

PENGARUH SUHU SUBSTRAT PADA SIFAT-SIFAT LISTRIK BAHAN SEMIKONDUKTOR LAPISAN TIPIS PbS, PbSe DAN PbTe HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK VAKUM EVAPORASI

SUBSTRATE TEMPERATURE EFFECT ON ELECTRICAL PROPERTIES THIN LAYER SEMICONDUCTOR PbS, PbSe AND PbTe PREPARED BY VACUUM EVAPORATION TECHNIQUE.

Oleh: Iim Abdul Mafahir¹, Tjipto Sujitno² Ariswan³

¹Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNY

²Peneliti, PSTA-BATAN Yogyakarta

³Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNY

iimabdulmafahir@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan lapisan tipis bahan semikonduktor PbS, PbSe dan PbTe dengan teknik vakum evaporasi dan mengetahui karakterisasi sifat-sifat listrik dari lapisan tipis yang dihasilkan. Proses pembuatan lapisan tipis dilakukan dengan teknik vakum evaporasi. Parameter yang divariasi selama proses preparasi adalah suhu substrat, yaitu tanpa pemanasan substrat (sampel 1), 200°C (sampel 2), 350°C (sampel 3), 500°C (sampel 4). Karakterisasi sifat listrik menggunakan *four point probe* (fpp). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lapisan tipis PbS, PbSe dan PbTe yang terbentuk merupakan semikonduktor tipe N dengan resistivitas dalam orde 10^{-1} Ω.cm sampai 10^3 Ω.cm

Kata kunci: lapisan tipis, evaporasi, sifat listrik

Abstract

This research aims to produce a thin layer of semiconductor with PbS, PbSe and PbTe material by vacuum evaporation techniques and to find out electrical properties of these materials. Thin layer was produced by using vacuum evaporation techniques. Varied temperature of substrate is used as parameters during preparation, ie without heating (sample 1), 200 °C (sample 2), 350 °C (sample 3), and 500 °C (sample 4). Electrical properties are characterized by using a four point probe (FPP). Results showed that this thin layer of PbS, PbSe and PbTe is type N semiconductor with resistivity in 10^{-1} Ω.cm to 10^3 Ω.cm order

Keywords: thin layer, evaporation, electrical properties

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang elektronika tumbuh cukup pesat setelah ditemukannya komponen semikonduktor sebagai salah satu penyusunnya. Banyak material bahan semikonduktor yang dapat menjadi piranti elektronik seperti Si dan GaAs namun tergolong mahal dan sulit untuk mendapatkan kristal yang berkualitas tinggi. Jenis bahan-bahan dari paduan golongan IV – VI sangat berguna dalam mengembangkan teknologi optoelektronik. PbS,

PbSe dan PbTe merupakan senyawa kimia yang berupa padatan kristal dengan warna abu-abu. PbS, PbSe dan PbTe merupakan paduan dari dua unsur kimia yaitu *Plumbum* (Pb) dengan *sulfur* (S), *selenium* (Se) dan *Tellurium* (Te) dengan presentase PbS adalah 86,60% (Pb) dan 13,40% (S), PbSe adalah 64,08% (Pb) dan 35,92% (Se) dan PbTe adalah 66,12% (Pb) dan 33,88% (Te). PbS mempunyai struktur kristal kubik dengan lebar pita terlarang sekitar 0,40 eV, titik lebur sebesar 1118°C. PbSe mempunyai struktur

kristal kubik dengan lebar pita terlarang sekitar 0,27 eV, titik lebur sebesar 327,5°C. PbTe mempunyai struktur Kristal kubik pusat muka dengan pita terlarang sekitar 0,32 eV, titik lebur sebesar 924°C (www.webelement.com).

Prosedur

Pada makalah ini disajikan hasil pembuatan lapisan tipis PbS, PbSe dan PbTe yang dideposisikan pada substrat kaca dengan teknik vakum evaporasi. Kemudian pembuatan lapisan tipis PbS, PbSe dan PbTe jarak sumber ke substrat dibuat tetap sedangkan suhu substrat di variasi, hal ini dimaksudkan agar diperoleh karakteristik lapisan tipis yang optimum.

Karakterisasi Lapisan Tipis

Oleh karena lapisan tipis yang dibuat ini, kedepannya akan digunakan sebagai bahan detektor inframerah, maka karakterisasi yang paling tepat adalah karakterisasi sifat listrik

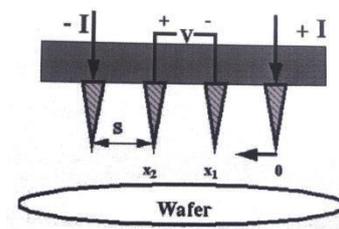
Dalam penelitian ini, karakterisasi elektrik lapisan tipis menggunakan *Four Point Probe* (FPP). Dari pengukuran sifat listrik diperoleh informasi mengenai resistivitas, resistansi, ketebalan dan tipe konduksi.

METODE PENELITIAN

Preparasi lapisan tipis PbS, PbSe dan PbTe dilakukan menggunakan teknik vakum evaporasi. Evaporasi adalah sebuah metode pembuatan lapisan tipis dengan penguapan bahan dalam ruang hampa. Pada sistem evaporasi hampa terdapat sumber pemanas untuk mengevaporasi bahan yang diinginkan. Pemanas tersebut dialiri oleh arus yang cukup tinggi, hal

ini dimaksudkan untuk mendapatkan suhu yang tekanan uapnya cukup untuk mendesak keluar uap-uap dari bahan sumber. Bahan sumber yang telah dievaporasi kemudian bergerak meninggalkan sumber panas dalam bentuk gas. Kemudian terjadi proses pelapisan melalui proses kondensasi pada permukaan substrat

Sebagai langkah awal dalam percobaan ini bahan PbS, PbSe dan PbTe yang dievaporasikan adalah seberat 0,250 gram, jarak substrat ke bahan sekitar 15 cm. Kemudian bahan yang berupa serbuk PbS, PbSe dan PbTe tersebut ditempatkan pada cawan / mangkok / boat yang terbuat dari *molebdenum* atau *tantalum* yang berada dalam tabung hampa. Setelah itu, tabung dihampakan hingga 2×10^{-5} mbar. Setelah itu mangkok dialiri listrik dalam orde 40 A. Proses pendeposisian lapisan tipis PbS, PbSe dan PbTe dilakukan untuk berbagai variasi suhu substrat pada suhu kamar, tanpa pemanasan substrat, 200°C, 350°C, dan 500°C. Proses karakterisasi sifat listrik lapisan tipis dilakukan menggunakan probe empat titik (FPP).



Gambar 1. Metode *Four Point Probe*(FPP)
(Ellingson, R :2011)

Suatu jajaran empat probe diletakan pada permukaan semikonduktor yang akan diukur resistivitasnya. Kemudian sumber tegangan dipasang pada dua probe terluar untuk menghasilkan arus I . Sebuah voltmeter

dihubungkan pada kedua probe yang masing-masing berjarak s untuk mengukur tegangan jatuh V (Reka Rio,S,1982 :49). Dengan susunan tersebut maka resistivitas dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta R = \rho \frac{dx}{A} \quad (1)$$

$$R \int_{x_1}^{x_2} \rho \frac{dx}{2\pi x^2} = \frac{\rho}{2\pi} \left(-\frac{1}{x} \right) \Big|_{x_1}^{x_2} = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right) = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{s} - \frac{1}{2s} \right) = \frac{1}{2s} \frac{\rho}{2\pi}$$

Dengan $x_1 = s$ dan $x_2 = 2s$ seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Sehubungan dengan superposisi arus pada dua probe terluar, $R = V/2I$. Nilai resistivitasnya adalah

$$\rho = 2\pi s \left(\frac{V}{I} \right)$$

Untuk menentukan lapisan tipis yang memiliki ketebalan $t \ll s$, dengan asumsi aliran arusnya seperti lingkaran, sehingga luasnya adalah $A = \pi x t$. Penurunan persamaan adalah sebagai berikut :

$$R \int_{x_1}^{x_2} \rho \frac{dx}{2\pi x^2} = \int_s^{2s} \frac{\rho}{2\pi t} \frac{dx}{x^2} = \frac{\rho}{2\pi t} \ln(x) \Big|_s^{2s}$$

$$= \frac{\rho}{2\pi t} \ln 2$$

Dengan konsekuensi untuk untuk $R = V/2I$, sehingga resistivitas untuk lapisan tipis adalah :

$$\rho = \frac{\pi t}{\ln 2} \left(\frac{V}{I} \right) \quad (9)$$

Dengan $\rho =$ resistivitasn (Ωm)

$V =$ tegangan (Volt)

$I =$ Arus (Ampere)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat listrik lapisan tipis PbS, PbSe dan PbTe

Hasil pengukuran karakterisasi sifat listrik lapisan tipis PbS, PbSe dan PbTe untuk sampel yang diperoleh pada variasi tanpa pemanas substrat, 200°C, 350°C dan 500°C disajikan pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil pengukuran karakteristik sifat listrik lapisan tipis PbS.

a. Tanpa pemanas substrat

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁵ Ω)	Resistivitas (x 10 ³ Ω-cm)	Tipe
1	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
2	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
3	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
4	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
5	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁵ Ω)	Resistivitas (x 10 ³ Ω-cm)	Tipe
1	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
2	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
3	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
4	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
5	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca

b. 200 °C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁵ Ω)	Resistivitas (x 10 ³ Ω-cm)	Tipe
1	0,695	0,800	N
2	0,755	0,869	N
3	0,606	0,698	p
4	0,926	1,066	N
5	0,696	0,802	N

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁵ Ω)	Resistivitas (x 10 ³ Ω-cm)	Tipe
1	0,754	0,868	N
2	0,695	0,800	N
3	0,927	1,067	N
4	0,753	0,866	N
5	0,690	0,795	N

c. 350°C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ² Ω-cm)	Tipe
1	1,351	1,555	N
2	1,357	1,562	N
3	1,560	1,795	N
4	1,303	1,500	N
5	1,303	1,500	N

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁵ Ω)	Resistivitas (x 10 ² Ω-cm)	Tipe
1	1,340	1,551	N
2	1,352	1,557	N
3	1,355	1,562	N
4	1,558	1,792	N
5	1,313	1,511	N

d. 500°C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ² Ω-cm)	Tipe
1	0,670	0,771	N
2	0,695	0,800	N
3	0,593	0,682	N
4	0,567	0,653	N
5	0,558	0,643	N

Posisi Melintang			
------------------	--	--	--

Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ² Ω-cm)	Tipe
1	0,550	0,634	P
2	0,595	0,685	N
3	0,565	0,650	N
4	0,555	0,640	N
5	0,552	0,636	N

Tabel 2. Hasil pengukuran karakteristik sifat listrik lapisan tipis PbSe.

a. Tanpa pemanas substrat

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ³ Ω)	Resistivitas (x 10 ¹ Ω-cm)	Tipe
1	0,625	0,720	NP
2	0,653	0,751	NP
3	0,660	0,759	NP
4	0,662	0,762	NP
5	0,674	0,776	NP

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ³ Ω)	Resistivitas (x 10 ¹ Ω-cm)	Tipe
1	0,681	0,784	NP
2	0,623	0,680	NP
3	0,643	0,741	NP
4	0,665	0,765	NP
5	0,658	0,758	NP

b. 200 °C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ¹ Ω)	Resistivitas (x 10 ⁻¹ Ω-cm)	Tipe
1	1,326	1,526	N
2	1,291	1,486	N
3	1,303	1,500	N
4	1,501	1,728	N
5	1,502	1,730	N

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ⁻¹ Ω-cm)	Tipe
1	1,521	1,751	N
2	1,295	1,495	N
3	1,300	1,597	N
4	1,500	1,726	N
5	1,502	1,730	N

c. 350°C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ⁻¹ Ω-cm)	Tipe
1	1,650	1,900	N
2	1,592	1,832	N
3	1,731	1,992	N
4	1,617	1,862	N
5	1,609	1,852	N

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ⁻¹ Ω-cm)	Tipe
1	1,608	1,852	N
2	1,652	1,903	N
3	1,620	1,865	N
4	1,610	1,853	N
5	1,615	1,860	N

d. 500°C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ⁰ Ω-cm)	Tipe
1	0,286	0,329	N
2	0,317	0,365	N
3	0,316	0,363	N
4	0,381	0,439	N
5	0,406	0,468	N

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ² Ω)	Resistivitas (x 10 ⁰ Ω-cm)	Tipe
1	0,410	0,472	N
2	0,315	0,362	N
3	0,382	0,440	N
4	0,408	0,470	N
5	0,415	0,477	N

Tabel 3. Hasil pengukuran karakteristik sifat listrik lapisan tipis PbTe.

a. Tanpa pemanas substrat

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ² Ω-cm)	Tipe
1	0,479	0,552	NP
2	0,477	0,550	NP
3	0,478	0,550	NP
4	0,502	0,577	NP
5	0,499	0,575	NP

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ² Ω-cm)	Tipe
1	0,494	0,569	NP
2	0,474	0,544	NP
3	0,475	0,545	NP
4	0,472	0,544	NP
5	0,495	0,570	NP

b. 200 °C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x 10 ⁴ Ω)	Resistivitas (x 10 ⁻¹ Ω-cm)	Tipe
1	0,483	0,556	N
2	0,472	0,544	N
3	0,495	0,570	N
4	0,486	0,560	N
5	0,503	0,579	N

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x $10^4\Omega$)	Resistivitas (x $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$)	Tipe
1	0,508	0,585	N
2	0,473	0,545	N
3	0,496	0,571	N
4	0,487	0,562	N
5	0,505	0,581	N

c. 350°C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x $10^4\Omega$)	Resistivitas (x $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$)	Tipe
1	0,596	0,686	N
2	0,603	0,694	N
3	0,601	0,692	N
4	0,553	0,636	N
5	0,563	0,648	N

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x $10^4\Omega$)	Resistivitas (x $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$)	Tipe
1	0,566	0,651	N
2	0,605	0,696	N
3	0,601	0,692	N
4	0,555	0,641	N
5	0,563	0,648	N

d. 500°C

Posisi Tegak			
Pengukuran	Resistansi (x $10^4\Omega$)	Resistivitas (x $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$)	Tipe
1	1,231	1,417	N
2	1,227	1,413	N
3	1,241	1,429	N
4	1,346	1,549	N
5	1,346	1,550	N

Posisi Melintang			
Pengukuran	Resistansi (x $10^4\Omega$)	Resistivitas (x $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$)	Tipe
1	1,340	1,543	N
2	1,232	1,418	N
3	1,228	1,414	N
4	1,242	1,430	N
5	1,346	1,549	N

Lapisan tipis bahan semikonduktor PbS, PbSe dan PbTe memiliki tipe konduksi N. yang berarti bahwa bahan PbS, PbSe dan PbTe menghasilkan pembawa muatan negatif yang memiliki elektron sebagai konsentrasi pembawa muatan mayoritas dan *hole* sebagai konsentrasi pembawa muatan minoritas. Adapun tipe konduksi yang tidak menunjukkan tipe N, yaitu pada variasi tanpa diberi pemanasan substrat. Untuk bahan semikonduktor PbSe dan PbTe menunjukkan tipe konduksi NP, penyebabnya karena tidak diberi pemanasan substrat sehingga bahan yang terbentuk tipis dan hasilnya belum sempurna. Oleh karena itu terjadi perbedaan tipe konduksi dari kedua bahan tersebut, sedangkan pada temperatur $^{\circ}\text{C}$ dan 500°C bahan lapisan tipis semikonduktor PbS menunjukkan perbedaan tipe konduksi yaitu tipe konduksi P. Penyebabnya karena di dalam teknik vakum evaporasi komposisi unsur menyimpang dari *stoickiometri*, yaitu PbS yang seharusnya Pb dan S 50% akan tetapi di dalam penelitian ini terdapat pengaruh oksidasi sehingga PbS dalam penelitian ini dikenal dengan PbS yang *non stoickiometri*. *Non stoickiometri* adalah perbandingan massa bahan Pb dan S yang digunakan dalam pembuatan

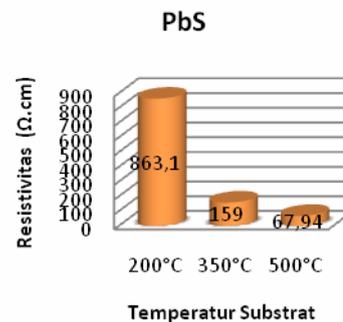
pelet PbS. Dengan kata lain dalam bahan PbS ini terdapat kekosongan donor pada Pb sehingga tingkatan energi berada pada donor, sedangkan kelebihan donor pada S sehingga tingkatan energi berada pada aseptor, sehingga bahan PbS tipe konduksinya menyimpang menjadi P.

Besarnya rata-rata nilai resistivitas bahan PbS untuk variasi tanpa pemanasan substrat tidak dapat terdeteksi oleh FPP karena terlalu tipis sehingga sensor pada alat FPP tidak mendeteksi bahan lapisan semikonduktor melainkan adalah substrat kacanya, rata-rata nilai resistivitas pada suhu °C pada posisi tegak dan melintang adalah $0,847 \times 10^3 \Omega.cm$ dan $0,879 \times 10^3 \Omega.cm$, rata-rata nilai resistivitas pada suhu °C pada posisi tegak dan melintang adalah $1,582 \times 10^2 \Omega.cm$ dan $1,595 \times 10^2 \Omega.cm$, rata-rata nilai resistivitas pada suhu $500^\circ C$ pada posisi tegak dan melintang adalah $0,709 \times 10^2 \Omega.cm$ dan $0,649 \times 10^2 \Omega.cm$. Besarnya nilai resistivitas bahan PbSe pada variasi tanpa pemanasan substrat pada posisi tegak dan melintang adalah $0,754 \times 10^1 \Omega.cm$ dan $0,746 \times 10^1 \Omega.cm$, rata rata nilai resistivitas pada suhu °C pada posisi tegak dan melintang adalah $1,594 \times 10^{-1} \Omega.cm$ dan $1,660 \times 10^{-1} \Omega.cm$, rata-rata nilai resistivitas pada suhu °C $1,88 \times 10^{-1} \Omega.cm$ dan $1,867 \times 10^{-1} \Omega.cm$, rata-rata nilai resistivitas pada suhu $500^\circ C$ pada posisi tegak dan melintang adalah $0,393 \times 10^0 \Omega.cm$ dan $0,444 \times 10^{-0} \Omega.cm$. Besarnya rata-rata nilai resistivitas bahan PbTe pada variasi tanpa pemanasan substrat ketika posisi tegak dan melintang adalah $0,554 \times$

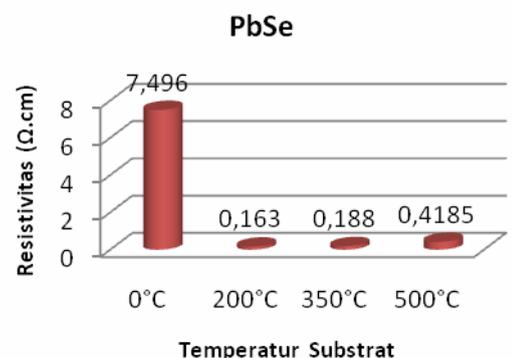
$10^2 \Omega.cm$ dan $0,561 \times 10^2 \Omega.cm$, rata-rata nilai resistivitas pada suhu °C pada posisi tegak dan melintang adalah $0,569 \times 10^{-1} \Omega.cm$ dan $0,562 \times 10^{-1} \Omega.cm$, rata-rata nilai resistivitas pada suhu °C pada posisi tegak dan melintang adalah $0,671 \times 10^{-1} \Omega.cm$ dan $0,666 \times 10^{-1} \Omega.cm$ dan nilai rata-rata resistivitas pada suhu °C ketika posisi tegak dan melintang adalah $1,472 \times 10^{-1} \Omega.cm$ dan $1,471 \times 10^{-1} \Omega.cm$.

B. Hubungan Resistivitas lapisan tipis PbS,PbSe,PbTe terhadap Temperatur sibstrat

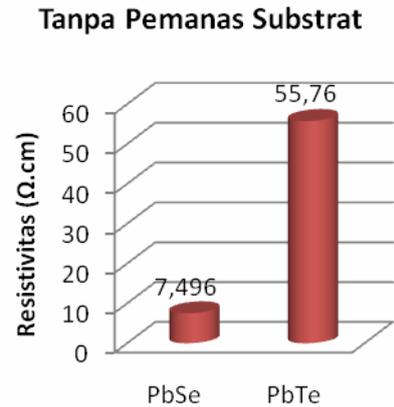
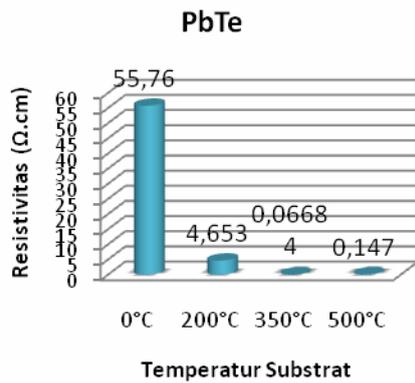
1. Pengaruh variasi suhu terhadap resistivitas bahan lapisan tipis PbS,PbSe dan PbTe



Gambar 2. Pengaruh suhu terhadap resistivitas lapisan tipis PbS

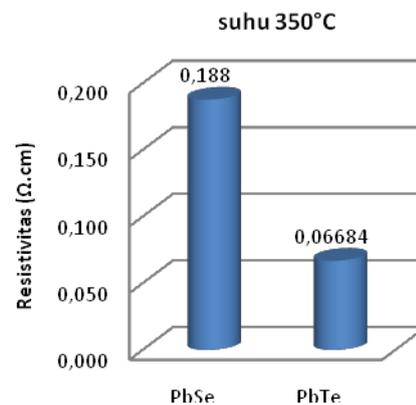
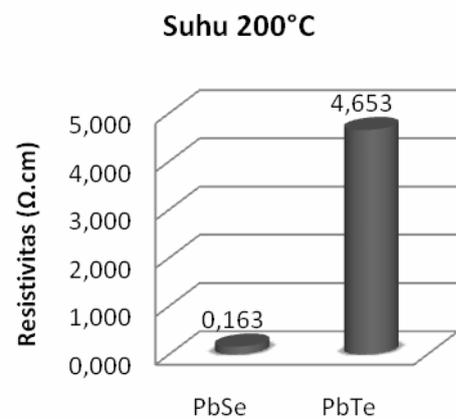


Gambar 3. Pengaruh suhu terhadap resistivitas lapisan tipis PbSe

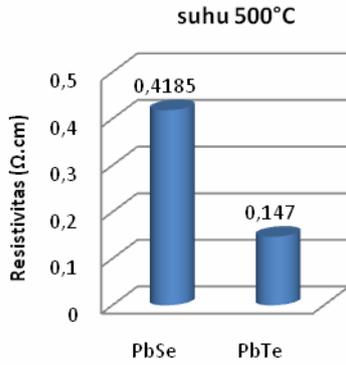


Gambar 4. Pengaruh suhu terhadap resistivitas lapisan tipis PbTe

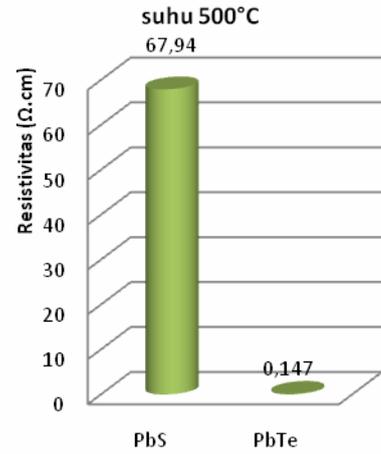
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa dengan penambahan suhu pada bahan akan mengakibatkan terjadinya penurunan resistivitas yang cukup signifikan ini disebabkan adanya migrasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai resistivitas berpengaruh oleh kenaikan suhu. Fenomena tersebut menunjukkan ciri bahwa bahan tersebut merupakan bahan semikonduktor. Bila diamati, diagram resistivitas terhadap suhu untuk bahan PbTe lebih baik dibandingkan dengan bahan yang lain, karena semakin naik suhu bahan nilai resistivitasnya semakin turun (dari ketiga diagram), kemudian cenderung menjadi stabil. Kestabilan nilai resistivitas pada suatu rentang suhu tertentu karena penambahan suhu sudah tidak berpengaruh terhadap penurunan resistivitas, sehingga nilai resistivitas akan berubah akibat pengaruh gas yang berinteraksi dengan permukaan bahan. Setelah mencapai nilai resistansi yang minimum, ada sampel yang nilai resistivitasnya mengalami kenaikan lagi yaitu pada bahan PbSe saat suhu °C setelah sebelumnya mengalami penurunan. Hal ini dapat terjadi karena oksigen yang teradsorbsi akan menarik elektron dari bagian dalam butir sehingga butir akan berada pada daerah bebas / kosong elektron yang menyebabkan peningkatan resistivitas (Gaskov dan Rumyantseva, 1999).



2. Perbandingan resistivitas bahan semikonduktor PbSe VS PbTe

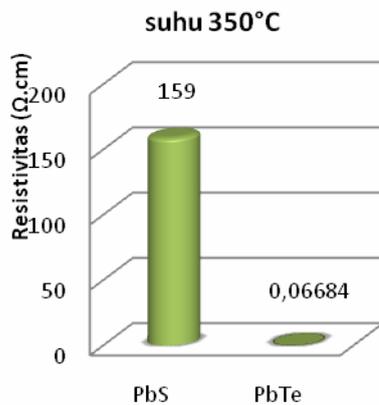
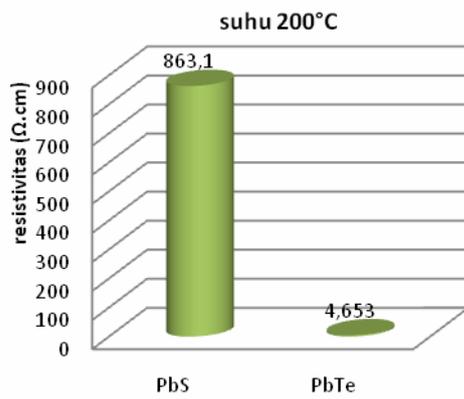


Gambar 5. Perbandingan Resistivitas PbSe VS PbTe

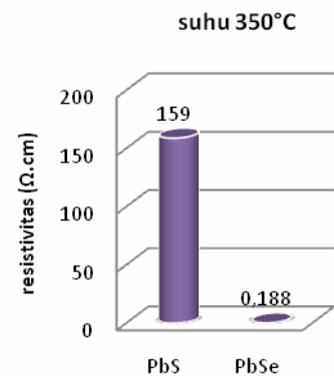
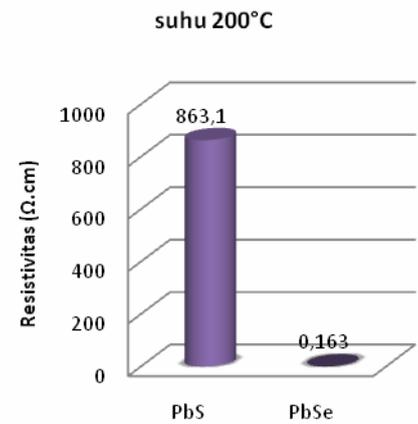


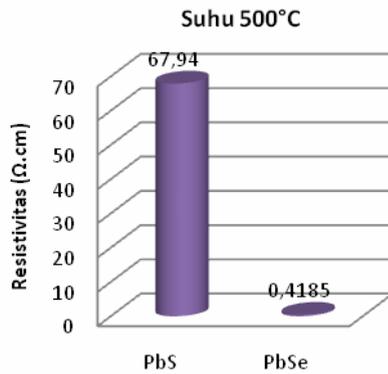
Gambar 6. Perbandingan Resistivitas PbS VS PbTe

3. Perbandingan Resistivitas bahan semikonduktor PbS VS PbTe



4. Perbandingan Resistivitas bahan semikonduktor PbS VS PbSe.





Gambar 7. Perbandingan Resistivitas PbS VS PbSe

Berdasarkan gambar di atas, bahwa sampel 1 memiliki nilai resistivitas lebih kecil dari pada sampel 2 ataupun sebaliknya nilai resistivitas sampel 1 lebih besar daripada sampel 2, hal ini artinya, semakin besar nilai resistivitas maka semakin kecil daya hantar bahan. Sebaliknya, semakin kecil nilai resistivitas semakin besar daya hantar bahan tersebut Hal ini berarti bahan yang baik untuk membuat bahan optoelektronik untuk detektor adalah bahan yang memiliki nilai resistivitas kecil dan daya hantar listrik yang besar. Apabila bahan tersebut diaplikasikan pada bahan detektor akan menghasilkan detektor yang memiliki sensitivitas tinggi. Dari ketiga bahan yaitu PbS, PbSe dan PbTe yang baik untuk dijadikan bahan optoelektronik pembuatan detector adalah PbS dengan Suhu 200 °C dan PbTe dengan suhu °C karena kedua bahan tersebut memiliki nilai resistivitas yang kecil cocok untuk dijadikan bahan optoelektronik bahan detector.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan karakterisasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Hasil karakterisasi sifat elektrik menggunakan FPP menunjukkan bahwa lapisan tipis PbS, PbSe dan PbTe yang terbentuk merupakan semikonduktor tipe N dengan resistivitas dalam orde $\times 10^{-1} \Omega\text{-cm}$ sampai $\times 10^3$
2. Dari ketiga bahan yaitu PbS, PbSe dan PbTe yang baik untuk dijadikan bahan optoelektronik pembuatan detector adalah PbS dengan Suhu 200 °C dan PbTe dengan suhu °C karena kedua bahan tersebut memiliki nilai resistivitas yang kecil cocok untuk dijadikan bahan optoelektronik bahan detektor.

DAFTAR PUSTAKA

- Beiser, A. (1992). *Concepts of Modern Physics, Second Edition*. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, LTD.
- Doolittle, A. Physical Vapor Deposition. www.burkett.eng.ua.edu diakses pada tanggal 29 september 2015 pukul 18:00
- Hass, Georg. (1963). *Physics Of Thin Film vol.1*. New York : Academic Press.
- Iin, Z. (2015). *Pengaruh Variasi Temperature Substrat Pada Struktur Dan Komposisi Kimia Bahan Semikonduktor Pbse Lapisan Tipis Hasil Preparasi Dengan Teknik Vakum Evaporasi*. Skripsi. Yogyakarta : FMIPA
- Malvino.(1981). *Prinsip – prinsip Elektronika*. Alih bahasa: Hanafi Gunawan. Jakarta: Erlangga.

- Mukherjee.et al. (2010). *Lead Salt Thin Film Semiconductors for Microelectronic Applications*. Evanston: Electrical Engineering and Computer Science, Northwestern University.
- Neamen, Donald A. (2003). *Semiconduktors Physics and Devices : Basic Principles*. 3rd. ed. New York : McGraw Hill.
- Nyoman Suwitra. (1989). *Pengantar Fisika Zat Padat*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Ohring, Milton. (1992). *The Materials Science of Thin Films*. London : Academic Press.
- Reka Rio S. dan Masamori lida.(1982). *Fisika dan Teknologi Fisika*. PT Pradnya Paramita: Jakarta
- Smallman, R.E & Bishop, R.J. (2000).*Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering Science, process, applications, Sixth Edition*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Uswatun, H. (2015). *Studi Tentang Pengaruh Temperatur Subtrat Terhadap Kualitas Bahan Semikonduktor PbS Lapisan Tipis Hasil Preparasi Dengan Teknik Vakum Evaporasi. Skripsi*. Yogyakarta : FMIPA.
- Wuri. 2000. Handout Kuliah Struktur Kristal. Universitas Pendidikan Bandung: FMIPA UPI.
- Yeni, R (2015). *Pengaruh Variasi Temperatur Subtrat Terhadap Kualitas Lapisan Tipis PbTe Hasil Preparasi Dengan Teknik Vakum Evaporasi*. Skripsi. Yogyakarta : FMIPA.
- Yoshapat Sumardi. (2008). “Fisika Zat Padat 1”.*Handout Kuliah, Tidak diterbitkan*. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Yurgens,A.(2003). Thin Film Resistance Measurment.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Plumbum>. Diakses pada tanggal 26 september 2015 pukul 12:05 WIB.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Tellurium>. Diakses pada tanggal 26 september 2015 pukul 12:06 WIB.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Belerang>. Diakses pada tanggal 26 september 2015 pukul 12:07 WIB.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/selenium>. Diakses pada tanggal 26 september 2015 pukul 12:08 WIB.
- www.shinmaywaIndustriesLtd.com diakses pada tanggal 27 september 2015 pukul 15:00
- www.webelements.com diakses pada tanggal 29 september 2015 pukul 13:00