

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
KARBON AKTIF CANGKANG JENGKOL (*Pithecellobium
jiringa* (Jack) Prain) – TEMBAGA (II) OKSIDA (CuO)
SEBAGAI MATERIAL TERMOELEKTRIK**

SKRIPSI

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



Oleh :
AGUSTINA
NIM. 15036043 / 2015

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

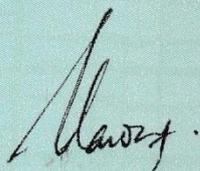
PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KARBON AKTIF
CANGKANG JENGKOL (*Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain) – TEMBAGA (II)
OKSIDA (CuO) SEBAGAI MATERIAL TERMOELEKTRIK

Nama : Agustina
NIM : 15036043
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

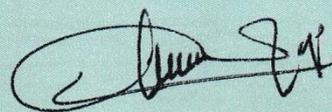
Padang, Juli 2019

Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia

Disetujui oleh :
Pembimbing



Dr. Mawardi, M.Si.
NIP. 19611123 198903 1 002



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

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

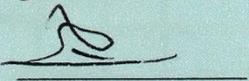
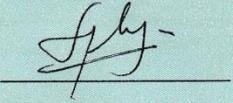
Nama : Agustina
NIM : 15036043
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KARBON AKTIF
CANGKANG JENGKOL (*Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain) – 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
Ketua	: Ananda Putra, M.Si., Ph.D.	
Anggota	: Prof. Ali Amran, M.Pd., M.A., Ph.D.	
Anggota	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si.	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agustina
NIM/TM : 15036043/2015
Tempat/tanggal Lahir : Toboh Tengah /18 Oktober 1996
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Sintoga, Kabupaten Padang Pariaman
No. HP/Telepon : 082387825795
Judul Skripsi : Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Cangkang Jengkol (*Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain) – 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 ketidakbenaran 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, Juli 2019

Yang membuat pernyataan



Agustina

NIM. 15036043

**Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Cangkang Jengkol
(*Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain) - Tembaga (II) Oksida (CuO)
sebagai Material Termoelektrik**

Agustina

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pusat-pusat industri. Perlu dicari sumber energi lain yang terbarukan sebagai salah satu upaya untuk penghematan energi listrik, salah satunya dengan memanfaatkan material termoelektrik. Material termoelektrik merupakan suatu material yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik melalui efek *Seebeck*.

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

Hasil penelitian 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 2,058 M Ω ·cm- dan daya hantar panas yang rendah 16,40 J/s serta tegangan listrik (efek *Seebeck*) yang tinggi 11,72 x 10⁻³ mV/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 27,1301 nm dan 0,2320 nm. Hasil karakterisasi UV-DRS menunjukkan bahwa *band gap* dari material komposit yaitu 1,35 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 Composite Activated Carbon of Jengkol Shell (*Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain) - Copper (II) Oxide (CuO) as Thermoelectric Material

Agustina

ABSTRAK

The need for electrical energy increases with increasing population and industrial centers. It is necessary to find other renewable energy sources as an effort to save electricity, one of them is by utilizing thermoelectric materials. Thermoelectric material is a material that can convert heat energy into electrical energy through the *Seebeck* effect.

The purpose of this study was the preparation and characterization of thermoelectric materials. In this study, thermoelectric material was made from composite of activated carbon of jengkol shell-CuO. Composite of Activated Carbon - CuO was made by mixing various comparisons of mass composition (grams). Composite material is tested for electrical conductivity, electricity voltage generated (*Seebeck* effect) and heat conductivity. To see the shape and size of crystals from composite materials were characterized using *X-Ray Diffraction* (XRD) and to find out the *band gap* of composite materials characterized using *Ultra Violet - Diffuse Reflectance* (UV-DRS).

The results showed that 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 2,058 MΩ-.cm- and low heat conductivity of 16.40 J/s and electrical voltage (*Seebeck* effect) which is high 11.72×10^{-3} mV / K. The results of characterization using XRD showed that the addition of Activated Carbon to CuO did not damage the crystalline shape of CuO, crystal size (D) and crystal lattice (d) of composite materials which were 27,1301 nm and 0,2320 nm. The results of UV-DRS characterization show that the *band gap* of the composite material was 1,35 eV. Based on the results of testing and characterization it can be concluded that the composite material of activated carbon-CuO can be used as a thermoelectric material.

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Cangkang Jengkol (*Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain) – Tembaga (II) Oksida (CuO) sebagai Material Termoelektrik**. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka memperoleh gelar sarjana S-1 pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Orang tua tercinta yaitu Ayahanda Suar dan Ibunda Ernita yang telah memberikan motivasi, do'a, pengobanan, semangat dan dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ananda Putra, M.Si., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing sekaligus Penasihat Akademik.
3. Bapak Prof. Ali Amran, M.Pd., M.A., Ph.D. dan Ibuk Dra. Sri Benti Etika, M.Si. sebagai Dosen Penguji.
4. 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.
5. Seluruh Staf Pengajar dan tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Laboratorium Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.

7. Teman-teman jurusan kimia 2015 khususnya teman-teman terdekat yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pembuatan skripsi ini.
8. Rumah cinta Yayasan Amal Saleh (YAS) yang selalu memberikan kenyamanan dan pasti akan selalu penulis rindui.
9. Akhwat – akhwat tangguh Surau Mahasiswa 2 dan 3 yang selalu menemani hari-hari dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Amin Ya Rabbal ‘Alamin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum lengkap dan sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran dari para pembaca semoga skripsi ini bermanfaat.

Padang, Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	7
A. Material Termoelektrik.....	7
1. Pengertian dan Sejarah Perkembangan Material Termoelektrik.....	7
2. Prinsip dan Fenomena Material Termoelektrik.....	8
3. Jenis-jenis Material Termoelektrik.....	13
4. Aplikasi Material Termoelektrik	14
B. Karbon Aktif	15
C. Cangkang Jengkol	20
D. Tembaga (II) Oksida (CuO)	21
E. Komposit	23

F.	Karakterisasi Komposit Karbon Aktif dari Cangkang Jengkol dengan Tembaga (II) Oksida	24
1.	Analisa <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	24
2.	Analisa <i>Ultra Violet - Diffuse Reflectance</i> (UV-DRS).....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		27
A.	Waktu dan Tempat Penelitian	27
B.	Objek Penelitian	27
C.	Variabel Penelitian	27
D.	Alat dan Bahan	28
1.	Alat	28
2.	Bahan.....	28
E.	Prosedur Penelitian.....	28
1.	Preparasi dan Karbonisasi Cangkang Jengkol.....	29
2.	Pengujian Karakteristik Karbon Cangkang Jengkol.....	29
3.	Aktivasi Karbon Cangkang Jengkol.....	30
4.	Pengujian Karakteristik Karbon Aktif.....	31
5.	Preparasi Komposit Karbon Aktif – CuO	31
6.	Percetakan Material	31
7.	Pengujian Komposit Karbon Aktif-CuO.....	32
8.	Karakterisasi Komposit Karbon Aktif-CuO.....	33
F.	Desain Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
A.	Preparasi Karbon Aktif Cangkang Jengkol	36
B.	Karbonisasi, Aktivasi dan Karakteristik Karbon Aktif	36
C.	Preparasi dan Percetakan Material Komposit Karbon Aktif – CuO	42
D.	Pengujian Konduktivitas Listrik.....	43

E. Pengujian Tegangan Listrik yang Dihasilkan (Efek <i>Seebeck</i>)	45
F. Pengujian Daya Hantar Panas	46
G. Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	47
H. Karakterisasi dengan <i>Ultra Violet - Diffuse Reflectance</i> (UV-DRS)	49
BAB V PENUTUP.....	51
A. Kesimpulan.....	51
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Percobaan Seebeck tentang fenomena termoelektrik.....	7
2. Susunan konduktor pada termoelektrik	9
3. Efek pada termoelektrik	11
4. Susunan logam yang menjelaskan tentang termoelektrik dan efek Seebeck.....	11
5. Struktur mikrokristalin karbon aktif	16
6. Karbon aktif	18
7. Jengkol	21
8. Serbuk Tembaga (II) Oksida (CuO)	22
9. Struktur kristal CuO	22
10. Grafik karakteristik karbon cangkang jengkol variasi suhu karbonisasi	37
11. Karbon aktif variasi reagen pengaktivasi	39
12. Grafik karakteristik karbon aktif cangkang jengkol variasi reagen pengaktivasi.....	39
13. Grafik karakteristik karbon aktif cangkang jengkol variasi konsentrasi reagen pengaktivasi.....	41
14. Material hasil komposit Karbon Aktif – CuO	42
15. Material komposit hasil cetakan.....	43
16. Grafik Konduktivitas Listrik ($M\Omega$ -cm-).....	44
17. Grafik pengujian koefisien efek Seebeck (mV/K)	45
18. Grafik Daya Hantar Panas (J/s)	46
19. Spektrum XRD : (a) Karbon Aktif (KA) (b) CuO murni (c) Komposit Karbon Aktif- CuO (KC5).....	49
20. Grafik nilai band gap komposit Karbon Aktif-CuO	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar Karbon Aktif (SNI) 06-3730-1995	18
2. Sifat-sifat khas CuO	23
3. Komposisi perbandingan massa (gram) material Komposit	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Preparasi dan Karbonisasi Cangkang Jengkol menjadi Karbon.....	57
2. Aktivasi Karbon Cangkang Jengkol menjadi Karbon Aktif	57
3. Preparasi Komposit Karbon Aktif-Cuo dan Percetakan Material	58
4. Pengujian Konduktivitas Listrik.....	59
5. Pengujian Daya Hantar Panas (J/s).....	59
6. Pengujian Tegangan Listrik yang Dihasilkan (Efek <i>Seebeck</i>)	60
7. Analisa <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	60
8. Analisa <i>UV-Diffuse Reflektansi</i> UV-DRS	60
9. Perhitungan Karakteristik Karbon Cangkang Jengkol Variasi Suhu Karbonisasi	61
10. Perhitungan Karakteristik Karbon Aktif Cangkang Jengkol Variasi Reagen Pengaktivasi	64
11. Perhitungan Karakteristik Karbon Aktif Cangkang Jengkol Variasi Konsentrasi Reagen Pengaktivasi	68
12. Tabel Hasil Karakteristik Karbon Cangkang Jengkol Variasi Suhu Karbonisasi	72
13. Tabel Hasil Karakteristik Karbon Aktif Cangkang Jengkol Variasi Reagen Pengaktivasi	72
14. Tabel Hasil Karakteristik Karbon Aktif Cangkang Jengkol Variasi Konsentrasi Reagen Pengaktivasi	72
15. Tabel Nilai Konduktivitas Listrik.....	73
16. Tabel Nilai Tegangan Listrik yang dihasilkan (efek <i>Seebeck</i>).....	73
17. Tabel Nilai Daya Hantar Panas	73
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 (KC5).....	82
21. Dokumentasi Hasil Penelitian	85

DAFTAR SINGKATAN

XRD	= <i>X-Ray Diffraction</i>
UV-DRS	= <i>Ultra Violet – Diffuse Reflectance</i>
KA-CuO	= Komposit Karbon Aktif – Tembaga (II) Oksida
K	= Karbon Cangkang Jengkol
K.A.L	= Karbon Aktif Laboratorium
KA	= Karbon Aktif Cangkang Jengkol
KC1	= Komposit 7 gram KA : 3 gram CuO
KC2	= Komposit 6 gram KA : 4 gram CuO
KC3	= Komposit 5 gram KA : 5 gram CuO
KC4	= Komposit 4 gram KA : 6 gram CuO
KC5	= Komposit 3 gram KA : 7 gram CuO
CuO	= Tembaga (II) Oksida
S	= Koefisien efek <i>Seebeck</i>
K	= Konduktivitas Termal

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang jumlah penduduknya terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Peningkatan tersebut berdampak terhadap beberapa aspek kehidupan, salah satunya penggunaan energi listrik sebagai penunjang kehidupan manusia (Labanni *et al*, 2015). Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang penting dalam kehidupan manusia, karena energi listrik dibutuhkan oleh hampir seluruh aktivitas manusia. Kebutuhan akan energi listrik semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pusat-pusat industri.

Permasalahan yang ada pada masa sekarang ini adalah ketidakseimbangan antara kebutuhan pemakaian energi listrik dengan usaha penyediaan tenaga listrik, sedangkan bahan bakar untuk memproduksi energi listrik berasal dari sumber energi fosil seperti batu bara dan bahan bakar minyak lain, dimana sewaktu-waktu bisa habis jika digunakan secara terus menerus (Ryuanargo *et al*, 2013). Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi lain yang terbarukan dan pengembangan energi listrik alternatif sebagai salah satu upaya untuk penghematan energi listrik, salah satunya dengan memanfaatkan material termoelektrik.

Material termoelektrik adalah suatu material yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik tanpa menghasilkan gas beracun maupun polutan lain. Dalam kehidupan di muka bumi ini energi panas terutama dihasilkan dari cahaya matahari, panas bumi, panas pembakaran dan lain-lain. Namun energi panas tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal dan terbuang begitu saja.

Selain itu sumber energi panas yang tidak dimanfaatkan juga banyak dihasilkan dari limbah industri (pabrik), maupun dari kegiatan antropogenik manusia seperti kendaraan bermotor (*automotive*), dan pemakaian AC (*Air Conditioning*).

Dengan demikian, dengan menggunakan material termoelektrik ini, energi panas yang jumlahnya berlebih atau tidak berguna dapat dikonversi menjadi energi listrik yang berguna bagi kehidupan manusia. Dalam skala aplikasi yang lebih besar, diharapkan dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk menggantikan energi yang bersifat tak terbarukan dan sejajar dengan sumber-sumber energi alternatif lain seperti tenaga air, geotermal, energi nuklir, energi surya, energi angin, dan energi berbahan bakar biogas (Sutjahja, 2011).

Material termoelektrik dapat digunakan untuk mengkonversi energi panas menjadi energi listrik 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 berbeda. Idealnya, material termoelektrik memiliki efek *Seebeck* dan konduktivitas listrik yang tinggi sedangkan konduktivitas panasnya rendah. Namun pada kenyataannya sangat sulit untuk mendapatkan material seperti ini karena pada umumnya jika konduktivitas listrik suatu material tinggi, konduktivitas panasnya juga tinggi (Chunhua *et al*, 2016). Oleh karena itu dicarilah material yang memiliki konduktivitas panas rendah. Salah satu material yang dapat digunakan adalah karbon aktif.

Karbon aktif merupakan suatu material berpori dengan kandungan 85 – 95% karbon yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Gultom, 2014). Karbon aktif dapat dibuat dari

hampir semua bahan yang mengandung karbon salah satunya dari limbah organik seperti cangkang jengkol karena setiap limbah organik mengandung unsur karbon (C). Cangkang jengkol selama ini tergolong limbah organik yang berserakan di pasar tradisional dan tidak memberikan nilai ekonomis. Oleh sebab itu pengolahan cangkang jengkol sebagai karbon aktif adalah salah satu cara untuk menambah nilai ekonomis limbah tersebut sehingga tidak terbuang begitu saja (Barmawi *et al*, 2011).

Karbon aktif memiliki konduktivitas panas yang baik sebagai material termoelektrik karena memiliki daya hantar panas yang rendah, namun memiliki konduktivitas listrik yang kecil yaitu 0,001 S/m (Shapley, 2012) sehingga perlu dicari alternatif lain untuk mendapatkan material yang memiliki konduktivitas panas yang rendah dan konduktivitas listriknya tinggi. Hal ini dapat diperoleh dengan mengkompositkan karbon aktif dengan material yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi seperti CuO. CuO merupakan salah satu senyawa tembaga oksida dan merupakan bahan semikonduktor tipe-p dengan band gap 1,2 eV (Johan, 2011).

Penelitian mengenai material termoelektrik dengan menggunakan komposit telah dilakukan sebelumnya oleh Chunhua *et al* (2016) yaitu komposit Bi_2Te_3 /Graphite/Polythiophene. Pada penelitian ini bahan yang digunakan memiliki harga yang mahal serta susah diperoleh. Oleh karena itu dicari material lain yang harganya murah serta mudah diperoleh seperti komposit karbon aktif dengan CuO. Penelitian dengan menggunakan komposit karbon aktif dengan CuO telah dilakukan sebelumnya oleh Darmanto (2017) yaitu dengan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa, dan Pratama (2018) dengan menggunakan

karbon aktif dari cangkang kelapa sawit. Pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa dan cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai material termoelektrik. Pada penelitian ini penulis menggunakan karbon aktif dari cangkang jengkol dan dikompositkan dengan CuO. 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 Cangkang Jengkol-CuO sebagai material termoelektrik. Diharapkan dengan penggunaan material Komposit Karbon Aktif-CuO sebagai material termoelektrik ini dapat menjadi bagian dari material termoelektrik dengan kualitas yang baik, ramah lingkungan dan ekonomis.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Kebutuhan akan energi listrik meningkat.
2. Diperlukannya sumber energi listrik alternatif terbaru.
3. Masih banyak energi panas yang belum dimanfaatkan secara maksimal menjadi energi listrik.
4. Pengembangan energi listrik alternatif dari energi panas (material termoelektrik) masih didominasi oleh penggunaan semikonduktor yang harganya sangat mahal serta susah diperoleh seperti Si, Ge, dan lain-lain.
5. Penggunaan Komposit Karbon Aktif-CuO sebagai pengganti bahan semikonduktor Si, Ge dan lain-lain masih dalam tahap penelitian belum pada 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 cangkang jengkol.
2. Reagen pengaktivasi yang digunakan dalam proses aktivasi karbon aktif adalah larutan HCl, KOH, dan $ZnCl_2$.
3. Karbon aktif dari cangkang jengkol 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 UV-DRS.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti merumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Bagaimana melakukan preparasi Karbon Aktif dari cangkang Jengkol?
2. Bagaimana melakukan preparasi Komposit Karbon Aktif dari cangkang Jengkol dengan CuO sebagai material termoelektrik?
3. Bagaimana hasil pengujian dan pengkarakterisasian Komposit Karbon Aktif-CuO?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian ini adalah :

1. Menentukan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan dengan menggunakan reagen pengaktivasi yaitu larutan HCl, KOH, dan ZnCl₂.
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 UV-DRS dari material termoelektrik yang dihasilkan.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

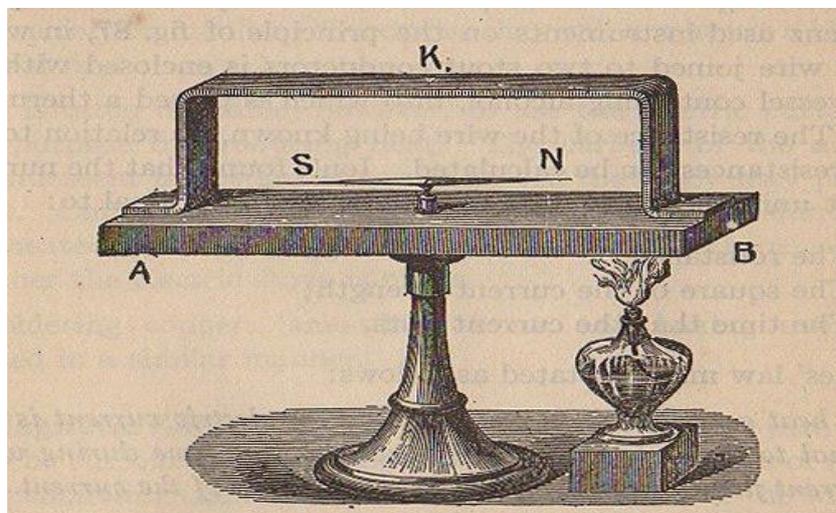
1. Memberikan informasi dan pengetahuan tentang material termoelektrik dari Komposit Karbon Aktif-CuO.
2. Dapat menambah wawasan tentang energi listrik alternatif dari material termoelektrik.
3. Dapat dijadikan sebagai sumber ide dan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II KERANGKA TEORITIS

A. Material Termoelektrik

1. Pengertian dan Sejarah Perkembangan Material Termoelektrik

Material termoelektrik merupakan suatu material dari golongan semikonduktor yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik dengan 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, Thomas Johann Seebeck. Ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Diantara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas. Ketika salah satu sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Hal ini terjadi karena ada aliran listrik yang muncul pada logam tersebut dan aliran listrik tersebut 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*, 2016).



Gambar 1. Percobaan Seebeck tentang fenomena termoelektrik (Lee, 2009)

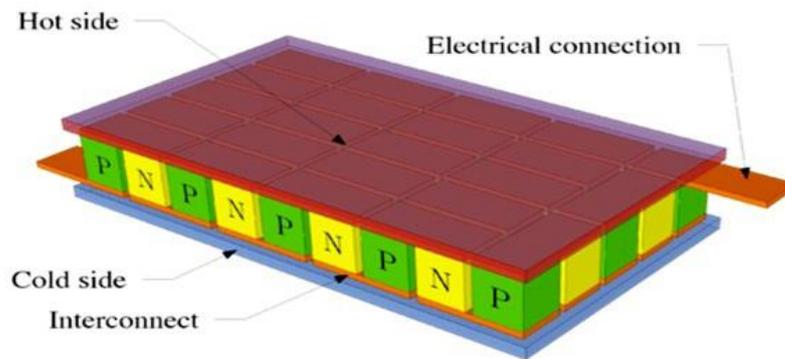
Pada tahun 1913 W.W. Coblentz telah melakukan penelitian tentang termoelektrik dengan menggunakan tembaga dengan konstantan (campuran nikel dan tembaga). Dengan efisiensi konversi sebesar 0,008% dan berhasil membangkitkan energi listrik sebesar 0,6 mW. A.F. Ioffe melanjutkan lagi dengan bahan-bahan semikonduktor dari golongan II-V, IV-VI, V-VI yang saat itu mulai berkembang. Hasilnya cukup mengejutkan, dimana efisiensinya meningkat menjadi 4%. Ioffe melakukan satu lompatan besar dimana ia berhasil menyempurnakan teori yang berhubungan dengan material termoelektrik. Hasil penelitian Ioffe itu dibukukan tahun 1956 yang kemudian menjadi rujukan para peneliti hingga saat ini (Lusiana *et al*, 2010).

2. Prinsip dan Fenomena Material Termoelektrik

Termoelektrik merupakan suatu alat yang berbentuk modul, yang dapat secara langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik. Termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor yang tersusun dengan komposisi tipe-*n* dan tipe-*p* yang membentuk termokopel yang memiliki bentuk seperti *sandwich* antar dua *wafers* keramik tipis. Modul ini dapat digunakan untuk menghasilkan panas dan dingin di masing-masing sisinya jika arus listrik digunakan, biasanya diaplikasikan sebagai sistem pendingin atau untuk menghasilkan listrik ketika panas dan dingin digunakan sebagai perbedaan temperaturnya (Riffat *et al*, 2003). seperti ditunjukkan Gambar 2.

Termoelektrik merupakan konversi langsung dari energi panas menjadi energi listrik. Termoelektrik didasarkan pada efek *Seebeck*. Prinsip kerja dari efek Seebeck adalah jika dua buah material atau lempeng logam yang tersambung berada pada lingkungan dengan suhu yang berbeda maka di dalam material atau

lempeng logam tersebut akan mengalir arus listrik. Teknologi termoelektrik relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama dan bisa digunakan dalam skala besar (Ryanuargo *et al*, 2013)



Gambar 2. Susunan konduktor pada termoelektrik (Puspita *et al*, 2017)

Pada material logam dan semikonduktor terdapat partikel pembawa muatan yakni elektron dan *hole*. Pada semikonduktor tipe-*n* yang kaya akan elektron ketika dipanaskan maka 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 sehingga seolah-olah *hole* berpindah menuju temperatur yang lebih rendah tersebut. Dengan terakumulasinya elektron dan *hole* pada temperatur yang lebih rendah tersebut, maka akan ada perbedaan potensial listrik sehingga arus listrik dapat mengalir.

Pada material termoelektrik, panas masuk pada salah satu sisi dan dibuang dari sisi lainnya, sehingga terjadi aliran arus, ketika terjadi aliran arus terciptalah beda potensial yang memunculkan nilai tegangan listrik dan besarnya tegangan listrik yang dihasilkan sebanding dengan gradien suhu. Dapat disimpulkan apabila batang logam dipanaskan dan didinginkan pada dua buah kutub logam, elektron pada sisi panas akan bergerak aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih

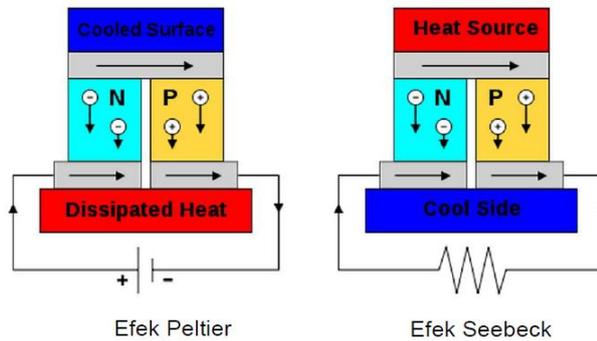
tinggi dibandingkan dengan sisi dingin logam. Dengan kecepatan yang lebih tinggi, maka elektron dari sisi panas akan mengalami difusi ke sisi dingin dan menyebabkan timbulnya medan listrik pada logam atau material tersebut (Ryanuargo *et al*, 2013).

Penemuan Seebeck 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 yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik ketika arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1834 tersebut kemudian dikenal dengan efek Peltier. Efek Seebeck dan efek Peltier inilah yang kemudian mejadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik (Mahmud, 2016).

Elemen termoelektrik yang terdiri dari semikonduktor tipe-*p* dan tipe-*n* yang dihubungkan dalam sebuah rangkaian tertutup yang terdapat pada beban. Maka perbedaan suhu yang ada pada tiap *junction* pada tiap semikonduktor tersebut akan menyebabkan perpindahan elektron dari sisi panas menuju sisi dingin. Proses ini diilustrasikan pada Gambar 3. Dengan adanya perbedaan suhu pada kedua titik *junction* maka akan ada beda potensial diantara kedua titik tersebut.

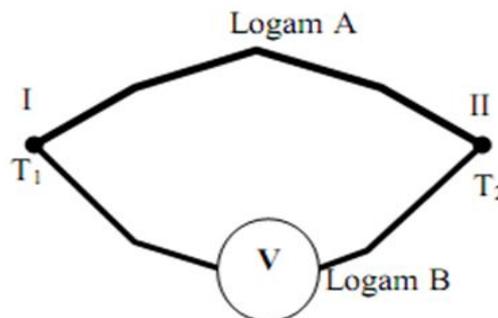
Material termoelektrik yang digunakan untuk mengkonversi energi panas menjadi energi listrik secara langsung disebut generator termoelektrik dan sebaliknya, material termoelektrik yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas disebut pendingin termoelektrik. Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan dalam rangkaian yang

menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian tersebut akan dihasilkan sejumlah arus listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai.



Gambar 3. Efek pada termoelektrik (Zheng, 2008)

Ada tiga efek utama yang terlibat dalam termoelektrik yaitu efek *Seebeck*, efek *Peltier* dan efek *Thomson* (Riffat, 2003). Efek Seebeck merupakan fenomena dimana adanya tegangan listrik yang muncul akibat perbedaan temperatur pada suatu sambungan dari dua buah material berbeda. Penemuan Thomas Johann Seebeck tentang efek Seebeck ini dapat digambarkan seperti gambar 4.



Gambar 4. Susunan logam yang menjelaskan tentang termoelektrik dan efek *Seebeck* (karim et al, 2003)

Dari percobaan Seebeck dapat diambil kesimpulan bahwa adanya perbedaan suhu antara kedua sambungan logam tersebut akan menyebabkan munculnya gaya gerak listrik antara ujung-ujung sambungan. Gaya gerak listrik yang muncul ini disebut dengan gaya gerak listrik termo dan sumbernya disebut dengan elemen termo (termokopel) seperti Gambar 4. Termokopel merupakan salah satu jenis

termometer yang banyak digunakan dalam laboratorium teknik. Dimana termokopel berupa sambungan (junction) dua jenis logam atau logam campuran, yang salah satu sambungan logam tadi diberi perlakuan suhu yang berbeda dengan sambungan lainnya. Misal pada sambungan I diberikan suhu T_1 (dibuat tetap) dan sambungan II diberi suhu T_2 ($T_2 > T_1$), akibat adanya perbedaan suhu antara kedua sambungan tersebut maka pada voltmeter akan mengalir arus listrik dan terbaca (Karim *et al*, 2003).

Arus listrik yang muncul dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

Namun jika perbedaan tegangan dan temperatur tinggi dapat digunakan persamaan :

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

Dimana :

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

Efek *Peltier* merupakan kebalikan dari efek Seebeck, yakni terjadinya perbedaan temperatur pada suatu material karena adanya tegangan listrik. Efek *Thomson* berkaitan dengan arus termal reversibel dan media listrik dalam konduktor homogen. Efek Seebeck diterapkan dalam modul termoelektrik pada generator termoelektrik sedangkan efek *Peltier* pada pendingin termoelektrik (Zheng, 2008). Standar perkembangan dari material termoelektrik adalah nilai *figure of merit* (ZT). Nilai *figure of merit* tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

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

Dimana :

- σ adalah konduktivitas listrik
- α adalah koefisien *Seebeck*
- T adalah temperatur operasi rata-rata
- k adalah konduktivitas termal (Jarman *et al*, 2013).

Nilai ZT yang semakin tinggi menandakan sifat termoelektrik yang semakin baik. Namun untuk aplikasinya tidak hanya memandang nilai ZT tapi juga dari kestabilan bahan, dampak terhadap lingkungan, konstruksi optimum, teknik coating, teknik modulasi dan lain-lain (Sano *et al*, 2003).

3. Jenis-jenis Material Termoelektrik

Material termoelektrik ada tiga jenis yaitu material jenis logam, semikonduktor, dan oksida logam.

a. Material Logam

Material termoelektrik yang pertama kali diteliti adalah dari logam. Sambungan dua jenis logam, yang salah satu sambungan diberi perlakuan suhu yang berbeda dengan sambungan lainnya, maka akan dihasilkan arus dan tegangan listrik.

Sambungan logam pada termoelektrik terdiri dari dua sambungan yaitu :

- 1) Sambungan dingin, merupakan sambungan yang suhunya dijaga konstan.
- 2) Sambungan panas, merupakan sambungan yang dipanaskan sehingga suhunya lebih tinggi (Karim *et al*, 2003).

b. Material Semikonduktor

Semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas listrik yang berada pada isolator dan konduktor. Semikonduktor memiliki harga resistivitas listrik pada

suhu kamar dalam rentang 10^2 - 10^9 Ω /cm. Semikonduktor sangat berguna dalam bidang elektronik, karena konduktivitasnya dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan material lain. Bahan semikonduktor yang banyak dikenal adalah silikon (Si) dan Germanium (Ge). Perkembangan material termoelektrik didominasi oleh material semikonduktor terutama paduan PbSi, PbTe, PbBi, dan TeBi.

c. Material Oksida Logam

Dibandingkan dengan bahan termoelektrik lain, bahan oksida logam memiliki sifat kimiawi yang lebih stabil pada temperatur tinggi dan tidak beracun. Pada umumnya oksida logam transisi memiliki sifat semikonduktor. Loncatan besar pada investigasi material oksida logam untuk termoelektrik dimulai dengan penemuan sistem oksida kobalt berlapis Na_xCoO_2 dengan nilai efek *Seebeck* (S) mencapai 100 $\mu\text{V/K}$ pada temperatur ruang. Selain bersifat termoelektrik, bentuk hidrat dari material ini juga bersifat superkonduktif pada suhu rendah. Penemuan ini kemudian berlanjut pada sistem serupa seperti $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$, $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$, dan $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_y$ (Sutjahja, 2011).

4. Aplikasi Material Termoelektrik

Material yang banyak digunakan saat ini adalah Bi_2Te_3 , PbTe, dan SiGe. Saat ini Bi_2Te_3 memiliki *figure of merit* tertinggi. Namun karena terurai dan teroksidasi pada suhu di atas 500°C , pemakaiannya masih terbatas. Pada awalnya material termoelektrik diplikasikan pada termokopel. Termokopel menggunakan dua buah logam yang berbeda yang digunakan untuk mengukur temperatur. Contoh lain yang menarik adalah yang dilakukan oleh Seiko Co Ltd. Seiko memasarkan jam termoelektrik sejak tahun 1998 dengan nama Seiko Thermic. Jam tangan ini memanfaatkan perbedaan suhu tubuh dan suhu

sekitarnya. Bahan yang digunakan, bismut-tellurium, mampu menghasilkan listrik sebesar $0,2 \text{ mV/}^\circ\text{C}$. Jika 1.000 buah material tersebut dipasang seri, tentu akan menghasilkan tegangan listrik $0,2 \text{ V}$ dalam setiap perbedaan 1°C . Untuk itu, Seiko membuat unit pembangkit listrik, terdiri atas 10 buah modul termoelektrik yang masing-masing berisi 100 kawat mikro. Dari setiap unit inilah dihasilkan energi listrik sebesar $0,15 \text{ V}$ untuk mengisi baterai litium pada jam tersebut.

Aplikasi dalam pendingin termoelektrik lebih luas lagi. Pendingin minuman hotel- hotel di Jepang sudah banyak yang menggunakan teknologi ini. Pendingin termoelektrik dapat diletakkan dengan leluasa di bawah tempat tidur karena tidak menimbulkan suara dan getaran. Mitsubishi saat ini juga sudah memproduksi kulkas termoelektrik yang mampu menghemat energi 20 % dibandingkan dengan kulkas biasa. Dalam dunia komputer, termoelektrik dipergunakan untuk mendinginkan CPU komputer.

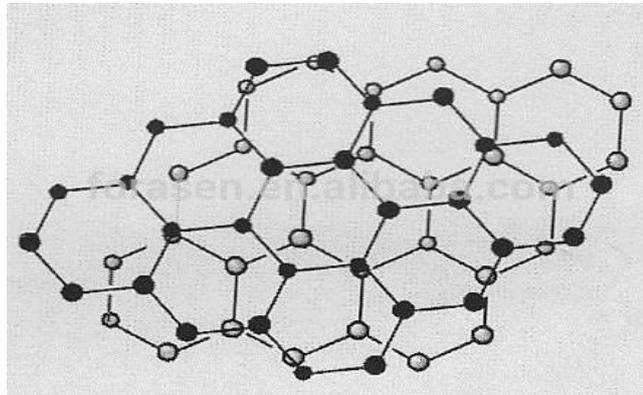
Toshiba mengembangkan sebuah alat yang dapat mendinginkan sumber panas itu sendiri. Panas yang dihasilkan dari sumber panas dalam komputer digunakan untuk memutar kipas yang diarahkan ke sumber panas. Perangkat ini mampu menurunkan panas sekitar 32°C (Lusiana *et al*, 2010).

B. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari bahan- bahan yang mengandung karbon atau arang (Prabarini, 2013). Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95 % karbon, dihasilkan dari bahan- bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi tetapi tidak teroksidasi (Kundari, 2008). Komarayati (2007) mendefenisikan bahwa karbon aktif adalah residu berwarna hitam dari hasil pembakaran pada keadaan tanpa

oksigen yang mengandung karbon yang berbentuk padat dan berpori. Sebagian pori-pori telah tertutup dengan hidrokarbon dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen dan sulfur.

Karbon aktif memiliki struktur *amorphous* atau mikrokristalin. Sebagian besar karbon aktif terdiri dari karbon bebas dan memiliki “permukaan dalam” (*internal surface*) yang biasanya diperoleh dengan perlakuan khusus serta memiliki luas permukaan berkisar antara 300-2000 m²/g (Ramdja, 2008). Struktur dasar dari karbon aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin).



Gambar 5. Struktur mikrokristalin karbon aktif (Sudibanriyo, 2003)

Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap yaitu :

1. Dehidrasi

Dehidrasi ialah proses penghilangan kandungan air di dalam bahan baku dengan cara pemanasan dalam oven dengan temperatur 170°C. Pada suhu sekitar 275°C terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, metanol, fenol, dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon pada suhu 400-600°C.

2. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses pembakaran tidak sempurna dari bahan organik dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas sehingga menghasilkan

karbon. Proses pembakaran ini menyebabkan penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin, serta membentuk uap air, metanol, uap-uap asam asetat dan hidrokarbon. Dengan adanya proses karbonisasi, maka zat-zat terbang yang terkandung dalam briket diturunkan serendah mungkin, sehingga produk akhirnya tidak berabu dan berasap (Lubis, 2011). Suhu karbonisasi dapat memberikan pengaruh pada kadar air dari bahan. Semakin tinggi suhu karbonisasi, maka kadar air karbon yang dihasilkan akan semakin rendah (Wahyusi *et al*, 2012).

3. Aktivasi

Proses aktivasi merupakan proses yang penting dalam pembuatan karbon aktif (Rahayu dan Adhityawarman, 2014). Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

Aktivasi dapat dilakukan dengan dua metode yaitu aktivasi secara fisika dan aktivasi secara kimia. Aktivasi secara fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂ (Sembiring, 2003). Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbondioksida, oksigen dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada karbon sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada karbon.

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia (Sembiring, 2003). Aktivasi secara

kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida (CaCl_2), magnesium klorida (MgCl_2), seng klorida (ZnCl_2), natrium karbonat (Na_2CO_3), dan natrium klorida (NaCl). Selain garam mineral biasanya digunakan ialah berbagai asam dan basa organik seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), asam hipoklorit (H_3PO_4), kalium hidroksida (KOH), dan natrium hidroksida (NaOH).



Gambar 6. Karbon aktif (dokumentasi pribadi)

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

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

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar zat menguap	Max. 25%
Kadar air	Max. 15%
Kadar abu	Max. 10%
Kadar karbon terikat	Min. 65%
Daya serap terhadap yodium	Min. 750 mg/g
Daya serap terhadap benzena	Min. 25%

Penggunaan karbon aktif tidak hanya terbatas sebagai bahan bakar, tetapi juga banyak digunakan dalam berbagai bidang, diantaranya :

1. Industri

Produk karbon aktif lebih dari 70% digunakan di sektor industri (Harris, 1999). 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 (Austin, 1984).

2. Kesehatan

Pada bidang kesehatan, arang aktif digunakan dalam penanganan keracunan eksternal dan terapi diare sekretorik. Terapi diare sekretorik dapat dilakukan dengan penggunaan adsorben (misalnya arang aktif), zat pengembang (misalnya pektin) atau astrigen (preparat yang mengandung tanin) (Muthschler, 1986).

3. Lingkungan

Kadirvelu *et al*, (2001) telah membuktikan kemampuan arang aktif sebagai adsorben terhadap logam Hg, Pb, Cd, Ni, Cu dalam limbah cair industri radiator, pelapisan nikel dan pelapisan tembaga. Kemampuan arang aktif sebagai penghilang logam tersebut dipengaruhi oleh pH dan konsentrasi karbon. Penggunaan arang aktif sangat penting dalam proses penjernihan air dan udara. Dalam proses penjernihan air, arang aktif selain mengadsorpsi logam-logam seperti besi, tembaga, nikel, juga dapat menghilangkan bau, warna dan rasa yang terdapat dalam larutan atau buangan air.

C. Cangkang Jengkol

Jengkol berasal dari suku Mimososa (Mimosaceae), berbentuk kacang bulat, pipih dan tumbuh dalam buah ungu gelap besar. Jengkol disebut juga dengan dogfruit (Inggris), jering (Malaysia), krakos (Kamboja), yiniking, niang-yai (Thailand). Jengkol memiliki bentuk yang luas dan warna kemerahan. Jengkol mengandung berbagai senyawa bioaktif yang menguntungkan misalnya, aktivitas antijamur dan antibakteri (Asikin *et al*, 2018). Tumbuhan ini memiliki nama latin *Pithecellobium jiringa* dengan nama sinonimnya yaitu *A.Jiringa*, *Pithecellobium lobatum Benth.*, dan *Archidendron pauciflorum*.

Tumbuhan Jengkol merupakan tumbuhan khas di wilayah Asia Tenggara dengan ukuran pohon yang tinggi yaitu ± 20 m, tegak bulat berkayu, licin, percabangan simpodial, cokelat kotor. Bentuk daun majemuk, lonjong, berhadapan panjang 10-20 cm, lebar 5-15 cm, tepi rata, ujung runcing, pangkal membulat, pertulangan menyirip, tangkai panjang 0,5-1 cm, warna hijau tua. Bunga majemuk, berbentuk seperti tandan, terletak di ujung dan ketiak daun, tangkai bulat, panjang ± 3 cm, berwarna ungu kulitnya. Kelopak berbentuk mangkok, benang sari dan putik berwarna kuning, mahkota berbentuk lonjong berwarna putih kekuningan. Buah berbentuk bulat pipih, berkeping dua, dan berwarna putih kekuningan (Hutahuruk, 2010).

Menurut (Nurussakinah, 2010) jengkol diklasifikasikan sebagai berikut :

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dycotiledoneae
Bangsa	: Rosales
Suku	: Mimosaceae
Genus	: <i>Pithecellobium</i>
Spesies	: <i>Pithecellobium jiringa</i> (Jack) Prain



Gambar 7. Jengkol (Google : Image)

Cangkang jengkol selama ini tergolong limbah organik yang berserakan di pasar tradisional dan tidak memberikan nilai ekonomis. Pengolahan cangkang jengkol sebagai karbon aktif adalah salah satu cara untuk menambah nilai ekonomis limbah tersebut. Cangkang jengkol mengandung selulosa 44,73%, hemiselulosa 19,79%, lignin 32,14%, abu 6,57% dan air 7,90% (Ginting *et al*, 2017). Menurut Pandia dan Sitorus (2016), suhu untuk karbonisasi cangkang jengkol adalah 350°C, jika suhu terlalu tinggi maka karbon akan berubah menjadi abu.

D. Tembaga (II) Oksida (CuO)

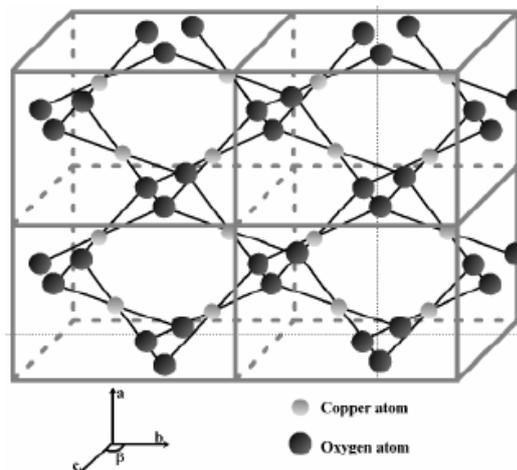
Bahan oksida logam transisi, sebagian merupakan bahan semikonduktor, feroelektrik, ferromagnetik dan sebagainya, yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang teknologi seperti, elektronika, sensor, optik, katalis, dan konversi energi (Wismadi, 2001). CuO merupakan salah satu oksida logam yang berguna dan memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang. Sifat unik CuO adalah bertindak sebagai semikonduktor. Bahan semikonduktor 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 (Aparna *et al*, 2012).

Tembaga oksida adalah semikonduktor yang banyak dipelajari karena beberapa alasan seperti kelimpahan alami dari Cu, kemudahan produksi dengan oksidasi Cu, sifat tidak beracun. CuO merupakan semikonduktor tipe-*p* yang memiliki energi celah pita 1,21-1,51 eV (Johan *et al*, 2011).



Gambar 8. Serbuk Tembaga (II) Oksida (CuO) (Google : Image)

Tembaga (II) Oksida (CuO) adalah senyawa semikonduktor dengan struktur monoklinik (Ghane *et al*, 2010). CuO memiliki struktur kristal monoklinik sederhana dan merupakan katalis penting yang banyak digunakan karena aktivitasnya yang tinggi dan selektif dalam reaksi oksidasi reduksi. Oksida logam CuO merupakan padatan ionik dengan titik leleh diatas 1300°C.



Gambar 9. Struktur kristal CuO (Wang, 2006)

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

Tabel 2. Sifat-sifat khas CuO

Sifat	Nilai
Rumus molekul	CuO
Massa molar (berat molekul)	79.545 g/mol
Warna	Hitam kecoklatan
kerapatan	6,315 g/cm ³
Titik leleh	1326 °C
Titik didih	2000 °C
Energi <i>band gap</i>	1,2 – 1,9 eV
Struktur kristal	monoklin

E. Komposit

Komposit adalah suatu kombinasi dari dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dan lebih baik dari material penyusunnya (Suhdi *et al*, 2016). 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 kedalamnya (Campbell, 2004). Beberapa defenisi dasar dari komposit sebagai berikut :

1. Sub- Mikro (nano) yang artinya molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh : senyawa, paduan (alloy), polimer, dan keramik).
2. Mikrostruktur yang artinya pada kristal, fase, dan senyawa, bila material disusun dari dua fase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh : paduan Fe dan C).

3. Mikrostruktur yang artinya material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit (definisi secara makro ini yang biasa dipakai dalam mendefenisikan komposit) (Ramadhonal, 2010).

Material komposit terdiri dari gabungan material pengisi (filler) dan pengikat (matriks). Adapun defenisi dari keduanya adalah dimana filler adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Matrik memiliki fungsi mengikat serat mejadi satu kesatuan struktur, melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan, mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat, menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik. Kegunaan dari material komposit telah dikenal selama ribuan tahun pada alam sekitar kita. Pada zaman mesir kuno, jerami digunakan pada dinding untuk meningkatkan performa kayu. Kayu merupakan komposit alami yang banyak digunakan selama ini.

F. Karakterisasi Komposit Karbon Aktif dari Cangkang Jengkol dengan Tembaga (II) Oksida

1. Analisa X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan sebuah alat yang digunakan untuk karakterisasi material. XRD juga 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 (Sibilia, 1988). Prinsip dari XRD adalah sinar X yang dihasilkan dari suatu logam tertentu memiliki panjang gelombang tertentu sehingga dengan bervariasinya besar sudut pantulan maka 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*:

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

dengan λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan, d adalah jarak antara dua bidag 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 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 dan Baron, 2008).

2. Analisa Ultra Violet - Diffuse Reflectance (UV-DRS)

Karakterisasi dengan UV-DRS digunakan untuk menentukan nilai celah energi (*band gap*) dari material komposit Karbon Aktif CuO. Prinsip dasar dari UV-DRS 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 dan Baron, 2008).

Energi celah pita pada suatu senyawa dapat dicari menggunakan spektrofotometri *UV-Vis diffuse reflectance* yang didasarkan pada pengukuran intensitas UV-Vis yang direfleksikan oleh sampel. 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 hv (eV) vs $(F(R'_{\infty})/R)hv)^{1/2}$. 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 hv pada saat $(F(R'_{\infty})/R)hv)^{1/2} = 0$, 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–CuO dapat digunakan sebagai material termoelektrik, karena :

1. Karbon aktif yang dibuat dari cangkang jengkol memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995) yaitu karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan HCl 4N.
2. Material komposit dengan perbandingan 3 gram Karbon Aktif : 7 gram CuO (KC5) merupakan material terbaik sebagai material termoelektrik karena memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi 2,058 MΩ-.cm- dan daya hantar panas yang rendah 16,40 J/s serta tegangan listrik (efek *Seebeck*) yang tinggi $11,72 \times 10^{-3}$ mV/K.
3. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa ukuran kristal (D) dan kisi kristal (d) dari material komposit yaitu 27,1301 nm dan 0,2320 nm. Hasil karakterisasi dengan UV-DRS menunjukkan bahwa *band gap* dari material komposit yaitu 1,35 eV.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan :

1. Pada pengujian daya hantar panas sebaiknya menggunakan *hotplate* digital supaya mudah dalam mengontrol suhu.
2. Pada preparasi komposit karbon aktif – CuO sebaiknya menggunakan serangkaian alat refluk.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Asikin, Y., Kusumiyati, Takeshi S, and Koji W. 2018. *Volatile Aroma Components and MS-Based Electronic Nose Profiles of Dogfruit (Pithecellobium jiringa) And Stink Bean (Parkia speciosa)*. Journal of Advance Research 9 : 79-85.
- Austin, G.T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industry. Fifth Edition*. MCGraw-Hill Book Company, New York : 136-138.
- Barmawi, I., Taer, E dan Umar, A.A. 2011. *Efek Penumbuhan Nanopartikel Platinum pada Elektroda Karbon Terhadap Prestasi Superkapasitor*. Jurnal; fisika himpunan, fisika indonesia Vol.11 (1) p.1-5(2011).
- Campbell, F. C. 2004. *Manufacturing Processes For Advanced Composites*, St. Louis, Missouri.
- 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.
- Esterlita Marina Olivia. 2015. *Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, H₃PO₄ dalam Pembuatan Karbon Aktif Pelepah Aren*. Jurnal Teknik Kimia Vol 4 No 1
- 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.
- Ghane, M., et al. 2010. *Synthesis and Characterization of a Bi-Oxide nanoparticle ZnO/CuO by Thermal Decomposition of Oxalate Precursor Method*. International Journal of Nano Dimension. ISSN : 2008-8868.
- Ginting, S.O.Br., Daniel Tarigan dan Noor Hindryawati. 2017. *Impregnasi Natrium Hidroksida Pada Karbon Aktif Cangkang Jengkol sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel*. Kalimantan Timur : Prosiding Seminar Nasional Kimia 2017 Kimia FMIPA UNMUL ISBN 978-602-50942-0-0