

SINTESIS MATERIAL SEMIKONDUKTOR ZnO DIDOPING Cu UNTUK MODUL TERMoeLEKTRIK BERBASIS MATERIAL ZnO

TESIS

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Magister
Program Studi Teknik Mesin



Oleh

Bayu Prabandono

S951108003

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2015

commit to user

SINTESIS MATERIAL SEMIKONDUKTOR ZnO DIDOPING Cu UNTUK MODUL TERMOELEKTRIK BERBASIS MATERIAL ZnO

TESIS

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Magister
Program Studi Teknik Mesin



Oleh

Bayu Prabandono

S951108003

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**


2015
com user

**SINTESIS MATERIAL SEMIKONDUKTOR ZnO
DIDOPING Cu UNTUK MODUL TERMOELEKTRIK
BERBASIS MATERIAL ZnO**

TESIS

Oleh

Bayu Prabandono
S951108003

Komisi	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing			
Pembimbing I	Dr. Tech. Suyitno, S.T., M.T NIP. 19740902 2001121 002		17 Januari 2015
Pembimbing II	Dr.Eng. Risa Suryana, S.Si.,M.Si. NIP. 197108312000031005		17 Januari 2015

Telah dinyatakan memenuhi syarat
Pada tanggal 17 Januari 2015

Ketua Program Studi Teknik Mesin
Program Pasca Sarjana UNS


Dr. Tech. Suyitno, ST, MT
NIP. 19740902 2001121 002
MAGISTER
TEKNIK MESIN

commit to user

SINTESIS MATERIAL SEMIKONDUKTOR ZnO DIDOPING Cu UNTUK MODUL TERMOELEKTRIK BERBASIS MATERIAL ZnO

TESIS

Oleh



Bayu Prabandono

S951108003

Tim penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Dr. Eng. Agung Tri Wijayanta, ST, M.Eng. NIP. 19710831 1997021 001		17 Januari 2015
Sekretaris	Dr. Agus Supriyanto S.Si, M.Si. NIP. 19690826 1999031 001		17 Januari 2015
Anggota Penguji	Dr. Tech. Suyitno, S.T, M.T. NIP. 19740902 2001121 002		17 Januari 2015
	Dr. Eng. Risa Suryana S.Si, M.Si NIP. 19710831 2000031 005		17 Januari 2015

Telah dipertahankan di depan penguji
Dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal 17 Januari 2015


 Direktur Program Pascasarjana UNS

 Prof. Dr. Ir. Ahmad Yunus, MS
 NIP 196107171986011001

Ketua Prodi Magister Teknik Mesin


 Dr. Tech. Suyitno, ST, MT.
 NIP 1974090220011210 02

commit to user

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ISI TESIS

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tesis yang berjudul: " SINTESIS MATERIAL SEMIKONDUKTOR ZnO DIDOPING Cu UNTUK MODUL TERMOELEKTRIK BERBASIS MATERIAL ZnO "ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagaimana acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang- undangan (Permendiknas No 17, tahun 2010)
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan PPs UNS sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya satu semester (enam bulan sejak pengesahan tesis) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan tesis ini, maka Prodi Teknik Mesin PPs-UNS berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Prodi Teknik Mesin PPs-UNS. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, 15 Januari 2015

Materai Rp 6.000,- Ttd

Bayu Prabandono
S951108003

commit to user

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Tuhan YME yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Selama menyelesaikan tugas master ini penulis memperoleh banyak ilmu dan pengalaman yang mudah-mudahan dapat dijadikan bekal untuk masa depan penulis.

Dalam menyelesaikan tugas master ini penulis banyak memperoleh bantuan, bimbingan, pengalaman dan pelajaran yang sangat berharga dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menghaturkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Tech. Suyitno, ST, MT selaku pembimbing pertama tesis.
2. Bapak Dr.Eng. Risa Suryana S.Si,M.Si.selaku pembimbing kedua tesis.
3. Romo T. Agus Sriyono, SJ selaku Direktur Politeknik ATMI Surakarta.
4. Bapak Y.V. Yudha Samudra HM, ST, M.Eng selaku Pembantu Direktur Politeknik ATMI Surakarta Bidang Akademik.
5. Bapak-bapak dosen di program studi Magister Teknik Mesin UNS.
6. Istri, anak-anak, orang tua tercinta, dan saudara-saudaraku
7. Teman-teman magister teknik mesin dan laboratorium biofuel untuk dukungan dan doanya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih belum sempurna, untuk itu masukan dan saran yang membangun akan penulis terima dengan ikhlas dan penulis ucapkan terima kasih. Penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Akhirnya semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kemajuan bersama.

Surakarta, Januari 2015

Penulis

commit to user

Bayu Prabandono, NIM: S951108003, 2014. **SINTESIS MATERIAL SEMIKONDUKTOR ZnO DIDOPING Cu UNTUK MODUL TERMoeLEKTRIK BERBASIS MATERIAL ZnO**. Komisi pembimbing I: Dr. techn. Suyitno, S.T., M.T. Pembimbing II: Dr.Eng. Risa Suryana S.Si,M.Si. Tesis Program Studi Magister Teknik Mesin. Program Pasca Sarjana. Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Abstrak

Pembuatan material semikonduktor *zinc oxide* (ZnO) didoping *copper* (Cu) bertujuan mendapatkan material semikonduktor tipe-p $\text{ZnO}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}$ yang baik untuk modul termoelektrik telah berhasil dibuat. Material *zinc nitrate tetrahydrate* dan *copper nitrate trihydrate* merupakan material awal yang kemudian digabungkan melalui proses percampuran serbuk dalam larutan dengan kadar Cu yang bervariasi 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% mol. Selanjutnya, larutan tersebut dikeringkan, dikalsinasi dan dikompaksi menjadi bentuk *pellet*. *Pellet* tersebut disintering dengan temperatur 1300°C. Hasil pengujian karakteristik $\text{Zn}_x\text{Cu}_{1-x}\text{O}$ menunjukkan material dengan kandungan Cu 2% mol dan pengujian pada temperatur operasional 450°C menghasilkan nilai *figure of merit* yang terbesar yaitu 0,55 karena memiliki nilai *hole carrier concentration* yang paling optimal dengan nilai konduktivitas listrik 3514 S/m, konduktivitas termal 1,56 W/mK, dan koefisien *seebeck* 615,3 $\mu\text{V/K}$. Besarnya kandungan material doping mempengaruhi besarnya nilai karakteristik dari material semikonduktor $\text{Zn}_x\text{Cu}_{1-x}\text{O}$ untuk modul termoelektrik.

Kata Kunci: Material Semikonduktor Tipe-p, Termoelektrik Material Oksida, ZnO doping Cu

Bayu Prabandono, NIM: S951108003, 2014. **SYNTHESIS OF SEMI CONDUCTOR MATERIAL OF Cu DOPED WITH ZnO FOR ZnO MATERIAL-BASED THERMOELECTRIC MODULE.** Advisor: Dr. techn. Suyitno, S.T., M.T. Co-advisor: Dr.Eng. Risa Suryana S.Si,M.Si. Thesis. The Graduate Program in Mechanical Engineering, Sebelas Maret University, Surakarta

ABSTRACT

Semiconductor material of zinc oxide (ZnO) doped with copper (Cu) in an attempt to obtain a good semiconductor material of p-type $\text{ZnO}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}$ for thermoelectric module has been successfully created. Materials of zinc nitrate tetrahydrate and cupric nitrate trihydrate were initial materials which were then combined through a process of mixing the powder in solution with various Cu contents of 0%, 2%, 4%, 6% and 8% mol. Next, the solution was dried, calcinated, and compacted into pellet form. The pellet was sintered with the temperature of 1300°C . The result of testing on the characteristics of materials $\text{Zn}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}$ shows the material with the cupric (Cu) content of 2 % mol, and the testing on the operating temperature of 450°C generates the biggest value for figure of merit that is 0.55, because it has the optimal hole carrier concentration with the values of the electrical conductivity of 3514 S/m, the thermal conductivity of 1.56 W / mK, and the seebeck coefficient of 615.3 $\mu\text{V/K}$. The amount of doping material affects the characteristics of semiconductor material of $\text{Zn}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}$ for thermoelectric modules.

Keywords: Semiconductor materials of p-type, oxide thermoelectric materials, Cu doped with ZnO.

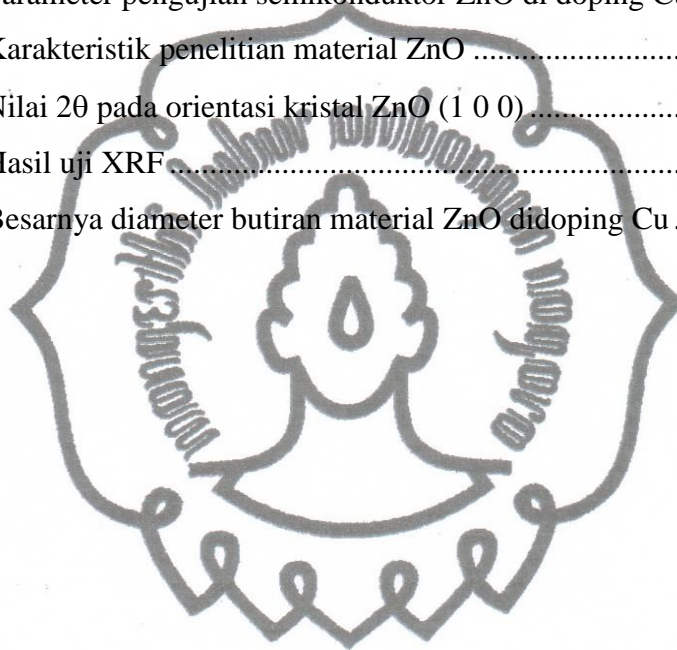
DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ISI TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Kajian Teori.....	5
2.2. Kerangka Berpikir.....	11
2.2.1. Prinsip Dasar Termoelektrik	11
2.2.2. Pencampuran Metode <i>Liquid</i> (Pencampuran Serbuk dalam Larutan).....	15
2.2.3. Kalsinasi (<i>Calcination</i>)	16
2.2.4. Kompaksi (<i>Compaction</i>).....	16
2.2.5. Sintering.....	17
2.2.6. Pengujian.....	17
2.3. Hipotesis	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1. Tempat Penelitian	20
3.2. Prosedur Penelitian	20
3.2.1 Pembuatan semikonduktor ZnO tipe-p.	20

3.2.2 Pengujian.....	21
3.3. Batasan Penelitian.....	21
3.4. Analisa Data.....	21
3.5. Diagram Alir Penelitian	23
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Uji Morfologi Material	24
4.2. Hasil Uji konduktivitas Termal.....	28
4.3. Hasil Uji Konduktivitas Listrik.....	30
4.4. Hasil Uji Koefisien <i>Seebeck</i>	32
4.5. <i>Figure of Merit</i> (ZT)	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1. Kesimpulan.....	35
5.2. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter proses manufaktur semikonduktor tipe-p dan tipe-n.	6
Tabel 2.2. Parameter penting Cu doped ZnO.....	10
Tabel 2.3. <i>Thermal decomposition</i> $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	16
Tabel 3.1. Parameter pengujian morfologi, struktur kristal dan kandungan	22
Tabel 3.2. Parameter pengujian semikonduktor ZnO di doping Cu	22
Tabel 4.1 Karakteristik penelitian material ZnO	24
Tabel 4.2. Nilai 2θ pada orientasi kristal ZnO (1 0 0)	26
Tabel 4.3. Hasil uji XRF	26
Tabel 4.4. Besarnya diameter butiran material ZnO didoping Cu	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Termoelectric Generator</i> (TEG)	12
Gambar 2.2. Tipikal yang khas dalam termoelektrik (Sparks, T.D., 2013)	13
Gambar 2.3. <i>4-point probe methode</i> (Charmant, J., 2013)	18
Gambar 4.1. Hasil Uji XRD pada ZnO didoping Cu.	25
Gambar 4.2. Hasil uji EDAX pada sample 6%: (a); (b) dan (c) spektrum EDAX 27	
Gambar 4.3. Hasil uji SEM material ZnO yang didoping Cu pada: (a) 0%; (b) 2%; (c) 4%; (d) 6%; (e) 8%.	27
Gambar 4.4. Massa jenis material ZnO didoping Cu pada: (a) 0%; (b) 2%; (c) 4%; (d) 6%; (e) 8%.	28
Gambar 4.5. Nilai konduktivitas termal ZnO yang didoping Cu.....	29
Gambar 4.6. Konduktivitas listrik ZnO yang didoping Cu.....	31
Gambar 4.7. Koefisien <i>Seeback</i> material ZnO yang didoping Cu	33
Gambar 4.8. Nilai <i>Figure of Merit</i> material ZnO yang didoping Cu	34

DAFTAR NOTASI

ZT	<i>Figure of Merit</i>
S	Koefisien <i>Seebeck</i> ($\mu\text{V K}^{-1}$)
σ	Konduktivitas Listrik (Siemen/m)
κ	Konduktivitas Termal ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
κ_e	Konduktivitas Termal Elektron ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
κ_{ph}	Konduktivitas Termal <i>Foton</i> ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
T	Temperatur (K)
ΔV	Perbedaan Tegangan (μV)
ΔT	Perbedaan Temperatur (K)
ρ	<i>Resistivity</i> (Ωm)
T_C	Temperatur Sisi Dingin (K)
T_H	Temperatur Sisi Panas (K)
s	Jarak antara <i>Probe</i> (m)
V	Beda Potensial Listrik (volt)
I	Kuat Arus (A)