

**PENGARUH PENAMBAHAN PVDF (POLYVINYLIDINE FLOURIDE)
PADA HASIL PEMOLINGAN BAHAN PIEZOELEKTRIK
 $\text{PbZr}_{(0,52)}\text{Ti}_{(0,48)}\text{O}_3$ (PZT) YANG DILENGKAPI ALAT PEMUTUS POLING**

Kgs Haprido¹, Alimin Mahyudin¹, Mardiyanto²

¹Jurusan Fisika, FMIPA universitas andalas

²Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional

e-mail:haprido.kiagus90@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan PVDF (*Polyvinylidene Flouride*) pada hasil pemolingan bahan piezoelektrik $\text{PbZr}_{(0,52)}\text{Ti}_{(0,48)}\text{O}_3$ (PZT) yang dilengkapi alat pemutus poling. Sintesis bahan piezoelektrik PZT dengan metode reaksi padatan (*solid state reaction*) pada suhu sintering $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bahan piezoelektrik dicampur dengan PVDF dengan variasi massa 0,05 gr, 0,07gr, 0,09 gr, 0,11 gr, dan 0,13 gr sebagai perekat agar PZT tidak mudah hancur saat digunakan. Campuran PZT dan PVDF diberi lapisan logam di kedua sisinya dengan metode *thermal spraying* menggunakan alat *sputtering cutter*. Sampel kemudian dipoling dengan tegangan 2 kV/mm dengan mesin televisi sebagai sumber tegangan tinggi yang dilengkapi dengan regulator sebagai pengatur tegangan keluaran dan alat pemutus poling untuk menghindari terjadinya arus pendek. Alat pemutus poling bekerja dengan tegangan referensi sebesar 10 V. Sebelum dan sesudah pemolingan dilakukan pengukuran koefisien piezoelektrik menggunakan alat d33 meter. Koefisien piezoelektrik terbesar yaitu sebesar 45×10^{-12} C/N diperoleh pada penambahan PVDF 0,05 gr.

Kata kunci : Piezoelektrik, PZT, PVDF, tegangan, poling, pemutus poling

ABSTRACT

The research is about effect of addition of PVDF on piezoelectric coefficient of PZT using poling breaker. $\text{PbZr}_{(0,52)}\text{Ti}_{(0,48)}\text{O}_3$ (PZT) was synthesized using solid state reaction method with sintering temperature of $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. The piezoelectric material was mixed with PVDF (polyvinylidene fluoride) as a glue of 0.05 gr, 0.07 gr, 0.09 gr, 0.11 gr, and 0.13 gr so that PZT is not easily broken during using it. The mixtures of PZT and PVDF are then coated with metal layer on their both sides by thermal spraying method using a sputtering coating tool. Samples were then polled at 2 kV / mm by using television machine as the source of high voltage that equipped with regulator to regulate output voltage and polling breaker to avoid a short circuit. Polling breaker worked at refences voltage 10 V. Before and after polling, piezoelectric coefficient was measured using d33 meter. The highest value of d33 is reached at addition of 0.05 gr PVDF 45×10^{-12} C / N.

Keyword : Piezoelectric, PZT, PVDF, voltage, polling, polling breaker

I. PENDAHULUAN

Bahan Piezoelektrik adalah suatu bahan yang memiliki kemampuan menghasilkan tegangan listrik bila mendapatkan perlakuan tekanan atau regangan. Fenomena yang sangat menarik dari bahan piezoelektrik yakni dapat membangkitkan muatan listrik pada saat material dikenai *stress* mekanis, begitu juga sebaliknya dapat pula membangkitkan *strain* mekanis dalam merespon medan listrik yang teraplikasi pada bahan tersebut. Piezoelektrik memiliki sifat reversibel, yakni efek langsung yaitu menimbulkan potensial listrik akibat tekanan mekanik dan efek tak langsung yaitu timbulnya tekanan akibat pemberian tegangan listrik yang mengakibatkan perubahan dimensi (Triwahyuni, 2010).

Salah satu pemanfaatan bahan piezoelektrik adalah untuk menghasilkan energi listrik sehingga dapat digunakan sebagai sumber tegangan. Bahan ini sudah dikembangkan penggunaannya dalam kehidupan sehari hari, sebagai penambahan pasokan listrik. Akhir-akhir ini, bahan piezoelektrik telah digunakan sebagai *harvesting energy* (penghasil energi), namun energi yang dihasilkan oleh bahan-bahan ini masih kecil (Sodano dan Inman, 2005). Adapun kelebihan dari bahan piezoelektrik yaitu tidak memiliki zat buang sehingga tidak mencemari lingkungan, sumbernya tersedia cukup banyak dan mudah diimplementasikan.

Bahan piezoelektrik terus dikembangkan dengan menggunakan berbagai jenis zat dan berbagai metode sintesis. Bahan piezoelektrik yang banyak digunakan adalah PZT (*Lead*

Zirconium Titanat). Namun demikian banyak peneliti yang enggan melakukan riset lebih jauh lagi dari bahan ini, dikarenakan adanya kandungan Pb yang dianggap sebagai bahan beracun. Karena sifat kepiezoelektrikan yang sangat baik dari bahan ini, maka bahan piezoelektrik yang berbahan Pb ini sangat menarik untuk diteliti. Berbagai jenis metode sintesis dengan proses sintesa dilakukan agar sifat bahaya dari Pb dapat diminimalisir

PZT merupakan salah satu bahan keramik yang memiliki sifat piezoelektrik yang sering digunakan dalam pembuatan sensor maupun aktuator. PZT dengan struktur perovskit banyak dikembangkan dalam pembuatan mikroelektrik karena memiliki keunggulan sifat feroelektrik dan piezoelektrik. PZT memiliki sifat yang mudah hancur saat digunakan sebagai piezoelektrik, sehingga diperlukan material pendukung lain yang ditambahkan untuk memperkuat PZT. Material ini diharapkan juga memiliki sifat piezoelektrik, sehingga dengan tambahan bahan tersebut tidak mengganggu atau merusak sifat piezoelektrik yang dimiliki PZT, bahkan juga bisa meningkatkan energi yang dihasilkan. Material yang digunakan biasanya bersifat sebagai perekat seperti PVDF (*Polyvinylidene Flouride*).

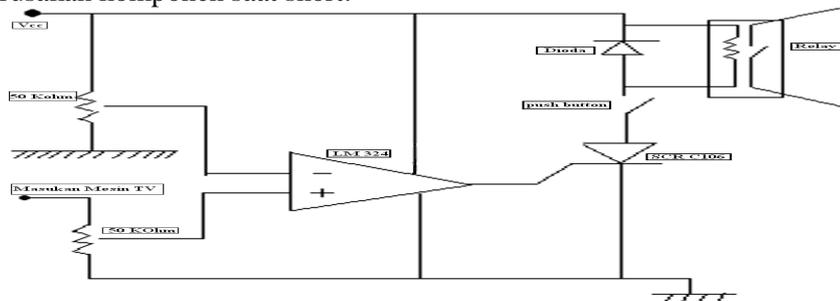
Tujuan dari penelitian ini adalah memperlihatkan pengaruh penambahan PVDF pada hasil pemolangan bahan piezoelektrik PZT yang dilengkapi alat pemutus poling. Hasil pemolangan dapat dilihat dari besarnya nilai koefisien piezoelektrik tersebut.

II. METODE

Untuk menghasilkan $PbZr_{(0,52)}Ti_{(0,48)}O_3$ (PZT) dengan massa 20 gram maka digunakan perbandingan mol untuk menentukan massa masing-masing bahan yang akan digunakan, dan diperoleh massa untuk masing-masing bahan bubuk PbO , ZrO_2 dan TiO_2 adalah 13,708 gram, 3,936 gram dan 2,3548 gram berurutan. Sintesis dilakukan dengan metode *solid state reaction*. Awalnya ketiga bahan di gerus selama 4 jam di padatkan dengan tekanan 5000 Psi sehingga membentuk pellet, dilanjutkan dengan sintering pada suhu $900\text{ }^{\circ}C$ selama 5 jam. Karakterisasi PZT menggunakan XRD dilakukan untuk menentukan puncak-puncak difraksi bahan. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai parameter kisi dan struktur kristal piezoelektrik dari bahan PZT. PZT dengan suhu sintering $900\text{ }^{\circ}C$ (Syahfandi ahda dan Mardiyanto 2007) sudah termasuk piezoelektrik yang bagus, dengan massa 9,2 gr akan di gerus kembali selama 15 menit sehingga menjadi serbuk.

Serbuk PZT dengan masing-masing massa 1,8 gr dicampur dengan PVDF. Campuran kemudian digerus dan dipadatkan pada tekanan 7000 Psi selama 5 menit dengan ketebalan 1 mm dalam bentuk pelet. Variasi PVDF ada lima yaitu 0,05 gr, 0,07 gr, 0,09 gr, 0,11 gr dan 0,13 gr. Campuran PZT dan PVDF yang telah dalam bentuk pelet diberi lapisan logam dikedua sisinya menggunakan metode *thermal spraying* menggunakan alat *sputtering cutter* selama 1 jam.

Bahan piezoelektrik kemudian dipoling untuk menyearahkan dipol listrik dalam bahan tersebut. Alat poling yang dibuat menggunakan mesin TV 29 inchi. Pada rangkaian tv ditambahkan rangkaian regulator untuk bervariasi tegangan masukan dengan tujuan mengurangi resiko kerusakan alat akibat arus pendek, namun masih terjadinya short. Sehingga di buat rangkaian pemutus poling yang dapat di lihat pada gambar 1 dengan tujuan dapat menghindari kerusakan komponen saat short.



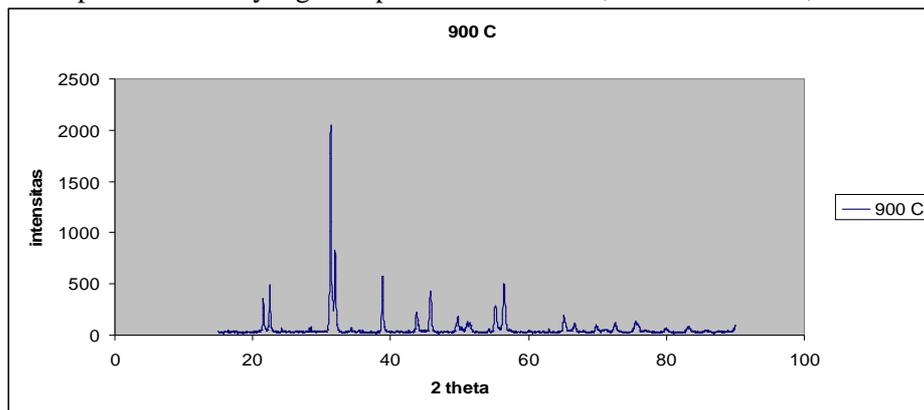
Gambar 1 Rangkaian pemutus hubungan poling

Bahan hasil sintesis yang telah berbentuk pelet dipoling dengan menggunakan sumber tegangan tinggi yang dihubungkan dengan elektroda yang direndam dalam *silica oils* suhu 80 °C. Bahan ini diberikan tegangan 2 kV/mm selama 60 menit dengan tujuan agar dipol pada bahan menjadi searah. Sebelum dan sesudah poling dilakukan pengukuran dengan d33 meter. d33 meter merupakan suatu alat untuk menentukan suatu keramik sebagai bahan yang siap dijadikan piezoelektrik (koefisien piezoelektrik), besarnya nilai d33 akan memperlihatkan berapa bagusnya bahan piezoelektrik tersebut. Pengujian *harvesting energy* dilakukan dengan metode piezoelektrik yaitu memberikan tekanan pada bahan. Bahan PZT yang sudah dipoling diberikan tekanan sehingga energi mekanik yang ditujukan untuk bahan ini diubah ke dalam bentuk energi listrik dengan tujuan untuk dapat mengukur tegangan yang dihasilkan bahan tersebut.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pola difraksi

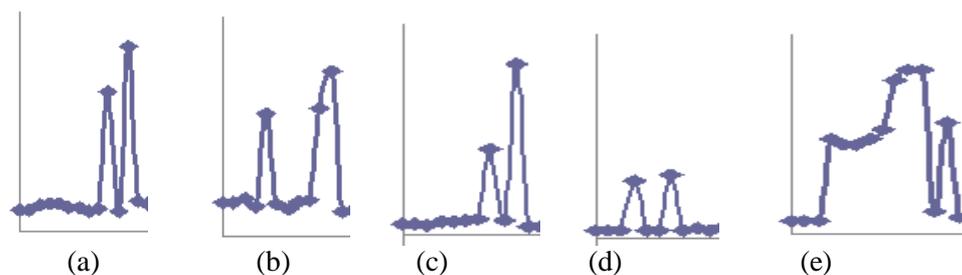
Pola difraksi PZT ini terlihat pada gambar 2 beberapa puncak kembar yang menjelaskan bahwa bahan piezoelektrik tersebut berstruktur tetragonal (Syahfandi Ahda dan Mardiyanto 2007) yaitu pada 22,5, 31,8, 45,2 dan 55,6. Pada bahan piezoelektrik dengan perbandingan masa ini, ada kemungkinan terjadinya MPB (*Morphotropic Phase Boundary*) yaitu terjadinya dua struktur kristal di dalam sebuah bahan seperti tetragonal dengan rombohedral, namun untuk bahan ini masih dalam struktur tetragonal. Struktur kristal yang terbentuk adalah tetragonal. Untuk piezoelektrik dengan struktur tetragonal nilai $\alpha=\beta=\gamma = 90$. besarnya nilai parameter kisi yang di dapat adalah $a=b = 4,0672 \text{ \AA}$ dan $c= 4,0724$.



Gambar 2 Pola difraksi PZT dengan sintering 900 °C

3.2 Penghasil Energi (*Harvesting Energy*)

Bahan piezoelektrik PZT yang telah dipoling dilanjutkan dengan pengujian tegangan pada setiap sampel. Pada gambar 3 adalah gambar-gambar dari pengujian sampel yang dilakukan dengan memberikan beberapa tekanan secara manual sehingga besarnya tekana tidak dapat diukur secara signifikan. Sebuah tangan manusia dapat memberikan tekanan yang nilainya tidak beraturan dan tangan manusia juga memiliki aliran listrik statis yang bisa mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh bahan ini.



Gambar 3 Hasil pengujian tegangan (a) PZT + PVDF 0.05 gr (b) PZT + PVDF 0.07 gr (c) PZT + PVDF 0.09 gr (d) PZT + PVDF 0.11 gr (e) PZT + PVDF 0.13 gr

Dari kelima grafik dapat dilihat bahwa semua bahan telah bisa menghasilkan tegangan. Tegangan yang dihasilkan berasal dari besarnya tekanan yang diberikan pada bahan piezoelektrik tersebut. Semakin besar tekanan yang diberikan semakin besar tegangan yang dihasilkan. Untuk PZT + PVDF 0,05 gr merupakan bahan piezoelektrik baik dalam penelitian karena dapat memperlihatkan secara teratur besarnya tegangan yang dihasilkan setiap kali diberi tekanan. Sedangkan untuk sampel yang lain terdapatnya beberapa titik yang saling berdekatan sehingga hampir terbentuk satu garis datar. Seperti pada PZT + PVDF 0,13 mulai terdapatnya titik-titik berdekatan dikarenakan bahan tersebut memiliki perekat yang mengakibatkan sisi bahan dengan sisi alat pengujian saling menempel dalam beberapa waktu.

3.3 Hasil pengukuran d33 meter

Sebelum dan sesudah proses poling dilakukan pengukuran d33 meter yang dijelaskan lewat tabel 1 Hasil pengukuran d33 (koefisien piezoelektrik) sesudah poling terjadi penambahan dari sebelum poling, ini menyatakan bahwa sudah mulai searahnya dipol dari bahan tersebut. Nilai d33 yang tertinggi terdapat pada bahan PZT + PVDF 0,05 gr sebesar 45×10^{-12} C/N, dikarenakan terdapatnya sedikit PVDF di dalam pelet tersebut. Semakin banyaknya campuran PVDF di dalam bahan diharapkan semakin kecil hasil d33 sesudah pemolingan dilakukan. PVDF memiliki nilai d33 lebih kecil dibandingkan dengan PZT murni. Untuk PZT murni nilai d33 nya adalah 450×10^{-12} C/N sehingga hasil yang didapatkan masih belum optimal. Hal ini terjadi karena banyak faktor diantaranya PZT di campur dengan PVDF, ketebalan bahan, tegangan yang digunakan saat poling, atau suhu *silica oil* saat poling dan lain lain.

PVDF merupakan sebuah bahan material yang bersifat piezoelektrik yang kurang bagus. Dari pengukuran d33 meter dengan jumlah PVDF 0,13 gr didapatkan nilai yang tinggi, ini dikarenakan banyaknya dipol listrik yang searah. Namun hasil pengukuran d33nya sesudah poling paling sedikit karena banyaknya jumlah dipol yang belum searah di akibatkan dari PVDF.

Tabel 1 Pengukuran d33 sebelum dan sesudah poling

No	Bahan	Sebelum poling		Sesudah poling	
		Gaya F (10^{-3} N)	d33 (10^{-12} C/N)	Gaya F (10^{-3} N)	d33 (10^{-12} C/N)
1	PZT + PVDF 0,05 gr	252	4	252	45
2	PZT + PVDF 0,07 gr	252	5	252	26
3	PZT + PVDF 0,09 gr	252	6	252	31
4	PZT + PVDF 0,11 gr	252	6	252	28
5	PZT + PVDF 0,13 gr	252	7	252	23

3.4 Alat pemutus hubungan poling

Alat pemutus hubungan listrik ini memiliki dua masukan yang dijadikan pembanding untuk menjalankan relay. Satu masukan berasal dari *power supply* dengan tegangan (Vcc) 10 Volt sebagai referensi dan satu masukan lagi berasal dari mesin televisi yang digunakan saat poling. Apabila masukan dari mesin televis sama atau lebih besar dari tegangan referensi maka relay akan berfungsi untuk memutuskan hubungan dan mesin tv akan mati. Kedua masukan memiliki hubungan linier'

Relay akan berfungsi mematikan alat poling apabila kedua masukan sama besar atau masukan dari mesin tv lebih besar. Kedua masukan op-amp komparator LM324 (V+ dan V-) dapat diatur dengan adanya potensiometer 50KOhm. Bila tegangan V+ sama atau lebih besar dari tegangan V- akan menghasilkan keluaran (Vo) yang sama dengan Vcc (tegangan power supply). Vo yang ada akan digunakan sebagai trigger pada dioda SCR (Schrotky) C106 untuk mengaktifkan relay pada bagian anoda SCR. Relay memiliki tegangan balik yang mampu merusak SCR, sehingga di pasang dioda sebagai penyearah. Bagian katoda SCR di hubungkan

ke ground sedangkan anoda di hubungkan ke relay dan anoda penyearah secara paralel dan seri terhadap *push button*.

Berdasarkan data sheet SCR akan terus mengalirkan tegangan meskipun trigger dari komparator di putus dan akan membuat alat poling tetap mati setelah terjadinya short atau arus pendek. Tegangan SCR akan terputus apabila salah satu hubungan anoda dan katoda diputus. Untuk itu dalam rangkaian ini di pasang saklar/*push button* pada anoda dari SCR yang berfungsi untuk mereset tegangan serta menghindari kerusakan SCR terhadap tegangan balik dari relay.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan adalah nilai d_{33} yang tertinggi terdapat pada PZT + PVDF 0,05 gr sebesar $45 \times 10^{-12} \text{C/N}$, ini merupakan bahan piezoelektrik yang mampu menghasilkan besar tegangan lebih besar dari PZT + PVDF 0,07 gr, PZT + PVDF 0,09 gr, PZT + PVDF 0,11 gr dan PZT + PVDF 0,13 gr. Semakin sedikit campuran PVDF di dalam bahan piezoelektrik PZT akan lebih tinggi nilai d_{33} yang dihasilkan. Terjadinya penambahan besar nilai d_{33} saat sesudah pemolangan dilakukan dibandingkan dengan sebelum pemolangan, ini menyatakan mulai searahnya dipol yang ada di dalam bahan. Alat pemutus poling akan bekerja mematikan poling ketika short/arus pendek apabila kedua besar tegangan masukan ke komparator sama besar atau tegangan masukan dari mesin televisi (V+) lebih besar dari tegangan referensi (V-) yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahda, S dan Mardiyanto., 2007, Pola Difraksi Sinar-X Produk Sintesis Bahan Piezoelektrik PZT dengan Metode *Solid State Reaction*, PTBIN-BATAN
- Altenburg, J. Plewa, G. Plesch, dan O. Shpotyuk., 2002, *Thick Films Of Ceramic, Superconducting, and Electro-Ceramic Materials, Pure Appl. Chem.*, Vol. 74, No. 11, pp. 2083–2096, 2002. IUPAC
- Brankovic, Z., Brankovic, G., Jovalekic, C., Cilense, M. and Varela, J.A., 2003, *Mechanochemical Synthesis Of PZT Powders*. *Mat. Sci. and Eng. A*, 345, 243–248
- Sharma, M., 2006, *Studies on structural dielectric and Piezoelectric properties of doped Pct ceramics*. *Deemed University, Punjab*.
- Sodano, A.H and Inman D.J., 2005, *Comparison of Piezoelectric Energy Harvesting Devices for Recharging Batteries*. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 16(10), 799-807, 2005
- Triwahyuni, Dona., 2010, Sintesis dan Karakterisasi Bahan Piezoelektrik $\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{TiO}_3$ (BNT) dengan Metoda *Molten Salt*.