

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
KARBON AKTIF TONGKOL JAGUNG (*Zea mays* L.) –
TEMBAGA (II) OKSIDA (CuO) SEBAGAI
MATERIAL TERMOELEKTRIK**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh :

**MUTIA MARLINA
NIM. 15036009 / 2015**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2019**

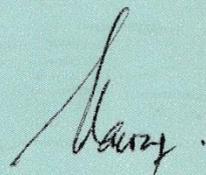
PERSETUJUAN SKRIPSI

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
KARBON AKTIF TONGKOL JAGUNG (*Zea mays* L.)-TEMBAGA (II)
OKSIDA (CuO) SEBAGAI MATERIAL TERMOELEKTRIK**

Nama : Mutia Marlina
NIM : 15036009
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

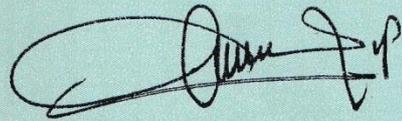
Padang, Juli 2019

Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Mawardi, M.Si.
NIP. 19611123 1989031002

Disetujui Oleh :
Pembimbing



Ananda Putra, M.Si., Ph.D.
NIP. 197201271997021002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

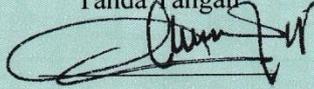
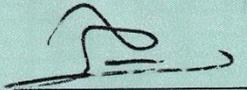
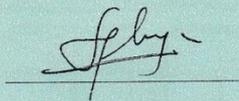
Nama : Mutia Marlina
NIM : 15036009
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) – Tembaga(II) Oksida (CuO) Sebagai Material Termoelektrik

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Juli 2019

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Ananda Putra, M.Si., Ph.D.	
2. Anggota	: Prof. Ali Amran, M.Pd., M.A., Ph.D.	
3. Anggota	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si.	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mutia Marlina
NIM/TM : 15036009/2015
Tempat/tanggal Lahir : Inderapura /26 Mai 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Inderapura, Kabupaten Pesisir Selatan
No. HP/Telepon : 085271240547
Judul Skripsi : Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif
Tongkol Jagung (*Zea mays* L) – Tembaga(II) Oksida
(CuO) Sebagai Material Termoelektrik

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat orang yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidabeneran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Julii 2019
Yang membuat pernyataan



Mutia Marlina
NIM. 15036009

Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) –Tembaga (II) Oksida (CuO) Sebagai Material Termoelektrik

Mutia Marlina

ABSTRAK

Material termoelektrik merupakan material yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk preparasi dan karakterisasi komposit karbon aktif tongkol jagung (*Zea mays* L.) –Tembaga (II) Oksida (CuO) Sebagai material termoelektrik sehingga dapat menghasilkan material termoelektrik memiliki efek *Seebeck* dan konduktivitas listrik yang tinggi, sedangkan daya hantar panas yang rendah.

Pada penelitian ini material termoelektrik dibuat dari komposit karbon aktif tongkol jagung-CuO. Material komposit Karbon Aktif-CuO dibuat dengan mencampurkan berbagai perbandingan komposisi massa (gram). Material komposit dilakukan pengujian konduktivitas listrik, daya hantar panas dan tegangan listrik yang dihasilkan (efek *Seebeck*). Untuk melihat bentuk dan ukuran kristal dari material komposit dilakukan karakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan untuk mengetahui *band gap* material komposit dilakukan karakterisasi dengan menggunakan *UV-Diffuse Reflectance* (DR-UV).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa material komposit dengan perbandingan 3 gram Karbon Aktif : 7 gram CuO merupakan material terbaik sebagai material termoelektrik karena memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi yaitu $2,1621 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ dengan daya hantar panas yang rendah yaitu $17,23 \text{ J/s}$ serta tegangan listrik (efek *Seebeck*) yaitu $13,08 \times 10^{-3} \text{ mV}^{\circ}\text{K}$. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa penambahan Karbon Aktif terhadap CuO tidak merusak bentuk kristal dari CuO. Ukuran kristal (D) dan kisi kristal (d) dari material komposit yaitu $22,3008 \text{ nm}$ dan $0,1565 \text{ nm}$. Hasil karakterisasi DR-UV menunjukkan bahwa *band gap* dari material komposit yaitu $1,33 \text{ eV}$. Berdasarkan hasil pengujian dan karakterisasi dapat disimpulkan bahwa material komposit Karbon Aktif-CuO yang dibuat dapat digunakan sebagai material Termoelektrik.

Kata Kunci : Karbon aktif, tembaga (II) oksida, komposit, material termoelektrik.

Preparation and Characterization of Corn Cob Carbon (*Zea mays* L.) - Copper (II) Oxide (CuO) Activated Carbon Composites as Thermoelectric Materials

Mutia Marlina

ABSTRACT

Thermoelectric material is a material that can convert heat energy into electrical energy. The propose of This study preparation and characterization of composite corn cobs activated carbon (*Zea mays* L.) - Copper (II) Oxide (CuO) as a Thermoelectric Material so that it can produce thermoelectric material having a Seebeck effect and high electrical conductivity, while low heat conductivity.

In this study thermoelectric material was made from corn cobs-CuO activated carbon composites. Composite Carbon-CuO composite material is made by mixing various comparisons of mass composition (gram). Composite material is tested for electrical conductivity, heat conductivity and voltage generated (Seebeck effect). To see the shape and size of crystals from composite materials, characterization was done by using X-Ray Diffraction (XRD) and to determine the band gap of composite material characterization using UV-Diffuse Reflectance (DR-UV)

The test results show that the composite material with a ratio of 3 grams of Activated Carbon : 7 grams of CuO is the best material as a thermoelectric material because it has a high electrical conductivity value of 2,1621 MΩ-.cm- with a low thermal conductivity of 17,23 J/s and electric voltage (Seebeck effect) which is 13,08 x 10⁻³ mV/⁰K. The results of characterization using XRD showed that the addition of Activated Carbon to CuO did not damage the crystalline shape of CuO and crystal size (D) and crystal lattice (d) of composite materials which were 22,3008 nm and 0,1565 nm. The results of DR-UV characterization show that the band gap of the composite material is 1,33 eV. Based on the results of testing and characterization it can be concluded that the activated carbon-CuO composite material can be used as a thermoelectric material.

Keywords: Activated carbon, copper (II) oxide, composite, thermoelectric material.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) – Tembaga (II) Oksida (CuO) Sebagai Material Termoelektrik**. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi Tugas Akhir pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Bapak Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai pembimbing sekaligus sebagai Pembimbing Akademik.
2. Bapak Prof. Ali Amran, M.Pd, M.A, Ph.D., Ibuk Dra. Sri Benti Etika, M.Si, Sebagai Dosen Penguji.
3. Bapak Dr. H. Mawardi, M.Si sebagai Ketua Jurusan Kimia, Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si sebagai Sekretaris Jurusan Kimia, Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
4. Seluruh Staf Pengajar dan tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Orang tua peneliti yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah STW selalu tercurah kepada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah dihadapan Allah SWT, Amin Ya

Rabbal ‘Alamin. Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih belum lengkap dan sempurna. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan masukan dan saran dari pembaca semoga skripsi ini bermanfaat.

Padang, Juli 2019

peneliti

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi masalah.....	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan penelitian	6
F. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II KERANGKA TEORIS	8
A. Material Termoelektrik.....	8
B. Karbon Aktif.....	13
C. Tongkol Jagung	17
D. Tembaga (II) Oksida (CuO).	18
E. Komposit	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
B. Objek Penelitian	24
C. Variabel Penelitian	24

D. Alat dan Bahan	25
E. Prosedur Penelitian	25
1) Preparasi Karbon Tongkol Jagung (<i>Zea mays L.</i>)	26
2) Karbonisasi dan pengujian karakteristik karbon tongkol jagung (<i>Zea mays l</i>) Variasi Suhu	26
3) Aktivasi Dan Pengujian Karakteristik Karbon Aktif Tongkol Jagung (<i>Zea mays L</i>) Variasi Reagen.	28
4) Pengujian Karakteristik Karbon Aktif (<i>Zea mays L</i>) Variasi Konsentrasi	28
5) Preparasi Komposit Karbon Aktif – CuO	28
6) Percetakan Material	29
7) Pengujian Komposit Karbon Aktif-CuO	30
a. Pengujian Konduktivitas Listrik	30
b. Pengujian Daya Hantar Panas	30
c. Pengujian Tegangan Listrik Yang Dihasilkan (<i>Efek Seebeck</i>)	31
8) Karakterisasi Komposit Karbon Aktif – CuO	31
a. Analisa <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	31
b. Analisa <i>Diffuse Reflectance – Ultra Violet</i> (DR-UV)	32
F. Desain Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Preparasi Karbon Aktif Tongkol Jagung (<i>Zea mays l</i>)	34
B. Karbonisasi dan Pengujian Karakteristik Karbon Tongkol Jagung (<i>Zea mays L</i>) Variasi Suhu	34
C. Aktivasi Dan Karakteristik Karbon Aktif Tongkol Jagung (<i>Zea mays L</i>) Variasi Reagen.....	36
D. Karakteristik Karbon aktif Tongkol Jagung (<i>Zea mays L</i>) Variasi Konsentrasi	38

E. Preparasi Komposit Karbon Aktif-CuO	40
F. Pencetakan Hasil Material	41
G. Pengujian Konduktivitas Listrik	42
H. Pengujian Daya Hantar Panas.....	43
I. Pengujian Tegangan Listrik Yang Dihasilkan (Efek <i>Seebeck</i>).....	44
J. Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	46
K. Karakterisasi dengan <i>UV-Diffuse Reflectance</i> (DR-UV)	47
BAB V PENUTUP.....	49
A. Kesimpulan.....	49
B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Standar Mutu Karbon Aktif (SNI) 06-3730-1995.....	16
2. Komposisi Kimia Tongkol Jagung.....	17
3 Sifat-Sifat Khas CuO.....	19
4 Komposisi Perbandingan Massa Material Komposit Karbon Aktif– CuO.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1 Percobaan <i>Seebeck</i> Tentang Fenomena Termoelektrik	8
2 Efek Pada Termoelektrik.....	9
3 Efek <i>Seebeck</i>	9
4 Efek <i>Peltier</i>	10
5 Ilustrasi Generator Termoelektrik	11
6 Karbon Aktif	14
7 Struktur Karbon Aktif	14
8 Tongkol Jagung	17
9 Struktur Kristal CuO	19
10 Pengujian Karakteristik Karbon Variasi Suhu Yaitu 290 °C Selama 1 Jam, Suhu 300 °C Selama ½ Jam, Dan Suhu 300 °C Selama 1 Jam.	35
11 Variasi Reagen Karbon Aktif Hasil Penelitian Menggunakan Larutan Aktivator Asam (HCl), Basa (KOH), Dan Garam (ZnCl ₂).	37
12 Variasi Konsentrasi Larutan ZnCl ₂ (2N, 4N, 6N, 8N, 10N)	38
13 Material Hasil Komposit Karbon Aktif – CuO	41
14 Pengujian Konduktivitas Listrik (Lihat Pada Daftar Singkatan)	42
15 Grafik Daya Hantar Panas (J/S)	43
16 Grafik Pengujian Koefisien Efek <i>Seebeck</i> (mV/K).....	45
17 Spektrum XRD : a) Karbon Aktif, b) CuO murni.....	47
18 Grafik Band Gap Komposit Karbon Aktif-CuO	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1 Preparasi, Karbonisasi Dan Aktivasi Tongkol Jagung (<i>Zea mays</i> L) Menjadi Karbon Aktif.....	55
2 Pengujian Karakteristik Karbon Aktif	56
3 Preparasi Komposit Karbon Aktif-CuO Dan Pencetakan Material	57
4 Pengujian Konduktivitas Listrik (M Ω ·Cm-).....	58
5 Pengujian daya hantar panas (J/s)	58
6 Pengujian Tegangan Listrik Yang Dihasilkan (Efek Seebeck).....	59
7 Analisa X-Ray Diffraction (XRD).....	59
8 Analisa DR-UV	60
9 Perhitungan Karakteristik Perhitungan Karbonisasi Karbon Tanpa Aktivasi Variasi Suhu	60
10 Perhitungan Karakteristik Karbonisasi Kabon Aktif Dengan Menggunakan Larutan Aktivasi (KOH, ZnCl ₂ , HCl)	64
11 Perhitungan karakteristik Proses Aktivasi Dengan Menggunakan Larutan Aktivator ZnCl ₂ Variasi Konsentrasi.....	67
12 Pengujian Karbon Aktif Tongkol Jagung Variasi Suhu.....	72
13 Pengujian Karbon Aktif Tongkol Jagung Variasi Reagen	72
14 Pengujian Karbon Aktif Tongkol Jagung Variasi Konsentrasi ZnCl ₂	73
15 Nilai Konduktivitas Listrik	73
16 Nilai Tegangan Listrik yang dihasilkan (<i>Efek Seebeck</i>)	73
17 Nilai Daya Hantar Panas	74
18 Data Hasil Pengukuran XRD	74
19 Data Perhitungan Ukuran Kristal Dan Kisi Kristal.....	81
20 Data Hasil Pengukuran UV-DRS Komposit Karbon Aktif-CuO.....	84
21 Dokumentasi Hasil Penelitian	88

DAFTAR SINGKATAN

KA	= Karbon Aktif
KC 1	= Komposit 3 Gram Karbon Aktif : 7 Gram CuO
KC 2	= Komposit 6 Gram Karbon Aktif : 4 Gram CuO
KC 3	= Komposit 5 Gram Karbon Aktif : 5 Gram CuO
KC 4	= Komposit 4 Gram Karbon Aktif : 6 Gram CuO
KC 5	= Komposit 3 Gram Karbon Aktif : 7 Gram CuO
CuO	= Tembaga (II) Oksida
XRD	= <i>X – Ray Diffraction</i>
DR-UV	= <i>Analisa Diffuse Reflectance – Ultra Violet</i>
Σ	= Konduktivitas Listrik.
S	= Koefisien <i>Seebeck</i> .
K	= Konduktivitas Termal
V	= Tegangan Termoelektrik
T	= Temperatur Koefisien <i>Seebeck</i>
S	= Tegangan Listrik
KA-CuO	= Karbon Aktif Tongkol Jagung – Tembaga (II) Oksida

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat yang sangat penting dalam kehidupan manusia, dimana hampir semua aktivitas manusia berhubungan dengan energi listrik. Kebutuhan energi listrik semakin lama semakin meningkat seiring bertambahnya tingkat penduduk dan aktivitas ekonomi seperti sektor industri, transportasi, komersial, dan rumah tangga (Shapley, 2012) sedangkan untuk bahan bakar memproduksi sumber energi listrik berasal dari sumber energi fosil seperti batu bara dan bahan bakar minyak, apabila dipakai secara terus menerus sumber energi fosil itu sendiri pasti akan habis seiring dengan waktu. Sehingga dalam mengatasi pemakaian listrik harus mencari sumber energi alternatif dengan cara memanfaatkan sumber energi yang sudah ada (Rafika dkk,2016)

Disisi lain energi panas banyak digunakan untuk kelangsungan masyarakat. Berbagai sumber energi panas seperti dari matahari, panas bumi, panas pembakaran dan lain-lain belum dimanfaatkan manusia secara maksimal, sehingga sebagian besar energi panas terbuang begitu saja. Selain itu, sumber energi panas juga berasal dari limbah industri (pabrik), dari kegiatan antropogenik manusia seperti kendaraan bermotor (*automotive*), pemakaian AC (*air conditioning*) dan lain-lain. Dalam skala aplikasi yang lebih besar, diharapkan sumber energi tersebut dapat menggantikan energi yang bersifat tidak terbarukan dan sejajar dengan sumber energi lain seperti tenaga air, geotermal, energi surya, energi angin, energi bahan bakar biogas, dan energi nuklir (Sutjahja, 2011). Salah

satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan mengkonversi energi panas menjadi energi listrik dengan memanfaatkan material termoelektrik.

Material termoelektrik adalah material yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik (Mahmud, Yudistirani, & Ramadhan, 2016). Perubahan energi panas menjadi energi listrik dapat dilakukan melalui efek *Seebeck* (Zhang et al., 2017). Efek *seebeck* merupakan fenomena dimana adanya tegangan listrik yang muncul akibat adanya perbedaan temperatur pada suatu sambungan dari dua buah material yang berbeda. Sejauh ini perkembangan material termoelektrik masih didominasi oleh material semikonduktor seperti silikon, germanium dan bahan-bahan semikonduktor lainnya seperti PbTe, Bi₂Te₃, SnSe. Namun bahan tersebut memiliki harga yang relatif mahal dan susah diperoleh, karena itu sangat perlu dicari alternatif material pengganti semikonduktor dengan harga yang murah dan mudah diperoleh (Erden, Li, Wang, Wang, & He, 2018).

Material termoelektrik memiliki efek *seebeck* dan konduktivitas listrik yang tinggi dan konduktivitas panasnya rendah. Pada kenyataannya sangat sulit untuk mendapatkan material seperti ini. Karena pada umumnya, jika konduktivitas listrik suatu material tinggi maka konduktivitas panasnya juga tinggi (Zheng, 2008), Sehingga dibutuhkan material yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi dan konduktivitas panas rendah. Salah satu material yang dapat digunakan sebagai material termoelektrik adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan suatu senyawa yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung 85 – 95% karbon dan diperoleh dengan cara proses pemanasan pada suhu tinggi (Gultom & Lubis, 2014) yang mempunyai kemampuan daya

serap terhadap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik (Lempang, 2014). Karbon aktif memiliki konduktivitas panas yang baik sebagai material termoelektrik dan tergolong mudah diperoleh, Sehingga karbon aktif diharapkan dapat menggantikan semikonduktor seperti Silicon dan Germanium (Shepley, 2012).

Karbon aktif merupakan suatu unsur yang berada pada golongan IV A pada tabel periodik sama seperti germanium dan silikon yang banyak digunakan sebagai material termoelektrik. Karbon memiliki nilai konduktivitas panas dan konduktivitas listrik yang baik sebagai material termoelektrik serta memiliki harga yang murah dan mudah diperoleh (Shapley, 2012). Karbon aktif saat ini banyak digunakan diberbagai aplikasi karena faktor biaya yang rendah seperti pengolahan makanan, obat-obatan, gas dan absorpsi, mobil dan lain-lain (Rajalakshmi, Sarada, & Dhathathreyan, 2015) karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari tongkol jagung (*Zea mays L.*)

Tanaman jagung adalah tanaman yang memiliki multifungsi sekaligus tanaman pangan penting kedua setelah padi. Berdasarkan urutan bahan makanan pokok dunia, jagung menduduki urutan ketiga setelah gandum dan padi (Ilato dan Bahua, 2014). Sebagian besar dari jagung menghasilkan limbah tongkol jagung yang dibuang percuma. Tongkol jagung dianggap sebagai prekursor yang baik untuk dijadikan produksi karbon aktif karena tongkol jagung sebagian besar tersusun dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa sehingga dapat berpotensi sebagai karbon aktif (Khu, Cu, Thi, & Thuy, 2016). Rajalakshmi (2015) mendefinisikan bahwa tongkol jagung merupakan bahan baku yang banyak disukai karena mengandung jumlah mineral yang rendah dan menghasilkan karbon dengan

kepadatan yang tinggi, serta memiliki kadar abu yang sedikit, sehingga tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif.

Karbon aktif memiliki nilai konduktivitas listrik yang sangat kecil yaitu 0,001 S/m (shapley, 2012) oleh karena itu, dikomposit dengan suatu material yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi seperti CuO. CuO adalah suatu senyawa tembaga yang memiliki struktur Kristal monoklinik yang memberikan karakter semikonduktor tipe-*p*, dan memiliki celah pita sebesar 1,21-1,51 eV (Necmi Serin, T'ulay Serin, 2011).

Penelitian ini mengenai komposit sebagai material termoelektrik yang telah dilakukan oleh chunhua *et all* (2016) yaitu komposit Bi₂Te₃/Graphite/polythiophene. Namun pada penelitian ini bahan yang digunakan memiliki harga yang mahal dan susah diperoleh. Selain itu penelitian dengan menggunakan karbon aktif telah dilakukan oleh Darmanto (2017) dan Pratama (2018) yaitu dengan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa dan cangkang sawit. Penelitian tersebut disimpulkan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa dan cangkang sawit dapat digunakan sebagai material termoelektrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif material bahan lain seperti komposit karbon aktif tongkol jagung dengan CuO. Komposit Karbon aktif berfungsi sebagai pengikat (*matrix*) dan CuO sebagai pengisi (*filler*) (Nasmi, 2010)

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti tertarik untuk meneliti tentang Komposit Karbon Aktif-CuO. Diharapkan dengan menggunakan material Komposit Karbon Aktif-CuO sebagai material termoelektrik dapat bagian material termoelektrik sebagai kualitas yang baik ramah lingkungan dan ekonomis.

B. Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan energi listrik meningkat
2. Diperlukan sumber energi listrik alternatif baru
3. Masih banyak sumber energi listrik yang belum dimanfaatkan seperti energi panas.
4. Pengembangan energi listrik alternatif dari energi panas (material termoelektrik) masih didominasi oleh penggunaan semikonduktor Si, Ge dan lain-lain yang harganya sangat mahal dan susah diperoleh
5. Penggunaan Komposit Karbon Aktif-CuO pengganti bahan semikonduktor Si, Ge dan lain-lain masih dalam tahap penelitian belum pada tahap aplikasi.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih berfokus, maka perlu dilakukan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Karbon Aktif yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari tongkol jagung (*Zea mays* L.)
2. Reagen pengaktifasi yang digunakan dalam proses aktivasi karbon aktif dengan HCl, KOH, dan ZnCl₂
3. Karbon Aktif dari tongkol jagung (*Zea mays* L.) dikompositkan dengan CuO Pengujian yang dilakukan pada komposit karbon aktif CuO yaitu pengujian konduktivitas listrik, pengujian daya hantar panas, dan pengujian efek *seebeck*.

4. Pengkarakterisasi komposit Karbon aktif-CuO dilakukan dengan menggunakan XRD, dan DR-UV

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian diatas, maka peneliti merumuskan suatu masalah yaitu :

1. Bagaimana preparasi karbon aktif dari tongkol jagung (*Zea mays* L.) ?
2. Bagaimana preparasi komposit karbon aktif dari tongkol jagung (*Zea mays* L) dengan CuO sebagai material termoelektrik ?
3. Bagaimana hasil pengujian dan karakterisasi komposit Karbon aktif-CuO ?

E. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan dengan menggunakan reagen pengaktivasi yaitu larutan KOH, ZnCl₂, HCL. Reagen pengaktivasi yang baik divariasikan konsentrasinya 2N, 4N, 6N, 8N, dan 10N.
2. Menentukan jumlah perbandingan massa (gr) komposit karbon aktif-CuO sebagai material termoelektrik.
3. Menentukan bentuk kristal dengan menggunakan XRD dan nilai band gap dengan menggunakan DR-UV dari material termoelektrik yang dihasilkan.

F. Manfaat Penelitian

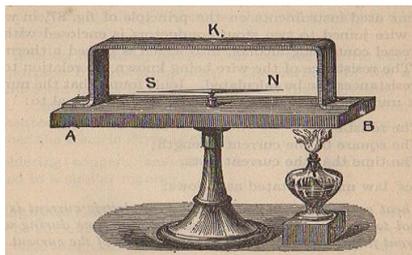
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi dan pengetahuan tentang material termoelektrik dari komposit karbon aktif-CuO.
2. Dapat menambah wawasan tentang alternatif baru energi listrik dari material termoelektrik.
3. Dapat dijadikan sebagai sumber ide dan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II KERANGKA TEORIS

A. Material Termoelektrik

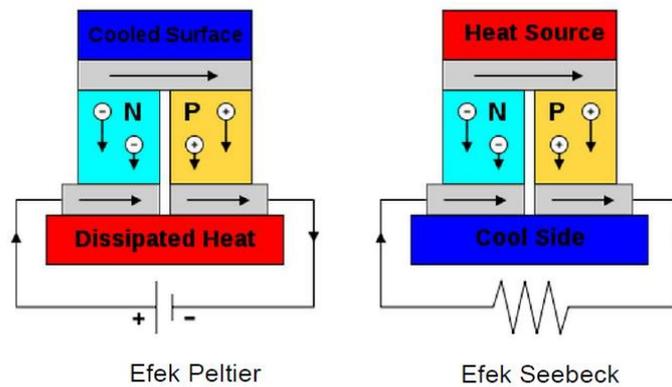
Material Termoelektrik adalah material yang dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan sumber energi panas, dimana ketika suatu aliran panas melewati perangkat termoelektrik maka akan terjadi perubahan suhu sehingga perangkat tersebut dapat menghasilkan arus (Mahmud, Yudistirani, & Ramadhan, 2016) Termoelektrik pertama kali ditemukan pada tahun 1821-1823 oleh fisikawan yang berasal dari Jerman yaitu Thomas Johann *Seebeck*, ia menghubungkan sebuah tembaga dan besi dalam suatu rangkaian yang berbeda dengan temperatur yang berbeda kemudian kedua logam tersebut dihubungkan dengan kompas. Ketika salah satu logam dipanaskan maka akan terjadi medan listrik, sehingga medan listrik tersebut akan menghubungkannya dengan medan magnet. Fenomena inilah yang dikenal dengan efek *seebeck* (Balkrishan et al.2016).



Gambar 1 Percobaan *Seebeck* Tentang Fenomena Termoelektrik (Lee, 2009)

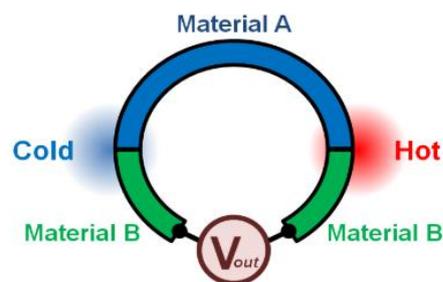
Penemuan *seebeck* ini memberikan inspirasi kepada Jean Charles Athanase Peltier untuk melihat kebalikan dari fenomena tersebut. Ia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian, ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada kedua sambungan logam tersebut dan

pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik ketika arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1934 tersebut kemudian dikenal dengan efek *pelter* (Mahmud et al., 2016). Efek *seebeck* dan *pelter* inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan material termoelektrik.



Gambar 2 Efek Pada Termoelektrik (J. Zheng, 2008)

Pada prinsipnya material termoelektrik merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik dan sebaliknya. Pada umumnya ada tiga efek utama yang berhubungan dengan termoelektrik yaitu efek *seebeck*, efek *peltier*, dan efek *Thomson*. Efek *seebeck* merupakan fenomena adanya tegangan listrik yang muncul akibat perbedaan temperatur pada suatu sambungan dari dua buah material yang berbeda. Penemuan Thomas Johann Seebeck tentang efek *seebeck* dapat digambarkan pada gambar 3



Gambar 3 Efek Seebeck (Wu, 2014)

Gambar 3 menyatakan jika setiap ujung dari dua semikonduktor yang bergabung secara bersama kemudian dihubungkan dengan suhu tinggi dan sisi lain dihubungkan pada suhu rendah maka akan menimbulkan tegangan rangkaian terbuka di suhu dingin, maka fenomena inilah yang dikenal dengan efek *seebeck* (Jieting, Linchang, & Hao, 2012)

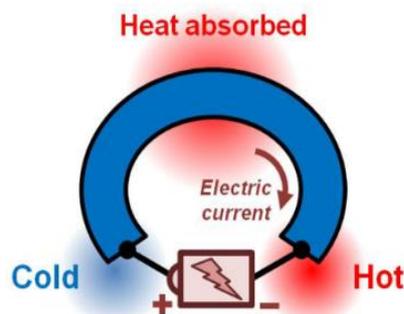
Arus listrik yang muncul dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S = \frac{dV}{dT}$$

Dimana :

- S adalah efek seebeck
- V adalah tegangan termoelektrik
- T adalah temperatur

Tahun 1834 seorang ilmuwan Prancis yang bernama Jean Peltier menyatakan ketika suatu arus (I) melewati serangkaian material yang berbeda maka panas akan diserap atau ditolak terhadap simpangan tersebut, sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan suhu akibat adanya tegangan listrik. Efek inilah yang dikenal dengan efek *peltier*.



Gambar 4 Efek Peltier (Wu, 2014)

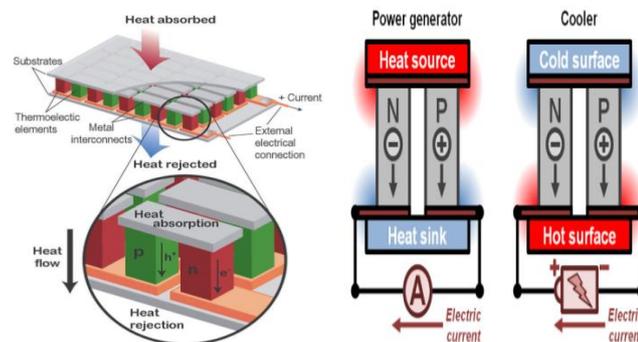
Sehingga efek *seebeck* dan efek *peltier* inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik.

$$P_p = \pi I = \alpha IT_j$$

Dimana :

- π (V) adalah koefisien peltier
- T_j adalah suhu persimpangan
- I adalah arus listrik yang dihasilkan (Sharma, Lee, Kim, & Jung, 2017)

Kemudian efek Thomson berhubungan dengan medan listrik yang terjadi secara reversibel dalam konduktor yang homogen sehingga terjadinya penyerapan atau pelepasan panas bolak-balik dengan perbedaan temperatur (J.-C. Zheng, 2011) .



Gambar 5 Ilustrasi Generator Termoelektrik (Wu, 2014)

Pada material logam dan semikonduktor terdapat partikel pembawa muatan yakni elektron dan *hole*. Semikonduktor tipe-n yang kaya akan elektron ketika dipanaskan maka elektron akan bergerak menuju temperatur yang lebih rendah. Sedang pada semikonduktor tipe-p *hole* yang mendapatkan energi panas akan menarik dan mengikat elektron dari temperatur yang lebih rendah sehingga seolah-olah *hole* berpindah menuju temperatur yang lebih rendah tersebut. Dengan derakumulasinya elektron dan *hole* pada temperatur yang lebih rendah tersebut, maka akan ada perbedaan potensial listrik sehingga arus listrik dapat mengalir.

Standar perkembangan dari material termoelektrik adalah nilai figure of merit (ZT) dimana dapat dinyatakan :

$$ZT = \frac{S^2 \sigma T}{k}$$

Dimana

- S adalah koefisien *seebeck* atau konduktivitas listrik
- K adalah konduktivitas termal
- T adalah suhu absolut (Du, Xu, Paul, & Eklund, 2018)

Material Termoelektrik adalah suatu material yang dapat menghasilkan potensial listrik yang terjadi ketika mengalami gradian suhu (efek *seebeck*) serta dapat mentransfer panas terhadap gradien suhu (efek *paltier*) (Yang et al., 2016). Material termoelektrik diaplikasikan sebagai alat transportasi, layanan medis, perangkat elektronik, alat pendeteksi suhu dan pengukuran, penelitian intensik diluar angkasa. Selain itu perangkat termoelektrik dapat juga bertindak sebagai pendingin, pembangkit listrik, atau sensor energi termal dan digunakan hampir disemua bidang seperti militer, instrument, biologi, obat-obatan, dan produk industri atau komersial, pengolahan limbah panas, dan lain-lain (Patil, Arakerimath, & Walke, 2018)

Koefisien *seebeck* banyak ditemukan pada semikonduktor dengan konsentrasi yang rendah dan isolator dengan konduktifitas listrik yang rendah. Proses pembuatan termoelektrik berdasarkan unsur- unsur Bi, Te, Sb, Pb, dan didoping dari bahan nanokristal anorganik seperti PbTe, Bi₂Te₃, SnSe melalui semikonduktor dengan konsentrasi dikisaran 10¹⁹-10²¹ cm³ (Erden et al., 2018). Material termoelektrik yang banyak digunakan pada saat ini seperti Bi₂Te₃, PbTe,

SiGe. Namun, karena terurai dan teroksidasi pada suhu diatas 500 °C menyebabkan pemakainanya masih terbatas. Pada awalnya material termoelektrik diaplikasikan pada termokopel. Termokopel menggunakan dua buah logam yang berbeda yang digunakan untuk mengukur temperatur. Pesawat luar angkasa Voyager I dan II juga menerapkan konsep termoelektrik untuk menghasilkan listrik dengan sumber panas dari radiasi plutonium, sehingga sampai saat ini pesawat luar angkasa tersebut masih bisa beroperasi dan mengirimkan data pada satelit di bumi.

Aplikasi dalam pendingin termoelektrik lebih luas lagi. Pendingin minuman hotel-hotel di Jepang sudah banyak yang menggunakan teknologi ini. Pendingin termoelektrik dapat diletakkan dengan leluarsa di bawah tempat tidur karena tidak menimbulkan suara dan getaran. Dalam dunia komputer, termoelektrik dipergunakan untuk mendinginkan CPU komputer (Lusiana *et al*, 2010).

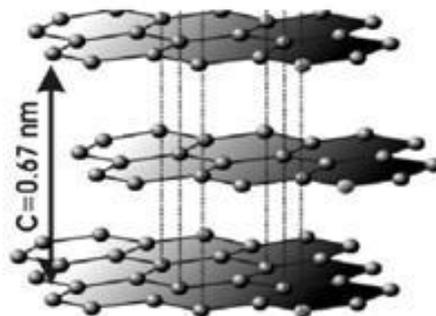
B. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu senyawa yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung 85-95 % karbon dan diperoleh dengan cara pemanasan pada suhu yang tinggi untuk mendapatkan permukaan yang luas (Gultom & Lubis, 2014). Komarayati (2007) mendefinisikan bahwa Karbon aktif adalah senyawa yang dapat diperoleh dari pembakaran tanpa oksigen mengandung karbon yang berbentuk padat dan berpori, serta memiliki luas permukaan yang besar, yang tidak larut dalam air dan pelarut organik dan dapat didaur ulang, seperti kayu atau bahan biomaterial lainnya, dan sebagian pori-pori masih tetap tertutup dengan hidrokarbon dan senyawa organik lainnya. Karbon aktif juga terdiri dari komponen karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen, oksigen, pospor dan sulfur.



Gambar 6 Karbon Aktif (Carabineiro, Fernando, Pereira, Órfão 2011)

Karbon aktif adalah material yang memiliki pori yang dibuat dari beberapa prekursor bahan yang mengandung karbon. Bahan tersebut dibuat dengan cara pirolisis yang mengalami proses aktivasi fisika dan kimia sehingga dapat meningkatkan porositas dari karbon (Carabineiro et al., 2011)



Gambar 7 Struktur Karbon Aktif (Sudibanriyo, 2003)

Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui 2 tahap, tahap pertama proses karbonisasi bahan baku yang dilakukan untuk menghasilkan karbon. Tahap kedua merupakan proses aktivasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan karbon sehingga porositas dari karbon meningkat.

1. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan suatu proses pirolisis bahan karbon yang dilakukan pada suhu tinggi tanpa oksigen (Chen, Jiang, Sun, & Negulescu, 2006).

Proses membakaran ini menyebabkan penguraian senyawa organik dari hemiselulosa, selulosa, dan lignin, sifat dari hasil karbonisasi ini ditentukan oleh kondisi dari bahan dasarnya. Beberapa parameter yang biasa digunakan untuk menentukan kondisi karbonisasi yang sesuai yaitu suhu karbonisasi dan waktu karbonisasi yang tergantung pada karakteristik karbon (Thwe, Phy, & Khin, 2018)

2. Aktivasi

Proses aktivasi adalah proses penting dalam pembuatan karbon aktif, proses ini bertujuan untuk memperbesar pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat fisika maupun kimia. Proses aktivasi menghasilkan karbon oksida yang tersebar dipermukaan karbon karena adanya reaksi antara karbon dengan zat pengoksidasi dengan temperatur tinggi. Pengaktifan karbon aktif dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan aktifasi secara fisik dan aktivasi kimia (Rajalakshmi et al., 2015)

a. Aktifasi secara kimia

Aktifasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Berbagai aktifator kimia telah digunakan dalam pembuatan karbon aktif dari tongkol jagung, seperti Asam klorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH), Trihidrogen fosfat (H_3PO_4), Seng klorida ($ZnCl_2$) dan Kalium hidroksida (KOH) (Rajalakshmi et al., 2015).

b. Aktivasi secara fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap, dan CO_2 . Aktivasi karbon bertujuan untuk

menghilangkan zat pengotor yang terdapat pada pori-pori karbon aktif (Nunung & Adhitiyawarman, 2014). Metoda aktivasi secara fisika menggunakan agen oksidasi lemah antara lain menggunakan uap air (H_2O), gas karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2), dan nitrogen (N_2). Bahan tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada karbon sehingga memperluas permukaan, dan menghilangkan konstituen yang mudah menguap (Haji, Pari, Nazar, & Habibati, 2013)

Penilaian kualitas karbon aktif dapat dilakukan berdasarkan

1. Ukuran, meliputi : batangan, halus, atau pecah
2. sifat fisik, meliputi : warna, bunyi, nyala, kekerasan, kerapuhan, nilai kalor, dan berat jenis
3. analisis karbon aktif, meliputi : kadar air, kadar abu, karbon sisa, dan zat mudah menguap
4. suhu maksimum karbonisasi dan kemurnian karbon aktif

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, syarat mutu karbon aktif adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Standar Mutu Karbon Aktif (SNI) 06-3730-1995

Persyaratan	Parameter
Kadar zat menguap	Max 25 %
Kadar air	Max 15 %
Kadar abu	Max 10 %
Kadar karbo terikat	Min 65 %
Daya serap terhadap yodiun	Min 750 mg/g
Daya serap terhadap benzena	Min 25 %

C. Tongkol Jagung

Tongkol jagung merupakan salah satu potensi bahan baku yang banyak digunakan untuk industri energi terbarukan. Tongkol jagung juga dapat digunakan sebagai karbon aktif.



Gambar 8 Tongkol Jagung (Image Google)

Tongkol jagung mengandung komponen terikat sebesar 46,58% karbon, 5,87 % hidrogen, 45,46% oksigen, 0,47% nitrogen, 1,40% Abu, 0,01% sulfur, dan 0,21% klorin, sehingga tongkol jagung banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena kadar abu yang cukup rendah (Kaliyan & Morey, 2010). Disisi lain tongkol jagung juga terdiri dari tiga fraksi jaringan yaitu sekam, cincin kayu dan empelur, dan komponen dinding sel seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Takada, Niu, Minami, & Saka, 2018). Proses pembuatan karbon aktif dari tongkol jagung dapat dilakukan dengan proses pirolisis (Eriningsih, Yulina, & Mutia, 2011).

Tabel 2. Komposisi Kimia Tongkol Jagung (Eriningsih et al., 2011)

No.	Susunan kimia	Banyaknya
1.	Selulosa	35 - 55 %
2.	Hemiselulosa	25 - 35 %
3.	Lignin	20 - 30 %
4.	Lain-lain	± 8 %

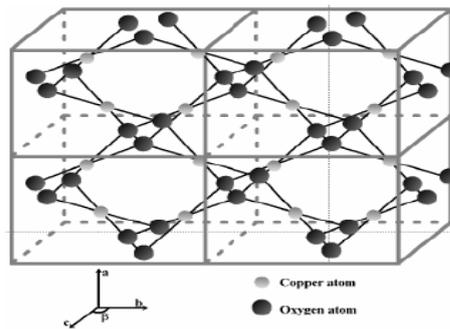
Pirolisis merupakan salah satu bentuk dari proses pemulihan energi, dimana memiliki potensi untuk menghasilkan produk arang, minyak, dan gas (Ioannidou & Zabaniotou, 2007). Pirolisis merupakan suatu proses pemanasan termal suatu zat organik tanpa adanya oksigen sehingga terjadi reaksi kimia menghasilkan dekomposisi senyawa penyusun dan kerusakan bahan organik (Shao, Jiang, Feng, & Zhang, 2014)

Proses karbonisasi ada 4 tahap yaitu :

1. Pada suhu 100-120 °C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270 °C mulai terjadi penguapan selulosa. Destilat yang dihasilkan mengandung asam organik dan sedikit metanol.
2. Pada suhu 270-310 °C reaksi eksotermik berlangsung, terjadi penguraian selulosa secara intensif menjadi larutan pirolignat, gas, Kayu.
3. Asam pirolignat merupakan asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan metanol, sedangkan gas kayu terdiri atas CO dan CO₂.
4. Pada suhu 310-510 °C terjadi penguraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar, sedangkan larutan pirolignat menurun, dan produksi gas CO₂ menurun, sedangkan gas CO, CH₄, dan H₂ meningkat.
5. Pada suhu 500-1000 °C merupakan tahap pemurnian arang atau peningkatan kadar karbon.

D. Tembaga (II) Oksida (CuO).

Beberapa oksida logam transisi seperti ZnO, TiO₂, dan Fe₃O₄ dan CuO berpotensi bertindak sebagai semikonduktor dan katalis (Lee & Nikraz, 2015).



Gambar 9 Struktur Kristal CuO (Wang, 2006)

CuO merupakan salah satu logam oksida yang banyak digunakan diberbagai aplikasi, seperti perangkat sensor elektrokimia, pengikat penyimpanan magnetik, *high super Tc konduktor*, cairan nano dan katalis. Necmi Serin (2011) mendefinisikan bahwa CuO adalah suatu senyawa tembaga yang memiliki struktur Kristal monoklinik yang memberikan karakter semikonduktor tipe-*p* dan memiliki celah pita sebesar 1,21-1,51 eV. Berberapa sifat-sifat CuO dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Sifat-Sifat Khas Cuo

Sifat	Nilai
Struktur kristal	Monoklin
Band gap	1,2 eV
Titik leleh	1134 °C
Wujud	Padatan hitam keabu-abuan
Dekomposisi termal	$T > 850^{\circ}\text{C}$

E. Komposit

Material komposit adalah gabungan dari material pengisi (*filler*) dan pengikat (*matriks*) (Nasmi, 2010). Kata komposit berasal dari kata “to compose” yang berarti menyusun atau menggabungkan. Secara sederhana bahan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk

membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Hal ini berbeda dengan perpaduan *alloy* (paduan yang digabungkan secara mikroskopis). Komposit merupakan kombinasi dari satu atau lebih material yang menghasilkan sifat lebih baik dari material penyusunnya. Komposit dihasilkan dari pencampuran sejumlah fase yang terdiri dari bahan utama sebagai bahan pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan utama membentuk matrik sedangkan penguat ditanamkan di dalamnya.

Pada umumnya komposit yang dibuat manusia dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama :

1. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composite*)

Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composite*) yang sering digunakan sebagai polimer penguat serat (*Fibre Reinforced Polymers or Plastics*) yang menggunakan bahan resin sebagai matriksnya serta suatu jenis serat seperti karbon, kaca, dan aramid (*Kevlar*) sebagai penguatnya.

2. Komposit Matriks Logam (*Metal Matrix Composite*)

Komposit matriks logam (*metal matrix composite*) ditemukan pada perkembangan industri otomotif, bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrix dan serat seperti *silicon karbida* sebagai penguatnya.

3. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composite*)

Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composite*) digunakan pada lingkungan dengan temperatur yang sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik serta diperkuat dengan serabut (*whiskers*) yang terbuat dari silicon carbide atau boron nitride material komposit keramik (Sugiarto, 2012).

F. Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung (*zea mays*) Dengan Tembaga (II) Oksida

1. Analisa X-Ray Diffraction (XRD)

XRD adalah salah satu alat yang dapat memberikan informasi mengenai struktur karakterisasi material-material kristalin suatu polimer, tekstur kristal serta parameter struktur kristal lainnya seperti ukuran butir kristal, kristanilitas, dan cacat kristal yang digunakan untuk difraksi sinar-X untuk menganalisis berbagai bahan termasuk logam, polimer, katalis, plastik, obat-obatan, film lapisan tipis, keramik, sel surya dan semikonduktor (Bunaciu et al.2015) prinsip dari XRD yaitu sinar X yang dihasilkan memiliki panjang gelombang tertentu dari suatu logam dengan memfariasi sudut pantulan sehingga terjadi pantuan elastis yang dapat dideteksi. Maka menurut hukum *brangg* jarak antar bidang atom dapat dihitung dengan data difraksi yang dihasilkan pada besar sudut-sudut tertentu. Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif.

Dasar penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg :

$$n.\lambda = 2.d.\sin \theta ; n = 1,2,\dots$$

dengan λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan, d adalah jarak antara dua bidang kisi, θ adalah sudut antara sinar datang dengan bidang normal, dan n adalah bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan.

Berdasarkan persamaan *Bragg*, jika sebekas sinar-X di jatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar

yang dibiarkan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material.

Pada umumnya, sinar diciptakan dengan percepatan arus listrik, atau setara dengan transisi kuantum partikel dari satu energi state ke lainnya. Contoh : radio (electron bersosiasi di antena), lampu merkuri (transisi antara atom). Ketika sebuah elektron menabrak anoda :

1. Menabrak atom dengan kecepatan perlahan, dan menciptakan radiasi panjang gelombang kontiniu.
2. Secara langsung menabrak atom dan meyebabkan terjadinya transisi menghasilkan panjang gelombang garis

Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar-X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektrn pada kulit atom. Spektrum sinar-X memiliki panjang gelombang 10^5 –10 nm, berfrekuensi 10¹⁷-10²⁰ Hz dan memiliki energi 10³-10⁶ eV. Panjang gelombang sinar-X memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom sehingga dapat digunakan sebagai sumber difraksi kristal.

2. Analisa Diffuse Reflectance – Ultra Violet (DR-UV)

Material komposit karbon aktif-CuO dapat dikarakterisasi dengan menggunakan DR-UV untuk menentukan nilai celah energi (*band gap*) dari suatu

material. Prinsip dari DR-UV yaitu berdasarkan teori kubelka-munk, Jika suatu lapisan material dengan ketebalan x kemudian direaksikan dengan sejumlah energi foton maka material tersebut akan menyerap atau menghamburkan foton. Sehingga radiasi flux dapat berada pada daerah positif atau negatif (Torrent & Vidal, 2008)

Energi celah pita pada suatu senyawa dapat dicari dengan menggunakan spektrofotometri UV- *diffuse reflectance* yang didapatkan pada pengukuran intensitas UV-Vis yang diflektasikan oleh sampel. Metoda kubelka-munk dapat digunakan untuk mencari energi celah pita (E_g), dimana :

$$E_g = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Energi celah pita diperoleh dari grafik hubungan antara $h\nu$ (eV) vs $(F(R'_{\infty})h\nu)^{1/2}$. E_g adalah energi celah pita (eV), h adalah konstanta planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js), c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dan λ adalah panjang gelombang (nm). Energi celah pita semikonduktor adalah besarnya $h\nu$ pada saat $(F(R'_{\infty})h\nu)^{1/2} = 0$, yang diperoleh dari persamaan regresi linier kurva tersebut (Fiolida, 2016).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa komposit karbon aktif tongkol jagung-CuO dapat dijadikan sebagai material berbasis termoelektrik karena :

1. KA tongkol jagung yang dibuat memenuhi standar mutu SNI 06-3730-1995 yaitu KA yang diaktivasi dengan ZnCl_2 4N
2. Material komposit dengan perbandingan 3 gram KA : 7 gram CuO merupakan material terbaik dijadikan sebagai material termoelektrik karena memiliki konduktivitas listrik yang tinggi yaitu $2,16 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$ -dan daya hantar panas yang rendah $17,23 \text{ J/s}$ serta tegangan listrik (*efek seebeck*) $13,08 \times 10^{-3} \text{ mV/K}$.
3. Hasil karakterisasi XDR menunjukkan bahwa ukuran kristal (D) dan kisi kristal (d) dari material komposit yaitu $22,3008 \text{ nm}$ dan $0,1565 \text{ nm}$. Sedangkan hasil karakterisasi dengan DR-UV menunjukkan bahwa *band gap* dari komposit KC5 yaitu $1,33 \text{ eV}$.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan :

1. Sebaiknya menggunakan *hotplate* digital pada pengujian daya hantar panas agar mudah mengontrol suhu.
2. Pada preparasi komposit karbon aktif – CuO sebaiknya menggunakan serangkaian alat refluks.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A., Sitorus, S., & Yusuf, B. (2016). Pemanfaatan limbah tongkol jagung. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(ISSN 2476-9258), 78–84.
- Alfianny, Herlin., Syaiful., Nurakhirawati. (2013). *Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam*. *Jurnal Natural Science*, 2(3), 75-86.
- Balkrishan, Chand, S., Soni, A., Gupta, A., & Patel, N. K. (2016). A Review on Thermoelectric Cooler. *IJIRST –International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 2(11), 674–679.
- Bangun, T. A., Zaharah, T. A., & Shofiyani, A. (2016). *Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Buah Karet Untuk Adsorpsi Ion Besi (II) Dalam Larutan*, 5(3).
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. gabriela, & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), 289–299.
- Carabineiro, S. A. C., Fernando, M., Pereira, R., Órfão, J. J. M., & Figueiredo, J. L. (2011). Surface Chemistry of Activated Carbons. *Chemical Physics Research Journal*, 4(34), 1935–2492.
- Chen, Y., Jiang, N., Sun, L., & Negulescu, I. (2006). Activated Carbon Nonwoven as Chemical Protective Materials. *Rjta*, 10(3), 1–7.
- Chunhua Lai; Junjie Li; Chengjun Pan; Lei wang; Xiaojun Bai. 2016. *Preparation and Characterization of Bi₂Te₃/Graphite/Polythiophene Thermoelectric Composites*. Shenzhen Key Laboratory of Polymer Science and Technology, College of Materials Science and Engineering, China : Shenzhen University.
- Darmanto, J. 2017. *Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Tempurung Kelapa (Cocos nucifera) – Tembaga (II) Oksida (CuO) sebagai Material Termoelektrik*. Padang : UNP.
- Du, Y., Xu, J., Paul, B., & Eklund, P. (2018). Flexible thermoelectric materials and devices. *Applied Materials Today*, 12, 366–388.
- Erden, F., Li, H., Wang, X., Wang, F., & He, C. (2018). High-performance thermoelectric materials based on ternary TiO₂/CNT/PANI composites. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 20(14), 9411–9418.
- Eriningsih, R., Yulina, R., & Mutia, T. (2011). *Jagung Untuk Pengental Pada Proses Pencapan Tekstil Producing Of Carboxymethyl Cellulose From Corn Cobs*, 105–113.