

PENGARUH ALUR PEMANASAN PADA KUALITAS KRISTAL $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK BRIDGMAN

THE EFFECT OF THE HEATING SEQUENCE OF THE CRYSTAL QUALITY $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ PREPARATION RESULTS BY BRIDGMAN TECHNIQUE

Oleh: Sya'amzuri Hidayat^{1*)}, Ariswan²

¹Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

²Dosen Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Jl. Colombo, Sleman, Yogyakarta 55222

*) Email : hidayatsyaamzuri@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh alur pemanasan terhadap kualitas struktur kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$, mengetahui komposisi kimia dan morfologi permukaan kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ hasil preparasi dengan teknik Bridgman. Proses preparasi kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dilakukan dengan menggunakan teknik Bridgman dengan melakukan variasi alur pemanasan. Alur pemanasan divariasi sebanyak 3 kali, yaitu alur pemanasan I: suhu 250°C konstan selama 4 jam, suhu 500°C konstan selama 4 jam; alur pemanasan II: suhu 250°C konstan selama 2 jam, suhu 500°C konstan selama 6 jam; alur pemanasan III: suhu 250°C konstan selama 6 jam, suhu 500°C konstan selama 2 jam. Kristal dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM dan EDS. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan semua sampel memiliki struktur kristal cubic dengan parameter kisi, sampel I: $a=6.263 \text{ \AA}$; sampel II: $a=6.271 \text{ \AA}$; sampel III: $a=6.283 \text{ \AA}$. Variasi alur pemanasan berpengaruh pada parameter kisi kristal. Kristal terbaik dihasilkan dari alur pemanasan II. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada alur pemanasan II memiliki pemilihan waktu pemanasan dan suhu pemanasan terbaik dibanding dengan alur pemanasan lainnya. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan morfologi kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ sudah terbentuk. Terbentuknya kristal ditandai dengan munculnya grain dan polikristal yang tersusun berlapis dengan ukuran $5 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m}$. Berdasarkan hasil EDS kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ mengandung unsur Sn, S, dan Te dengan presentase komposisi kimia unsur Sn = 54,42%; S = 11,20%; Te = 34,38%. Perbandingan mol antara unsur Sn: S: Te adalah 1 : 0,2 : 0,6. Berdasarkan presentase komposisi kimia antara unsur Sn, S, dan Te bahwa kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ kaya akan unsur Sn dan Te namun miskin akan unsur S.

Kata kunci: kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$, alur pemanasan, kualitas kristal

Abstract

This research aims to know the effect of the heating sequence of the crystal quality $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$, to know the composition and the surface morphology of $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ crystal preparation results by bridgman technique. The preparation process of $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ crystal was performed using bridgman technique with heating sequence variation. heating sequence was varied for 3 times, i.e heating sequence I: temperature 250°C constant for 4 hours, temperature 500°C constant for 4 hours; heating sequence II: temperature 250°C constant for 2 hours, temperature 500°C constant for 6 hours; heating sequence III: temperature 250°C constant for 6 hours, temperature 500°C constant for 2 hours. The crystal was characterized by X-Ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy, and Energy Dispersive Spectroscopy. The XRD characterization results show that all sampels have cubic crystal structure with the value of lattice parameters are sample I (heating sequence I): $a=6.263 \text{ \AA}$; sampel II (heating sequence II): $a=6.271 \text{ \AA}$; sampel III (heating sequence III): $a=6.283 \text{ \AA}$. The variation in heating sequence have effect on crystal lattice parameter. The best crystal was produced by heating sequence II. That phenomena indicate that heating sequence II has the best determining the heating time and the heating temperature. The SEM characterization shows that surface morphology of $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ crystal has been formed. The formation of crystals characterized by the emergence of structured grain and layered polycrystalline with a size of $5 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m}$. Based on the result of EDS, $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ crystal contain elements of Sn, S, and Te with chemical composition percentage are Sn = 54.42%; S = 11.20%; Te = 34.38%. The molarity comparison of Sn: S: Te is 1 : 0,2 : 0,6. Based on chemical composition percentage that Sn ($\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5}$) crystal rich in elements Sn and Te but the poor in element S.

Keywords: $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ crystal, heating sequence, crystal quality

PENDAHULUAN

Pemanfaatan bahan semikonduktor berkembang dengan begitu pesat pada industri pelapisan dan optoelektronik. Perkembangan yang begitu pesat ini ditandai dengan banyaknya riset yang berhasil mengontrol sifat bahan sehingga bahan tersebut dapat diaplikasikan pada teknologi yang sangat potensial. Penelitian bahan semikonduktor dari paduan unsur golongan IV – VI banyak dikembangkan oleh para peneliti karena memiliki sifat fisika yang unik. Keunikan ini terdapat pada sifat dasar bahan tersebut yaitu pada energi gap, permitivitas dielektrik yang tinggi, pembawa muatan yang tinggi, dan ikatan ion yang tinggi. Bahan semikonduktor dari paduan unsur golongan IV – VI banyak dimanfaatkan sebagai perangkat elektronik seperti sumber dan detektor infra merah, sel surya, perangkat thermovoltaic, perangkat thermoelectric, dan unit memori (Ivanov, 2013: 1).

Bahan semikonduktor yang telah diteliti dari paduan unsur golongan IV – VI adalah $\text{Sn}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)$ yang memiliki energi gap antara 1,37 – 1,92 eV. Bahan semikonduktor tersebut dapat diaplikasikan sebagai sel surya karena efisiensi konversi energi surya teoritis mencapai puncaknya yaitu pada 1,5 eV (Ariswan, 2013: 12). Beberapa paduan unsur golongan IV – VI yang telah diteliti yaitu SnS (Stannum-Sulfur) yang memiliki energi gap sekitar 1,5 eV yang diaplikasikan sebagai sel surya (Cheng, 2012: 7) dan SnTe (Stannum-Telerium) yang memiliki energi gap sekitar 0.35 eV (Saini, 2010: 5) yang diaplikasikan sebagai detektor infra merah karena memiliki energi gap kurang dari 0.5 eV. Bahan yang mempunyai energi gap kurang dari 0.5 eV mempunyai panjang gelombang yang sama dengan infra merah (Liu, 2013: 2). Apabila bahan SnS diberikan doping Te (Telerium) maka akan mengubah energi gap dari bahan SnS itu sendiri. Pemberian doping Telerium pada bahan SnS dilakukan karena unsur S (sulfur) dan Te (Telerium) berada pada kolom periodik yang sama, sehingga dapat dibuat paduan unsur golongan IV – VI yang baru yaitu $\text{Sn}(\text{S}_{1-x}\text{Te}_x)$. Pada penelitian ini dipilih bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dengan perbandingan mol Sn : S : Te yaitu 1 : 0,5 : 0,5. Harapan dari pemberian doping

Te pada bahan SnS ini untuk menurunkan energi gap dari bahan tersebut. Pemilihan bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dengan perbandingan mol Sn : S : Te yaitu 1 : 0,5 : 0,5, dilakukan dengan harapan bahwa bahan semikonduktor yang dihasilkan memiliki kombinasi sifat fisis dari bahan SnS dan SnTe, sehingga dihasilkan bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ yang memiliki energi gap pada rentang 0.35 – 1,5 eV. Bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ diharapkan dapat diaplikasikan sebagai sel surya dan memiliki tingkat efisiensi lebih tinggi dari pada bahan SnS. Di samping itu bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ diharapkan dapat diaplikasikan sebagai detektor infra merah.

Preparasi bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dalam penelitian ini menggunakan teknik Bridgman. Prinsip dasar dari teknik Bridgman adalah memanaskan bahan di atas titik lelehnya kemudian bahan dibiarkan mengalami pendinginan secara perlahan sampai mengeras dan membentuk kristal (Bridgman, 1925: 305-383). Kualitas bahan yang dihasilkan dengan teknik Bridgman bergantung pada pemilihan pola alur pemanasan. Pemilihan pola alur pemanasan pada penelitian ini didasarkan pada titik leleh unsur Sn, S, dan Te karena penelitian tentang diagram fasa bahan $\text{Sn}(\text{S}_{1-x}\text{Te}_x)$ belum dikembangkan. Hasil dari preparasi dengan teknik Bridgman ini berupa kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$.

Faktor yang berpengaruh terhadap kualitas kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dalam penelitian ini adalah pola alur pemanasan. Faktor tersebut dimungkinkan dapat berpengaruh terhadap kualitas struktur dan komposisi kimia masing-masing unsur dalam kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ hasil preparasi dengan teknik Bridgman. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh alur pemanasan pada kualitas kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ hasil preparasi dengan teknik Bridgman.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Oktober 2015 sampai dengan Februari 2016. Preparasi penumbuhan kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) dengan metode Bridgman dilakukan di Laboratorium Fisika Material FMIPA UNY, sedangkan karakterisasi kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan di Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNY dan karakterisasi kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) – EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Institut Teknologi Bandung.

Langkah Penelitian

Langkah penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah tahap preparasi penumbuhan kristal, yang meliputi tahap persiapan, pemanasan bahan, dan pengambilan hasil preparasi. Tahap kedua adalah tahap karakterisasi bahan semikonduktor Sn(S_{0,5}Te_{0,5}).

Tahap persiapan dengan melakukan penimbangan bahan, pemvakuman dan pengelasan. Penimbangan bahan dilakukan untuk masing-masing bahan dasar dari kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}), yaitu Sn : S : Te dengan perbandingan mol 1 : 0,5 : 0,5. Adapun berat molekul untuk unsur Stannum (Sn) adalah 118,69; Sulfur (S) adalah 32,06 dan Telluride (Te) adalah 127,60. Dalam proses penimbangan diperlukan massa dari salah satu bahan yang digunakan sebagai acuan penimbangan bahan lainnya. Pada penelitian ini acuan yang dipilih adalah massa dari unsur Sn. Massa unsur Sn yang digunakan adalah 1,2 gram. Kemudian menentukan massa Sulfur (S) dan Telluride (Te) dengan menggunakan konsep perbandingan mol antara Sn, S, dan Te yaitu 1 : 0,5 : 0,5. Perhitungan massa unsur S yaitu massa Sn dibagi dengan berat atom Sn kemudian dikalikan dengan berat atom S, sehingga diperoleh massa S sebesar 0,1621 gram. Perhitungan massa unsur Te yaitu massa Sn dibagi dengan berat atom Sn kemudian dikalikan dengan berat atom Te, sehingga diperoleh massa Te sebesar 0,645 gram.

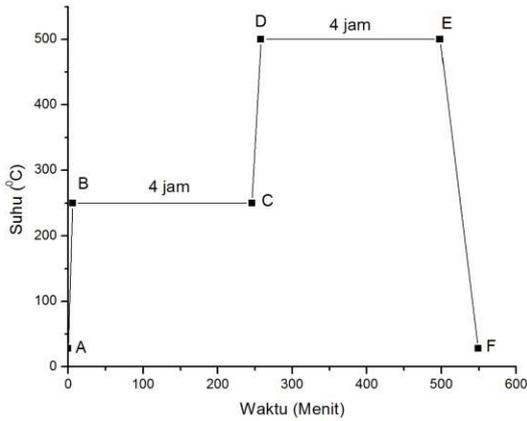
Pada penimbangan ini dipersiapkan 3 sampel sebagai bahan preparasi penumbuhan kristal yaitu sampel I, sampel II dan sampel III, dengan massa dan komposisi sama dari ketiga sampel tersebut.

Bahan-bahan yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam tabung pyrex. Proses pemvakuman tabung pyrex yang telah isi dengan bahan Sn, S, dan Te membutuhkan waktu 2 jam sampai mencapai tekanan 5×10^{-5} torr. Pengelasan tabung pyrex yang berisi bahan paduan menjadi berbentuk kapsul bertujuan untuk mempertahankan tingkat kevakuman kapsul pada tekanan 5×10^{-5} torr agar tidak bereaksi dengan oksigen, nitrogen, dan gas yang lainnya saat dilakukan proses penumbuhan kristal sehingga menghasilkan kristal yang sempurna.

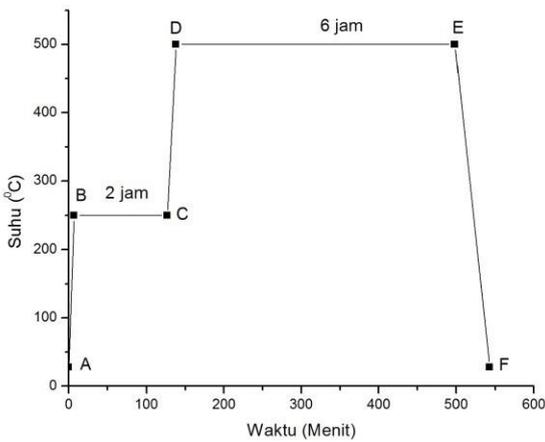
Pada tahap pemanasan bahan, bahan dipanaskan pada suhu 250°C dan 500°C sesuai dengan alur pemanasan yang dikehendaki dan suhunya disesuaikan dengan titik lebur dari masing-masing bahan. Adapun langkah-langkah dalam tahap pemanasan adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan kapsul yang berisi bahan paduan Sn, S, dan Te ke dalam mesin *furnace*.
2. Menghidupkan *furnace* dengan mengatur sakelar pada posisi ON.
3. Mengatur temperatur sesuai dengan alur pemanasan yang dikehendaki.
4. Mematikan *furnace* dengan mengatur sakelar pada posisi OFF, setelah pemanasan selesai.

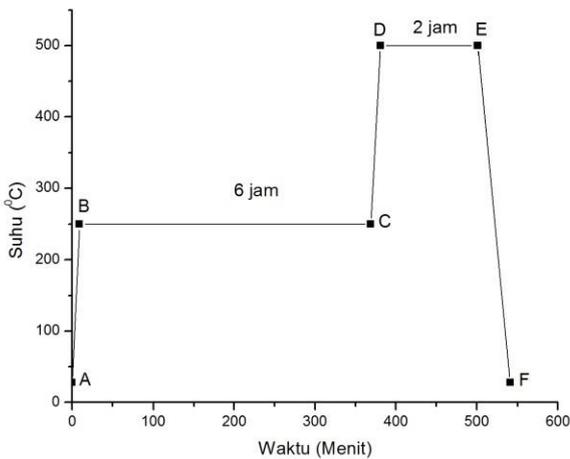
Alur pemanasan untuk Sampel I, Sampel II dan Sampel III ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Pola alur pemanasan sampel I bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$



Gambar 2. Pola alur pemanasan sampel II bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$



Gambar 3. Pola alur pemanasan sampel III bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$

Tahap pengambilan hasil preparasi dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Menunggu suhu di dalam mesin furnace sama dengan suhu ruangan setelah proses pemanasan pada furnace selesai dan sakelar pada posisi OFF. Perlakuan ini dilakukan agar proses pengambilan sampel hasil preparasi aman.
2. Memecah kapsul sampel hasil preparasi setelah diambil dari mesin furnace
3. Mengambil sampel hasil preparasi dari dalam kapsul yang telah dipecah dan memasukkannya ke dalam wadah yang tertutup rapat agar tidak terjadi proses oksidasi

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi XRD berupa difraktogram yang menunjukkan hubungan antara intensitas dengan sudut difraksi (2θ). Difraktogram tersebut selanjutnya dibandingkan dengan data JCPDS (*Joint Committee Powder Diffraction Standard*), sehingga akan diperoleh bidang-bidang hkl dari sampel. Nilai parameter kisi dapat ditentukan dengan metode analitik.

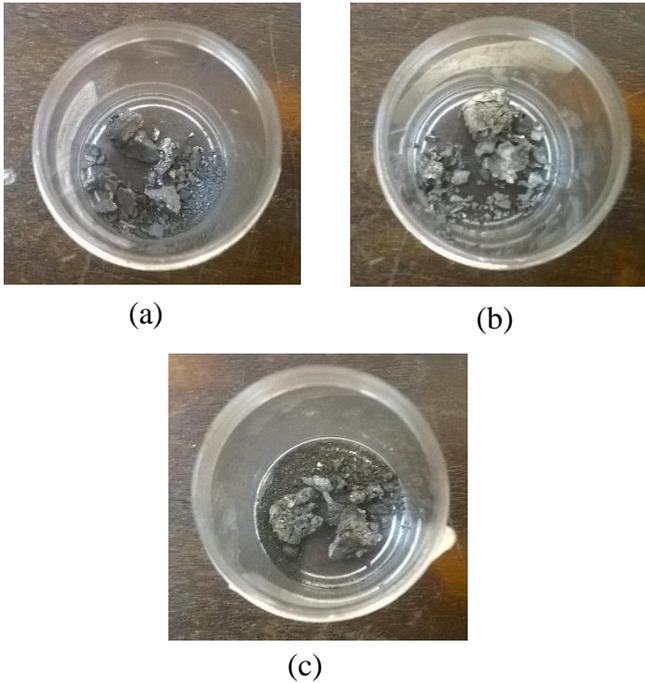
Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi SEM adalah gambar morfologi permukaan bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ yang terbentuk. Dari gambar tersebut kemudian dapat diamati bentuk dan ukuran butiran-butiran (grain) melalui berbagai perbesaran.

Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi EDS berupa spektrum yang menunjukkan hubungan antara intensitas terhadap energi. Dari spektrum tersebut dapat dilakukan analisa kualitatif dan analisa kuantitatif. Analisa kualitatif untuk mengetahui jenis unsur yang terkandung dalam sampel. Analisa kuantitatif untuk mengetahui komposisi atom unsur-unsur yang terkandung dalam sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi Kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$

Penelitian ini menghasilkan tiga sampel kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dengan menggunakan metode Bridgman. Hasil sampel $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.

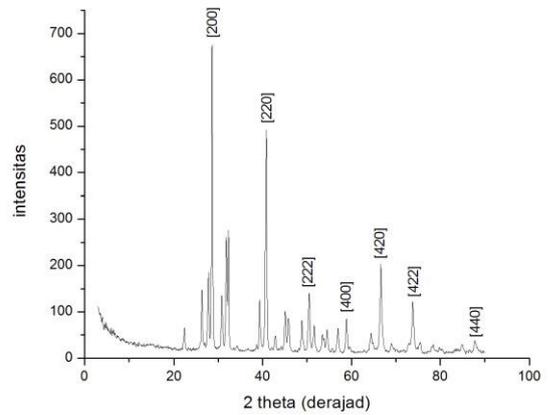


Gambar 4. Hasil preparasi Kristal Semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$. (a) Sampel I dengan alur pemanasan suhu 250°C selama 4 jam dan 500°C selama 4 jam (alur pemanasan I) (b) Sampel II dengan suhu 250°C selama 2 jam dan 500°C selama 6 jam (alur pemanasan II) (c) Sampel III dengan suhu 250°C selama 6 jam dan 500°C selama 2 jam (alur pemanasan III).

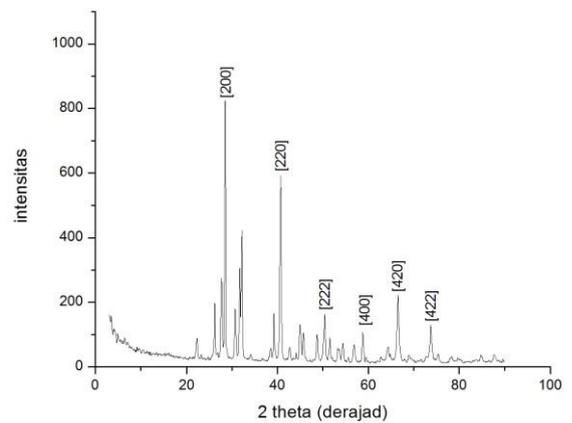
Pengaruh Alur Pemanasan terhadap kualitas kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ ditinjau dari Struktur Kristal dan Parameter Kisi Kristal Hasil Karakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD)

Kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ yang berbentuk massif hasil preparasi dengan menggunakan teknik Bridgman yang telah terbentuk dilakukan karakterisasi menggunakan XRD. Karakterisasi hasil XRD digunakan untuk mengetahui parameter kisi dan struktur Kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$. Karakterisasi hasil XRD Kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ berupa difraktogram, yaitu grafik hubungan antara intensitas (I) puncak spektrum kristal dan sudut hamburan (2θ). Difraktogram menunjukkan puncak-puncak spektrum yang muncul pada sampel. Dengan membandingkan hasil karakterisasi XRD kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dengan data standar JCPDS (*Join Committee on Powder Diffraction Standard*) sehingga dapat ditentukan indeks miller (hkl) pada puncak-puncak difraksi yang terbentuk serta parameter kisi kristal. Hasil karakterisasi XRD kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dianalisa dengan data standar JCPDS.

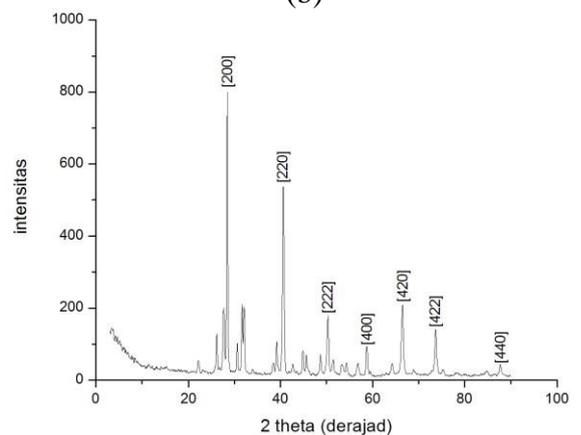
Dari hasil karakterisasi struktur kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dengan XRD didapatkan difraktogram untuk masing-masing alur pemanasan yang ditunjukkan pada Gambar 5.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Difraktogram kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ hasil preparasi dengan Metode Bridgman (a) Pola Alur Pemanasan 1 (b) Pola Alur Pemanasan I (c) Pola Alur Pemanasan III

Hasil karakterisasi XRD dari semua sampel kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ yaitu semua sampel kristal tersebut terkristalisasi dalam struktur Cubic dengan intensitas maksimum mengarah pada indeks miller [200]. Adapun intensitas maksimum terletak pada sudut 28.660 (sampel I / pola alur pemanasan I), 28.569 (sampel II / pola alur pemanasan II), dan 28.504 (sampel III / pola alur pemanasan III).

Dalam mencari data standar pada JCPDS digunakan *software PCPDFWIN*. Pada data standar JCPDS terdapat kesamaan intensitas yang muncul pada sudut-sudut tertentu yang merupakan karakteristik dari Kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$. Dari kesesuaian data tersebut, nilai indeks miller (hkl) dapat diketahui. Perbandingan data penelitian hasil preparasi kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ alur pemanasan I, alur pemanasan II, dan alur pemanasan III kristal dilakukan dengan data standar SnS dan SnTe pada JCPDS.

Hasil perbandingan data penelitian hasil preparasi kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ alur pemanasan I, alur pemanasan II, dan alur pemanasan III diperoleh bahwa kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ cocok dengan data standar SnTe pada JCPDS. Dari hasil perbandingan data hasil XRD kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dengan data standar SnTe JCPDS maka telah diperoleh Indeks Miller pada puncak difraksi yang terbentuk untuk pola alur pemanasan I, pola alur pemanasan II, dan pola alur pemanasan III. Dengan menggunakan data tersebut, maka parameter kisi dari kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ pada semua alur pemanasan dapat ditentukan menggunakan metode analitik. Adapun parameter kisi dari kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ pada setiap alur pemanasan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan parameter kisi tiap alur pemanasan dengan JCPDS

| Parame ter kisi | Sn(S _{0,5} Te _{0,5}) | | | JCP DS |
|--------------------|---|--------------------------|---------------------------|-----------|
| | Alur Pemana san I | Alur Pemana san II | Alur Pemana san III | |
| <i>a</i> (Å) | 6.263 | 6.271 | 6.283 | 6.30 3 |

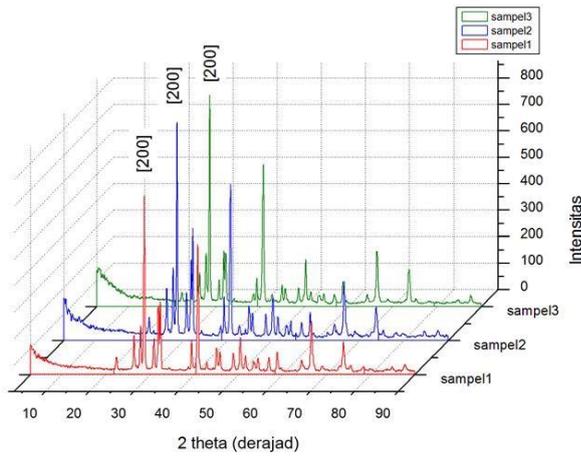
Dari Tabel 1, perbandingan parameter kisi hasil analisa pada alur pemanasan I, II, dan III dengan JCPDS memiliki hasil yang berbeda. Parameter kisi pada pola alur pemanasan I, II, dan III cenderung lebih kecil dari pada data standar

JCPDS. Hal ini diindikasikan terjadi karena adanya peristiwa dislokasi. Menurut Dr. Nandita Dasgupta (2007: 4), peristiwa dislokasi dapat terjadi pada penumbuhan kristal menggunakan teknik Bridgman karena ketika proses pemanasan berlangsung, terdapat interaksi antara bahan dengan permukaan tabung pyrex. Permukaan tabung pyrex mengalami ketegangan (stress) yang besar ketika proses pemanasan berlangsung. Ketika bahan masih dalam kondisi meleleh, bahan mengalami kontak dengan permukaan tabung pyrex, permukaan tabung pyrex akan menekan bahan tersebut sampai proses pemadatan kristal berlangsung sehingga ketegangan permukaan tabung pyrex semakin besar. Akibatnya atom atom pada kristal yang terbentuk mengalami pergeseran dan tidak berada pada tempat yang seharusnya. Peristiwa ini disebut dengan dislokasi. Dislokasi ini mengakibatkan distorsi pada kisi kristal, sehingga nilai parameter kisi kristal mengalami perbedaan dengan data standar JCPDS (Vlack, 2004: 108).

Meskipun demikian, dari Tabel 1 menunjukkan bahwa harga parameter kisi *a*, dari semua sampel dibanding dengan data standar JCPDS memiliki selisih yang tidak begitu besar. Untuk alur pemanasan I memiliki selisih dengan data standar JCPDS sebesar 4%, alur pemanasan II sebesar 3,2%, dan alur pemanasan III sebesar 2%. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan alur pemanasan berpengaruh pada parameter kisi kristal.

Pengaruh alur pemanasan terhadap kualitas kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ ditinjau dari intensitas relatifnya

Difraktogram hasil karakterisasi XRD dari kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ pada alur pemanasan I, alur pemanasan II, dan alur pemanasan III disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Difraktogram Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) untuk alur pemanasan I,II, dan III

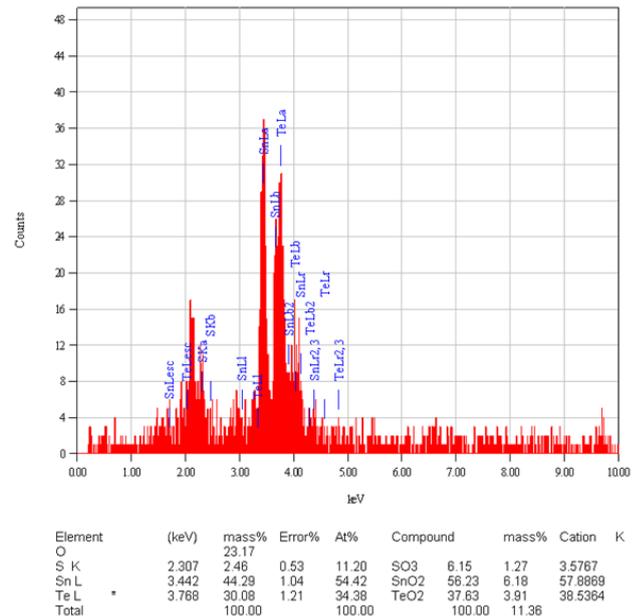
Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa tidak banyak perbedaan yang muncul dari difraktogram Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) pada ketiga pola alur pemanasan tersebut. Puncak intensitas tertinggi dari ketiga alur pemanasan terletak pada alur pemanasan II. Fenomena ini diindikasikan bahwa sinar-X yang berinteraksi dengan kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) pada alur pemanasan II terdifraksi lebih baik dari pada pola alur pemanasan II dan III.

Pola alur pemanasan sampel II bahan Sn(S_{0,5}Te_{0,5}), yaitu pemanasan pada suhu 500°C dilakukan selama 6 jam. Suhu 500°C merupakan suhu diatas titik lebur bahan Sn, S, dan Te. Pada suhu 500°C, semua bahan mengalami proses pelelehan dan bercampur membentuk compound (senyawa). Proses pembentukan compound (senyawa) ini membutuhkan waktu pemanasan yang sesuai agar compound yang dihasilkan memiliki kualitas kristal terbaik.

Hasil karakterisasi XRD, kristal yang dihasilkan dari alur pemanasan II ini memiliki intensitas relatif tertinggi dibandingkan dengan kristal hasil pemanasan lainnya. Hal ini terjadi karena hasil preparasi kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) alur pemanasan II memiliki tingkat keteraturan atom yang tinggi. Kristal terbaik dihasilkan dari preparasi alur pemanasan II karena memiliki pemilihan waktu pemanasan dan suhu pemanasan terbaik dibanding dengan alur pemanasan lainnya.

Komposisi Kimia Kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) dengan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

Karakterisasi Kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) dengan EDS dilakukan pada sampel yang memiliki kualitas kristal terbaik pada penelitian ini. Sampel yang digunakan adalah sampel pada pola alur pemanasan II. Karakterisasi EDS digunakan untuk mengetahui komposisi kimia kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}). Adapun hasil karakterisasi EDS disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan antara intensitas dengan energi hasil karakterisasi EDS kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) pada alur pemanasan II.

Tabel konsentrasi unsur (%) dan perbandingan mol pada pola alur pemanasan II hasil karakterisasi kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) dengan menggunakan EDS dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. konsentrasi dan mol unsur Sn,S, dan Te

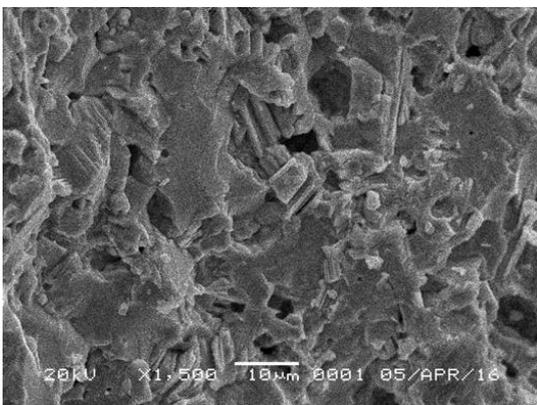
| Unsur | Konsentrasi (%) | Mol Unsur |
|-------|-----------------|-----------|
| Sn | 54.42 | 1 |
| S | 11.20 | 0.2 |
| Te | 34.38 | 0.6 |

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa proses preparasi kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) yang dilakukan sudah berhasil, yaitu dengan sudah terbentuknya unsur Sn, S dan Te. Dari hasil karakterisasi EDS tersebut dapat pula dilihat bahwa terdapat ketidaksesuaian perbandingan unsur mol unsur Sn, S, dan Te pada kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) hasil penelitian dengan teori. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh perbandingan mol Sn, S dan Te yang tersaji pada

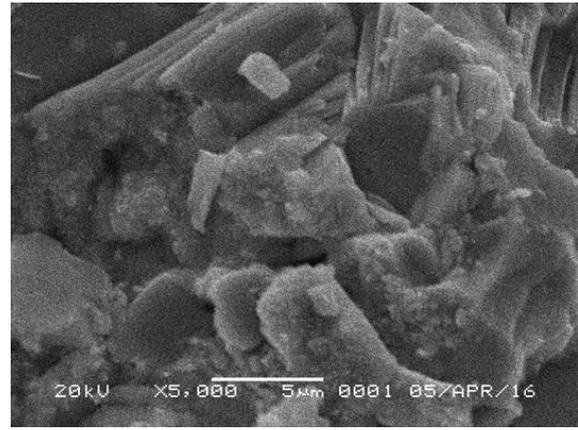
Tabel 2 tidak sesuai dengan harapan yang seharusnya memiliki perbandingan Sn, S dan Te yaitu 1 : 0,5 : 0,5. Hasil karakterisasi EDS tersebut menunjukkan bahwa terjadi perubahan komposisi atom S dan Te. Menurut P. Rudolf (2003: 5-6), Ketidaksiharian tersebut dapat diindikasikan bahwa kristal yang ditumbuhkan mengalami peristiwa non-stoichiometri. Peristiwa non-stoichiometri ini dapat terjadi, karena pencampuran yang kurang maksimal antara bahan Sn, S dan Te yang sangat mungkin disebabkan pada pemilihan alur pemanasan, khususnya berkaitan dengan pemilihan besarnya temperatur dan waktu pemanasan pada tahap pemanasan. Pada penelitian ini, karakterisasi menggunakan EDS hanya sebatas 1 sampel saja, karena keterbatasan finansial peneliti. Oleh karena itu, besar harapan karakterisasi EDS pada penelitian selanjutnya dilakukan pada semua sampel, sehingga data komposisi kimia unsur Sn, S, dan Te pada kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ lebih presisi. Pemilihan alur pemanasan pada penelitian ini, masih berdasarkan titik leleh masing-masing bahan Sn, S dan Te karena penelitian terkait diagram fasa untuk sistem kristal $\text{Sn}(\text{S}_{1-x}\text{Te}_x)$ belum dikembangkan dan dipublikasikan. Berdasarkan presentase komposisi kimia antara unsur Sn, S, dan Te bahwa kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ kaya akan unsur Sn dan Te namun miskin akan unsur S.

Morfologi Permukaan $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dengan Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM digunakan untuk mengetahui struktur morfologi kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$. Hasil analisis SEM berupa foto permukaan dari kristal yang terbentuk.



Gambar 8. Foto Morfologi Permukaan Kristal Semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ hasil SEM dengan perbesaran 1500x



Gambar 9. Foto Morfologi Permukaan Kristal Semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ hasil SEM dengan perbesaran 5000x

Gambar 8 dan 9, berturut-turut menunjukkan foto morfologi permukaan kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ hasil SEM dengan perbesaran 1500x dan 5000x. Bentuk morfologi dari permukaan kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ diperoleh dari penangkapan dan pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan oleh kristal tersebut. Karakterisasi ini dianalisis menggunakan SEM. Hasil dari SEM berupa foto permukaan dari kristal yang terbentuk. Dari hasil foto SEM yang dihasilkan dapat diketahui homogenitas dari kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ yang terbentuk. Gambar 8 dan Gambar 9 adalah hasil foto karakterisasi SEM yang menunjukkan bahwa kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ sudah terbentuk. Terbentuknya kristal ini ditandai dengan munculnya butiran-butiran (grain) dan polikristal yang tersusun berlapis dengan ukuran 5 μm – 10 μm .

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan data hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ mempunyai struktur cubic, dengan parameter kisi untuk sampel I adalah $a = 6.263 \text{ \AA}$, sampel II adalah $a = 6.271 \text{ \AA}$, dan sampel III adalah $a = 6.283 \text{ \AA}$. Perbedaan alur pemanasan berpengaruh pada parameter kisi kristal. Kristal terbaik dihasilkan dari alur pemanasan II. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada alur pemanasan II memiliki pemilihan waktu pemanasan dan suhu pemanasan terbaik dibanding dengan alur pemanasan lainnya.

Hasil karakterisasi EDS dapat diketahui bahwa kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) mengandung unsur Sn (Stannum/Tin), S (Sulfur), dan Te (Telluride) dengan presentase unsur Sn = 54.42%; S = 11.20%; Te = 34.38%. Perbandingan mol antara unsur Sn, S, dan Te adalah 1 : 0,2 : 0,6. Berdasarkan presentase komposisi kimia antara unsur Sn, S, dan Te bahwa kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) kaya akan unsur Sn dan Te namun miskin akan unsur S.

Hasil foto SEM dapat diketahui bahwa bentuk morfologi kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) sudah terbentuk. Terbentuknya kristal ini ditandai dengan munculnya butiran-butiran (grain) dan polikristal yang tersusun berlapis dengan ukuran 5 µm – 10 µm.

Saran

Pemvakuman dilakukan dengan pada tekanan yang lebih rendah dari ~ 10⁻⁶ torr agar tidak bereaksi dengan oksigen, nitrogen, dan gas yang lainnya saat dilakukan proses penumbuhan kristal sehingga menghasilkan kristal yang sempurna.

Perlu penelitian lanjutan mengenai karakterisasi EDS pada semua sampel, sehingga data komposisi kimia unsur Sn, S, dan Te pada kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) lebih presisi.

Perlu penelitian lanjutan mengenai diagram fasa sistem Sn(S_{1-x}Te_x) agar diperoleh alur pemanasan yang tepat untuk preparasi kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) dengan teknik Bridgman.

Perlu penelitian lanjutan tentang Efek Hall dan energi gap sehingga diperoleh informasi yang lebih banyak tentang kristal Sn(S_{0,5}Te_{0,5}).

DAFTAR PUSTAKA

Ariswan & Hari Sutrisno (2013). Preparasi dan karakterisasi bahan semikonduktor Sn(S_{1-x}Te_x) masif menggunakan teknik Bridgman dan lapisan tipis dengan teknik evaporasi untuk aplikasi sel surya. Laporan Fundamental. UNY.

Bridgman, Percy W. (1925). Certain Physical Properties of Single Crystals of Tungsten, Antimony, Bismuth,

Tellurium, Cadmium, Zinc, and Tin. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences 60 (6). Hlm 305–383.

Cheng, L.L, Liu, M.H, Wang, M.X, Wang, S.C,

Wang, G.D, Zhou, Q.Y, Chen, Z.Q. (2012).

Preparation of SnS films using solid sources deposited by the PECVD method with controllable film characters. Journal of Alloys and Compounds. 545 122–129.

Hlm. 1-8.

Dasgupta, Nandita. (2007). Defects in Crystal + Crystal growth. Lecture – 6. Indian Institute of Technology. Madras.

Ivanov, V.A, Gremenok V. F., Seidi H. G., Zimin

S. P., Gorlachev E. S. (2013). Electrical Properties of Hot Wall Deposited PbTe– SnTe Thin Films. Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. P. 816–822 Hlm. 1-7.

Liu, Y., Bose, S.K., & Kudrnovský, J. (2013). Magnetism, half-metallicity and electrical transport properties of V- and Cr-doped semiconductor SnTe: A theoretical study. Journal of Applied Physics. 114, 213704.

Hlm. 1-9.

Rudolph, P. (2003). Non-stoichiometry related defects at the melt growth of semiconductor compound crystals – a review. Crystal Research and Technology. 38, No. 7–8, 542 – 554 (2003) / DOI

10.1002/crat.200310069. Hlm. 1-14.

Saini, R., Pallavi, Singh ,M., Kumar, R., & Jain,

G. (2010). Structural and Electrical Characterization of Sintered SnTe Films. Chalcogenide Letters. Vol. 7, No. 3 P. 197 – 202. Hlm. 1-6.

Vlack, Van. (2004). Elemen-elemen dan Ilmu Rekayasa Material. Jakarta: Erlangga.