

**PENGARUH VARIASI SUHU KARBONISASI KOMPOSIT
KARBON AKTIF AMPAS KELAPA/CuO/GLISEROL/PVA
TERHADAP SIFAT TERMOELEKTRIK**

SKRIPSI

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



Oleh:

ALIYA NABILA

NIM.19034048/2019

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2023

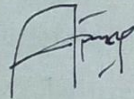
PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH VARIASI SUHU KARBONISASI KOMPOSIT KARBON AKTIF AMPAS KELAPA/CuO/GLISEROL/PVA TERHADAP SIFAT TERMOELEKTRIK

Nama : Aliya Nabila
NIM : 19034048
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 02 November 2023

Mengetahui :
Kepala Departemen Fisika



Prof. Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 19660603 199203 1 001

Disetujui Oleh :
Pembimbing



Dra. Yenni Darvina, M.Si
NIP. 19630911 198903 2 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

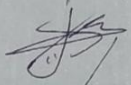

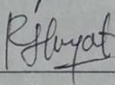
Nama : Aliya Nabila
NIM : 19034048
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH VARIASI SUHU KARBONISASI KOMPOSIT KARBON AKTIF AMPAS KELAPA/CuO/GLISEROL/PVA TERHADAP SIFAT TERMOELEKTRIK

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

Padang, 02 November 2023

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dra. Yenni Darvina, M.Si	 _____
Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si	 _____
Anggota	: Rahmat Hidayat, S.Pd., M.Si	 _____

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aliya Nabila
NIM/TM : 19034048/2019
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: "Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Komposit Karbon Aktif Ampas Kelapa/Cuo/Gliserol/PVA Terhadap Sifat Termoelektrik" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun di masyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Aliya Nabila

NIM. 19034048

Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Komposit Karbon Aktif Ampas Kelapa/Cuo/Gliserol/PVA Terhadap Sifat Termoelektrik

Aliya Nabila

ABSTRAK

Energi listrik dapat dihasilkan dari konversi panas menjadi listrik dengan menggunakan generator termoelektrik. Bagian terpenting dari generator termoelektrik yaitu material termoelektrik. Salah satu material yang dapat digunakan dalam pembuatan material termoelektrik yaitu Tembaga (II) Oksida (CuO). CuO murni memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Pembuatan komposit dapat menurunkan nilai konduktivitas termal CuO. Komposit CuO dapat dibuat dengan menggunakan karbon aktif dari limbah ampas kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi ampas kelapa untuk material komposit karbon aktif ampas kelapa/CuO/Gliserol/PVA terhadap sifat termoelektrik yang dihasilkan.

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen. Karbon aktif ampas kelapa diperoleh melalui tahap dehidrasi, karbonisasi dengan variasi suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C, serta tahap aktivasi. Pencampuran karbon aktif dengan CuO dilakukan dengan metoda refluks. Pengujian kualitas karbon aktif yang dilakukan yaitu pengujian rendemen, kadar air, kadar abu, kadar uap, dan kadar karbon terikat. Pada sifat termoelektrik dilakukan pengujian konduktivitas termal, dan koefisien *Seebeck*.

Karbon aktif ampas kelapa dibuat dari arang yang dikarbonisasi pada suhu 300°C, 350°C, dan 400°C. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil jika suhu karbonisasi semakin meningkat maka karbon aktif yang diperoleh memiliki nilai rendemen, kadar abu dan kadar karbon terikat yang semakin menurun, sedangkan nilai kadar air, kadar uap, dan kadar karbon terikat yang dihasilkan semakin meningkat. Pada material termoelektrik menunjukkan hasil bahwa, jika suhu karbonisasi (300°C, 350°C, 400°C) semakin meningkat maka nilai koefisien *Seebeck* (382, 421.3, 443.6 μ V/K) yang dihasilkan semakin meningkat, dan nilai konduktivitas termal (8.50, 7.90, 6.74 W/mK) yang dihasilkan semakin menurun.

Kata kunci: Suhu Karbonisasi, Ampas Kelapa, CuO, Glisero/PVA, Sifat Termoelektrik.

Effect of Carbonization Temperature Variation of Coconut Pulp Activated Carbon/CuO/Glycerol/PVA Composite on Thermoelectric Properties

Aliya Nabila

ABSTRACT

Electrical energy can be generated from the conversion of heat into electricity using a thermoelectric generator. The most important part of the thermoelectric generator is the thermoelectric material. One of the materials that can be used in making thermoelectric materials is Copper (II) Oxide (CuO). Pure CuO has a high thermal conductivity, so making a composite can reduce the thermal conductivity value. CuO composites can be made using activated carbon from coconut pulp waste, and with glycerol and PVA matrices. This study aims to determine the effect of coconut pulp carbonization temperature for activated carbon/CuO/Glycerol/PVA composite material on the resulting thermoelectric properties.

The research method used is the experimental method. Coconut pulp activated carbon was obtained through dehydration, carbonization with temperature variation 250°C, 300°C, 350°C, 400°C and 450°C and activation. The mixing of activated carbon with CuO is done by reflux method. Testing the quality of activated carbon is done by testing the yield, moisture content, ash content, vapor content, and bound carbon content. The thermoelectric properties were tested for thermal conductivity, and Seebeck coefficient.

Coconut pulp activated carbon is made from charcoal carbonized at a temperature of 300°C, 350°C, and 400°C. From the research that has been done, the results show that if carbonization temperature increases, the activated carbon obtained has a decreasing yield value, ash content and bound carbon content, while the value of water content, vapor content, and bound carbon content produced is increasing. The thermoelectric material shows the results that the increasing carbonization temperature (300°C, 350°C, 400°C) the value of Seebeck coefficient (382, 421.3, 443.6 μ V/K) produced is increasing, and thermal conductivity (8.50, 7.90, 6.74 W/mK) is decreasing.

Keywords: Carbonization Temperature, Coconut pulp, CuO, Glycerol/PVA, Thermoelectric Properties.

KATA PENGANTAR



Puji beserta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH VARIASI SUHU KARBONISASI KOMPOSIT KARBON AKTIF AMPAS KELAPA/CuO/GLISEROL/PVA TERHADAP SIFAT TERMOELEKTRIK”** ini dengan baik tepat pada waktunya. Penyelesaian skripsi ini merupakan upaya penulis dalam menyelesaikan studi S1 Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari semua pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, ide, serta motivasi yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, diucapkan terima kasih kepada:

1. Ibuk Dra. Yenni Darvina, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran, tenaga serta kesabarannya dalam membimbing penulis dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si selaku Penguji I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan, dan pandangan dalam menyempurnakan skripsi ini.
3. Bapak Rahmat Hidayat, S.Pd., M.Si selaku penguji II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan, dan pandangan dalam menyempurnakan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Akmam, M.Si selaku Dosen Penasehat Akademik.
5. Bapak Prof. Dr. Asrizal, M.Si selaku Kepala Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Dr. Harman Amir, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

7. Seluruh staf pengajar Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah membekali penulis dalam perkuliahan.
8. Seluruh staf Administrasi dan Laboran Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
9. Para Analis LLDIKTI Wilayah X Sumatera Barat yang telah mendukung penulis dalam penelitian.
10. Teman-teman seperjuangan penelitian yang telah memberikan bantuan, masukan dan dorongan dalam penulisan skripsi.
11. Serta semua pihak yang tidak disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan sehingga terwujudnya skripsi ini.

Semoga semua bantuan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah SWT.

Dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kata kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca guna perbaikan skripsi ini untuk kedepannya.

Padang, 20 September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	9
C. Batasan Masalah	10
D. Rumusan Masalah	10
E. Tujuan Penelitian	11
F. Manfaat Penelitian	11
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	12
A. Energi	12
B. Termoelektrik.....	14
C. Tembaga (II) Oksida (CuO).....	23
D. Ampas Kelapa	25
E. Karbon aktif	26

F. Material Komposit	29
G. Gliserol.....	32
H. <i>Polyvinyl Alcohol</i> (PVA)	32
I. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
A. Jenis Penelitian.....	38
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	38
C. Variabel Penelitian.....	38
D. Instrumen Penelitian	39
E. Pelaksanaan Penelitian.....	50
F. Diagram Alir Penelitian	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	64
A. Hasil Penelitian	64
B. Analisa Data Hasil Penelitian	74
C. Pembahasan.....	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	95
A. Kesimpulan	95
B. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Efek Seebeck.....	15
Gambar 2. Skema efek Seebeck.....	17
Gambar 3. Skema untuk pengujian koefisien Seebeck.....	18
Gambar 4. Konfigurasi probe empat titik.....	19
Gambar 5. Skema pengujian fpp.....	20
Gambar 6. Sifat termoelektrik logam, semikonduktor, dan isolator.....	22
Gambar 7. Struktur CuO.....	24
Gambar 8. Ampas kelapa.....	25
Gambar 9. Karbon aktif.....	26
Gambar 10. Rumus struktur PVA.....	33
Gambar 11. Difraksi sinar-x oleh kristal.....	35
Gambar 12. Oven.....	39
Gambar 13. Furnace.....	39
Gambar 14. Cawan proselin.....	40
Gambar 15. Lumpang dan alu.....	40
Gambar 16. Gelas kimia.....	40
Gambar 17. Pipet tetes.....	41
Gambar 18. Batang pengaduk.....	41
Gambar 19. Spatula.....	41
Gambar 20. Botol semprot.....	42
Gambar 21. Labu ukur.....	42
Gambar 22. Labu erlenmeyer.....	42

Gambar 23. Kondensor	43
Gambar 24. Statif dan klem	43
Gambar 25. Corong.....	43
Gambar 26. Gelas ukur	43
Gambar 27. Desikator	44
Gambar 28. Ayakan	44
Gambar 29. Cetakan sampel	44
Gambar 30. Alat press.....	45
Gambar 32. Timbangan Digital	45
Gambar 33. <i>Heating Magnetik stirrer</i>	45
Gambar 34. Krus porselin	45
Gambar 35. Aluminium foil.....	46
Gambar 36. pH meter.....	46
Gambar 37. <i>Magnetic bar</i>	46
Gambar 38. Multieter digital.....	47
Gambar 39. Neraca analitik	47
Gambar 40. Termokopel	47
Gambar 41. X-Ray Diffraction (XRD)	48
Gambar 43. Ampas kelapa.....	48
Gambar 44. HCl	48
Gambar 45. Tembaga (II) Oksida	49
Gambar 46. Gliserol.....	49
Gambar 47. PVA.....	49
Gambar 48. Kertas saring	50

Gambar 49. <i>Aquadest</i>	50
Gambar 50. Pengovenan ampas kelapa.....	51
Gambar 51. Karbonisasi ampas kelapa.....	51
Gambar 52. Proses menghaluskan karbon.....	51
Gambar 53. Proses mengayak karbon.....	52
Gambar 54. Larutan HCl 0,5M.....	52
Gambar 55. Aktivasi karbon ampas kelapa.....	52
Gambar 56. Penyaringan karbon aktif.....	53
Gambar 57. Proses menetralkan karbon aktif.....	53
Gambar 58. Karbon aktif.....	53
Gambar 59. Proses menimbang karbon aktif dan CuO.....	54
Gambar 60. Proses refluks.....	54
Gambar 61. Pengovenan sampel.....	54
Gambar 62. Pembuatan larutan PVA.....	54
Gambar 63. Pencampuran material.....	55
Gambar 64. Pencetakan material.....	56
Gambar 65. Material uji.....	56
Gambar 66. Proses pengujian kadar air.....	57
Gambar 67. Pengujian kadar abu.....	57
Gambar 68. Pengujian kadar uap.....	57
Gambar 71. Pengujian koefisien seebeck.....	58
Gambar 72. Skema pengujian konduktivitas termal.....	58
Gambar 73. Pengujian konduktivitas termal.....	59
Gambar 74. Pola difraksi karbon aktif ampas kelapa.....	69

Gambar 75. Hasil XRD komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA dengan suhu karbonisasi 400°C	73
Gambar 76. Hubungan suhu karbonisasi terhadap nilai rendemen karbon ampas kelapa	74
Gambar 77. Hubungan suhu karbonisasi terhadap nilai kadar air karbon aktif ampas kelapa	75
Gambar 78. Hubungan suhu karbonisasi terhadap nilai kadar abu karbon aktif ampas kelapa	76
Gambar 79. Hubungan suhu karbonisasi terhadap nilai kadar uap karbon aktif ampas kelapa	77
Gambar 80. Hubungan suhu karbonisasi terhadap nilai kadar karbon terikat karbon aktif ampas kelapa.....	78
Gambar 81. Pola XRD karbon aktif ampas kelapa dengan suhu karbonisasi.....	79
Gambar 82. Hubungan variasi komposisi gliserol:PVA terhadap nilai konduktivitas listrik komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA	80
Gambar 84. Hubungan variasi suhu karbonisasi karbon aktif ampas kelapa terhadap nilai konduktivitas termal komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA	82
Gambar 85. Hubungan variasi suhu karbonisasi karbon aktif ampas kelapa terhadap nilai koefisien Seebeck komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA	83
Gambar 86. Pola difraksi komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA dengan suhu karbonisasi 400°C	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persyaratan mutu karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995	29
Tabel 2. Data hasil pengujian rendemen karbon ampas kelapa	65
Tabel 3. Data hasil pengujian kadar air karbon aktif ampas kelapa	66
Tabel 4. Data hasil pengujian kadar abu karbon aktif ampas kelapa	66
Tabel 5. Data hasil pengujian kadar uap karbon aktif ampas kelapa	67
Tabel 6. Data hasil pengujian kadar karbon terikat karbon aktif ampas kelapa ...	68
Tabel 7. Data hasil pengujian konduktivitas listrik dengan variasi komposisi Gliserol:PVA.....	69
Tabel 9. Data hasil pengujian konduktivitas termal komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA	70
Tabel 10. Data hasil pengujian koefisien Seebeck komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA	71
Tabel 11. Data hasil pengujian XRD komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA suhu karbonisasi 400°C.....	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian	105
Lampiran 2. Pengolahan Data Hasil Penelitian	112

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada abad ke-21 ini, isu energi dan lingkungan telah menjadi tantangan terbesar bagi manusia karena kebutuhan energi yang meningkat secara bertahap (Wu, 2014). Salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia yaitu energi listrik. Hampir semua aktivitas manusia berkaitan dengan energi listrik. Banyak peralatan rumah tangga yang membutuhkan energi listrik untuk dapat beroperasi, baik dalam skala kecil, menengah, maupun skala besar. Sumber energi listrik tersebut beberapa berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) (Alwi & Nasution, 2022). Namun, dengan peningkatan populasi penduduk, permintaan akan energi listrik juga meningkat. Sejalan dengan itu, sumber energi yang berasal dari minyak, gas, dan batu bara dalam jangka panjang juga tidak akan cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat (Rosyidi et al., 2020) (Ahluriza & Harmoko, 2021).

Disisi lain, sekitar 60% dari konsumsi energi dunia secara efektif terbuang dan dipancarkan kembali dalam bentuk panas (Campoy-Quiles, 2019). Energi panas merupakan salah satu sumber energi yang paling banyak tersedia di Bumi. Sumber utama energi panas yaitu matahari, panas bumi, limbah panas dari aktivitas manusia dan panas biokimia (suhu tubuh). Energi panas yang tidak terpakai ini dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi energi dengan cara diubah menjadi energi listrik (Campoy-Quiles, 2019).

Pemanfaatan energi panas menjadi energi listrik dapat dibuat dengan menggunakan teknologi termoelektrik dengan tujuan agar energi panas tersebut tidak terbuang sia-sia ke lingkungan (Lumban Batu et al., 2020). Dalam konteks ini, efek termoelektrik merupakan solusi yang cukup efisien dalam mengubah aliran panas menjadi listrik (Zhao et al., 2021).

Generator termoelektrik (TEG) telah lama digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari energi panas. Pada abad ke-21 ini TEG merupakan salah satu teknologi energi yang paling potensial, negara seperti Jepang, Amerika Serikat, Korea Selatan, dan Kanada banyak menggunakan teknologi termoelektrik di kendaraan, ruang angkasa, militer, dan industri lainnya. Pada tahun 2010 Amerika Serikat meluncurkan Generator Termoelektrik Radioisotop (RTG) ke luar angkasa. Pada tahun 2004, sebuah kelompok Amerigon (Gentherm) memulai program yang di sponsori oleh *Department of Energy* (DOE) untuk mengembangkan Generator Termoelektrik pada kendaraan roda empat dimana BMW dan Ford ikut berpartisipasi dalam program ini (Crane et al., 2012). Beberapa generator termoelektrik yang berenergi panas alam juga sudah dipasang di lebih dari 55 negara. Di Negara Indonesia sendiri, pemanfaatan generator termoelektrik sudah diteliti oleh (Septiadi et al., 2018) dengan memasang perangkat termoelektrik pada knalpot sepeda motor.

Termoelektrik (*thermoelectric*) merupakan perangkat yang dapat mengkonversi energi dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik dengan prinsip efek *Seebeck*, atau dari energi listrik berubah menjadi perbedaan temperatur dengan menggunakan prinsip efek *peltier* (Rafika et al., 2016). Termoelektrik memanfaatkan energi panas sebagai pembangkit energi listrik dalam kapasitas

mikro (Prandika, 2021). Penggunaan termoelektrik sebagai pembangkit energi alternatif lebih ekonomis sehingga tidak membutuhkan biaya yang terlalu mahal (Alwi & Nasution, 2022), dan tidak menghasilkan gas beracun maupun polusi lainnya (Rafika et al., 2016), sehingga pembangkit listrik dari limbah panas melalui modul termoelektrik (efek *Seebeck*) ini dapat dilihat sebagai sumber energi "hijau" baru (Zlatic' & Hewson, 2009).

Material termoelektrik merupakan kelas bahan fungsional semikonduktor yang dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik dengan memanfaatkan efek *Seebeck* (A. B. Zhang et al., 2017). Material termoelektrik harus memiliki koefisien *Seebeck* yang tinggi, konduktivitas listrik yang tinggi, dan konduktivitas termal rendah yang diperlukan untuk menciptakan beda potensial yang besar (Ji, 2018). Namun, kebanyakan dari material jika memiliki konduktivitas listrik yang tinggi maka konduktivitas termalnya juga tinggi (Zlatic & Hewson, 2013).

Material yang biasa digunakan sebagai bahan termoelektrik yaitu GeTe. Koefisien *Seebeck* material ini bisa positif atau negatif, tetapi berbanding terbalik dengan konduktivitas listrik. Pada GeTe terjadi kekosongan Ge intrinsik yang menghasilkan lubang yang berlebihan, hal ini menyimpang jauh dari nilai optimal untuk termoelektrik. Kekosongan intrinsik ini dapat menghambat transportasi pembawa sehingga merusak sifat listrik dari material tersebut (Jiang et al., 2022).

Selain itu, material lain yang biasa digunakan sebagai material termoelektrik yaitu *bismuth telluride* (Bi_2Te_3), material ini telah menjadi dasar bahan untuk industri termoelektrik. Namun, bahan ini tidak dapat digunakan untuk suhu tinggi karena sifat-sifatnya memburuk ketika suhu menjadi lebih besar. Saat suhu mencapai beberapa ratus derajat Celcius, senyawa ini menjadi tidak stabil secara

kimiawi dan akan mencair (Goldsmid, 2010). Selain itu, material Bi_2Te_3 merupakan unsur langka, tidak ramah lingkungan, dan memiliki harga yang mahal (Zhao et al., 2021).

Material yang digunakan sebagai bahan termoelektrik diharapkan dapat menghasilkan energi bersih tanpa menimbulkan efek yang merugikan lingkungan, seperti pelepasan gas buang atau polusi karena daya tahan termal dan stabilitas kimianya. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan yang tidak beracun sangat penting untuk pengembangan termoelektrik dan untuk aplikasi yang lebih luas (Mulla & Rabinal, 2021). Salah satunya dengan penggunaan bahan termoelektrik berbasis oksida yang terbukti lebih baik untuk konversi energi termoelektrik (Nishiyama et al., 2004).

Beberapa oksida logam transisi yang cukup melimpah di alam dan dapat dengan mudah disintesis dengan biaya yang efektif untuk aplikasi termoelektrik yaitu Tembaga (II) Oksida (CuO) yang memiliki banyak keuntungan seperti ramah lingkungan, keberadaannya yang melimpah, dan memiliki harga yang murah (Xu et al., 2020).

Pada awalnya, oksida logam tidak dianggap sebagai bahan termoelektrik yang baik karena mobilitas pembawa yang rendah dan konduktivitas termal yang tinggi (Yin et al., 2017). CuO dengan kemurnian tinggi memiliki koefisien *Seebeck* yang besar tetapi menunjukkan konduktivitas termal yang tinggi (Yoshida et al., 2013). Namun hal ini dapat diatasi dengan pembuatan komposit yang bertujuan untuk mengurangi konduktivitas termal (Campoy-Quiles, 2019). Rekayasa komposit menyediakan solusi untuk mengembangkan bahan termoelektrik yang lebih baik, seperti komposit dengan sifat yang berbeda dapat digabungkan untuk

mencapai sifat termoelektrik yang lebih baik dan untuk meningkatkan sifat termoelektrik tertentu (Chung, 2003) (Salah et al., 2019).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Mulla & Rabinal, 2021) menggunakan material murah dan tidak beracun yang dapat digunakan sebagai material termoelektrik. Pada penelitian ini dilaporkan bahwa material CuO yang dikompositkan dengan Cu_xS mendapatkan hasil terjadinya peningkatan yang signifikan dalam konduktivitas listrik serta penurunan konduktivitas termal pada nilai tertentu, namun koefisien *Seebeck*-nya mengalami penurunan.

Jika material termoelektrik memiliki beberapa dampak pada keadaan tertentu, maka material lain harus dikembangkan yang didasarkan pada bahan non-toksik yang melimpah yang disimpan melalui teknik pemrosesan yang mudah dan anggaran rendah, dan bahan yang secara bersamaan menunjukkan efisiensi tinggi dan stabilitas yang baik. Termoelektrik berbasis karbon bisa menjadi alternatif material untuk termoelektrik (Campoy-Quiles, 2019). Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai material termoelektrik yaitu material berbasis karbon, contohnya dengan menggunakan karbon aktif.

Karbon aktif atau arang aktif merupakan arang yang telah melewati proses karbonisasi dan mengalami pengolahan lebih lanjut berupa tahap pengaktifasian dengan menggunakan aktivator fisika maupun kimia. Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Gultom & Lubis, 2014). Karbon aktif dapat dibuat dari limbah pertanian dan kehutanan yang mengandung lignoselulosa karena memiliki kandungan karbon yang tinggi (biasanya lebih dari 45%) (Paryanto et al., 2019).

Penggunaan karbon aktif dalam komposit dapat menurunkan nilai konduktivitas termal dari material termoelektrik tersebut. Hal ini berdasarkan hasil yang dilaporkan oleh (Youn et al., 2021) didapatkan bahwa penambahan karbon aktif pada bahan termoelektrik berbasis GeTe menyebabkan penurunan nilai konduktivitas termal kisi sebesar 13,8%. Dengan berkurangnya nilai konduktivitas termal kisi maka akan didapatkan konduktivitas termal yang lebih rendah juga (Yin et al., 2017).

Penelitian material termoelektrik menggunakan komposit karbon aktif/CuO telah dilakukan sebelumnya oleh (Pratama, 2018) dengan menggunakan cangkang kelapa, limbah kulit kakao (Ulfah, 2019), limbah kulit singkong (Arazi & Putra, 2020), dan limbah kulit durian (Azizah, 2021) dan sabut kelapa (Putra, 2022). Pada penelitian tersebut menggunakan variasi komposisi karbon aktif dengan CuO sebanyak 7:3 gram, 5:5 gram, dan 3:7 gram. (Arazi & Putra, 2020) melaporkan bahwa dari penelitian dengan menggunakan karbon aktif dari kulit singkong yang dikompositkan dengan CuO diperoleh nilai konduktivitas listrik sebesar $0,4167 \text{ M}\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$, daya hantar panas sebesar 20.3057 J/s , dan nilai koefisien *seebeck* sebesar $0,019036 \text{ mV/K}$. Dari penelitian tersebut diperoleh komposisi komposit terbaik pada variasi 3 gram karbon aktif dengan 7 gram CuO dan diperoleh material baru yang dapat dimanfaatkan sebagai material termoelektrik. Karena belum adanya pemanfaatan karbon aktif ampas kelapa dalam pembuatan material termoelektrik, maka pada penelitian kali ini akan memanfaatkan limbah ampas kelapa sebagai bahan pembuatan karbon aktif yang nantinya akan dikompositkan dengan material CuO.

Ampas kelapa merupakan limbah yang berasal dari daging buah kelapa parut yang sudah diambil saripati santannya untuk bahan pangan dan pembuatan minyak kelapa. Ampas dari santan tersebut biasanya langsung dibuang, karena dianggap sudah tidak memiliki manfaat lagi dan akhirnya akan menghasilkan limbah padat. Dalam jangka panjang, limbah ampas kelapa dapat mencemari lingkungan sekitar seperti tercemarnya sumber air tanah dan pencemaran udara yang berasal dari bau busuk yang ditimbulkannya (Suryawan et al., 2022). Oleh sebab itu perlu adanya upaya untuk memanfaatkan kembali limbah ampas kelapa agar tidak menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan hidup kita. Pemanfaatan ampas kelapa kering menjadi karbon aktif akan meningkatkan nilai ekonomis, mengurangi biaya pembuangan bahan dan menyediakan bahan murah untuk pembuatan karbon aktif (Yahya et al., 2015).

Karbon aktif ampas kelapa yang akan dibuat akan mengalami tiga tahap. Tahap pertama yaitu dehidrasi, selanjutnya tahap karbonisasi dengan memvariasikan suhu karbonisasinya, dan tahap terakhir yaitu aktivasi kimia (Yahya et al., 2015). Tahap karbonisasi merupakan proses mengubah bahan dari zat organik menjadi karbon melalui tahap pirolisis. Pada penelitian ini digunakan variasi suhu karbonisasi. Pemberian variasi suhu ini dilakukan untuk mengamati perubahan sifat listrik pada material komposit yang akan dibuat nantinya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Destyorini et al., 2010) dengan judul “Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik arang serabut kelapa”, dilakukan penelitian dengan variasi suhu karbonisasi pada suhu 500°C, 900 °C, dan 1300 °C. dilaporkan bahwa suhu karbonisasi berpengaruh pada nilai konduktivitas

listrik yang dihasilkan. Semakin meningkan suhu karbonisasi, maka nilai konduktivitasnya semakin meningkat juga.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Yahya et al., 2016) yang berjudul “*Preparation of Activated Carbon from Desiccated Coconut Residue by Chemical Activation with NaOH*”, pada penelitian ini karbon aktif ampas kelapa dibuat dengan menggunakan variasi suhu 400 °C, 500 °C, dan 600 °C. Didapatkan hasil bahwa pada suhu 600 °C karbon aktif dari ampas kelapa ini mengalami penurunan luas permukaan spesifik. Penelitian lain juga dilakukan oleh (Aldofraji, 2020) dengan judul “Pembuatan Karbon Aktif Dari Ampas Kelapa Dengan Variasi Jenis Dan Jumlah Konsentrasi Senyawa Zat Aktivator”, mendapatkan hasil bahwa karbon aktif terbaik diperoleh pada suhu karbonisasi 300 °C selama 15 menit.

Dari penelitian yang sudah dilakukan tersebut, maka peneliti akan menggunakan variasi suhu 250°C, 300 °C, 350 °C, 400 °C dan 450°C pada proses karbonisasi ampas kelapa. Pada pembuatan komposit akan digunakan 3gram karbon aktif dan 7gram CuO. Karbon aktif dan CuO merupakan material pengisi komposit, sedangkan untuk matriks atau perekat, akan digunakan gliserol dan *Polyvinyl Alcohol* (PVA). Penggunaan gliserol pada komposit ini dapat meningkatkan nilai konduktivitas listriknya, sedangkan penggunaan PVA dalam termoelektrik dilakukan karena PVA memiliki daya rekat yang bagus.

Keuntungan yang diharapkan dalam penelitian ini yaitu, yang pertama, adanya pengurangan limbah ampas kelapa yang jika tidak dikurangi dapat menimbulkan masalah pencemaran terhadap lingkungan. Kedua, dapat menemukan material termoelektrik yang ramah terhadap lingkungan, dan memiliki biaya operasional yang murah, sehingga material termoelektrik yang sebelumnya

menimbulkan efek negatif pada keadaan tertentu dapat digantikan dengan material yang menghasilkan energi hijau baru. Penelitian ini dilakukan dengan variasi suhu karbonisasi pada pembuatan karbon aktif ampas kelapa. Dari penelitian ini diharapkan menghasilkan material yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan generator termoelektrik.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Komposit Karbon Aktif Ampas Kelapa/CuO/Gliserol/PVA Terhadap Sifat Termoelektrik”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil beberapa identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Kurangnya pemanfaatan energi panas sebagai sumber energi listrik, sedangkan kebutuhan energi listrik meningkat namun sumbernya sedikit, sehingga dibutuhkan energi listrik yang terbarukan dan ramah lingkungan.
2. Pengembangan material lain untuk termoelektrik karena masih banyak menggunakan material semikonduktor Bi, Te, Ge, dan lainnya yang susah didapatkan, tidak ramah lingkungan dan harganya tergolong mahal.
3. Membuat alternatif lain untuk menurunkan konduktivitas termal CuO dengan menggunakan bahan karbon aktif.
4. Belum adanya pemanfaatan limbah biomassa ampas kelapa sebagai material termoelektrik berbasis karbon aktif.

5. Belum adanya penelitian mengenai pengaruh variasi suhu karbonisasi dan komposisi komposit karbon aktif ampas kelapa/CuO/Gliserol/PVA terhadap sifat termoelektrik.

C. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian ini agar menjadi lebih terarah, maka diperlukan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Energi terbarukan yang diteliti yaitu konversi energi panas menjadi energi listrik menggunakan material termoelektrik.
2. Material termoelektrik dibuat dari komposit karbon aktif ampas kelapa/CuO/Gliserol/PVA.
3. Variasi suhu karbonisasi untuk pembuatan karbon aktif yaitu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C. Sedangkan untuk komposisi CuO dan karbon aktif yaitu 7:3 gram.
4. Untuk melihat kualitas karbon aktif maka dilakukan pengujian kadar air, kadar abu, kadar uap, dan kadar karbon terikat berdasarkan SNI 06-3730-1995.
5. Pengujian sifat termoelektrik yang akan dilakukan yaitu pengujian efek *Seebeck*, dan konduktivitas termal. Karakterisasi material termoelektrik terbaik dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu karbonisasi terhadap karbon aktif ampas kelapa yang dihasilkan?

2. Bagaimana pengaruh variasi suhu karbonisasi karbon aktif untuk komposit karbon aktif ampas kelapa/CuO/Gliserol/PVA terhadap sifat termoelektrik?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi suhu karbonisasi terhadap karbon aktif ampas kelapa yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi suhu karbonisasi karbon aktif untuk komposit karbon aktif ampas kelapa/CuO/Gliserol/PVA terhadap sifat termoelektrik.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah ampas kelapa yang bernilai tinggi.
2. Memberikan informasi dan pengetahuan mengenai material termoelektrik berbasis komposit Karbon Aktif/CuO/Gliserol/PVA.
3. Dapat memberikan referensi ataupun rujukan mengenai material termoelektrik, dan menambah wawasan mengenai pemanfaatan energi panas menjadi energi listrik dalam bentuk material termoelektrik.
4. Sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam kajian fisika.