

**PENGEMBANGAN SEMIKONDUKTOR TIPE-P
UNTUK MODUL TERMOELEKTRIK
BERBASIS MATERIAL ZnO**

TESIS

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



Oleh

Agus Kurniawan

S951108001

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2014**

**PENGEMBANGAN SEMIKONDUKTOR TIPE-P
UNTUK MODUL TERMOELEKTRIK
BERBASIS MATERIAL ZnO**

TESIS

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



Oleh

Agus Kurniawan

S951108001


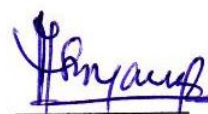
**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2014**

**PENGEMBANGAN SEMIKONDUKTOR TIPE-P
UNTUK MODUL TERMOELEKTRIK
BERBASIS MATERIAL ZnO**

TESIS

Oleh

**Agus Kurniawan
S951108001**

Komisi	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing			<u>13/11/2014</u>
Pembimbing I	Dr. Tech. Suyitno, ST, MT NIP. 19740902 2001121 002		
Pembimbing II	Dr.Eng. Risa Suryana S.Si,M.Si. NIP. 197108312000031005		<u>13/11/2014</u>

Telah dinyatakan memenuhi syarat
Pada tanggal 13/11/2014 2014

Ketua Program Studi Teknik Mesin
Program Pasca Sarjana UNS



Dr. Tech. Suyitno, ST, MT
NIP. 19740902 2001121 002

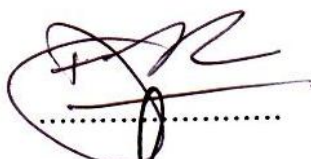
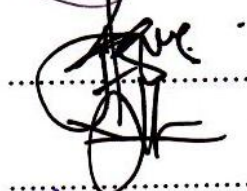
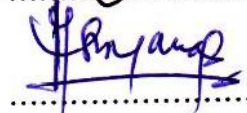
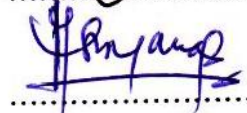
PENGEMBANGAN SEMIKONDUKTOR TIPE-P UNTUK MODUL TERMoeLEKTRIK BERBASIS MATERIAL ZnO

TESIS

Oleh

Agus Kurniawan
S951108001

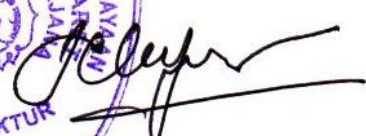
Tim penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	D.Danardono, ST, MT, PhD NIP. 19690514 1999031 001		13 / 11 / 2014
Sekretaris	Dr. Eng. Agung Tri Wijayanta, ST, M.Eng. NIP. 19710831 1997021 001		13 / 11 / 2014
Anggota Penguji	Dr. Tech. Suyitno, ST, MT NIP. 19740902 2001121 002		13 / 11 / 2014
	Dr. Eng. Risa Suryana S.Si, M.Si NIP. 19710831 2000031 005		13 / 11 / 2014


Telah dipertahankan di depan penguji
Dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal 13./11./2014



Direktur Program Pascasarjana UNS


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

Ketua Prodi Magister Teknik Mesin


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

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ISI TESIS

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tesis yang berjudul: " PENGEMBANGAN SEMIKONDUKTOR TIPE-P 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 sebagai 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, 20 November 2014

Materai Rp 6.000,- Ttd

Agus Kurniawan
S951108001

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-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 pasca sarjana 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. Orang tua tercinta, istri dan anak-anakku tersayang serta saudara-saudaraku.
7. Teman-teman magister teknik mesin dan laboratorium biofuel untuk dukungan dan doanya.
8. Semua pihak yang membantu proses pengerjaan ini yang belum dapat kami sebutkan satu persatu

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, Desember 2014

Penulis

Agus Kurniawan, NIM: S951108001, 2014. **PENGEMBANGAN SEMIKONDUKTOR TIPE-P 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

Penelitian ini menyajikan pembuatan material semikonduktor *zinc oxide* (ZnO) yang didoping *copper* (Cu) dengan tujuan mendapatkan material semikonduktor $Zn_xCu_{1-x}O$ tipe-p untuk modul termoelektrik. Material awal untuk semikonduktor ini adalah *zinc nitrate tetrahydrate* dan *copper nitrate trihydrate* yang digabungkan melalui proses percampuran serbuk dalam larutan, yang kemudian dikeringkan, dikalsinasi dan dikompaksi menjadi bentuk *pellet*. Selanjutnya, material tersebut dipanaskan melalui proses sintering dengan temperatur 1100°C – 1500°C. Hasil pengujian karakteristik material semikonduktor untuk termoelektrik menunjukkan material yang disintering pada temperatur 1300°C dan pengujian pada temperatur operasional 450°C memiliki nilai konduktivitas listrik, konduktivitas termal, dan koefisien *seebeck* yang terbesar masing-masingnya adalah 3514 S/m, 3,14 W/mK, dan 987 $\mu V/K$. Nilai tersebut dipengaruhi oleh ukuran dan keteraturan susunan dari butiran yang terjadi. Besarnya nilai *figure of merit* yang dihasilkan adalah 0,78. Temperatur sintering dan temperatur operasional mempengaruhi besarnya nilai karakteristik dari material semikonduktor $Zn_xCu_{1-x}O$ untuk modul termoelektrik.

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

Agus Kurniawan, NIM: S951108001, 2014. **THE DEVELOPMENT P-TYPE SEMICONDUCTOR FOR THERMOELECTRIC MODULE WITH ZnO MATERIAL AS THE BASIC.** Supervisor I: Dr. techn. Suyitno, S.T., M.T. Supervisor II: Dr.Eng. Risa Suryana S.Si,M.Si. Thesis. Master on Mechanical Engineering. Graduate School. Sebelas Maret University, Surakarta.

Abstract

This study presents the manufacturing of semiconductor material of copper (Cu) doped zinc oxide (ZnO) for obtaining semiconductor material of p-type $Zn_xCu_{1-x}O$ in a thermoelectric module. The raw materials for this semiconductor are zinc nitrate tetrahydrate and copper nitrate trihydrate, which is combined through the process of mixing the powder in solution, then drying, calcinating and compacting into pellet form. Then, pellets are heated at temperatures of 1100-1500°C. The investigation of thermoelectric modules showed that samples whose sintering temperature at 1300°C and test operated temperature at 450°C has the highest value such as the electrical conductivity of 3514 S/m, thermal conductivity of 3.14 W/mK, and seebeck coefficient of 987 μV/K. Those value are influenced by the size and stacking regularity of the grains. In addition, the figure of merit which is resulted is 0.78. Sintering and operational temperatures affected the characteristics of $Zn_xCu_{1-x}O$ material for thermoelectric modules.

Keywords : *p- type semiconductor materials , oxide thermoelectric materials, Cu doped ZnO.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ISI TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
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
2.3. Hipotesis	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Tempat Penelitian	19
3.2. Prosedur Penelitian.....	19
3.2.1 Pembuatan semikonduktor ZnO tipe-p.....	19
3.2.2 Pengujian.....	20
3.3. Batasan Penelitian	20

3.4. Analisa Data	21
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Hasil Uji Konduktivitas Listrik	24
4.2. Hasil Uji Konduktivitas Termal	27
4.3. Hasil Uji Koefisien Seebeck.....	30
4.4. Hasil Uji <i>Figure of Merit (ZT)</i>	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
5.1. Kesimpulan.....	33
5.2. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter proses manufaktur semikonduktor tipe-p dan tipe-n. ..	7
Tabel 2.2. Parameter penting Cu <i>doped</i> ZnO.....	10
Tabel 2.3. <i>Thermal decomposition</i> Zn(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	16
Tabel 3.1. Parameter pengujian morfologi, struktur kristal dan kandungan	21
Tabel 3.2. Parameter pengujian semikonduktor ZnO tipe-p dengan temperatur sintering: 1100°C, 1200°C, 1300°C, 1400°C dan 1500°C.....	21
Tabel 4.1. Besarnya diameter butiran material ZnO yang didoping Cu	26
Tabel 4.2. Hasil pengujian EDAX sampel ZnO yang didoping Cu.....	29
Tabel 4.3. Data XRD pada (1 0 1)	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Termoelektrik.....	11
Gambar 2.2. Thermoelectric generator (TEG).....	12
Gambar 2.3. Tipikal yang khas dalam termoelektrik.....	13
Gambar 2.4. <i>4-Point Probe Methode</i>	18
Gambar 4.1. Konduktivitas listrik $Zn_xCu_{1-x}O$	24
Gambar 4.2. Hasil Uji SEM: (a) 1100°C (b) 1200°C (c) 1300°C (d) 1400°C (e) 1500°C	26
Gambar 4.3. Massa jenis $Zn_xCu_{1-x}O$	27
Gambar 4.4. Konduktivitas termal semikonduktor ZnO yang didoping Cu pada temperatur operasi 400°C dan 450°C.	28
Gambar 4.5. Hasil uji XRD.....	29
Gambar 4.6. Koefisien <i>seebeck</i> dari material semikonduktor ZnO yang didoping Cu dengan temperatur operasional 400 °C dan 450°C.	30
Gambar 4.7. <i>Figure of Merit</i> atau ZT dari semikonduktor ZnO yang didoping Cu.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hasil Uji Konduktivitas Listrik	39
Lampiran 2. Tabel Hasil Uji Konduktivitas Termal	41
Lampiran 3. Grafik Hasil Uji Koefisien <i>seebeck</i>	42

DAFTAR NOTASI

V	Beda potensial listrik (V)
ZT	<i>Figure of Merit</i>
s	Jarak antara <i>probe</i> (m)
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>Phonon</i> ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
I	Kuat arus (A)
ΔV	Perbedaan tegangan (μV)
ΔT	Perbedaan temperatur (K)
ρ	<i>Resistivity</i> (Ωm)
T	Temperatur (K)
T_C	Temperatur sisi dingin (K)
T_H	Temperatur sisi panas (K)