

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KARBON AKTIF
KULIT KACANG TANAH (*Arachis hypogaea* L.) – TEMBAGA (II)
OKSIDA (CuO) SEBAGAI MATERIAL TERMOELEKTRIK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar

Sarjana Sains (S.Si)



Oleh :

YOLLA RAMA WANDA

NIM. 16036092 / 2016

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2021

PERSETUJUAN SKRIPSI

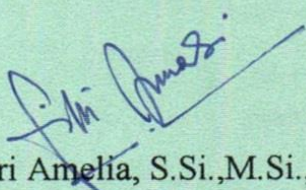
PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KARBON AKTIF KULIT KACANG TANAH (*Arachis hypogaea* L.)-TEMBAGA (II) OKSIDA (CuO) SEBAGAI MATERIAL TERMOELEKTRIK

Nama : Yolla Rama Wanda
NIM : 16036092
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2021

Mengetahui:

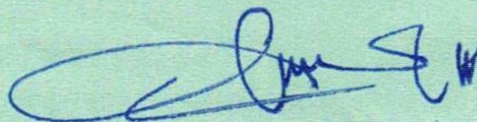
Ketua Jurusan Kimia



Fitri Amelia, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002

Disetujui Oleh:

Pembimbing



Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19720127 199702 1 002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Yolla Rama Wanda
NIM : 16036092
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KARBON AKTIF KULIT KACANG TANAH (*Arachis hypogaea* L.) – TEMBAGA (II) OKSIDA (CuO) SEBAGAI MATERIAL TERMOELEKTRIK

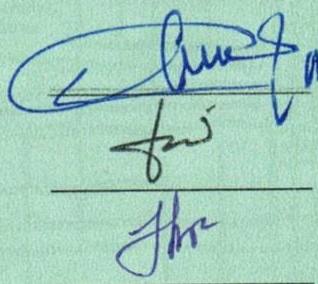
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Februari 2021

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D
Anggota	: Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D
Anggota	: Hary Sanjaya, M.Si

Tanda Tangan



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Yolla Rama Wanda
NIM : 16035092
Tempat/Tanggal lahir : Padang / 07 Januari 1998
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.)- Tembaga (II) Oksida (CuO) Sebagai Material Termoelektrik**

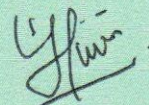
Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
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 ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Padang, Februari 2021

Yang menyatakan



Yolla Rama Wanda
NIM : 16035092

**Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah
(*Arachis hypogaea* L.) – Tembaga (II) Oksida (CuO)
sebagai Material Termoelektrik.**

Yolla Rama Wanda

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif untuk menghasilkan energi listrik terbarukan salah satunya menggunakan material termoelektrik. Material termoelektrik merupakan material yang dapat digunakan untuk mengkonversi energi panas menjadi energi listrik. Pada penelitian ini material termoelektrik dibuat dari komposit karbon aktif kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.)-CuO. Material komposit karbon aktif-CuO dibuat dengan mencampurkan berbagai perbandingan komposisi massa karbon aktif-CuO (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* (UV-DRS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa material komposit dengan perbandingan karbon aktif dan CuO 3:7 (gram) merupakan material terbaik sebagai material termoelektrik karena memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi yaitu $2,375 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ dan daya hantar panas $10,85 \text{ J/s}$ serta tegangan listrik (efek *seebeck*) yang tinggi $11,89 \times 10^{-3} \text{ mV/K}$. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa penambahan Karbon aktif terhadap CuO tidak merusak bentuk kristal dari CuO dan ukuran kristal (D) dan kisi kristal (d) dari material komposit yaitu $27,4320 \text{ nm}$ dan $0,2322 \text{ nm}$. Hasil karakterisasi UV-DRS menunjukkan bahwa band gap dari material komposit yaitu $1,23 \text{ eV}$. Berdasarkan hasil pengujian dan karakterisasi dapat disimpulkan bahwa material komposit karbon aktif-CuO yang dibuat dapat digunakan sebagai material termoelektrik.

Kata Kunci : Kulit kacang tanah, karbon aktif, tembaga (II) oksida, komposit, material termoelektrik.

**Preparation and Characterization Composite Activated Carbon of Peanut
Shell (*Arachis hypogaea* L.) - Copper (II) Oxide (CuO)
As a Thermoelectric Material.**

Yolla Rama Wanda

ABSTRACT

The need for electrical energy continues to increase. Therefore, it is necessary to find alternatives to produce renewable electrical energy, one of which is using thermoelectric materials. Thermoelectric materials are materials that can be used to convert heat energy into electrical energy. In this study, the thermoelectric material was made from a composite of activated carbon peanut shell (*Arachis hypogaea* L.)-CuO. Activated carbon-CuO composite material is made by mixing various mass composition ratios (grams). Composite materials are tested for electrical conductivity, thermal conductivity and the resulting electrical voltage (*Seebeck* effect). To see the shape and crystal size of the composite material, characterization was carried out using *X-Ray Diffraction* (XRD) and to determine the band gap of the composite material, characterization was carried out using *UV-Diffuse Reflectance* (UV-DRS). 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 $2.375 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ and a heat conductivity of 10.85 J/s and electrical voltage (*seebeck* effect) which is high $11.89 \times 10^{-3} \text{ mV/K}$. The results of characterization using XRD showed that the addition of activated carbon to CuO did not damage the crystal form of CuO and the crystal size (D) and crystal lattice (d) of the composite material, namely 27.4320 nm and 0.2322 nm . The results of UV-DRS characterization showed that the band gap of the composite material was 1.23 eV . Based on the test results and characterization, it can be concluded that the activated carbon-CuO composite material can be used as a thermoelectric material.

Keywords : Peanut shells, activated carbon, copper (II) oxide, composites, thermoelectric material.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.)-Tembaga (II) Oksida (CuO) sebagai Material Termoelektrik**. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Seluruh pendanaan dalam penelitian yang telah dilakukan dibiayai melalui dana penelitian pembimbing. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Ibu Dra. Sri Benti Etika M.Si selaku Penasehat Akademik
2. Bapak Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Pembimbing
3. Ibu Fitri Amelia S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia dan Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
4. Bapak Hary Sanjaya, M.Si dan Bapak Alizar, S.Pd., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembahas.
5. Seluruh Staf Pengajar dan Tenaga Administrasi Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Labor Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
7. Teman-teman kimia tahun 2016 khususnya teman-teman terdekat yang telah memberi masukan dan dorongan kepada penulis dalam pembuatan skripsi ini.

8. Kedua orangtua penulis serta saudara-saudara tercinta yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas penelitian.

Akhirnya, untuk kesempurnaan skripsi ini maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terimakasih.

Padang, Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Material Termoelektrik.....	7
B. Karbon Aktif.....	11
C. Kulit Kacang Tanah (<i>Arachis hypogaea</i> L.).....	14
D. Tembaga (II) Oksida (CuO)	15
E. Komposit	17
F. Karakterisasi Komposit Karbon Aktif dari Kulit Kacang Tanah dengan Tembaga (II) Oksida.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
B. Objek Penelitian	21
C. Variabel Penelitian	21
D. Alat dan Bahan	21
E. Prosedur Penelitian	22
F. Design Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30

A. Preparasi Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah.....	30
B. Karbonisasi, Aktivasi dan Karakteristik Karbon Aktif	30
C. Percetakan Material Komposit Karbon Aktif - CuO	33
D. Pengujian Konduktivitas Listrik.....	35
E. Pengujian Daya Hantar Panas.....	36
F. Pengujian Tegangan Listrik yang dihasilkan (Efek Seebeck)	37
G. Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	38
H. Karakterisasi dengan <i>UV-Diffuse Reflectance</i> (UV-DRS).....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
A. Kesimpulan.....	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Unsur Terkandung pada kulit kacang tanah.....	15
2. Sifat-sifat Khas CuO	16
3. Komposisi Perbandingan Massa (gram) Material Komposit Karbon Aktif-CuO	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Percobaan Seebeck tentang Fenomena Termoelektrik	7
2. Efek pada Termoelektrik.....	8
3. Susunan Logam yang Menjelaskan tentang Termoelektrik dan Efek Seebeck	8
4. Ilustrasi Generator Termoelektrik.....	9
5. Prinsip Terjadinya Perbedaan Potensial Listrik pada Material Termoelektrik.....	10
6. Struktur Karbon Aktif	11
7. Karbon Aktif	13
8. Kulit Kacang Tanah	14
9. Serbuk Tembaga (II) Oksida (CuO).....	15
10. Struktur Kristal Monoklin Tembaga (II) oksida (CuO).....	16
11. Grafik Variasi Suhu Karbonisasi Kulit Kacang Tanah	30
12. Grafik Variasi reagen pengaktivasi karbon kulit kacang tanah	32
13. Grafik Variasi Konsentrasi Reagen Pengaktivasi Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah	33
14. Hasil Cetakan Komposit Karbon aktif – CuO	34
15. Grafik konduktivitas listrik ($M\Omega \cdot cm$)	35
16. Grafik Daya Hantar Panas (J/s).....	36
17. Pengujian koefisien efek Seebeck (mV/K)	37
18. Spektrum XRD : (a) Karbon Aktif (b) CuO murni(c) Komposit Karbon Aktif-CuO (KC5)	39
19. Grafik Nilai Band Gap (a) Karbon Aktif(b) Komposit Karbon Aktif-CuO (KC5)	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Preparasi, Karbonisasi dan Aktivasi Kulit Kacang Tanah menjadi Karbon Aktif	48
2. Pengujian Karakteristik Karbon Aktif	49
3. Preparasi Komposit Karbon Aktif-CuO dan Percetakan Material.....	49
4. Pengujian Konduktivitas Listrik	50
5. Pengujian Daya Hantar Panas	51
6. Pengujian Tegangan Listrik yang Dihasilkan (Efek <i>Seebeck</i>)	51
7. Analisa <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	52
8. Analisa DR-UV.....	52
9. Perhitungan Karakteristik Variasi Suhu Karbonisasi Kulit Kacang Tanah ...	52
10. Perhitungan Karakteristik Variasi Reagen Pengaktivasi Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah	55
11. Perhitungan Karakteristik Variasi Konsentrasi Reagen Pengaktivasi Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah.....	59
12. Hasil Karakteristik Variasi Suhu Karbonisasi Kulit Kacang Tanah	63
13. Hasil Karakteristik Variasi Reagen Pengaktivasi Karbonisasi Kulit Kacang Tanah	63
14. Hasil Karakteristik Variasi Konsentrasi Reagen Pengaktivasi Karbonisasi Kulit Kacang Tanah	63
15. Nilai Konduktivitas Listrik	64
16. Tabel Daya Hantar Panas	64
17. Tabel Nilai Tegangan Listrik yang dihasilkan (efek <i>Seebeck</i>)	64
18. Data Hasil Pengukuran XRD	65
19. Data Perhitungan Ukuran Kristal dan kisi kristal	70
20. Data Hasil Pengukuran UV-DRS Komposit Karbon Aktif-CuO	72
21. Dokumentasi Hasil Penelitian.....	83

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Saat ini energi listrik merupakan kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Karena hampir semua aktivitas manusia berhubungan dengan energi listrik. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan tingkat populasi penduduk, maka permintaan energi listrik juga semakin meningkat.

Sumber energi panas dapat diperoleh dari matahari, panas bumi, panas pembakaran dan lainnya. Namun energi panas ini belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga sebagian besar energi panas terbuang begitu saja. Selain itu, sumber energi panas yang tidak berguna juga banyak dihasilkan dari limbah industry (pabrik), kendaraan bermotor (*automotive*), dan pemakaian AC (*air conditioning*).

Selama ini energi panas yang belum dimanfaatkan dapat dikonversi menjadi energi listrik, terutama untuk energi listrik daerah-daerah terpencil atau terisolir. Dalam skala aplikasi lebih besar, diharapkan dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk menggantikan energi yang bersifat tak terbarukan dan sejajar dengan sumber-sumber energi alternatif yang lain seperti tenaga air, geotermal, energi surya, energi angin, energi berbahan bakar biogas, dan energi nuklir (Sutjahja, 2011). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengembangan energi listrik alternatif dengan mengkonversi energi panas menjadi energi listrik yang memanfaatkan material termoelektrik.

Material dari termoelektrik dapat digunakan untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik melalui efek *Seebeck* (Zhang et al., 2017). Efek

Seebeck merupakan suatu fenomena dimana adanya tegangan listrik yang muncul akibat adanya perbedaan temperatur pada suatu sambungan dari dua buah material yang berbeda. Material termoelektrik memiliki efek *Seebeck* dan konduktivitas listrik yang tinggi sedangkan konduktivitas panasnya rendah. Kenyataannya material seperti ini sangat sulit untuk didapatkan, karena pada umumnya jika konduktivitas listrik material tinggi, konduktivitas panasnya juga tinggi (Zheng, 2008). Berdasarkan hal tersebut, material termoelektrik mendapat perhatian yang luar biasa pada saat sekarang ini. Salah satu material yang dapat digunakan sebagai material termoelektrik adalah karbon aktif.

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85% - 95% karbon. Karbon aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung unsur karbon dengan cara memanaskannya pada suhu tinggi (Viena et al., 2018). Karbon aktif memiliki keuntungan yaitu konduktivitas panas yang baik sebagai material termoelektrik (Shapley, 2012). Karbon aktif mudah diperoleh dan tergolong murah. Karbon aktif yang akan digunakan pada penelitian ini diperoleh dari kulit kacang tanah. Kulit kacang tanah tergolong limbah organik yang belum dimanfaatkan sehingga tidak memberikan nilai ekonomis. Oleh sebab itu, pengolahan kulit kacang tanah sebagai karbon aktif adalah salah satu cara untuk menambah nilai ekonomis limbah tersebut sehingga limbah kulit kacang tanah tidak terbuang begitu saja dan dapat dimanfaatkan sebagai material termoelektrik yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik, sehingga berguna bagi kehidupan. Namun, karbon aktif memiliki salah satu kekurangan yaitu mempunyai konduktivitas listrik yang kecil sekitar 0,001 S/m (Shapley, 2012), sehingga perlu dicari alternatif untuk memperoleh material yang memiliki

konduktivitas panas rendah dan konduktivitas listrik yang tinggi. Hal tersebut dapat diperoleh dengan cara mengkompositkan karbon aktif dengan material yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Salah satu material yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi adalah CuO. CuO merupakan salah satu senyawa tembaga oksida dan merupakan bahan semikonduktor tipe-p dengan band gap 1,2 eV (Johan et al., 2011). CuO banyak diaplikasikan sebagai gas sensor, katalis, baterai, superkonduktor suhu tinggi, konversi energi surya dan bidang emisi (Ghane et al., 2010). Pada penelitian ini CuO akan digunakan sebagai material termoelektrik yang dikompositkan dengan karbon aktif.

Penelitian mengenai material termoelektrik dengan menggunakan komposit telah pernah dilakukan sebelumnya oleh (Lai et al., 2016) yaitu komposit Bi_2Te_3 /Graphite/Polythiophene. Pada penelitian ini bahan yang digunakan memiliki harga yang mahal dan sulit diperoleh. Oleh karena itu dicari alternatif material lain yang harganya murah dan mudah diperoleh seperti komposit karbon aktif dengan CuO. Penelitian dengan menggunakan karbon aktif telah dilakukan sebelumnya oleh Darmanto (2017), Pratama (2018), Husna (2019), Ulfah (2019), Agustina (2019), Azizah (2020), Arazi (2020), dan Rahmiatul (2020), yaitu dengan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit, kulit pisang kepok, kulit coklat, kulit jengkol, kulit durian, kulit singkong, dan kulit manggis. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa karbon aktif dapat digunakan sebagai material termoelektrik. Pada penelitian ini penulis menggunakan karbon aktif yang dihasilkan dari kulit kacang tanah. Pada komposit ini karbon aktif berfungsi sebagai pengikat (*matrix*) dan CuO sebagai pengisi (*Filler*).

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis tertarik untuk meneliti tentang komposit karbon aktif kulit kacang tanah dengan tembaga (II) oksida (KA-CuO) sebagai material termoelektrik. Diharapkan dengan penggunaan material komposit karbon aktif-CuO sebagai material termoelektrik dapat menjadi bagian dari material termoelektrik dengan kualitas yang baik, ramah lingkungan, dan bernilai ekonomis.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Kebutuhan energi listrik meningkat.
2. Diperlukannya sumber energi listrik alternatif baru.
3. Masih banyak sumber energi listrik yang belum dimanfaatkan seperti dari energi panas.
4. Pengembangan energi listrik alternatif dari energi panas (material termoelektrik) dengan menggunakan komposit karbon aktif-CuO masih dalam tahap penelitian belum sampai tahap aplikasi.

C. Batasan Masalah

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

1. Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari kulit kacang tanah.
2. Reagen pengaktivasi yang digunakan dalam proses aktivasi karbon aktif adalah HCl, KOH dan ZnCl_2 .
3. Karbon aktif dari kulit kacang tanah dikompositkan dengan CuO.

4. Pengujian yang dilakukan pada komposit karbon aktif-CuO yaitu pengujian konduktivitas listrik, pengujian daya hantar panas, dan pengujian efek *Seebeck*.
5. Pengkarakterisasian komposit karbon aktif-CuO dilakukan dengan menggunakan XRD dan DR-UV.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana melakukan preparasi karbon aktif dari kulit kacang tanah?
2. Bagaimana membuat komposit karbon aktif dari kulit kacang tanah dengan CuO sebagai material termoelektrik?
3. Bagaimana melakukan pengujian dan karakterisasi komposit karbon aktif-CuO?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian ini adalah:

1. Menentukan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan dengan menggunakan reagen pengaktivasi yang baik yaitu dari HCl, KOH dan ZnCl_2 . Reagen pengaktivasi yang baik divariasikan konsentrasinya 2N, 4N, 6N, dan 8N
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

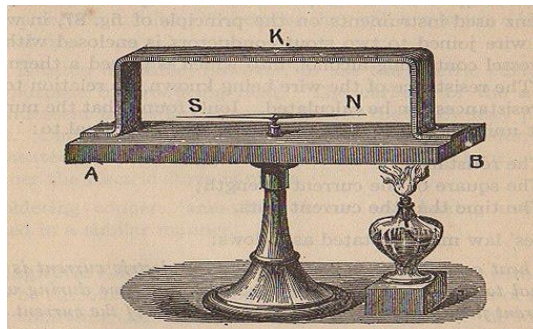
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

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 TINJAUAN PUSTAKA

A. Material Termoelektrik

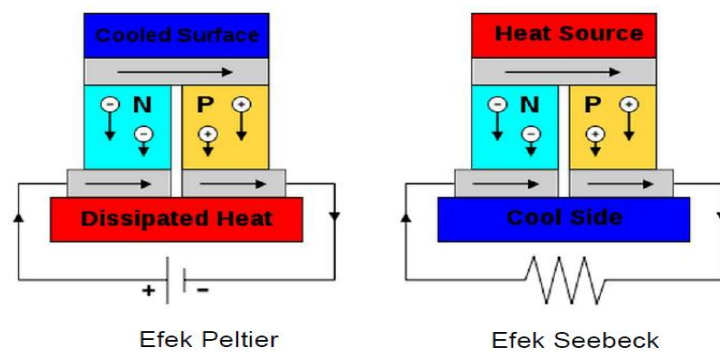
Material termoelektrik merupakan material dari golongan semikonduktor yang dapat mengubah energi panas menjadi listrik menggunakan efek *Seebeck* dan dapat mengkonversi energi listrik menjadi energi panas menggunakan efek *Peltier* (Zhang et al., 2017). Fenomena termoelektrik pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh ilmuwan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck yaitu dengan menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Di antara kedua logam tersebut diletakkan jarum kompas. Ketika salah satu sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Hal ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas seperti terlihat pada Gambar 1. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek *Seebeck* (Rafika et al., 2017).



Gambar 1. Percobaan Seebeck tentang Fenomena Termoelektrik (Lee, 2009)

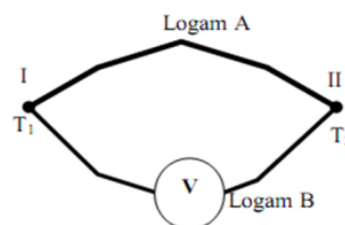
Penemuan seebeck ini memberikan inspirasi pada Jean Charles Athanase Peltier untuk melihat kebalikan dari fenomena tersebut. Ia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan

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 *Peltier*, Efek *Seebeck* dan *Peltier* inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan ada teknologi termoelektrik (Mahmud et al., 2016).



Gambar 2. Efek pada Termoelektrik (Zheng, 2008)

Prinsip dari material termoelektrik merupakan susunan dua tipe material termoelektrik yang berbeda dan disambungkan satu sama lain. Terdapat tiga efek utama yang terlibat dalam termoelektrik yaitu efek *Seebeck*, efek *Peltier* dan efek *Thomson* (Riffat & Ma, 2003). Efek *Seebeck* merupakan fenomena dimana adanya tegangan listrik yang muncul akibat perbedaan temperatur pada sambungan dari dua buah material yang berbeda. Penemuan Thomas Johann Seebeck tentang efek *Seebeck* terdapat pada gambar berikut:



Gambar 3. Susunan Logam yang Menjelaskan tentang Termoelektrik dan Efek Seebeck (Karim, 2006).

Arus listrik yang muncul dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

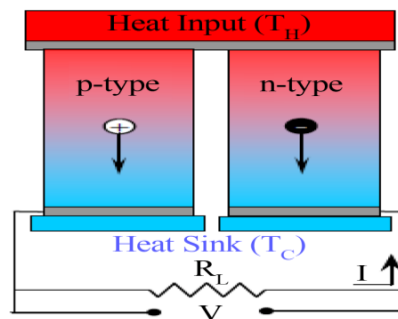
Dimana :

S : efek *Seebeck*

V : tegangan termoelektrik.

T : temperatur

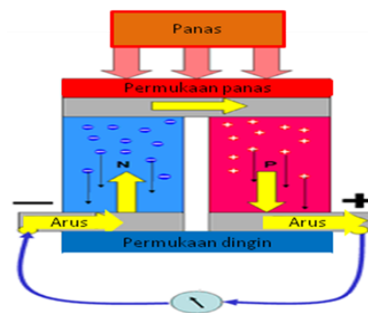
Efek *Peltier* merupakan kebalikan dari efek *Seebeck* yaitu terjadinya perbedaan temperatur pada suatu material karena adanya tegangan listrik. Efek *Thomson* berkaitan dengan perbedaan arus termal reversibel dan medan listrik dalam konduktor homogen. Efek termoelektrik tersebut diterapkan dalam modul termoelektrik (Efek *Seebeck*) pada generator termoelektrik sedangkan efek *Peltier* pada pendingin termoelektrik (Zheng, 2008).



Gambar 4. Ilustrasi Generator Termoelektrik. (Zheng, 2008)

Pada gambar 4. Dapat dilihat bahwa material termoelektrik yang digunakan untuk mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung disebut dengan generator termoelektrik. Untuk menghasilkan arus listrik, material termoelektrik diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Pada rangkaian tersebut akan dihasilkan sejumlah arus listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai (Riffat & Ma, 2003).

Dalam suatu material logam dan semikonduktor terdapat partikel pembawa muatan yaitu elektron dan *hole*. Ketika semikonduktor tipe-n yang kaya akan elektron dipanaskan, elektron akan bergerak menuju temperatur yang lebih rendah. Sedangkan pada semikonduktor tipe-p *hole* yang mendapatkan energi panas akan menarik dan mengikat elektron dari temperatur yang lebih rendah seolah-olah *hole* berpindah menuju temperature yang lebih rendah. Dengan terakumulasinya elektron dan *hole* pada temperatur yang lebih rendah tersebut, maka terjadi perbedaan potensial listrik sehingga arus listrik dapat mengalir. Seperti pada gambar yaitu:



Gambar 5. Prinsip Terjadinya Perbedaan Potensial Listrik pada Material Termoelektrik. (Zheng, 2008)

Saat ini banyak sekali aplikasi penggunaan energi termoelektrik yang sedang dikembangkan, seperti pemanfaatan perbedaan panas di dasar laut dan darat, atau pemanfaatan panas bumi, pemanfaatan panas matahari, panas buangan pada industri, panas hasil kegiatan antropogenik dan lain-lain. Dalam pengembangan energi ini diharapkan untuk dapat mencari material termoelektrik yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi sedangkan konduktivitas panasnya rendah.

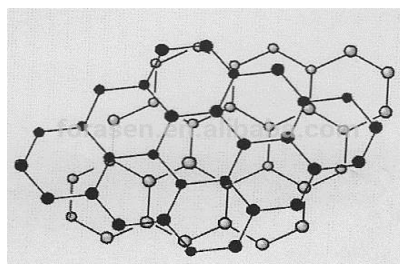
Contoh pemanfaatannya dalam dunia komputer, termoelektrik ini dapat digunakan untuk mendinginkan CPU computer dan pada toshiba mengembangkan

sebuah alat yang dapat mendinginkan sumber panas itu sendiri. Panas yang dihasilkan dari sumber panas dalam komputer digunakan untuk membangkitkan listrik, kemudian listrik itu dipergunakan untuk memutar kipas yang diarahkan ke sumber panas. Perangkat ini mampu menurunkan panas sekitar 32°C (Lusiana *et al*, 2010).

B. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* atau material berpori yang mengandung 85 - 95% karbon, bahan yang mengandung karbon dapat menghasilkan karbon aktif dengan cara memanaskannya pada suhu tinggi (Viena *et al.*, 2018). Karbon yang telah diaktivasi akan terjadi pengembangan struktur pori yang bergantung kepada metode aktivasi yang digunakan, dan luas permukaan berkisar antara 300-2000 m²/g (Ramdja *et al.*, 2008).

Karbon aktif adalah residu berwarna hitam hasil dari pembakaran pada keadaan tanpa oksigen yang mengandung karbon dan berbentuk padat serta berpori, seperti kayu atau bahan biomaterial lainnya. Sebagian pori-pori masih tetap tertutup dengan hidrokarbon dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen dan sulfur.



Gambar 6. Struktur Karbon Aktif (Sudibandriyo, 2003)

Proses pembuatan karbon aktif dilakukan melalui tiga tahapan:

a. Dehidrasi

Dehidrasi ialah proses penghilangan kandungan air didalam bahan baku dengan tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku dibawah sinar matahari atau pemanasan dalam oven.

b. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses pemecahan atau penguraian selulosa menjadi karbon. Tujuan dilakukannya proses karbonisasi adalah untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang mudah menguap dalam bentuk unsur-unsur non karbon, hidrogen dan oksigen. Karbonisasi menyebabkan dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Pada tahap karbonisasi ini sebagian besar unsur non karbon akan hilang, pelepasan unsur-unsur yang volatil ini membuat struktur pori-pori mulai terbentuk dan terbuka, peningkatan suhu dapat mempercepat reaksi pembentukan pori, tetapi suhu yang terlalu tinggi seperti diatas 1000°C mengakibatkan terbentuk banyak abu sehingga dapat menutup pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang.

c. Aktivasi

Aktivasi merupakan suatu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik. Proses aktivasi penting dalam pembuatan karbon aktif. Aktivasi karbon ini bertujuan untuk memperbesar dan menghilangkan pengotor pada pori-pori karbon aktif. Aktivasi dapat dilakukan melalui dua metode yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Pada aktivasi fisika, karbon diaktivasi pada suhu yang cukup tinggi dengan menggunakan uap atau gas seperti gas yang digunakan pada oksidasi adalah H_2O , CO_2 , N_2 , H_2 , Br_2 , CH_4 sebagai reagen aktivasi. Tujuan dari metode aktivasi fisika adalah mempertinggi volume, memperluas diameter pori

yang terbentuk dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru. (Chang et al., 2000);(Haji et al., 2013). Pada aktivasi kimia, karbon diaktivasi melalui perendaman dengan reagen bahan kimia. Bahan yang biasa digunakan dalam proses aktivasi karbon aktif adalah NaOH, KOH, H₃PO₄, H₂SO₄, HCl, HNO₃, ZnCl₂, NaCl, Na₂CO₃, dan K₂CO₃ (Haji et al., 2013).

Fungsi dari reagen pengaktif adalah dapat membuat luas permukaan spesifik yang tinggi (Chafidz et al., 2018). Keuntungan dari proses aktivasi kimia adalah menggunakan suhu aktivasi yang rendah, perubahan struktur dan perubahan dalam gugus fungsi permukaan. Kapasitas adsorpsi akan meningkat pada penggunaan metode aktivasi secara kimia (Ahmida et al., 2015).



Gambar 7. Karbon Aktif (Google: Image)

Karbon aktif yang berkualitas harus memenuhi syarat mutu karbon aktif SNI 06-3730-1995 sebagai berikut:

1. Mempunyai kandungan karbon (*fixed carbon*) diatas 60%
2. Kadar abunya tidak lebih dari 10%.
3. Kadar zat menguapnya tidak lebih dari 25%.
4. Kadar airnya tidak lebih dari 15%.

Produk karbon aktif lebih dari 70% digunakan disektor industri. Penggunaan utama dari karbon aktif adalah untuk pemurnian larutan, seperti industri gula, sirup, air minum, sayuran, lemak, minyak, minuman alkohol, bahan

kimia dan farmasi, penyerap gas beracun pada masker, penghilang bau pada sistem alat pendingin, penyerap emisi uap bahan bakar pada otomotif serta sebagai filter rokok. Karbon aktif juga telah digunakan sebagai bahan tambahan dalam produk untuk pemeliharaan kebersihan dan kehalusan kulit dan rambut, antara lain sabun, lulur dan sampo (Lempang, 2014).

C. Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.)

Tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) bagi sebagian orang mungkin tidak memiliki arti bahkan dibuang begitu saja. Pemanfaatan kulit kacang tanah sebagai pakan ternak, obat tradisional serta dapat digunakan untuk membuat karbon aktif sebagai material termoelektrik.



Gambar 8. Kulit Kacang Tanah (Google: Image)

Klasifikasi botani tanaman kacang adalah sebagai berikut:

Divisi	: Tracheophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Magnoliophyta
Keluarga	: Fabaceae
Genus	: <i>Arachis</i>
Species	: <i>Arachis hypogaea</i>

Tabel 1. Unsur Terkandung pada kulit kacang tanah

Unsur	Komposisi (%)
Kadar Air	9,5
Kadar Abu	3,6
Kadar Lemak	1,8
Kadar Protein	8,4
Kadar Selulosa	63,5
Kadar Lignin	13,2

(Gandaningrum, 2016)

Pembuatan karbon aktif dari kulit kacang tanah dapat diperoleh melalui proses pirolisis. Proses pirolisis terhadap kulit kacang tanah akan diperoleh rendemen berupa karbon, proses pirolisis bertujuan untuk menguraikan senyawa kimia yang ada dalam kulit kacang tanah tersebut (Nasution & Rambe, 2011).

D. Tembaga (II) Oksida (CuO)

Ada beberapa oksida logam transisi seperti CuO, ZnO, MnO₂, TiO₂, Fe₃O₄ dan lain-lain memiliki potensi untuk diaplikasikan terutama sebagai bahan semikonduktor dan katalis.

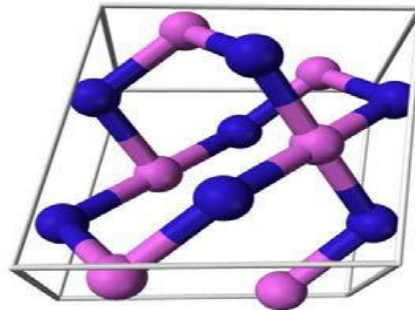


Gambar 9. Serbuk Tembaga (II) Oksida (CuO) (Google: Image)

CuO merupakan salah satu senyawa tembaga oksida dan merupakan bahan semikonduktor tipe-p, CuO telah digunakan dalam banyak aplikasi seperti dalam

gas sensor, katalis, baterai, superkonduktor suhu tinggi, konversi energi surya dan bidang emisi (Ghane et al., 2010).

CuO merupakan oksida basa sehingga mudah larut dalam asam dan mineral. CuO memiliki struktur kristal monoklinik sederhana dan merupakan katalis penting yang banyak digunakan karena aktivitasnya yang tinggi serta selektif dalam reaksi oksidasi reduksi. Sebagai material semikonduktor CuO memiliki keuntungan yaitu biaya pembuatan yang rendah dan ketersediaan yang melimpah. CuO banyak diaplikasikan pada perangkat elektronik dan optoelektronik, seperti sel elektrokimia, sensor gas, perangkat penyimpanan magnetik, emitter lapangan, high-Tc Super konduktor, cairan nano, dan katalis. CuO yang dikenal sebagai bahan semikonduktor tipe-p dengan energi celah pita 1,2 eV. (Aparna, 2012). Karakterisasi dari CuO dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 10. Struktur Kristal Monoklin Tembaga (II) oksida (CuO)

Beberapa sifat –sifat CuO diantaranya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat-sifat Khas CuO (Ahmad, 2014)

Sifat	Nilai
Massa molar	79,545 g/mol
Band gap	1,2 Ev
Kerapatan	6,315 g/cm ³
Titik leleh	1326 ⁰ C

Titik didih	2000 °C
Wujud	Padatan hitam keabu-abuan
Dekomposisi termal	T > 850°C
Struktur kristal	Monoklin

E. Komposit

Komposit merupakan suatu material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Material komposit merupakan gabungan dari material pengisi (*Filler*) dan pengikat (*matriks*) (Suhdi et al., 2016).

komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabungkan. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Komposit adalah bahan struktural yang terdiri dari dua atau lebih konstituen gabungan yang dikombinasikan pada tingkat makroskopik dan tidak larut satu sama lain.

Bahan utama sebagai bahan pengikat (matrik) dan bahan pendukung sebagai penguat (Campbell, 2014). Matrik memiliki fungsi mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur, melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan, menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik, matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Sedangkan peranan filler dalam komposit yaitu bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk.

Berdasarkan matriksnya, komposit dapat dibagi dalam tiga kelompok utama :

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

Komposit matrik polimer (*Polymer Matrix Composites*) adalah komposit yang sering digunakan sebagai polimer penguatan serat (*Fibre Reinforced Polymers or Plastics*) dan bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan dasar resin sebagai matriknya dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (*Kevlar*) sebagai penguatannya.

2. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites*)

Komposit matrik logam (*Metal Matrix Composites*) berkembang pada industri otomotif. Bahan yang menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat silicon seperti karbida.

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

Komposit matrik keramik (*Ceramic Matrix Composites*) pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi. Bahan yang menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek atau serabut-serabut (*whiskers*) yang terbuat dari *silicon carbide* atau *boron nitride*. (Sugiarto, 2012).

F. Karakterisasi Komposit Karbon Aktif dari Kulit Kacang Tanah dengan Tembaga (II) Oksida

1. Analisa X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan alat yang digunakan untuk karakterisasi material XRD juga dapat digunakan untuk memperoleh informasi tentang struktur, komposisi, dan keadaan polikristalin pada suatu material. Sampel yang digunakan pada XRD ini bisa berupa bubuk, solid atau films (Rendle, 1991). Prinsip kerja XRD adalah sinar X yang dihasilkan dari suatu logam tertentu memiliki panjang gelombang

tertentu sehingga dengan bervariasinya besar sudut pantulan maka akan terjadi pantulan elastis yang dapat dideteksi.

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

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

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 seberkas sinar-X yang dijatuhkan 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 dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat juga intensitas pembiasan yang dihasilkannya. 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 (Torrent & Barrón, 2008).

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

Karakterisasi dengan DR-UV digunakan untuk menentukan nilai celah energi (*band gap*) dari material komposit karbon aktif-CuO. Prinsip dari DR-UV

berdasarkan teori Kubelka-Munk. Berdasarkan teori Kubelka-Munk, jika suatu lapisan material dengan ketebalan x diradiasikan dengan sejumlah energi foton maka material tersebut akan menyerap atau menghamburkan foton. Flux radiasi dapat berada dalam arah positif atau negatif (Torrent & Barrón, 2008)

Metode Kubelka-Munk dapat digunakan untuk mencari energi celah pita (E_g).

dimana:

$$E_g = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

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

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Karbon aktif kulit kacang tanah yang dibuat memenuhi SNI 06-3730-1995 yaitu karbon aktif yang diaktivasi dengan ZnCl_2 6N.
2. Material komposit dengan perbandingan karbon aktif dan CuO 3:7 (gram) merupakan material terbaik sebagai material termoelektrik karena memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi $2,375 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ dan daya hantar panas $10,85 \text{ J/s}$ serta tegangan listrik (efek seebeck) yang tinggi $11,89 \times 10^{-3} \text{ mV/K}$.
3. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa ukuran kristal (D) $27,4320 \text{ nm}$ dan kisi kristal (d) sebesar $0,2322 \text{ nm}$. Hasil karakterisasi dengan UV-DRS menunjukkan bahwa band gap dari material komposit yaitu $1,23 \text{ eV}$

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan:

1. Material termoelektrik yang dibuat dilanjutkan pada tahap aplikasi untuk membuat generator termoelektrik.
2. Perlu dicari sumber karbon aktif lain untuk membuat komposit material termoelektrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Habibi. 2014. *Struktur dan Sifat Optik Nanopartikel CuO yang di Sintesis dengan Metode Sonokimia*. Bogor: Departemen Fisika FMIPA, Institut Pertanian Bogor.
- Ahmida, K., Darmoon, M., Al-tohami, F., Erhayem, M., & Zidan, M. (2015). *Effect of Physical and Chemical Preparation on Characteristics of Activated Carbon from Agriculture Solid Waste and their Potential Application*. International Conference on Chemical, Civil and Enviromental Engineering, 83–87.
- Aparna, Y., K.V. Enkateswara Rao and P. Srinivasa Subbarao. 2012. *Synthesis and Characterization of Bi₂Te₃/ Graphite/ Polythiophene Thermoelectric Composites*. Shenzhen Key Laboratory of Polymer Science and Technology, College of Materials Science and Engineering 7(1): 93-104
- Azizah, F. (2020). *Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Kulit Durian (Durio zibethinus) – Tembaga (II) Oksida (Cuo) sebagai Material Termoelektrik*. Padang : UNP.
- Campbell, F. C. (2014). *Manufacturing Process for Advanced Composites*. In Igarss 2014.
- Chafidz, A., Astuti, W., Hartanto, D., Mutia, A. S., & Sari, P. R. (2018). *Preparation of activated carbon from banana peel waste for reducing air pollutant from motorcycle muffler*. MATEC Web of Conferences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401021>
- Chang, C. F., Chang, C. Y., & Tsai, W. T. (2000). *Effects of burn-off and activation temperature on preparation of activated carbon from corn cob agrowaste by CO₂ and steam*. Journal of Colloid and Interface Science, 232(1), 45–49. <https://doi.org/10.1006/jcis.2000.7171>
- Darmanto, J. 2017. *Preparasi dan Karakterisasi KompositKarbon Aktif Tempurung Kelapa (Cocos nucifera) – Tembaga (II) Oksida (Cuo) sebagai Material Termoelektrik*. Padang : UNP.
- Fiolida, I. A. S. 2016.*Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Cuo-Zeolit Alam Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B Dengan Sinar Ultraviolet*. Skripsi.Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Gandaningrum, D. (2016). *Sintesis Arang Aktif Kulit Kacang Tanah (Arachis Hypogaea L.) Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Kadar Anion Sulfida Dengan* <http://lib.unnes.ac.id/26955/>
- Getachew, T., Hussen, A., & Rao, V. M. (2015). *Defluoridation of water by activated carbon prepared from banana (Musa paradisiaca) peel and coffee*