

PENGARUH VARIASI MASSA BAHAN TERHADAP KUALITAS KRISTAL SEMIKONDUKTOR $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK BRIDGMAN

THE EFFECT OF MATERIAL MASS ON THE QUALITY OF SEMICONDUCTOR CRYSTALS $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ PREPARATION RESULTS USING BRIDGMAN METHOD

Oleh:

Annisa Dyah Auliasari¹⁾, Dr. Ariswan²⁾
annisadyahh@gmail.com¹⁾, ariswan@uny.ac.id²⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa bahan terhadap kualitas kristal semikonduktor dan mengetahui struktur, parameter kisi, morfologi permukaan serta komposisi kimia dalam kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. Penumbuhan kristal dilakukan menggunakan teknik Bridgman dengan melakukan variasi massa bahan. Massa bahan Sn divariasi sebanyak empat kali, yaitu 0,9 gram, 1 gram, 1,1 gram, dan 1,2 gram. Keempat sampel dipanaskan dengan alur pemanasan yang sama selama 18 jam untuk suhu 350° C, dan 600° C selama 12 jam. Kristal hasil preparasi dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM dan EDAX. Hasil XRD menunjukkan bahwa variasi massa dapat mempengaruhi kualitas kristal dilihat dari tingkat keteraturan atom dan struktur kristal yang terbentuk adalah kubik. Hasil perhitungan analitik parameter kisi kristal, sampel I sebesar $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, sampel II sebesar $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, sampel III sebesar $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, dan sampel IV sebesar $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$. Hasil SEM dan EDAX menunjukkan morfologi permukaan dari sampel I dan sampel II sudah terbentuk kristal, dengan perbandingan molar Sn : Se : Te untuk sampel I adalah 1 : 0,1 : 0,8 dan sampel II dengan perbandingan 1 : 0,01 : 0,6.

Kata kunci: Semikonduktor, Teknik Bridgman, Struktur Kristal

ABSTRACT

This research aims to know the effect of material mass on the quality of semiconductor crystals $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$, the structure, parameters of crystal lattice, the surface morphology and chemical composition in crystals $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. The crystal growing technique used in this study is the Bridgman technique by varying the mass of the material. For the first sample, the Sn mass used is 0.9 grams, for the second sample was 1 gram, third sample was 1.1 grams, and the fourth sample was 1.2 grams. The four samples were heated with the same heating flow and the heating process for each sample was carried out for 18 hours for 350° C, then 600° C for 12 hours. The result of the crystals were then characterized using XRD, SEM and EDAX. The result of characterization shows that the mass variation can affect the quality of the crystal seen from the atomic order level and the crystal structure of the four samples are cubic. The lattice parameters of the first sample were $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, the second sample were $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, the third sample were $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, and the fourth sample were $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$. From the result of SEM and EDAX characterization it can be seen that the surface morphology indicates that crystal has been formed and showed that both samples contained Sn, Se and Te with molar ratio Sn: Se: Te for the first sample was 1: 0.1: 0,8 and the second sample was 1: 0,01: 0,6.

Keywords: Semiconductor, Bridgman Method, Crystal's structure

PENDAHULUAN

Dunia elektronika mengalami perkembangan yang cukup pesat, terlihat dari berkembangnya teknologi bidang material semikonduktor yang merupakan bahan pembuatan devais elektronik, optoelektronik, dan piranti sel surya. Penumbuhan bahan baku pembuatan devais elektronik, optoelektronika maupun piranti sel surya yang saat ini banyak dikembangkan adalah dengan pemanfaatan semikonduktor menggunakan bahan Silikon.

Bahan semikonduktor lainnya yang menjadi perhatian saat ini dan berpotensi karena keunggulannya untuk diaplikasikan pada devais elektronik, optoelektronik, maupun piranti sel surya adalah SnSe (*Stannum Seleneide*), dan SnTe (*Stannum Telluride*). *Stannum Seleneide* (SnSe) merupakan semikonduktor tipe-p yang berfungsi sebagai material penyerap cahaya dalam aplikasi fotovoltaiik dan memori-*switching*. Menurut penelitian Kumar et al (2012), SnSe memiliki *energy gap* sekitar 1,30 eV. *Stannum Telluride* (SnTe) memiliki *energy gap* sebesar 0,35 eV (Saini, 2010). Menurut Saini (2010) bahan SnTe dapat digunakan sebagai detektor inframerah (3-14 μ m), detektor foto, dan perangkat termoelektrik. Selain itu menurut Malaquias (2011), bahan SnTe merupakan

bahan yang relatif murah dan bukan yang mengandung *toxic* serta bahan yang melimpah di alam.

Dari uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai preparasi dan karakterisasi kristal semikonduktor dengan bahan Sn(SeTe) (*Tin Seleneide Teluride*). Pada penelitian ini perbandingan molaritas bahan Sn : Se : Te yang digunakan adalah 1 : 0,2 : 0,8. Molaritas bahan ini berpengaruh pada massa dari masing-masing bahan yang digunakan pada penumbuhan kristal semikonduktor. Variasi masa bahan dengan komposisi molaritas yang sama diperlukan untuk meneliti kualitas bahan semikonduktor Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}). Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui kualitas kristal dan pengaruh doping unsur Se (*Selenium*) pada kristal semikonduktor SnTe yang dihasilkan.

Pada penelitian ini akan ditumbuhkan kristal Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) dengan menggunakan teknik Bridgman. Teknik Bridgman dipilih karena menurut E. Wahjuniati (2002), temperatur dan kenaikan suhu dapat diatur sehingga mengurangi timbulnya bahaya ledakan yang ditimbulkan unsur tertentu pada temperatur kritisnya. Kristal yang terbentuk selanjutnya dikarakterisasi guna mengetahui kualitas dan informasi lebih lanjut dari hasil yang didapatkan

menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi kristal, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur morfologi permukaan, dan *Energy Dispersive Analysis of X-Ray* (EDAX) untuk mengetahui komposisi kimia secara kuantitatif dari bahan hasil preparasi.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Oktober 2016 sampai bulan Februari 2017, bertempat di laboratorium Fisika Material FMIPA UNY, laboratorium Kimia FMIPA UNY, dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM.

Langkah Penelitian

Dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu preparasi dan karakterisasi. Preparasi merupakan tahap penumbuhan kristal semikonduktor menggunakan teknik Bridgman dengan variasi massa bahan. Untuk sampel pertama, massa Sn yang digunakan adalah 0,9 gram, sampel II massa Sn sebanyak 1 gram, sampel III sebanyak 1,1 gram, dan untuk sampel IV sebanyak 1,2 gram. Keempat sampel dipanaskan dengan alur pemanasan yang sama dan proses pemanasan untuk tiap sampel dilakukan selama 18 jam untuk suhu 350°C ,

kemudian suhu dinaikkan menjadi 600°C dengan lama pemanasan selama 12 jam. Kristal hasil preparasi kemudian dikarakterisasi XRD, SEM dan EDAX.

Teknik Analisis Data

Hasil karakterisasi XRD dibandingkan dengan JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standard*), untuk mengetahui bidang-bidang *hkl* dari keempat sampel. Selanjutnya nilai parameter kisi (*a*, *b*, *c*) dapat diketahui dengan menggunakan metode analitik. Hasil karakteristik SEM berupa foto atau gambar morfologi permukaan dari kristal masif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$, dapat diamati bentuk dan ukuran-ukuran (*grain*) melalui berbagai perbesaran. Hasil karakterisasi EDAX merupakan spektrum berupa intensitas terhadap energi yang menunjukkan komposisi kimia yang terkandung dalam sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penumbuhan Kristal Semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$

Telah dihasilkan empat buah sampel kristal semikonduktor masif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ menggunakan teknik Bridgman dengan perbandingan molar Sn : Se : Te sebesar 1 : 0,2 : 0,8. Penimbangan untuk tiap sampel dilakukan dengan memperhatikan perbandingan molar yang didapat dari perbandingan massa, dengan bahan Sn sebagai massa acuan.

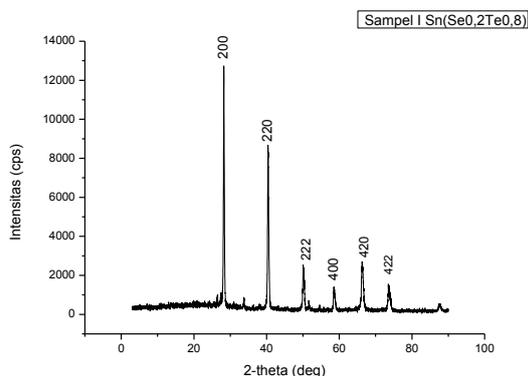
Tabel 1. Massa bahan dasar.

Sampel	Sn (gram)	Se (gram)	Te (gram)
I	0,9	0,120	0,774
II	1	0,133	0,860
III	1,1	0,146	0,946
IV	1,2	0,160	1,032

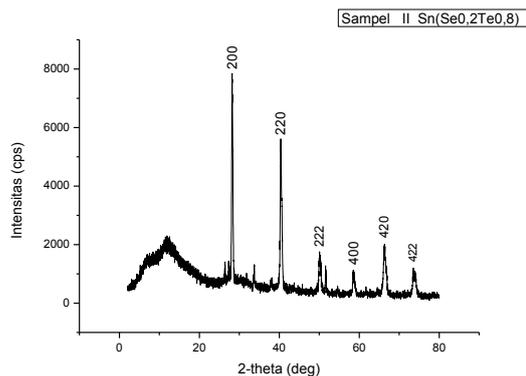
Keempat sampel yang telah dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, dan EDAX.

Hasil Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

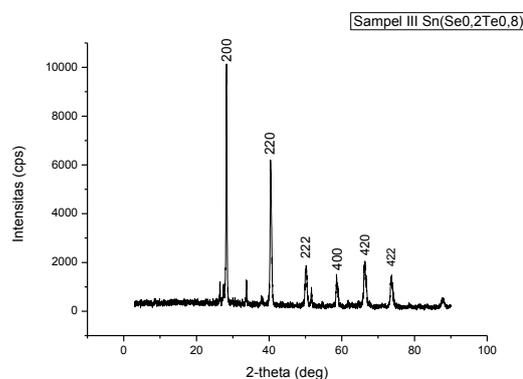
Data yang dihasilkan dari analisis XRD berupa difraktogram, yaitu grafik hubungan antara intensitas cahaya yang dipancarkan oleh kristal sebagai puncak spektrum (I) dan sudut difraksi/hamburan (2θ).



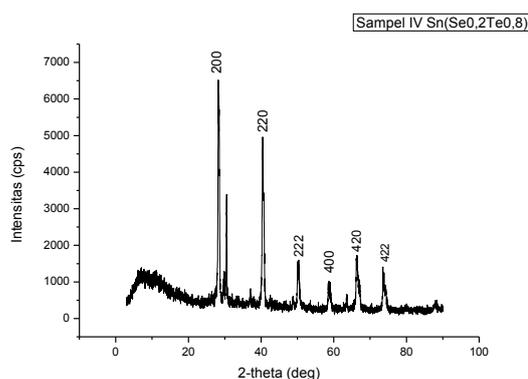
Gambar 1. Difraktogram masif Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel I.



Gambar 2. Difraktogram masif Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel II.



Gambar 3. Difraktogram masif Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel III



Gambar 4. Difraktogram masif Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel IV.

Adapun perbandingan puncak intensitas dari keempat sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan intensitas tertinggi keempat sampel.

Sampel	Intensitas (cps)
Sampel 1 (massa Sn = 0,9 gram)	12.730
Sampel 2 (massa Sn = 1 gram)	7.490
Sampel 3 (massa Sn = 1,1 gram)	10.130
Sampel 4 (massa Sn = 1,2 gram)	6.520

Dari perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa semakin sedikit jumlah massa bahan dasar maka intensitasnya cenderung semakin tinggi. Menurut Vivi Febrini (2014), hasil intensitas pada difraksi menggunakan sinar-X dapat digunakan untuk mengetahui posisi atom dalam sebuah kristal. Intensitas berpengaruh pada tingkat keteraturan atom dalam bahan. Intensitas yang tinggi menunjukkan bahwa atom yang berada dalam bahan dapat menempati posisi dengan baik, sehingga semakin teratur atom dalam bahan maka kualitas kristalnya semakin baik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah massa yang digunakan dalam preparasi kristal maka keteraturan atom-atom pada kristal semikonduktor masif Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) yang dihasilkan relatif semakin kecil.

Dari difraktogram XRD dapat diketahui puncak-puncak yang dominan muncul, kemudian dilakukan pencocokan data hasil karakterisasi XRD dengan data standar yang diperoleh dari *database* JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*). Setelah dilakukan pencocokan, dapat diketahui bahwa keempat sampel cocok dengan data JCPDS nomor 08-0487 dalam *space group* FM3M dan bahan terkristalisasi dalam bentuk kubik.

Tabel 3. Perbandingan hasil XRD Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) sampel I dengan JCPDS.

Peak	Sn(Se _{0,2} Te _{0,8}) Sampel I		JCPDS		Hkl
	2θ	I (%)	2θ	I (%)	
1	28,180	100	28,309	100	200
2	40,321	71	40,415	50	220
3	50,051	18	50,019	16	222
4	58,506	12	58,477	10	400
5	66,185	21	66,227	16	420
6	73,690	10	73,526	8	422
7	87,47	3	87,422	4	440

Tabel 4. Perbandingan hasil XRD Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) sampel II dengan JCPDS.

Peak	Sn(Se _{0,2} Te _{0,8}) Sampel II		JCPDS		Hkl
	2θ	I (%)	2θ	I (%)	
1	28.169	100	28,309	100	200
2	40.293	68	40,415	50	220
3	50,04	18	50,019	16	222
4	58,447	10	58,477	10	400
5	66,18	22	66,227	16	420
6	73,59	11	73,526	8	422

Tabel 5. Perbandingan hasil XRD Sn($\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8}$) sampel III dengan JCPDS.

Peak	Sn($\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8}$) Sampel III		JCPDS		Hkl
	2 θ	I (%)	2 θ	I (%)	
1	28,212	100	28,309	100	200
2	40,387	57	40,415	50	220
3	50,114	17	50,019	16	222
4	58,51	10	58,477	10	400
5	66,111	18	66,227	16	420
6	73,437	12	73,526	8	422
7	87,76	3	87,422	4	440

Tabel 6. Perbandingan hasil XRD Sn($\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8}$) sampel IV dengan JCPDS.

Peak	Sn($\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8}$) Sampel IV		JCPDS		Hkl
	2 θ	I (%)	2 θ	I (%)	
1	28,240	100	28,309	100	200
2	40,380	71	40,415	50	220
3	50,21	20	50,019	16	222
4	58,59	13	58,477	10	400
5	66,26	31	66,227	16	420
6	73,56	21	73,526	8	422

Setelah struktur kristal hasil preparasi diketahui berbentuk kubik, selanjutnya dilakukan analisis untuk mencari nilai paramter kisi dengan menggunakan rumus jarak antar bidang untuk struktur kubik, yaitu:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (1)$$

Dengan memasukkan persamaan bragg, didapatkan

$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h^2 + k^2 + l^2) \quad (2)$$

Untuk mendapatkan nilai a ,

$$\frac{\lambda^2}{4a^2} = A \quad (3)$$

$$a = \frac{\lambda}{2\sqrt{A}} \quad (4)$$

Sehingga didapatkan perbandingan,

Tabel 7. Perbandingan parameter kisi.

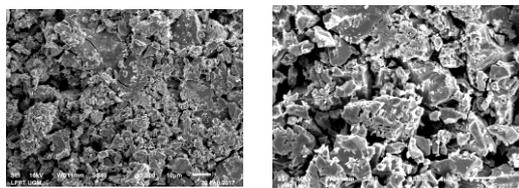
Sampel	Parameter kisi a (Å)	
	JCPDS	Analitik
I	6,303	6,310
II		6,310
III		6,310
IV		6,310

Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa antara parameter kisi hasil perhitungan analitik dari keempat sampel dan JCPDS nilainya tidak terlalu jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa variasi massa tidak terlalu mempengaruhi parameter kisi kristal semikonduktor masif Sn($\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8}$) hasil preparasi teknik Bridgman.

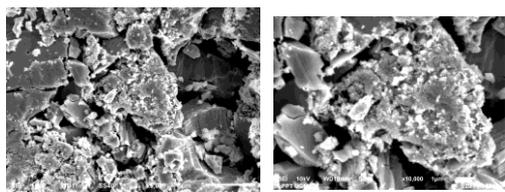
Karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM)

Karakterisasi SEM dilakukan pada sampel I dan sampel II, sampel I dipilih karena memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan ketiga sampel lainnya dilihat dari intensitas hasil karakterisasi XRD, sedangkan sampel II dipilih karena kualitas kristal yang dihasilkan kurang baik dilihat dari intensitas puncak dan difraktogram hasil XRD. Kedua sampel dikarakterisasi menggunakan SEM dengan empat kali perbesaran, yaitu 1.000 kali,

3.000 kali, 5.000 kali, dan 10.000 kali perbesaran.

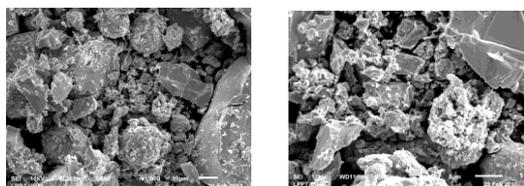


(a) (b)

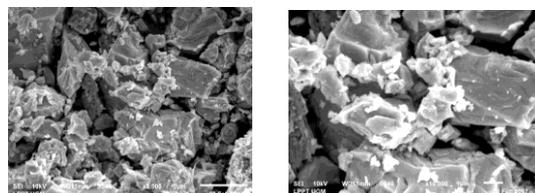


(c) (d)

Gambar 5. Foto morfologi permukaan kristal Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) sampel I hasil SEM dengan perbesaran (a) 1.000 kali, (b) 3.000 kali, (c) 5.000 kali dan (d) 10.000 kali.



(a) (b)



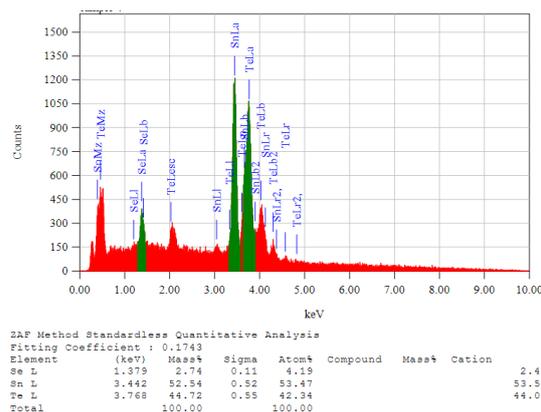
(c) (d)

Gambar 6. Foto morfologi permukaan kristal Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) sampel II hasil SEM dengan perbesaran (a) 1.000 kali, (b) 3.000 kali, (c) 5.000 kali dan (d) 10.000 kali

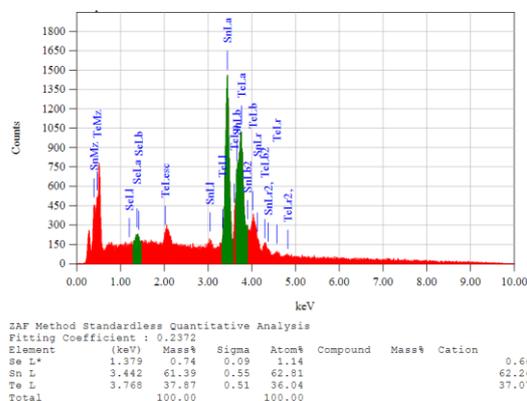
Dari gambar dapat terlihat bahwa semakin tinggi perbesaran yang dilakukan maka morfologi permukaan semakin terlihat jelas. Gambar-gambar tersebut juga menunjukkan bahwa kedua sampel sudah terbentuk kristal ditunjukkan dengan adanya keseragaman warna dan tekstur yang halus.

Karakterisasi *Energy Dispersive Analysis of X-Ray (EDAX)*

Hasil dari analisis EDAX yang didapatkan berupa grafik hubungan antara energi dan intensitas.



Gambar 7. Hasil karakterisasi EDAX kristal Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) sampel I.



Gambar 8. Hasil karakterisasi EDAX kristal Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) sampel II.

Dari spektrum hasil karakterisasi tersebut dapat terlihat bahwa baik sampel I maupun sampel II mengandung unsur Sn, Se, dan Te. Menurut Reka Rio (1982), setiap puncak tingkat energi akan menunjukkan elemen tertentu. Semakin tinggi spektrum pada suatu puncak energi, semakin tinggi konsentrasi elemen tersebut pada sampel. Hal ini menunjukkan bahwa unsur penyusun mayoritas dari kedua sampel adalah Sn dan Te. Sedangkan perbandingan unsur penyusun kristal hasil karakterisasi EDAX terhadap teori dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan molaritas unsur penyusun kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel I dan sampel II hasil karakterisasi EDAX terhadap teori.

Perbandingan	Unsur		
	Sn	Se	Te
Perbandingan molar unsur secara teori	1	0,2	0,8
Perbandingan molar hasil EDAX Sampel I	1	0,1	0,8
Perbandingan molar hasil EDAX Sampel II	1	0,01	0,6

Dari perbandingan hasil EDAX dengan teori ini dapat terlihat bahwa perbandingan pada sampel I lebih mendekati teori dibandingkan dengan sampel II. Walaupun demikian, hasil karakterisasi EDAX menunjukkan unsur penyusun kristal mayoritas dari kedua sampel adalah Sn dan Te. Dimana hal ini menunjukkan keberhasilan dalam penumbuhan kristal dengan bahan dasar Sn,

Se, dan Te, dimana bahan Sn dan Te lebih dominan atau terbentuknya kristal SnTe .

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa variasi massa dapat mempengaruhi kualitas kristal dilihat dari tingkat keteraturan atom dalam kristal. Dimana semakin sedikit massa bahan dasar yang digunakan maka susunan atom dalam kristal akan semakin teratur dan semakin baik pula kualitas kristal preparasi Bridgman yang dihasilkan.

Struktur kristal dari keempat sampel hasil memiliki struktur kristal kubik, dengan parameter kisi kristal yang dihasilkan, sampel I sebesar $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, sampel II sebesar $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, sampel III sebesar $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$, dan sampel IV sebesar $a = b = c = 6,310 \text{ \AA}$. Hal ini menunjukkan perbedaan massa tidak teralu mempengaruhi struktur dan parameter kisi kristal semikonduktor masif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi teknik Bridgman.

Dari hasil karakterisasi SEM dapat terlihat bahwa morfologi permukaan dari sampel I dan sampel II menunjukkan sudah terbentuk kristal. Sedangkan hasil karakterisasi EDAX menunjukkan bahwa kedua sampel mengandung unsur Sn, Se dan Te dengan perbandingan molar Sn : Se

: Te untuk sampel I adalah 1 : 0,1 : 0,8 dan sampel II dengan perbandingan 1 : 0,01 : 0,6.

Saran

Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya dilakukan dengan *range* variasi massa yang lebih besar. Dalam proses preparasi bahan sebaiknya sebelum dimasukkan ke dalam tabung pyrex semua bahan dasar dicampur terlebih dahulu agar bahan paduan tercampur dengan sempurna saat pemanasan. Sebaiknya dilakukan karakterisasi lebih lanjut untuk mengetahui informasi yang lebih banyak mengenai semikonduktor Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}).

DAFTAR PUSTAKA

E. Wahjuniati dan A. Harsono Soepardjo. 2002. *Karakterisasi Polikristal AgInSe₂ yang Ditumbuhkan Menggunakan Tungku Vertikal Temperatur Zona Tunggal dengan*

Difraksi Sinar-X. Jurnal Himpunan Fisika Indonesia Edisi 2002.

Febrini, Vivi dkk. 2014. *Pengaruh Kalsinasi terhadap Struktur Kristal Serpentin yang Terdapat di Jorong Sungai Padi Nagari Lubuak Gadang Kecamatan Sangir Kabupaten Solok Selatan*. Jurnal. Padang: FMIPA Universitas Negeri Padang.

Kumar et.al. 2012. *Effects of Thin Film Thickness on Optial Properties of Tin Selenide Thin Films Prepared by Thermal Evaporation for Photovoltaic Applications*.

Malaquias. J, P.A. Fernandes, 2011. *Thin Solid Films*.

Rio, Reka. 1982. *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: PT. Prandya Paramita.

Saini, R. et. al. 2010. *Structural and Electrical Characterization of Sinters SnTe Films*. Jurnal, Departmen of Physics.