

**ANALISIS SIFAT LISTRIK DARI NANOKOMPOSIT
TiO₂/KARBON AKTIF BAMBU BETUNG
MENGUNAKAN VARIASI MASSA**



**ZUDIYA HIFZI
NIM. 19034137/2019**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2024**

**ANALISIS SIFAT LISTRIK DARI NANOKOMPOSIT
TiO₂/KARBON AKTIF BAMBU BETUNG
MENGUNAKAN VARIASI MASSA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains



**Oleh:
ZUDIYA HIFZI
NIM. 19034137/2019**

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2024**

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS SIFAT LISTRIK DARI NANOKOMPOSIT TiO₂/KARBON AKTIF BAMBU BETUNG MENGGUNAKAN VARIASI MASSA

Nama : Zudiya Hifzi
NIM : 19034137
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 16 Februari 2024

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

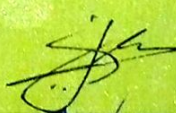

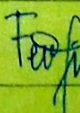
Nama : Zudiya Hifzi
NIM : 19034137
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ANALISIS SIFAT LISTRIK DARI NANOKOMPOSIT TiO₂/KARBON AKTIF BAMBU BETUNG MENGGUNAKAN VARIASI MASSA

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

Padang, 16 Februari 2024

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dra. Yenni Darvina, M.Si	 _____
Anggota	: Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si	 _____
Anggota	: Fadhila Ulfa Jhora, S.Pd., M.Si	 _____

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zudiya Hifzi
NIM/TM : 19034137/2019
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: "Analisis Sifat Listrik dari Nanokomposit TiO_2 /Karbon Aktif Bambu Betung Menggunakan Variasi Massa" 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,



Zudiya Hifzi

NIM. 19034137

Analisis Sifat Listrik dari Nanokomposit TiO₂/Karbon Aktif Bambu Betung Menggunakan Variasi Massa

Zudiya Hifzi

ABSTRAK

Material penyimpan energi listrik sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Material tersebut yang biasanya digunakan adalah baterai isi ulang. Parameter kerjanya adalah kapasitas penyimpanan energi yang tergantung pada bahan anodanya. Umumnya anoda pada baterai isi ulang berbahan dasar grafit, namun memiliki kapasitas penyimpanan terbatas dan sering mengalami overheating. Upaya untuk menggantikan permasalahan tersebut adalah menciptakan material baru yang memiliki sifat lebih unggul, seperti nanokomposit TiO₂/Karbon aktif bambu betung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat listrik dari nanokomposit TiO₂/Karbon aktif bambu betung.

Karbon aktif disintesis menggunakan proses karbonisasi dengan suhu 600°C selama 1 jam dan aktivasi kimia berupa H₃PO₄ 20%. Sintesis nanokomposit TiO₂/Karbon aktif bambu betung menggunakan metode sol-gel dengan 3 variasi massa perbandingan TiO₂ dan karbon aktif yaitu 40%:60%, 50%:50% dan 60%:40%. Untuk mencapai material berukuran nano, nanokomposit dimilling selama 1 jam kemudian dikarakterisasi SEM. Nanokomposit dikarakterisasi XRD untuk melihat konstanta kisi, struktur dan ukuran kristal. Pengukuran sifat listrik seperti konduktivitas listrik akan diuji menggunakan LCR-meter dan kapasitansi spesifik diuji menggunakan metode CV.

Nanokomposit memiliki partikel berukuran 400 nm. Konstanta kisi didapatkan akan menunjukkan struktur kristalnya yaitu hexagonal, tetragonal, rhombohedral dan ukuran kristal rata-rata dibawah 100 nm. Pada penelitian ini, konduktivitas listrik pada tiap variasi yang didapatkan berturut-turut yaitu $2,026 \times 10^{-3} \text{ S/m}$, $3,039 \times 10^{-3} \text{ S/m}$, dan $3,196 \times 10^{-3} \text{ S/m}$. Hasil menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan TiO₂, maka akan semakin tinggi konduktivitas listrik yang dihasilkan. Kapasitansi spesifik pada tiap variasi didapatkan nilai berturut-turut yaitu 2,947F/g, 1,977F/g, dan 1,558F/g. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan karbon aktif, maka akan semakin tinggi kapasitansi spesifik yang dihasilkan.

Kata kunci: Nanokomposit, TiO₂, Karbon Aktif, Konduktivitas Listrik, Kapasitansi Spesifik.

Analysis of Electrical Properties of TiO₂/Activated Carbon Nanocomposites Rough Bamboo Using Mass Variations

Zudiya Hifzi

ABSTRACT

Electrical energy storage materials are very often used to fulfill daily needs. Electrical energy storage materials that are usually used are rechargeable batteries. The working indicator of this material is the energy storage capacity which depends on the anode material. Generally, the anodes in rechargeable batteries are graphite-based, but have limited storage capacity and often overheat. One effort to replace these problems is to create new materials that have superior properties compared to graphite, namely TiO₂/Activated carbon nanocomposite rough bamboo. This study aims to analyze the electrical properties of TiO₂/Activated carbon nanocomposite rough bamboo using mass variations.

Activated carbon from rough bamboo will be done by going through a carbonization process with a temperature of 600°C for 1 hour and chemical activation in the form of H₃PO₄ 20%. Synthesis of TiO₂/Activated carbon nanocomposite rough bamboo using sol-gel method with 3 variations. Variations were carried out with the ratio TiO₂ and activated carbon, namely 40%:60%, 50%:50% and 60%: 40%, respectively. To achieve nano-sized materials, nanocomposites will go through a milling process using HEM for 1 hour. The nanocomposite will be characterized by XRD to see the lattice constant, structure and crystal size. Measurement of electrical properties such as electrical conductivity will be tested using LCR-meter and specific capacitance will be tested using CV method.

In this study, the electrical conductivity in each variation obtained was $2.026 \times 10^{-3} \text{S/m}$, $3.039 \times 10^{-3} \text{S/m}$, and $3.196 \times 10^{-3} \text{S/m}$, respectively. The results show that the more the addition of TiO₂, the higher the electrical conductivity produced. Specific capacitance in each variation obtained consecutive values of 2.947F/g, 1.977F/g, and 1.558F/g. Based on these results, it shows that the more the addition of activated carbon, the higher the specific capacitance produced.

Keywords: Nanocomposite, TiO₂, Activated Carbon, Electrical Conductivity, Specific Capacitance.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur diucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**ANALISI SIFAT LISTRIK DARI NANOKOMPOSIT TiO₂/KARBON AKTIF BAMBU BETUNG MENGGUNAKAN VARIASI MASSA**” dengan baik. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi syarat sebagai mencapai gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Negeri Padang.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari semua pihak yang telah membantu penulis baik dalam bentuk pengajaran, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis menyampaikan penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu dan kesibukan beliau untuk memberikan kritik, saran dan pengarahan kepada penulisan skripsi ini.
2. Almarhum Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si selaku Penguji I terlebih dahulu yang telah memberikan masukan, kritik dan saran dalam penyempurnaan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si selaku Penguji I yang telah memberikan masukan, kritik dan saran dalam penyempurnaan pengerjaan skripsi ini.
4. Ibu Fadhila Ulfa Jhora, S.Pd, M.Si selaku Penguji II dan Dosen Penasehat Akademik yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritik dan saran dalam penyempurnaan pengerjaan skripsi ini, dan membantu penulis selama masa perkuliahan.

5. Seluruh staf pengajar Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah membekali penulis selama masa perkuliahan.
6. Seluruh staf Administrasi dan Laboratorium Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
7. Seluruh Analis LLDIKTI Wilayah X Padang yang telah membantu dan mendukung penulis saat melakukan penelitian.
8. Sahabat serta rekan penelitian yaitu Yulia Febrina, Faadhilah Fauziyah, dan Lidya Agraini. Terimakasih atas kerja sama, doa, motivasi, dukungan, dan bantuannya selama penelitian dan perkuliahan.
9. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan sehingga terwujudnya skripsi ini.

Sebagai manusia biasa penulis menyadari penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, atas kesalahann dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, penulis memohon maaf dan bersedia menerima kritikan & saran yang membangun.

Padang, 29 Januari 2024

Penyusun,
Zudiya Hifzi

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	iix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I_PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah	8
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II_TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. Aplikasi Penyimpan Energi	9
B. Baterai Isi Ulang	10
C. Sifat Listrik Material	11
D. Titanium dioksida (TiO ₂).....	14
E. Karbon Aktif.....	16
F. Bambu Betung (Dendrocallamus asper).....	21
G. Nanokomposit.....	22
H. Metode Sol-Gel	24

I. High Energy Miling (HEM)	26
J. X-Ray Diffraction (XRD).....	27
BAB III_METODE PENELITIAN.....	29
A. Jenis Penelitian	29
B. Waktu dan Tempat Penelitian	29
C. Variabel Penelitian	30
D. Bahan Penelitian	31
E. Peralatan Penelitian	31
F. Prosedur Penelitian	32
BAB IV_HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Deskripsi Data	41
B. Hasil Pengujian.....	42
C. Analisis Data	49
D. Pembahasan	56
BAB V_PENUTUP.....	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik voltammogram hasil CV.....	13
Gambar 2. Struktur kristal TiO ₂	15
Gambar 3. Bambu betung	21
Gambar 4. Kandungan yang terdapat dalam bambu	22
Gambar 5. Skema pada metode <i>sol-gel</i>	25
Gambar 6. HEM (<i>High Energy Milling</i>).....	26
Gambar 7. Alat karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	27
Gambar 8. Bambu betung yang telah dibersihkan dan kering	33
Gambar 9. Aktivasi karbon bambu betung	33
Gambar 10. Penyaringan dan pembilasan karbon yang telah diaktivasi.....	34
Gambar 11. Karbon aktif yang telah kering.....	34
Gambar 12. Sintesis nanokomposit menggunakan metode <i>sol-gel</i>	35
Gambar 13. Gel nanokomposit	36
Gambar 14. Serbuk halus nanokomposit	36
Gambar 15. Cetakan untuk mencetak pelet nanokomposit.....	37
Gambar 16. Preparasi sampel untuk pengujian CV	38

Gambar 17. Pengujian menggunakan metode CV	39
Gambar 18. Grafik XRD variasi 40% : 60%	42
Gambar 19. Grafik XRD variasi 50% : 50%	43
Gambar 20. Grafik XRD variasi 60% : 40%	45
Gambar 21. Grafik voltammogram nanokomposit TiO ₂ /Karbon aktif bambu betung variasi 40% : 60%	47
Gambar 22. Grafik voltammogram nanokomposit TiO ₂ /Karbon aktif bambu betung variasi 50% : 50%	48
Gambar 23. Grafik voltammogram nanokomposit TiO ₂ /Karbon aktif bambu betung variasi 60% : 40%	48
Gambar 24. XRD Karbon Bambu Betung	77
Gambar 25. XRD karbon aktif	78
Gambar 26. Analisis XRD karbon aktif	98
Gambar 27. Analisis XRD TiO ₂	98
Gambar 28. Analisis XRD variasi 40% : 60%	98
Gambar 29. Analisis XRD variasi 50% : 50%	99
Gambar 30. Analisis XRD variasi 60% : 40%	99

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan kelebihan dan kekurangan TiO ₂ dengan material lain.....	15
Tabel 2. Sifat struktural dan elektrokimia pada tiap struktur TiO ₂	16
Tabel 3. Puncak Karbon Aktif	18
Tabel 4. Data tiap puncak variasi 40% : 60%	43
Tabel 5. Data tiap puncak variasi 50% : 50%	44
Tabel 6. Data tiap puncak variasi 60% : 40%	45
Tabel 7. Hasil pengujian menggunakan LCR-meter.....	46
Tabel 8. Hasil analisis parameter kisi dan sistem kristal variasi 40% : 60%	49
Tabel 9. Ukuran kristal variasi 40% : 60%	50
Tabel 10. Hasil analisis parameter kisi dan sistem kristal variasi 40% : 60%	51
Tabel 11. Ukuran kristal variasi 50% : 50%	52
Tabel 12. Hasil analisis parameter kisi dan sistem kristal variasi 60% : 40%	53
Tabel 13. Ukuran kristal variasi 50% : 50%	53
Tabel 14. Hasil perhitungan resistivitas dan konduktivitas material nanokomposit TiO ₂ /Karbon aktif pada setiap variasi	54
Tabel 15. Nilai kapasitansi spesifik (C_{sp}) dan energi spesifik (E_{sp}) nanokomposit TiO ₂ /Karbon aktif bambu betung pada setiap variasi.	55

Tabel 16. Data tiap puncak karbon	77
Tabel 17. Analisis parameter kisi dan sistem kristal karbon.....	77
Tabel 18. Ukuran kirstal karbon	77
Tabel 19. Data tiap puncak karbon aktif	78
Tabel 20. Analisis parameter kisi dan struktur kristal.....	78
Tabel 21. Ukuran kristal karbon aktif	78
Tabel 22. Data tiap puncak TiO ₂	79
Tabel 23. Parameter kisi dan struktur kristal	79
Tabel 24. Ukuran kristal TiO ₂	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Bahan dan Alat	71
Lampiran 2. Hasil Uji XRD Material Pembentuk.....	77
Lampiran 3. Perbandingan Hasil Uji XRD Karbon Aktif Standar dengan Karbon Aktif Bambu Betung.....	81
Lampiran 4. Hasil Uji SEM Salah Satu Material Nanokomposit	81
Lampiran 5. XRD Material Terbaik.....	82
Lampiran 6. Perhitungan Analisis XRD	97
Lampiran 7. Perhitungan Analisis Konduktivitas Listrik	99
Lampiran 8. Perhitungan Analisis Kapasitansi Spesifik.....	100

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di era ini, penggunaan suatu energi sangat sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dimana, manusia tidak luput dari berbagai jenis energi. Salah satu energi yang paling sering digunakan oleh manusia adalah energi listrik. Banyak perangkat elektronik yang digunakan oleh manusia menggunakan energi listrik, seperti kamera, *handphone*, laptop, dan lainnya (Nusa, 2015). Energi listrik pada perangkat tersebut biasanya disimpan dalam bentuk baterai isi ulang (*rechargeable battery*), karena baterai ini dapat memberikan mobilitas yang tinggi dan memudahkan penggunaan perangkat tersebut (Noer & Dayana, 2021). Baterai isi ulang sering digunakan sebagai penyimpan energi karena memiliki daya tahan yang cukup lama dan siklus hidup yang panjang (Antika & Hidayat, 2019).

Pada umumnya, baterai isi ulang disusun oleh empat bagian utama, yaitu elektroda negatif (anoda), elektroda positif (katoda), elektrolit dan separator (Perdana, 2021). Salah satu standar kualitas baterai ini adalah memiliki kestabilan yang tinggi serta energi yang dihasilkan cukup tinggi (Rohman, 2012). Namun, banyak baterai tersebut yang mengalami masalah, seperti sering terjadinya *overcharge* sehingga mengalami *overheat* yang disebabkan oleh penumpukan panas dalam baterai dan peningkatan tekanan internal dan mengakibatkan berkurangnya umur baterai, kemudian mempengaruhi performa baterai (Arfianto et al., 2016). Indikator kerja baterai isi ulang adalah kapasitas penyimpanan energinya yang bergantung pada bahan anodanya (Aflahannisa & Astuti, 2016).

Pada umumnya anoda pada baterai isi ulang berbahan dasar grafit, namun bahan ini memiliki kapasitas penyimpanan yang terbatas (Priyono et al., 2016). Hal ini menyebabkan baterai akan mudah mengalami *overheat* sehingga mempengaruhi siklus hidupnya (Zhao et al., 2015). Oleh sebab itu, perlu ditingkatkan kinerja baterai tersebut dengan membuat bahan anoda yang dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan energi baterai isi ulang dengan mencari material pengganti grafit.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kekurangan dari grafit tersebut adalah dengan menggunakan TiO_2 (*Titanium dioksida*) sebagai aplikasi penyimpanan energi (M. Brunner & M. Brunner, 2021). TiO_2 memiliki stabilitas yang baik, kepadatan arus yang tinggi serta dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan energi. Ekspansi TiO_2 jauh lebih kecil daripada grafit sebesar 10%, sehingga memiliki siklus hidup yang panjang dibandingkan dengan grafit. TiO_2 memiliki kapasitas teoritis sebesar 335 mAh/g sedangkan grafit sebesar 372 mAh/g , sehingga TiO_2 memiliki kapasitas yang sedikit lebih kecil (Aflahannisa & Astuti, 2016). Namun, hal tersebut dapat diatasi dengan menambahkan material lain yang dapat meningkatkan kapasitas energi tersebut.

Menurut Perdana (2021), pada anoda baterai isi ulang, memiliki karakteristik yaitu memiliki kapasitas energi yang besar, memiliki kemampuan dalam menyimpan dan melepaskan muatan yang baik. Material yang memenuhi karakteristik tersebut adalah material berbasis karbon seperti karbon aktif. Karbon aktif dapat digunakan sebagai material penyimpan energi karena dapat memperluas permukaan material dengan memunculkan pori atau ruang kosong pada material dan dapat meningkatkan sifat penyerapannya pada sebuah muatan.

Karbon aktif yang telah melalui proses karbonisasi dan aktivasi akan memiliki absorpsi yang baik, sehingga material ini cocok dijadikan bahan anoda untuk baterai isi ulang ataupun diaplikasikan sebagai material penyimpan energi (Rosi et al., 2013). Pada penelitian oleh Taspika (2015), telah disintesis karbon aktif dari tempurung kemiri dengan luas permukaan absorpsi sebesar $391,567 \text{ m}^2/\text{g}$ pada suhu karbonisasi 600°C . Kemudian karbon aktif tersebut dikembangkan oleh Negara & Astuti (2015) menjadi material anoda baterai lithium-ion. Setelah diuji sifat listrik baterai tersebut didapatkan konduktivitas listrik maksimum sebesar $1,08505 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ dan kapasitansi $198,6 \mu\text{F}$.

Susana & Astuti (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi LiOH terhadap sifat listrik anoda baterai isi ulang berbasis karbon aktif tempurung kemiri. LiOH digunakan sebagai garam lithium pada bahan anoda (Yao et al., 2005). Kemudian didapatkan konduktivitas tertinggi yang dihasilkan yaitu $2,34 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ dan kapasitansi sebesar $327,93 \mu\text{F}$. Berdasarkan penelitian terdahulu dapat dinyatakan bahwa karbon aktif dapat diaplikasikan sebagai material penyimpan energi.

Sumatera Barat dengan kekayaan alam yang sangat melimpah, salah satu kekayaan alam tersebut adalah bambu. Bambu memiliki begitu banyak jenis seperti bambu apus dan bambu betung. Bambu betung (*Dendrocalamus asper*) banyak ditemukan pada salah satu kota di provinsi ini, yaitu Batusangkar tepatnya di Nagari Sungai Jambu. Biasanya masyarakat disana memanfaatkan bambu ini sebagai pagar untuk melindungi sawah ataupun kebun yang mereka kelola. Namun, pemanfaatannya sebagai pagar akan menghasilkan limbah bambu hasil potongan atau sisa pembuatan pagar tersebut.

Limbah sisa tersebut dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif, karena bambu betung dapat menghasilkan karbon aktif dengan kualitas yang cukup baik, dengan nilai absorpsi yang cukup tinggi yaitu sebesar 337 – 379 mg/g. Daya serap karbon aktif berdasarkan daya serapnya terhadap larutan iodin. Semakin besar daya serapnya terhadap larutan iodin, maka akan semakin besar luas permukaan karbon aktifnya, dan hal inilah yang dimiliki oleh bambu betung jika dijadikan karbon aktif. Sehingga menjadikan karbon aktif dari bambu betung (*Dendrocalamus asper*) sangat cocok untuk diaplikasikan sebagai bahan penyimpanan energi (Fanani, 2019).

Saat ini terdapat suatu teknologi yang berbasis pada rekayasa material dalam skala nanometer, yaitu nanoteknologi. Nanoteknologi cukup berkembang besar di zaman ini seperti pada bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal ini berkaitan dengan model, sintesis, karakterisasi, serta aplikasi material dan peralatan dalam skala nanometer. Nanoteknologi memberikan kesempatan untuk mengembangkan kelas baru pada kemajuan material yang memenuhi tuntutan aplikasi berteknologi tinggi (Rahman & Padavettan, 2012).

Umumnya material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dibandingkan material yang berukuran lebih besar. Material berskala nano juga menghasilkan beberapa sifat yang tidak dimiliki oleh material yang berukuran lebih besar. Sejumlah sifat tersebut dapat diubah-ubah dengan melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi materi kimiawi, modifikasi permukaan, dan pengontrolan interaksi antar partikel. Salah satu riset berskala nano yang dapat diaplikasikan dalam skala yang cukup luas yaitu material nanokomposit (Nursanti et al., 2022).

Nanokomposit merupakan struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada antar jarak bentuk penyusun struktur berbeda. Material nanokomposit terdiri dari atas dua atau lebih molekul anorganik/organik dalam beberapa bentuk kombinasi dengan pembatas antar keduanya minimal satu molekul atau memiliki ciri berukuran nano (Hadiyawarman et al., 2008). Nanokomposit dibuat dengan menyisipkan nanopartikel ke dalam sebuah makroskopik (Firmansyah & Astuti, 2013). Setelah menambahkan sejumlah nanopartikel ke dalam matrik, nanokomposit yang dihasilkan akan menunjukkan sifat yang lebih unggul dibandingkan material sebelumnya (Suyono, 2012).

Berdasarkan pemaparan diatas, TiO_2 dan karbon aktif akan dijadikan suatu nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif karena TiO_2 dan karbon aktif memiliki sifat yang dapat saling melengkapi sehingga dapat diaplikasikan pada penyimpanan energi. Dimana nanokomposit ini akan memiliki nilai konduktivitas dan kapasitas penyimpanan energi yang cukup baik. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Aflahannisa & Astuti (2016), mereka melakukan sintesis nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif tempurung kemiri sebagai anoda baterai lithium ion. Pada penelitian tersebut didapatkan nilai konduktivitas listrik sebesar $1,11 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$ dan kapasitansi sebesar $128 \mu\text{F}$.

Penggunaan karbon aktif dapat meningkatkan luas permukaan TiO_2 , ketahanan dan kestabilan struktur serta komposisi TiO_2 . TiO_2 yang ditambahkan dengan karbon aktif dengan perbandingan karbon aktif sebanyak 25% dapat meningkatkan luas permukaan dan menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil dan memberikan nilai energi celah pita yang lebih rendah daripada TiO_2 tanpa penambahan karbon aktif (Martins et al., 2017).

Penelitian oleh Arsita & Astuti (2016) melakukan sintesis nanokomposit TiO₂/Karbon aktif bambu betung menggunakan variasi perbandingan massa TiO₂ dan karbon aktif. Didapatkan hasil yang lebih dominan pada tiap perbedaan variasi. Sehingga pada penelitian ini akan menggunakan variasi massa agar bisa melihat diantara kedua material tersebut yang memiliki sifat listrik yang lebih unggul. Menurut Khusyaeri & Nur (2019), metode sintesis sol-gel memiliki kelebihan yaitu memiliki stabilitas termal yang baik, stabilitas mekanik tinggi, daya tahan pelarut yang baik, dan menghasilkan luas permukaan yang lebih besar.

Berdasarkan uraian di atas maka dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis TiO₂/Karbon aktif bambu betung menggunakan metode sol-gel pada variasi massa TiO₂ dan karbon aktif. Nanokomposit TiO₂/karbon aktif akan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), LCR-meter, dan teknik *Cyclic Voltametri* (CV). Menurut Perdana (2021), salah satu baterai isi ulang Li₄Ti₅O₁₂ memiliki kapasitas sebesar 50-80 Wh/kg, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memenuhi nilai kapasitas tersebut. Oleh sebab itu, peneliti akan mengambil topik “**Analisis Sifat Listrik dari Nanokomposit TiO₂/Karbon Aktif Bambu Betung Menggunakan Variasi Massa**”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang, maka dapat diidentifikasi masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Penggunaan energi listrik yang cukup banyak, salah satu yang sering digunakan adalah baterai isi ulang.
2. Baterai isi ulang yang beredar memiliki masalah seperti mudahnya terjadi *overheat* dan memiliki kapasitas penyimpanan yang terbatas.

3. Menggunakan TiO_2 sebagai bahan pengganti salah satu komponen dari penyimpanan energi tersebut untuk meningkatkan konduktivitasnya.
4. Memanfaatkan bahan alam seperti bambu betung untuk dijadikan karbon aktif agar dapat dimanfaatkan sebagai aplikasi penyimpan energi.
5. Melakukan sintesis nanokompositi TiO_2 /Karbon aktif bambu betung untuk meningkatkan sifat yang lebih unggul sebagai material penyimpan energi.
6. Menganalisis sifat listrik pada nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif bambu betung menggunakan variasi massa.

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini diperlukannya batasan masalah sehingga penelitian ini tetap terkendal, yaitu sebagai berikut:

1. Bambu betung akan melalui proses karbonisasi dan aktivasi kimia,
2. Karbon aktif akan dihaluskan menggunakan HEM selama 3 jam untuk mencapai partikel berukuran nano,
3. Nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif bambu betung akan disintesis menggunakan metode sol-gel,
4. Variasi rasio massa yang digunakan pada sintesis nanokompositi TiO_2 dan karbon aktif yaitu berturut-turut 40% : 60%, 50% : 50%, dan 60% : 40% dengan total nanokomposit yaitu 3,2 gram,
5. Nanokomposit juga dihaluskan menggunakan HEM selama 3 jam, agar mencapai partikel yang lebih halus,
6. Penelitian ini hanya sampai pada nanokomposit saja dan fokus pada sifat listrik pada nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif menggunakan variasi massa.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan identifikasi masalah, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana konstanta kisi, bentuk dan ukuran kristal dari variasi massa nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif bambu betung?
2. Bagaimana sifat listrik yang dimiliki dari nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif bambu betung menggunakan variasi massa?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka didapatkan tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Untuk mengetahui konstanta kisi, bentuk dan ukuran kristal dari variasi massa nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif bambu betung,
2. Untuk mengetahui sifat listrik dari nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif bambu betung menggunakan variasi massa

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan oleh peneliti ialah:

1. Memberikan informasi dalam bidang ilmu pengetahuan mengenai pemanfaatan nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif bambu betung,
2. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian lain mengenai nanokomposit TiO_2 /Karbon aktif sebagai aplikasi penyimpanan energi,
3. Menambah wawasan bagi peneliti serta meningkatkan kemampuan peneliti dalam mengaplikasikan berbagai teori yang telah dipelajari,