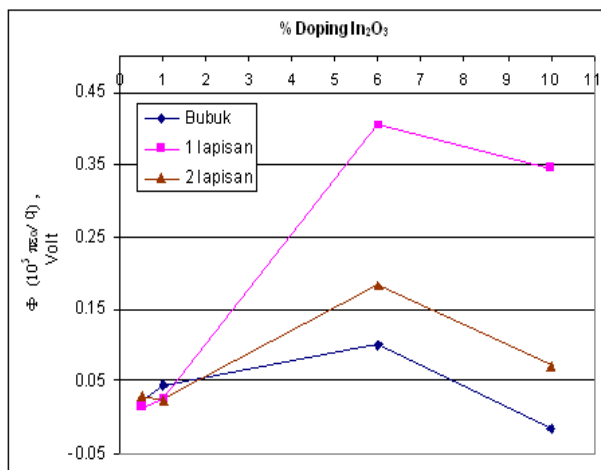
dengan $j, k = x, y, z$ dan δ_{jk} = delta kronektor, q_i = muatan listrik (coulomb), Sedangkan $r_i^2 = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2$

$$\phi_{Qr} = \sum_{j=x,y,z} \sum_{k=x,y,z} \frac{1}{(8\pi\epsilon_0 r^5)} \sum_i q_i j_i k_i Q_{jk} \text{ (Volt)} \quad (2)$$

maka momen quadrupol potensial listrik (ϕ_{Qr}) pada suatu muatan titik di dekat kristal PIZT, misal pada suatu titik P (0,0,2a) dapat dihitung. Hasil penghitungan nilai (ϕ_{Qr}) dan hubungannya dengan prosentasi doping Indium dan jumlah lapisan pada lapisan tipis terdapat pada Gambar 6.



Gambar 5. Kurva hasil penghitungan polarisasi spontan dan hubungannya dengan % doping Indium



Gambar 6. Momen quadrupol potensial listrik bahan PIZT

Tabel 2. Perhitungan Momen Quadrupol

%doping	MQ-Potensial listrik, ϕ ($10^5 \times \pi \epsilon_0 / q$) Volt		
	Bubuk PIZT	PIZT lap tipis 1	PIZT lap tipis 2
0.5%-In	0.02172	0.0138	0.0286
1%-In	0.04402	0.0254	0.0251
6%-In	0.10098	0.4047	0.1821
10%-In	-0.01509	0.3450	0.0713

Terlihat bahwa nilai momen quadrupol potensial listrik (ϕ_{QR}) untuk lapisan tipis lebih tinggi dibandingkan bubuk PIZT pada rentang doping In₂O₃ > 1%. Lapisan tipis PIZT dengan 1 lapisan mempunyai nilai (ϕ_{QR}) yang lebih baik dibandingkan 2 lapisan pada doping In₂O₃ > 0,5%. Penjelasan untuk alasan ini sama dengan penjelasan pada pengaruh lapisan pada pengaruhnya terhadap nilai polarisasi spontan, dimana semakin tipis lapisan mengakibatkan terbentuknya puncak-puncak yang semakin dominan pada bidang hkl (100) yang tidak lain adalah fasa PIZT pada campuran padatan PIZT seperti yang ditunjukkan pada hasil refine dengan program GSAS (Gambar 4-a sampai 4-d). Dari Gambar 6 juga terlihat nilai (ϕ_{QR}) mencapai optimum pada doping In₂O₃ sebesar 6%.

4. Kesimpulan

Telah berhasil dibuat bubuk dan lapisan tipis PZT yang didoping dengan indium oksida (PIZT). dengan kandungan akhir dalam larutan padatan adalah PIZT dan PbTiO₃ sebagai pengotor atau residu. Nilai polarisasi spontan (P_s) bahan PIZT lebih kecil dibandingkan dengan bahan PZT baik untuk bubuk maupun lapisan tipis. Nilai momen quadrupol potensial listrik (ϕ_{QR}) PIZT untuk lapisan tipis lebih baik dibandingkan dengan bentuk bubuknya (pada doping In₂O₃ >1%) dan untuk lapisan PIZT 1 lapis memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan 2 lapis (untuk doping In₂O₃ > 0,5%). Nilai momen quadrupol potensial listrik (ϕ_{QR}) PIZT ini mencapai optimum pada doping In₂O₃ sebesar 6%.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada KMNRT dan LIPI yang melalui proyek RUT IX telah mendanai sebagian penelitian ini dengan nomor kontrak 14.05/SK/RUT/2004. Kami juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Azwar Manaf, ketua program studi Ilmu Material - UI yang telah memberikan kemudahan fasilitas riset.

Daftar Acuan

- [1] Irzaman, A. Fuad, P. Arifin., M. Barmawi, Prosiding Seminar Industrial Electronic, ITS, Surabaya, 1999.
- [2] I. Suyana, Tesis Master, Program Studi Ilmu Fisika FMIPA, Universitas Indonesia, Indonesia, 2003.
- [3] M. Hikam, Laporan Pelaksanaan Riset Unggulan Terpadu (RUT) IX.3 Tahun 2004, KRT-LIPI, Jakarta, 2004
- [4] J. Fraden, Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs and Applications, 2nd. ed., Springer-Verlag, New York, 1996.
- [5] L.L. Hench, J.K. West, Principle of Electronic Ceramics, John Wiley & Sons, Singapore, 1990.
- [6] Y. Xu, Ferroelectric Material and Their Applications, North-Holland, Netherlands, 1991.
- [7] T. Yogaraksa, M. Hikam, Makalah PPI Standarisasi dan Jaminan Mutu, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia, 2002.

