

# Artkel 5-4\_C

*by* Ariswan Ariswan

---

**Submission date:** 03-May-2019 02:52AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1123756842

**File name:** Artkel\_5-4\_C.pdf (347.18K)

**Word count:** 2507

**Character count:** 13250

2  
**Struktur dan sifat-sifat listrik bahan semikonduktor  $\text{Cu}(\text{In}_{(1-x)}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$  masif hasil preparasi dengan metode Bridgman.**

5 Ariswan<sup>1</sup>, Hari Sutrisno dan Suharto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>). Dosen Jurdik.Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

<sup>2</sup>). Dosen Jurdik. Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

### Abstrak

2  
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur, sifat-sifat listrik bahan semikonduktor sel surya  $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{Se,S})_2$  hasil penumbuhan kristal dengan teknik Bridgman. Selanjutnya dilakukan karakterisasi meliputi struktur kristal menggunakan Difraksi Sinar X dan Komposisi kimia bahan dengan *Energy Dispersive Spectroscopy*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa  $\text{Cu}(\text{In}_{(1-x)}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$  terkristalisasi dalam struktur Tetragonal Pusat Badan (I) dengan parameter kisi sebagai fungsi komposisi x atom galium pada  $\text{Cu}(\text{In}_{(1-x)}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$  diberikan oleh persamaan :

$a = 5.78 - 0.187 x$  dan  $c = 11,62 - 0.53 x$ .

*Kata Kunci : Semikonduktor, Kalkopirit dan Sel Surya*

In this work we present the technique of Bridgman permitting to get the photovoltaic materials of the type  $\text{Cu}(\text{In}_{(1-x)}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ . The characterization that has been carried out is X-ray Diffraction and Energy Dispersive Spectroscopy.

We got the results of this preparation is a good qualities. The results showed that phase of tetragonal I and has an unit cell parameters a and c are a function of gallium composition of x by equation:

$a = 5.78 - 0.187 x$  and  $c = 11,62 - 0.53 x$ .

*Keywords: semiconductors, Chalcopyrit and solar cells.*

### PENDAHULUAN

10 Sejak ditemukan gejala konversi energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan piranti sel surya, maka energi matahari diharapkan menjadi sumber energi alternatif pada masa yang akan datang, terutama bagi daerah-daerah tropis seperti Indonesia. Piranti sel surya tersebut bisa dalam bentuk hubungan hetero dari bahan

semikonduktor lapisan tipis kristal banyak (*polycrystalin*) berbasis  $\text{Cu}(\text{Ga,In})(\text{Se,S})_2$  tipe P dan  $\text{Cu}(\text{Ga,In})_3(\text{Se,S})_5$  tipe N. Hal ini jelas sangat memungkinkan bahwa bahan-bahan tersebut di atas merupakan alternatif pilihan bagi realisasi piranti sel surya selain Silikon.

Preparasi bahan dilakukan dengan teknik Bridgman. Penentuan alur pemanasan berupa alur kenaikan/penurunan suhu ditentukan dengan

berdasarkan diagram fasa dari bahan tersebut ( Fearhelly, 1986). Teknik ini telah terbukti menghasilkan bahan paduan sesuai dengan komposisi yang diharapkan. Tentu saja bahan dasar yang digunakan adalah bahan dengan kemurnian tinggi (99,9999 %).

Selanjutnya preparasi bahan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi atom galium pada semikonduktor sel surya Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> terhadap struktur kristal (parameter kisi kristal). Untuk itu perlu dihitung parameter kisi masing- masing paduan yang telah diketahui komposisi kimianya. Komposisi kimia bahan dapat dilakukan dengan menggunakan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Hasil penelitian ini akan mendasari penelitian berikutnya berupa preparasi lapisan tipis dan aplikasinya dalam realisasi sel surya berbasis Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>.

#### TINJAUAN PUSTAKA

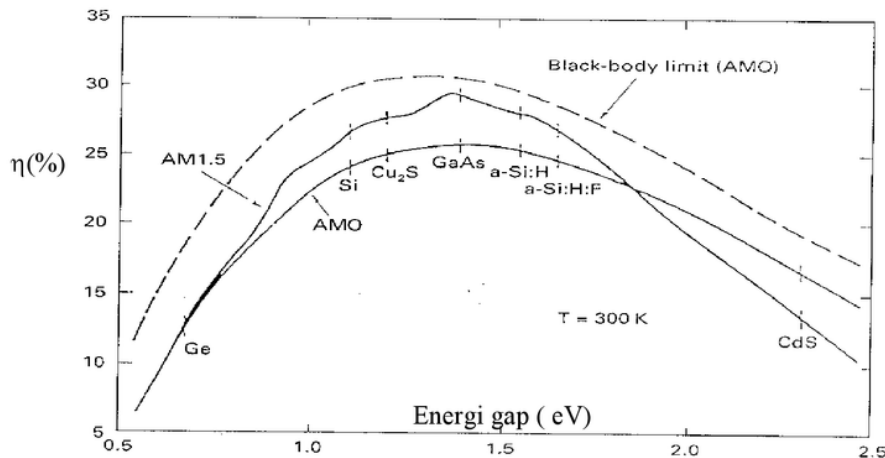
Seperti telah disebutkan, bahwa penelitian ini bertujuan menentukan variasi parameter kisi dari kristal dan energi gap bahan semikonduktor sel surya Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>. Hal ini sangat penting dilakukan, oleh karena kualitas persambungan (jonction) sel surya ditentukan oleh kesesuaian parameter

kisi bahan, yaitu  $\frac{\Delta a}{a} \approx 0.01$  ( G. Hanna,

2001), sedangkan efisiensi konversi energi surya salah satunya tergantung pada energi gap (A. Goetzberger,2000). A. Goetzberger telah menemukan hubungan antara efisiensi konversi energi matahari sebagai fungsi dari energi gap bahan seperti ditunjukkan pada gambar 1. Selain itu telah diketahui bahwa konstanta kisi dan energi gap tersebut ditentukan oleh komposisi atom gallium pada Cu(In<sub>1-x</sub>,Ga<sub>x</sub>)Se<sub>2</sub> (D. Liao, 2002). Energi gap bahan Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> sebagai fungsi dari fraksi galium (x) dinyatakan oleh persamaan : (Chakrabarti et.al.)

$$E_g(x)[\text{eV}] = 1.011 + 0.411 x + 0.505 x^2$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa energi gap merupakan fungsi kuadrat dari komposisi galium x untuk senyawa Cu(In<sub>1-x</sub>,Ga<sub>x</sub>)Se<sub>2</sub>. Oleh karena itu kiranya dapat ditentukan komposisi x galium sehingga memberikan efisiensi konversi energi surya maksimum. ( Contreras, 1999) menemukan komposisi galium yang diperkenankan, yakni x sekitar 28 % agar mampu memberikan bahan sel surya berbasis Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> dengan efisiensi optimal sebesar 18.8 % .



Gambar 1. Efisiensi konversi energi surya sebagai fungsi dari energi gap (A. Goetzberger, 2000)

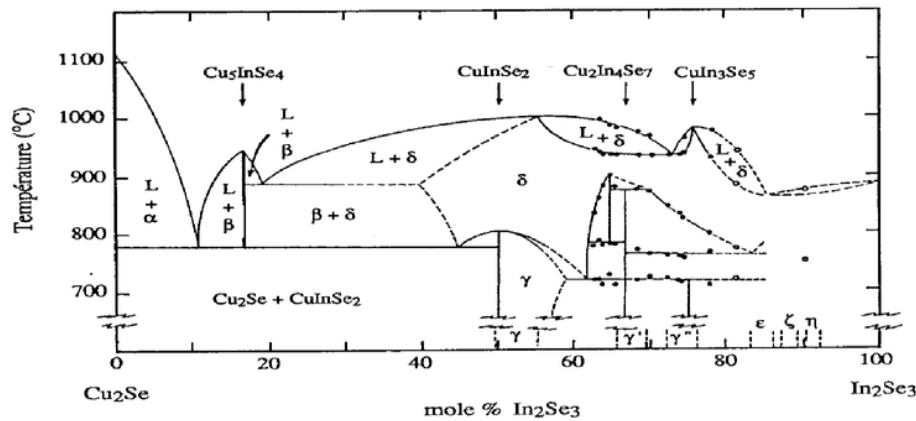
### Penentuan Struktur Kristal

Prinsip dasar penentuan struktur kristal hasil preparasi bahan adalah dengan teknik difraksi sinar x, dimana berlaku Hukum Bragg :

$$2 d \sin \theta = n \lambda \quad (1)$$

dengan  $d$  adalah jarak antar bidang atom-atom dalam kristal ( bidang dengan indeks Miller tertentu),  $\theta$  adalah sudut difraksi dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar X yang dipergunakan. Bila diambil bidang-bidang dengan Indeks Miller berbeda, maka dengan teknik analisa Cohen, dapat ditentukan parameter kisi hasil preparasi.

Penelitian awal yang telah dilakukan adalah preparasi senyawa semikonduktor  $\text{CuInSe}_2$  dan  $\text{CuGaSe}_2$  masif (*alloy*). Hasil preparasi menunjukkan bahwa bahan tersebut terkristalisasi dalam struktur Kalkopirit (tetragonal) dengan intensitas difraksi maksimum pada arah  $\{112\}$ . Sedangkan alur suhu dalam pemanasan selama preparasi masif didasarkan pada diagram fase seperti tampak pada gambar 2 (Fearheily, 1986).

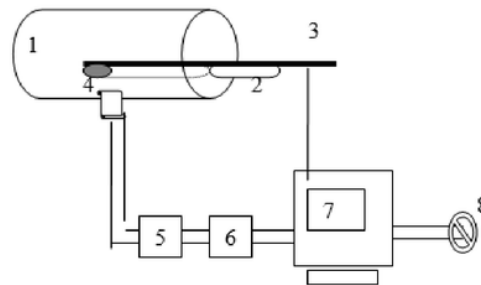


Gambar 2. Diagram fase sistem  $\text{Cu}_2\text{Se} - \text{In}_2\text{Se}_3$  menurut Fearheily.

### METODE PENELITIAN

Bahan yang diperlukan untuk preparasi masif adalah tembaga (Cu), Indium (In), Galium (Ga) dan Selen (Se) yang masing-masing memiliki derajat kemurnian 99.9 %. Preparasi masif

dengan menggunakan metode Bridgman dilakukan di laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta dengan skema preparasi seperti tampak pada gambar 3 berikut:



Gambar 3: Skema preparasi massif : 1: furnace; 2: Tabung quartz; 3: Termokopel; 4: Bahan Cu, In, Ga, dan Se dengan kemurnian 99.9 %; 5: Ampermeter; 6: Autotransformator; 7: Regulator terprogram dan 8: Sumber arus

Untuk preparasi  $\text{Cu}(\text{In}_a, \text{Ga}_b)\text{Se}_2$ , mula-mula ditimbang tembaga (Cu) yang telah dielektrolisis menggunakan larutan  $\text{HPO}_4$  (80 %) misalnya p gram. Selanjutnya dapat dihitung massa Indium (In) sebesar

$$\left( \frac{p}{63.546} \dots x 114.79 x a \right) \text{ gram, galium}$$

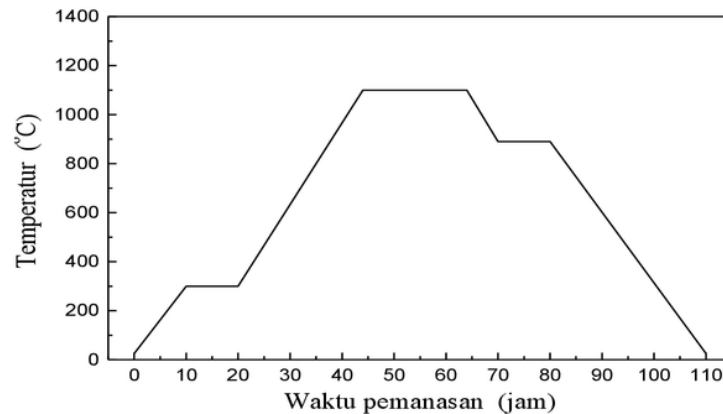
$$(\text{Ga}) \text{ sebesar } \left( \frac{p}{63.546} x 69.72, x b \right) \text{ gram}$$

dan selen (Se) sebesar

$$\left( \frac{p}{63.546} x 2 x 78.96 \right) \text{ gram. Keempat}$$

1 bahan tersebut dimasukkan dalam tabung quartz yang memiliki diameter dalam dan luar berturut-turut 12 mm dan 16 mm. Tabung tersebut dicuci dengan campuran larutan HF, HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O dengan perbandingan 2:3:5, dan dikeringkan dalam ruang pemanas bersuhu 80°C selama 8 jam. Tabung bersama bahan-

bahan di atas ditempatkan pada vakum berorde 10<sup>-5</sup> Torr dan dilas pada salah satu ujungnya. Tabung quartz yang telah dilas tersebut kemudian ditempatkan pada furnace (gambar 3) yang temperaturnya dapat di atur sesuai kebutuhan, misalnya seperti tampak pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Proses pemanasan selama preparasi Cu(In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>)Se<sub>2</sub> masif

Selanjutnya karakterisasi sampel hasil preparasi meliputi:

- Difraksi sinar X, untuk menentukan struktur dan parameter kisi. Penentuan parameter kisi dihitung dengan metode analitis, sehingga dihasilkan hasil perhitungan yang akurat. Prinsip metode analitis tersebut adalah perhitungan konstanta kisi dilakukan dengan melibatkan seluruh bidang (hkl) dari hasil difraksi sinar X, sehingga hasil perhitungan tersebut melibatkan seluruh puncak - puncak difraksi.

- Mikroskop elektron dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS=EDAX) untuk mengetahui morfologi permukaan dan komposisi kimia. Hasil karakterisasi ini dan interpretasi hasil difraksi sinar X memungkinkan peneliti untuk memastikan komposisi hasil preparasi sesuai dengan yang direncanakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil analisa EDAX

Elemen-elemen yang digunakan Cu, In, Ga dan Se setelah ditimbang dengan

Tabung berisi elemen-elemen tersebut dilas pada tekanan  $10^{-6}$  Torr, lalu ditempatkan pada *furnace* terprogram dengan alur suhu seperti pada gambar 4 di atas. Bahan yang dapat dipreparasi

perbandingan yang sesuai dengan formulasi yang telah dituliskan sebelumnya, kemudian dimasukkan dalam tabung kuarsa dengan diameter dalam 12 mm dan diameter luar 16 mm.

dalam seri  $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ , dengan hasil preparasi riilnya ditunjukkan pada tabel 1, berdasarkan hasil pengukuran EDAX.

Tabel 1. Hasil preparasi riil senyawa  $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$

No	Besarnya x (Ga)	Cu (%)	In (%)	Ga (%)	Se (%)	Formulasi bahan hasil preparasi
1	0	25,759	24,062	0	50,179	$\text{CuIn}_{0.93}\text{Se}_{1.95}$
2	0,2	24,575	19,791	5,095	50,54	$\text{CuIn}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}\text{Se}_2$
3	0.4	24,215	14,174	9,879	51,432	$\text{CuIn}_{0.59}\text{Ge}_{0.41}\text{Se}_{2.1}$
4	0.5	25,826	11,006	13,922	49,246	$\text{CuIn}_{0.43}\text{Ge}_{0.54}\text{Se}_{1.91}$
5	0.6	25,402	10,467	14,07	50,062	$\text{CuIn}_{0.41}\text{Ge}_{0.55}\text{Se}_{1.97}$
6	0.8	25,02	5,043	18,932	50,823	$\text{CuIn}_{0.2}\text{Ge}_{0.75}\text{Se}_{2.01}$
7	1.0	25,553	0	25,088	49,359	$\text{CuGa}_{0.98}\text{Se}_{1.93}$

Hasil analisa EDAX menunjukkan bahwa hasil preparasi bahan dengan

### Interpretasi hasil terhadap sifat Molekularitas (*Molecularity*) dan Stoikiometri (*Stoichiometry*) bahan.

Sebuah senyawa semikonduktor quarterner tipe  $\text{Cu}_a\text{M}_b\text{Se}_c$  dapat dinyatakan sebuah parameter molekularitas dan stoikiometri berturut-

teknik Bridgman mendekati hasil yang diharapkan.

turut dinyatakan ( Groenink dan Janse, 1978)

$$\Delta m = \frac{a}{b} - 1 \text{ dan } \Delta s = c - \frac{a}{2} - \frac{3b}{2}$$

(3)

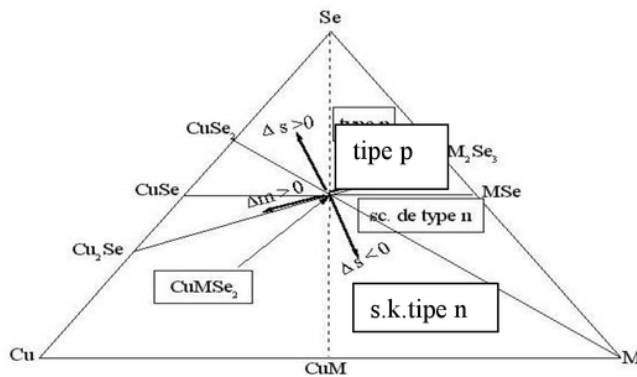
a, b, c adalah konsentrasi atom dalam senyawa (dalam persen).

Dengan perhitungan dapat ditentukan dan stoikiometri ( $\Delta m$ ) dan ( $\Delta s$ ) seperti besarnya penyimpangan molekularitas dalam tabel berikut:

Tabel 2. Formulasi perhitungan besarnya penyimpangan molekularitas dan stoikiometri untuk senyawa  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$

Senyawa	Formulasi	Molekularitas ( $\Delta m$ )		Stoikiometri ( $\Delta s$ )	
		kelebihan selen (Se)	kelebihan Cu	kelebihan selen (Se)	kelebihan Cu
$\text{CuInSe}_2$	$\text{Cu}_a\text{In}_b\text{Se}_c$	$\frac{a}{b} - 1$	$\frac{2c-3b}{b+d} - 1$	$\frac{2c}{a+3b} - 1$	$1 - \frac{a+3b}{2c}$
$\text{CuGaSe}_2$	$\text{Cu}_a\text{Ga}_d\text{Se}_c$	$\frac{a}{d} - 1$	$\frac{2c-3d}{b} - 1$	$\frac{2c}{a+3d} - 1$	$1 - \frac{a+3d}{2c}$
$\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$	$\text{Cu}_a(\text{In}_b, \text{Ga}_d)\text{Se}_c$	$\frac{a}{b+d} - 1$	$\frac{2c-3(b+d)}{b+d} - 1$	$\frac{2c}{a+3(b+d)} - 1$	$1 - \frac{a+3(b+d)}{2c}$

Sifat konduktivitas senyawa  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$  kaitannya dengan penyimpangan molekularitas dan stoikiometri untuk senyawa  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$  dapat dirangkum dalam gambar 5 .



Gambar 5. Tipe Semikonduktor  $\text{CuMSe}_2$  ( M adalah In atau Ga). dalam penyimpangan molekularitas dan stoikiometri

Dari tabel komposisi kimia (tabel 1) dapat dihitung penyimpangan molekularitas dan stoikiometri, hasilnya seperti tampak pada tabel 3 berikut ini.



**Tabel 3** . Penyimpangan molekularitas dan stoekimetri serta tipe konduktivitas dari hasil preparasi sampel  $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$  dengan  $x$  (0.0 ; 0.2 ; 0.4 ; 0.5 ; 0.6 ; 0.8 dan 1.0).

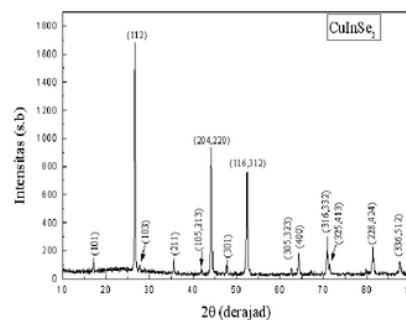
Harga $x$	Molecularity ( $\Delta m$ )	Stoekiomerty ( $\Delta s$ )	Tipe konduktivitas teoritis	Tipe konduktivitas terdeteksi
0.0	-0.06	-0.01	n	n
0.2	-0.01	0.02	p	p
0.4	-0.01	0.02	p	p
0.5	0.03	-0.02	p	p
0.6	0.04	0.01	p	p
0.8	0.05	0.05	p	p
1.0	0.02	-0.02	p	p

Nilai molekularitas  $\Delta m$  dikaitkan dengan kandungan logam dalam senyawa yang bersangkutan. Jika  $\Delta m$  positif menunjukkan bahwa senyawa mengandung banyak logam (Cu) dan sebaliknya. Untuk hasil yang ideal tentu saja kedua kuantitas tersebut adalah nol. Hasil senyawa dalam penelitian ini menunjukkan bahwa  $1\% \leq |\Delta m| \leq 6\%$ , artinya dekat pada stoekimetri sempurna.

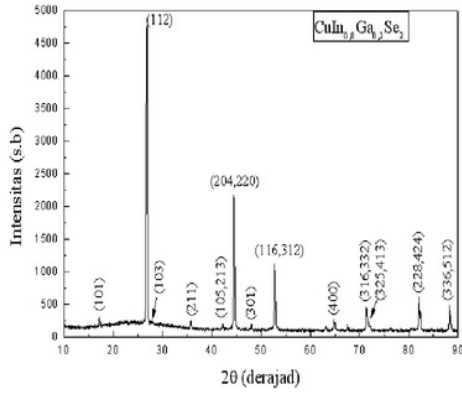
Untuk  $\text{CuInSe}_2$  tipe konduktivitasnya dapat p atau n tergantung pada nilai  $\Delta m$  dan  $\Delta s$ . Untuk sebuah nilai  $\Delta m$  dan  $\Delta s$  positif menghasilkan semikonduktor tipe p, sedangkan untuk  $\Delta m$  dan  $\Delta s$  negatif memberikan semikonduktor tipe n. Sedangkan untuk sebagian besar sampel seri  $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$  ( $x \neq 0$ ), tipe konduktivitas adalah p.

### KARAKTERISASI DENGAN DIFRAKSI SINAR X

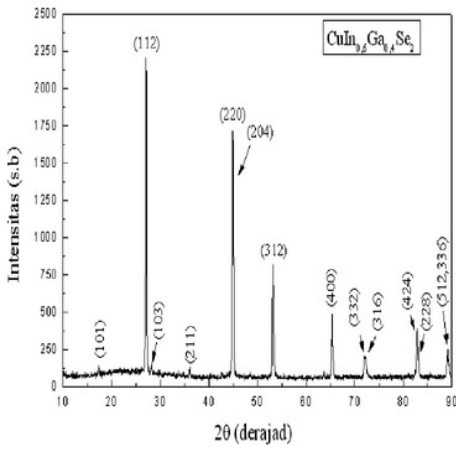
Penentuan struktur kristal dari sampel yang telah dipreparasi menggunakan teknik difraksi sinar X. Hasil spektrum difraksi sinar X beberapa sampel hasil preparasi dengan teknik Bridgman tersebut seperti tampak pada gambar 6 berikut ini.



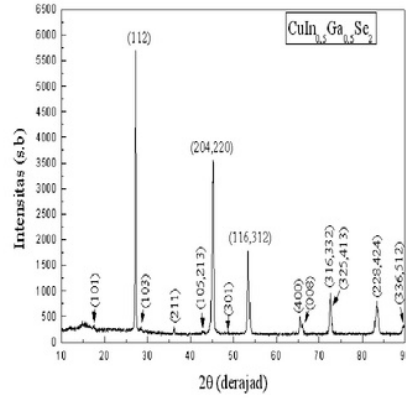
**Gambar 6.a** : Hasil spektrum XRD  $\text{CuInSe}_2$



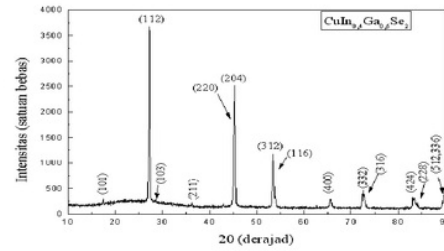
Gambar 6.b. Hasil spektrum XRD  
 $\text{CuIn}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{Se}_2$



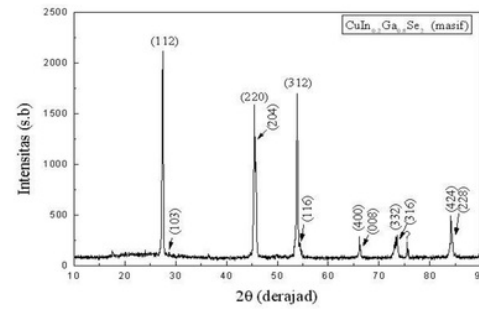
Gb. 6.c. Hasil spektrum XRD  
 $\text{CuIn}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{Se}_2$



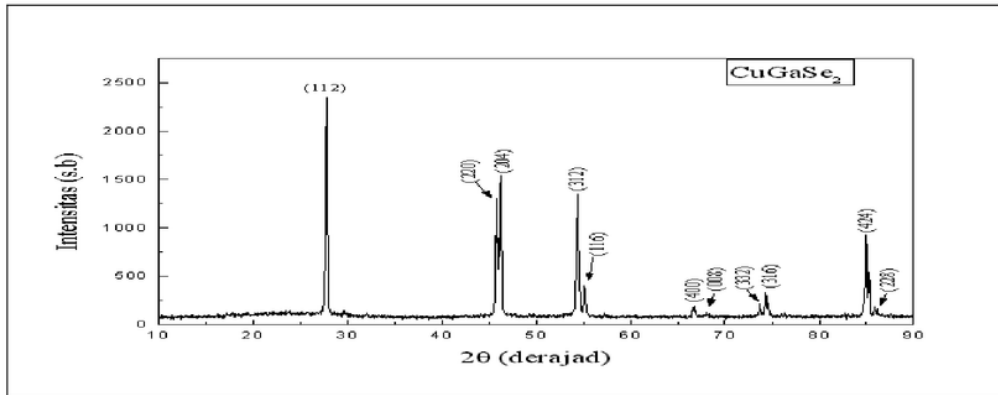
Gb. 6.d. Hasil spektrum XRD  
 $\text{CuIn}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{Se}_2$



Gambar 6.e. Hasil spektrum XRD  
 $\text{CuIn}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{Se}_2$



Gb.7.f. Hasil spektrum XRD  
 $\text{CuIn}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Se}_2$

Gambar 6.g. Hasil spektrum XRD CuGaSe<sub>2</sub>

Selanjutnya dari data spektrum sinar X tersebut diatas dapat dihitung parameter kisi hasilnya seperti pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Nilai parameter kisi a, c dan c/a dari bahan CuIn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>Se<sub>2</sub>.

CuIn <sub>1-x</sub> Ga <sub>x</sub> Se <sub>2</sub>	a (Å)	c (Å)	c/a	Vol. (Å <sup>3</sup> )
x = 0	5,7806	11,5970	2,006	387,5
x = 0,2	5,7579	11,5131	2,00	381,3
x = 0,4	5,7073	11,3824	2,00	370,8
x = 0,5	5,6857	11,3732	2,00	367,7
x = 0,6	5,6510	11,3431	2,00	362,2
x = 0,8	5,6381	11,2787	2,00	358,2
x = 1	5,6000	11,0077	1,96	345,2

Nilai  $\Delta(c/a) = 2 - c/a$  menunjukkan distorsi positif untuk sampel dengan  $x=1$ , namun pada  $0.2 < x < 0.8$  kristal memiliki struktur sphalerit ditandai dengan  $c = 2a$ . Sedangkan untuk  $x = 1$  memiliki distorsi negative. Dengan nilai pada tabel 6 di atas tampak bahwa keberadaan atom galium pada sistem CuIn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>Se<sub>2</sub> menentukan parameter

kisi baik a maupun c. Kedua parameter kisi semakin berkurang dengan naiknya fraksi galium x, begitu pula pada pengurangan volume sel satuan dari kristal. Variasi nilai parameter kisi sebagai fungsi dari komposisi x atom galium diberikan oleh persamaan :

$$c = 11.62 - 0.53x \text{ dan}$$

$$a = 5.78 - 0.187x$$

## SIMPULAN

Setelah melakukan penelitian tentang preparasi bahan  $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$  disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil preparasi bahan semikonduktor menggunakan teknik Bridgman mampu memeberikan bahan yang diinginkan dengan komposisi kimia yang mendekati ideal.
2. Tipe konduktivitas bahan  $\text{CuInSe}_2$  ditentukan oleh berapa nilai dari molekularitas  $\Delta m$  dan stoekiometri  $\Delta s$ . Bila kedua kuantitas tersebut bernilai positif, maka akan memberikan semikonduktor dengan tipe konduktivitas p, sedangkan sebaliknya bila keduanya negatif semikonduktor akan memiliki tipe konduktivitas n.
3. Bahan kristal semikonduktor  $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$  memiliki struktur Tetragonal Pusat Badan ( I ) dengan parameter kisi sebagai fungsi komposisi galium x diberikan oleh persamaan  $c = 11.62 - 0.53x$  dan  $a = 5.78 - 0.187x$ . Hasil ini memungkinkan untuk melakukan preparasi bahan  $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$  dengan parameter kisi dikontrol oleh prosentasi atom galium pada senyawa tersebut.

## Daftar Pustaka.

- 8  
A. Goetzberger, C. Hebling, *Solar Energy Materials and solar cells*, 62 (2000) p.1
- 9  
A. Gronenik and P.H. Janse, *Z. Phys.Chem.* 110 (1978)17
- D. Liao and A. Rockett, *Journal of Applied Physics*, 91 (2002) p. 1978
- 3  
D. S. Albin, J.R. Tuttle, G. D. Mooney, J.J. Carapella, A. Duda, A. Mason and R. Noufi, *Proc 21 st IEEE photovoltaic Specialists conf.* Orlando F.A (1990)p.562
- 19  
Fearheiley, M. L., *Solar Cells* 16 (1986)p.91
- 7  
G. Hanna, A. Jasenek, U. Rau, H. W. Schock, *Thin Solid Films* 387 (2001) p.71
- 15  
G.Orsal, F. Mailly, N. Romain, M.C. Artaud, S. Duchemin. Study of polycrystalline thin films deposited by MOCVD onto ZnO substrates. *Thin solid film* 361-262 :135-139 (2000).
- 2  
H. Sakata and H. Ogawa, *Solar Energy Materials and Solar Cells* 63 (2000) 256
- J. Kessler, Thèse de l'Université Paris VII (1988)

<sup>1</sup>  
M. Contreras, B. Egaas, K. Ramanathan,  
*Prog. Photov.* **7** (1999) p.311

M. Zoud Sardi, Thèse de l'Université  
Paris VI (1989)

<sup>6</sup>  
R. Chakrabarti, B. Maiti, S. Chaudhuri  
and A. K. Pal, *Solar Energy Materials  
and Solar Cells* **43** (1996)p.237

Turcu M, Kotschan I. M. , Rau U,  
*Journal off Applied Physics*, 91  
(3) (2002) p. 1391

## Artkel 5-4\_C

### ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

### PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://hfi-diyjateng.or.id">hfi-diyjateng.or.id</a> Internet Source	6%
2	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	2%
3	R. Chakrabarti, B. Maiti, S. Chaudhuri, A.K. Pal. "Photoconductivity of Cu(In, Ga) Se <sub>2</sub> films", Solar Energy Materials and Solar Cells, 1996 Publication	2%
4	<a href="http://media.neliti.com">media.neliti.com</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://www.greenbookee.com">www.greenbookee.com</a> Internet Source	1%
6	R Chakrabarti, AB Maity, B Maiti, J Dutta, S Chaudhuri, AK Pal. "Effect of Ga incorporation in polycrystalline CuInSe <sub>2</sub> films", Vacuum, 1996 Publication	1%
7	<a href="http://d-nb.info">d-nb.info</a> Internet Source	1%

8

[www.scielo.org.mx](http://www.scielo.org.mx)

Internet Source

&lt;1%

9

C. Guillen, J. Herrero. "Improvement of the optical properties of electrodeposited CuInSe<sub>2</sub> thin films by thermal and chemical treatments", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 1996

Publication

&lt;1%

10

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Internet Source

&lt;1%

11

[ml.scribd.com](http://ml.scribd.com)

Internet Source

&lt;1%

12

Submitted to Universitas Diponegoro

Student Paper

&lt;1%

13

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Internet Source

&lt;1%

14

Submitted to Chulalongkorn University

Student Paper

&lt;1%

15

Ariswan, G. El Hal Moussa, Yanuar, Guastavino, C. Llinares. "Preparation and study of thin film CuInSe<sub>2</sub> and CuIn<sub>3</sub>Se<sub>5</sub> photovoltaics by the flash evaporation technique", 2000 Mediterranean Conference for Environment and Solar. COMPLES'2K (Cat. No.00EX493), 2001

Publication

&lt;1%

16

[nfrozi.blogspot.com](http://nfrozi.blogspot.com)

Internet Source

<1%

---

17

[wwwfsrianseftia.blogspot.com](http://wwwfsrianseftia.blogspot.com)

Internet Source

<1%

---

18

Springer Undergraduate Texts in Mathematics and Technology, 2014.

Publication

<1%

---

19

Miyazaki, H.. "Cu(InGa)Se<sub>2</sub> thin film absorber with high Ga contents and its application to the solar cells", Journal of Physics and Chemistry of Solids, 200309

Publication

<1%

---

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 2 words

Exclude bibliography  On



# Artkel 5-4\_C

---

GRADEMARK REPORT

---

FINAL GRADE

**/100**

GENERAL COMMENTS

**Instructor**

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---

PAGE 6

---

PAGE 7

---

PAGE 8

---

PAGE 9

---

PAGE 10

---

PAGE 11

---

PAGE 12

---