

**PEMBUATAN KOMPOSIT TITANIUM DIOKSIDA ( $\text{TiO}_2$ ) FASA ANATASE-  
RUTILE UNTUK ANODA BATERAI ION LITHIUM**

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika**



**Oleh:**

**SITI FATIMAH**

**08021181722006**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMBUATAN KOMPOSIT TITANIUM DIOKSIDA (TiO<sub>2</sub>) FASA ANATASE-  
RUTILE UNTUK ANODA BATERAI ION LITHIUM**

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika**

**Oleh :**

**SITI FATIMAH  
NIM. 08021181722006**

Indralaya, April 2021

Menyetujui,

Pembimbing I



**Dra. Jorena, M. Si**  
**NIP.196405101991022001**

Pembimbing II



**Slamet Priyono, S.Si., M.T.**  
**NIP.19861015200912100**

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika  
Universitas Sriwijaya



**Dr. Prisyah Virgo, S.Si., M.T**  
**NIP. 197009101994121001**

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim.....

Dengan mengucapkan rasa puji dan syukur marilah kita panjatkan ke-hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya dan memberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Selawat dan Salam tetaplah tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan kepada kita jalan yang lurus berupa ajaran yang sempurna. Tidak lupa juga selawat dan salam kita haturkan kepada keluarganya, sahabatnya tabiin dan tabi'atnya, hingga kepada kita selaku umatnya. Semoga kita senantiasa mendapatkan syafaatnya di hari pembalasan nanti.

Skripsi ini berjudul **“Pembuatan Komposit Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) Fasa Anatase-Rutile Untuk Anoda Baterai Ion Lithium”**. Skripsi ini tidaklah dapat terwujud tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih terutama kepada Ibu Dra. Jorena, M.Si selaku pembimbing I, Bapak Slamet Priyono, S.Si.,M.T selaku pembimbing II dan Bapak Ramlan, M.Si. Terimakasih atas segala bimbingan, kritik dan saran yang membangun, arahan dan masukan yang sangat bermanfaat, memberikan dukungan kepada penulis. Penulis juga berterimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi karunia nikmat Iman dan Islam serta nikmat sehat wal'afiat, berkat karuniaNya proses pembuatan skripsi ini berjalan dengan lancar.
2. Kedua orang tua, Bapak dan Ibu tercinta Idrus Solehan Hayadi dan Helya Nurjannah, yang tak henti-hentinya selalu mendo'akan, memberikan dukungan, yang selalu menghibur, memberikan inspirasi dan motivasi serta menjadi penyemangat bagi penulis.
3. Kakak dan adik-adikku Riska Oktavia, Tri Kurnia dan Zazkia Altafunnisa Kaysa yang selalu menghibur dengan canda tawanya sehingga penulis bersemangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar.M.Sc selaku Dekan Fakultas Matematika dan

Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

5. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si,M.T selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Drs. Arsali, M.Sc selaku Pembimbing Akademik di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
7. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si.,M.Si selaku dosen penguji I yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis.
8. Bapak Akmal Johan, S.Si.,M.Si selaku dosen penguji II yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis.
9. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si.,M.T selaku dosen penguji III yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis.
10. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu selama saya menempuh Pendidikan Strata I di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
11. Bapak Nabair (Babe) dan Kak David selaku staf tata usaha Jurusan Fisika yang telah banyak membantu dalam administrasi selama perkuliahan.
12. Ibu Dr. Rike Yudianti, selaku Kepala Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
13. Seluruh staf Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian, khususnya Pak Arif.
14. Para peneliti, dan kakak-kakak tenaga lapangan di Laboratorium Kelompok Penelitian Baterai Lithium LIPI (Mbak ajeng, Mas sohib, Mas zul, Mas suryali, Mas ilham).
15. Nurjannah Musdalifah yang telah memberikan dukungan dan semangat, doa, menjadi teman diskusi, dan berbagi jikalau senang dan sedih, dan teman pulang dan pergi saat penelitian di LIPI.
16. Temanku Endah Puspita yang menjadi teman diskusi mengenai baterai.
17. Rekanku Suci Asmarani yang sering bertukar pikiran dan membantu penulis ketika kebingungan saat melaksanakan penelitian di LIPI dan sering pulang bersama.
18. Seluruh rekan seperjuangan Fisika Angkatan 2017 terkhusus KBI Fisika Teori

dan Material yang selalu bersama menapaki tanjakan perjuangan di bangku kuliah.

19. Serta seluruh pihak terkait yang telah banyak membantu penulis dalam penulisan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi yang membaca dan bagi yang memerlukannya.

Indralaya, Maret 2021

Siti Fatimah

NIM. 08021181722006

**PEMBUATAN KOMPOSIT TITANIUM DIOKSIDA (TiO<sub>2</sub>) FASA ANATASE-  
RUTILE UNTUK ANODA BATERAI ION LITHIUM**

**OLEH**  
**SITI FATIMAH**  
**08021181722006**

**ABSTRAK**

Telah dilakukan pembuatan komposit anoda TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile yang menggunakan metode *solid state reaction* dengan bahan baku TiO<sub>2</sub>. Pembuatan komposit dilakukan dengan variasi penambahan bahan TiO<sub>2</sub> fasa anatase dan TiO<sub>2</sub> fasa rutile. Prekursor TiO<sub>2</sub> fasa anatase dioven pada suhu 80°C selama 4 jam, sedangkan prekursor TiO<sub>2</sub> fasa rutile disinter pada suhu 800°C selama 4 jam. Karakterisasi yang dilakukan meliputi analisa untuk melihat perbedaan performa elektrokimia pada variasi penambahan bahan, diantaranya XRD (*X-ray Diffraction*) untuk mengetahui pembentukan fasa dan ukuran kristalit pada TiO<sub>2</sub> fasa anatase dan rutile, *Cyclic voltammetry* dan *charge-discharge* untuk mengetahui performa elektrokimia. Dari hasil analisa XRD, TiO<sub>2</sub> fasa anatase sudah terbentuk tanpa adanya fasa pengotor, sedangkan TiO<sub>2</sub> fasa rutile masih banyak terdapat fasa anatase dan adanya fasa pengotor VTiO<sub>3</sub>. Performa elektrokimia pada komposit anoda TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile menunjukkan bahwa nilai koefisien difusi yang rendah ( $\sim 10^{-12}$  cm<sup>2</sup>/s), serta menghasilkan nilai kapasitas *charge-discharge* yang didapatkan secara praktek lebih kecil dibandingkan secara teori 168 mAh/g.

Kata kunci : Anoda TiO<sub>2</sub> fasa anatase, TiO<sub>2</sub> fasa rutile, baterai ion lithium, metode *solid state reaction*

**FABRICATION OF ANATASE-RUTILE PHASE TITANIUM DIOXIDE (TiO<sub>2</sub>)  
COMPOSITE FOR LITHIUM ION BATTERY ANODES**

**BY**

**SITI FATIMAH**

**08021181722006**

**ABSTRACT**

The anatase-rutile phase TiO<sub>2</sub> anode composite has been made using the solid state reaction method with TiO<sub>2</sub> raw material. Composite was made by adding variations in the anatase phase TiO<sub>2</sub> and rutile phase TiO<sub>2</sub>. The TiO<sub>2</sub> precursor in the anatase phase were heated at 80°C for 4 hours, while the rutile phase TiO<sub>2</sub> precursors were sintered at 800°C for 4 hours. Characterization carried out includes analysis to see differences in electrochemical performance in variations in the addition of materials, including XRD (X-Ray Diffraction) to determine the phase formation and crystallite size in TiO<sub>2</sub> anatase and rutile phases, cyclic voltammetry and charge-discharge to determine electrochemical performance. From the results of XRD analysis, TiO<sub>2</sub> in the anatase phase was formed without the impurity phase, while TiO<sub>2</sub> in the rutile phase still had many anatase phases and the presence of the VTiO<sub>3</sub> impurity phase. The electrochemical performance of the anatase-rutile phase TiO<sub>2</sub> anode composite shows that the diffusion coefficient is low ( $\sim 10^{-12}$  cm<sup>2</sup>/s), and the charge-discharge capacity value obtained is practically smaller than theoretically 168 mAh/g.

*Keywords: Anatase phase TiO<sub>2</sub> anode, rutile phase TiO<sub>2</sub>, lithium ion battery, solid state reaction method*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Baterai Ion Lithium.....	5
2.2. Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ).....	7
2.3. Struktur Kristal TiO <sub>2</sub> .....	9
2.4. Polimorf TiO <sub>2</sub> .....	10
2.4.1. Anatase .....	10
2.4.2. Rutile .....	11
2.4.3. Brookite.....	12
2.5. Transisi Anatase ke Rutile (ART) .....	13
2.5.1. Pembentukan Titania dan Transisi Fasa.....	13
2.5.2. Termodinamika dan Kinetika Transisi Anatase-Rutile .....	15
2.6. <i>Polyvinylidene Flouride</i> (PVDF).....	15
2.7. Zat Aditif Super P .....	16
2.8. Pelarut <i>N,N-dimethylacetamide</i> (DMAC) .....	16
2.9. Elektrolit <i>Lithium Hexafluorophosphate</i> (LiPF <sub>6</sub> ) .....	17
2.10. <i>Solid State Reaction</i> (SSR) .....	17
2.11. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	18
2.12. Performa Elektrokimia <i>Cyclic Voltametry</i> (CV) .....	20
2.13. <i>Charge-Discharge</i> (CD) .....	22



<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2. Alat dan Bahan .....	23
3.2.1. Alat-alat.....	23
3.2.2. Bahan-Bahan .....	24
3.3. Diagram Alir Metode Penelitian.....	24
3.4. Proses Pembuatan Komposit TiO <sub>2</sub> Fasa Anatase-Rutile.....	27
3.4.1. Proses Sintesis Material TiO <sub>2</sub> Fasa Anatase-Rutile.....	27
3.4.2. Proses Pembuatan <i>Slurry</i> Komposit TiO <sub>2</sub> Fasa Anatase-Rutile .....	27
3.4.3. Proses Pembuatan Lembaran ( <i>Coating</i> ) .....	28
3.4.4. Proses <i>Cutting</i> dan <i>Assembly Coin Cell</i> .....	29
3.5. Karakterisasi TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile .....	29
3.5.1. Pengujian XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	29
3.5.2. Pengujian performa elektrokimia dengan Uji <i>Cyclic Voltametry (CV)</i> .....	30
3.5.3. Pengujian Kapasitas Baterai dengan Uji <i>Charge-Discharge</i> .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1. Hasil dan Pembahasan Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	32
4.2. Hasil dan Pembahasan Pengujian <i>Cyclic Voltametry</i> .....	37
4.3. Hasil dan Pembahasan Pengujian <i>Charge-Discharge</i> .....	43
<b>BAB V .....</b>	<b>48</b>
5.1. Kesimpulan .....	48
5.2. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Mekanisme ion lithium selama proses <i>charge-discharge</i> .....	6
<b>Gambar 2.2.</b> Komponen baterai ion lithium .....	7
<b>Gambar 2.3.</b> Susunan atom pada fasa anatase, rutile dan brookite dari TiO <sub>2</sub> .....	10
<b>Gambar 2.4.</b> Struktur kristal TiO <sub>2</sub> anatase.....	11
<b>Gambar 2.5.</b> Struktur kristal TiO <sub>2</sub> rutile .....	12
<b>Gambar 2.6.</b> Struktur kristal TiO <sub>2</sub> brookite .....	13
<b>Gambar 2.7.</b> Skema jalur transisi yang memungkinkan untuk fasa TiO <sub>2</sub> .....	14
<b>Gambar 2.8.</b> Difraksi sinar-X .....	19
<b>Gambar 2.9.</b> <i>Cyclic</i> potensial <i>sweep</i> dan Hasil <i>cyclic voltammetry</i> .....	21
<b>Gambar 2.10.</b> Kurva <i>charge-discharge</i> baterai ion lithium.....	22
<b>Gambar 3.1.</b> Diagram alir pembuatan komposit TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile untuk anoda baterai ion lithium.....	27
<b>Gambar 3.2.</b> (a) Ukuran diameter anoda TiO <sub>2</sub> anatase-rutile, (b) Separator dan (c) <i>Assembly coin cell</i> .....	30
<b>Gambar 4.1.</b> (a) Kurva XRD material TiO <sub>2</sub> fasa anatase pada suhu pengovenan 80°C dengan waktu tahan selama 4 jam dan (b) database ICSD- 98-000-9854 untuk fasa anatase.....	33
<b>Gambar 4.2.</b> (a) Kurva XRD material TiO <sub>2</sub> fasa rutile pada suhu sintering 800°C dengan waktu tahan selama 4 jam, (b) Database ICSD- 98-005-3601 untuk fasa rutile dan (c) Kurva puncak tertinggi TiO <sub>2</sub> fasa rutile .....	34
<b>Gambar 4.3.</b> Grafik linear hubungan antara $\beta \cos \theta$ terhadap $4 \sin \theta$ pada (a) TiO <sub>2</sub> fasa anatase dan (b) TiO <sub>2</sub> fasa rutile .....	37
<b>Gambar 4.4.</b> Grafik hubungan tegangan (V) terhadap arus pada uji <i>cyclic voltammetry</i> sampel TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile (100%, 0%).....	38
<b>Gambar 4.5.</b> Grafik hubungan tegangan (V) terhadap arus pada uji <i>cyclic voltammetry</i> sampel TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile (75%, 25%).....	39
<b>Gambar 4.6.</b> Grafik hubungan tegangan (V) terhadap arus pada uji <i>cyclic voltammetry</i> sampel TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile (50%, 50%).....	40
<b>Gambar 4.7.</b> Grafik hubungan tegangan (V) terhadap arus pada uji <i>cyclic voltammetry</i> sampel TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile (25%, 75%).....	41

**Gambar 4.8.** Grafik hubungan tegangan (V) terhadap arus pada uji *cyclic voltammetry* sampel TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile (0%, 100%)..... 41

**Gambar 4.9.** Grafik hubungan I<sub>p</sub> (A) terhadap  $v^{1/2}(s^{-1})^{1/2}$  diperoleh dari kurva *cyclic voltammetry* komposit TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile ..... 43

**Gambar 4.10.** Grafik hubungan kapasitas *charge-discharge* (mAh/g) terhadap tegangan (V) pada uji *charge-discharge* sampel TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile (100%, 0%) ..... 45

**Gambar 4.11.** Grafik hubungan kapasitas *charge-discharge* (mAh/g) terhadap tegangan (V) pada uji *charge-discharge* sampel TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile (75%, 25%) ..... 46

**Gambar 4.12.** Grafik hubungan kapasitas *charge-discharge* (mAh/g) terhadap tegangan (V) pada uji *charge-discharge* sampel TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile (50%, 50%) ..... 46

**Gambar 4.13.** Grafik hubungan kapasitas *charge-discharge* (mAh/g) terhadap tegangan (V) pada uji *charge-discharge* sampel TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile (25%, 75%) ..... 47

**Gambar 4.14.** Grafik hubungan kapasitas *charge-discharge* (mAh/g) terhadap tegangan (V) pada uji *charge-discharge* sampel TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile (0%, 100%) ..... 48

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Struktur dan elektrokimia pada polimorf TiO <sub>2</sub> .....	9
<b>Tabel 3.1.</b> Perbandingan TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile .....	28
<b>Tabel 4.1.</b> Parameter kisi TiO <sub>2</sub> fasa anatase dan TiO <sub>2</sub> fasa rutile.....	35
<b>Tabel 4.2.</b> Ukuran kristalit untuk TiO <sub>2</sub> fasa anatase dan TiO <sub>2</sub> fasa rutile.....	37
<b>Tabel 4.3.</b> Nilai koefisien difusi baterai ion lithium pada puncak oksidasi dan reduksi untuk komposit anoda TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile.....	44
<b>Tabel 4.4.</b> Nilai kapasitas <i>charge-discharge</i> komposit anoda TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile .	49
<b>Tabel 4.5.</b> Nilai energi density dan efisiensi coulombik pada variasi komposit anoda TiO <sub>2</sub> fasa anatase-rutile .....	50

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pencemaran udara merupakan salah satu tantangan terbesar yang sedang dihadapi dunia saat ini. Sebagian besar polusi udara berasal dari industri dan transportasi yang menggunakan energi fosil. Polusi udara merupakan bentuk polusi yang berbahaya dan menyebabkan terjadinya perubahan iklim dan bencana geologi. Sehingga solusi untuk mengatasi polusi udara yaitu melakukan penggantian bahan bakar fosil dengan menggunakan energi terbarukan seperti energi matahari dan angin (Yan *et al.*, 2015). Dalam hal ini dibutuhkan suatu perangkat sebagai sistem penyimpanan dan pemanfaatan energi yang berefisien tinggi untuk memastikan terjadinya transmisi listrik sepanjang waktu dan sumber daya listrik yang stabil. Salah satu bentuk perangkat yang dibutuhkan yaitu baterai, yang mana baterai dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Sehingga baterai menjadi bagian yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari sebagai pemasok energi dan sebagai sumber daya untuk berbagai peralatan elektronik seperti telepon seluler, laptop, sepeda elektrik, kendaraan listrik dan lainnya (A.Pangestica S, 2019). Baterai ion lithium adalah salah satu bentuk perangkat yang memiliki kepadatan energi yang tinggi, bentuk yang fleksibel dan ringan, dan masa pakai yang lebih lama (Yan *et al.*, 2015).

Terdapat dua jenis baterai yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Pada baterai primer adalah baterai yang tidak dapat digunakan berkali-kali (tidak dapat diisi ulang) serta material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan. Sedangkan untuk baterai sekunder adalah baterai yang dapat digunakan berkali-kali dan dapat diisi ulang, hal ini dikarenakan baterai sekunder bersifat (*rechargeable*) sehingga dapat mengonversikan energi kimia menjadi energi listrik pada proses *charging-discharging* (Satriady *et al.*, 2016). Terdapat beberapa tipe baterai sekunder yang sering digunakan yaitu baterai ion lithium (Li-ion atau LIB), baterai polimer lithium (Li-Po), baterai *Lead Acid* (Accu), baterai *Nickel-Metal Hidride* (Ni-MH) (Afif, Ayu and Pratiwi, 2015). Pada baterai ion lithium memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan baterai konvensional, salah satunya adalah tidak memiliki sifat *memory effect* (Arfianto, Asfani and Fahmi, 2016). Dari banyaknya jenis baterai sekunder yang sering digunakan baterai ion lithium adalah baterai yang paling baik untuk digunakan dalam berbagai situasi.

Komponen sel baterai ion lithium terdiri dari anoda dan katoda (elektroda), separator dan elektrolit. Untuk material aktif anoda yang banyak digunakan adalah grafit sedangkan untuk material katoda adalah lithium metal. Material anoda grafit memiliki kapasitas penyimpanan energi yang besar yaitu 372 mAh/g serta material ini tidak aman untuk digunakan dikarenakan terjadinya dekomposisi organik elektrolit dan terbentuknya dendrit ion lithium di permukaan grafit (Madian, Eychmüller and Giebeler, 2018). Kelemahan dari anoda grafit adalah memiliki tegangan operasi yang rendah  $\sim 0,1$  V vs Li/Li<sup>+</sup>, mengalami perluasan volume kisi (9-13%) selama proses interkalasi yang menyebabkan penurunan kapasitas penyimpanan yang sangat drastis selama proses *charge-discharge*. Perluasan dan penurunan pada partikel grafit dapat mengakibatkan partikel grafit rusak serta siklus hidup baterai menjadi pendek (Yang *et al.*, 2015). Sehingga dari kelemahan grafit tersebut perlunya material pengganti untuk penyimpanan energi. Material yang digunakan untuk mengatasi kelemahan dari grafit dapat menggunakan Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) (Brunner and Brunner, 2021).

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) adalah salah satu material sebagai elektroda negatif yang digunakan untuk mengatasi kelemahan dari grafit dikarenakan material TiO<sub>2</sub> memiliki stabilitas struktural yang besar, perubahan volume yang dapat diabaikan (4%), retensi kapasitas yang stabil, kinetika yang cepat dalam penyisipan/pengosongan ion lithium, dan pada pembentukan dendrit lithium atau tegangan plateau (1,7 V vs. Li/Li<sup>+</sup>) (Madian, Eychmüller and Giebeler, 2018). Ekspansi volume TiO<sub>2</sub> jauh lebih kecil dari pada grafit sebesar (10%), memiliki siklus hidup yang panjang, sehingga TiO<sub>2</sub> menjadi bahan yang aman digunakan untuk berbagai aplikasi. Selain itu, TiO<sub>2</sub> memiliki kapasitas secara teoritis sebesar (335 mAh/g) yang sebanding dengan nilai kapasitas grafit sebesar (372 mAh/g). Kelebihan dari material TiO<sub>2</sub> yaitu tidak beracun, ramah lingkungan, berbiaya rendah, dielektrik, dan katalis yang sangat baik (Madian, Eychmüller and Giebeler, 2018) (Liu *et al.*, 2014). Keuntungan dari menggunakan TiO<sub>2</sub> adalah bersifat semikonduktor, aktivitas elektrokimia yang tinggi, stabilitas kimiawi yang baik (tidak mengalami fotokorosi dan korosi kimiawi) pada semua pelarut kecuali dalam larutan yang sangat asam (Su *et al.*, 2012). Kelebihan lainnya memiliki tegangan kerja yang tinggi 1,9 V, sehingga menghindari terbentuknya dendrit lithium. Kemampuan TiO<sub>2</sub> untuk menginterkalasikan ion lithium dalam struktur internal kisi kristalnya menunjukkan TiO<sub>2</sub> mampu mengakomodasi ion lithium selama proses

pemakaian baterai sehingga sangat berpotensi sebagai material anoda pada baterai ion lithium (Liu and Yang, 2016).

TiO<sub>2</sub> memiliki tiga struktur fasa kristal yaitu anatase, rutile, dan brookite. Anatase memiliki kapasitas yang besar dalam penyisipan ion lithium. Sedangkan rutile dan brookite memiliki kapasitas yang kecil dalam menampung ion lithium. Anatase dan rutile memiliki struktur kristal tetragonal, sedangkan brookite memiliki struktur ortorhombik. Pada fasa anatase adalah fasa metastabil, yang mana fasa anatase akan berubah menjadi fasa rutile saat dilakukan proses pemanasan. Fasa anatase akan stabil pada suhu dibawah 800°C, ketika suhu tersebut berada diatas 800°C maka akan terbentuk fasa rutile. Pada umumnya fasa anatase akan lebih stabil dari pada fasa rutile dengan ukuran partikel di bawah 14 nm. Rutile adalah satu-satunya fasa TiO<sub>2</sub> yang stabil disemua suhu dan tekanan dan lebih stabil secara termodinamika. Rutile memiliki sifat dielektrik dan optik yang baik dari polimorf TiO<sub>2</sub> (Liu and Yang, 2016). Namun TiO<sub>2</sub> fasa anatase memiliki kelemahan seperti nilai koefisien difusi dan nilai konduktivitas elektrik yang rendah, sedangkan TiO<sub>2</sub> fasa rutile memiliki nilai koefisien difusi dan nilai konduktivitas elektrik yang lebih besar (Yan et al., 2015).

Pada penelitian ini, akan dilakukan sintesis dan karakterisasi material anoda komposit TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile dengan menggunakan metode *solid state reaction*, dan pengaruh fasa rutile terhadap performa elektrokimia. Metode *solid state reaction* memiliki beberapa keunggulan, diantaranya dapat memperoleh hasil yang banyak, menggunakan temperatur tinggi sehingga dapat menjaga kemurnian kristal dan mempunyai kristalinitasi yang baik (Aflahannisa and Astuti, 2016). Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini mengambil topik **Pembuatan Komposit Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) Fasa Anatase-Rutile Untuk Anoda Baterai Ion Lithium.**

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mensintesis TiO<sub>2</sub> fasa anatase menjadi TiO<sub>2</sub> fasa rutile dengan menggunakan metode *solid state reaction*?
2. Bagaimana transformasi dari fasa anatase ke fasa rutile?
3. Bagaimana pengaruh performa elektrokimia komposit TiO<sub>2</sub> fasa anatase- rutile sebagai anoda baterai ion lithium?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang dipaparkan, tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisa sintesis TiO<sub>2</sub> fasa anatase menjadi TiO<sub>2</sub> fasa rutile dengan menggunakan metode *solid state reaction*.
2. Menganalisa transformasi dari fasa anatase ke fasa rutile.
3. Menganalisa pengaruh performa elektrokimia komposit TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile sebagai anoda baterai ion lithium.

## 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Menggunakan teknik pembuatan dengan metode *solid state reaction*.
2. Sintesis pada material hanya dilakukan pada suhu 800°C untuk TiO<sub>2</sub> fasa rutile dan 80°C untuk TiO<sub>2</sub> fasa anatase.
3. Variasi TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile yang digunakan yaitu (100%, 0%; 75%, 25%; 50%, 50%; 25%, 75%; 0%, 100%).
4. Perbandingan dalam pembuatan lembaran yaitu TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile: *Polyvinilidene Flouride* (PVDF): Super P = 8:1:1.

## 1.5. Manfaat penelitian

Manfaat pada penelitian ini meliputi:

1. Dapat menggunakan komposit TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile sebagai anoda baterai ion lithium dengan metode *solid state reaction*.
2. Dapat menambah wawasan mahasiswa mengenai pembuatan komposit TiO<sub>2</sub> fasa anatase-rutile sebagai anoda baterai ion lithium.



## DAFTAR PUSTAKA

- A.Pangestica S, T. L. and Y. A. (2019) 'Pengaruh Rasio LiB0B:TiO<sub>2</sub> dari Lembaran Polimer Elektrolit sebagai Pemisah terhadap Kinerja Elektrokimia Baterai Lithium- Ion Berbasis LTO', 22(4), pp. 136–142.
- Afif, M. T., Ayu, I. and Pratiwi, P. (2015) 'Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion , Lithium-Polymer , Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik - Review', 6(2), pp. 95–99.
- Aflahannisa, A. and Astuti, A. (2016) 'Sintesis Nanokomposit Karbon-TiO<sub>2</sub> Sebagai Anoda Baterai Lithium', *Jurnal Fisika Unand*, 5(4), pp. 357–363. doi: 10.25077/jfu.5.4.357-363.2016.
- Arfianto, D. F., Asfani, D. A. and Fahmi, D. (2016) 'Pemantauan, Proteksi, dan Ekualisasi Baterai Lithium-ion Tersusun Seri Menggunakan Konverter Buck-Boost dan LC Seri dengan Kontrol Synchronous Phase Shift', 5(2), pp. 122–127.
- Brunner, I. M. I. M. and Brunner, S. M. (2021) 'Pemilihan Baterai Kendaraan Listrik dengan Metoda Weighted Objective', VI(1), pp. 1563–1572.
- Carp, O., Huisman, C. L. and Reller, A. (2004) 'Photoinduced reactivity of titanium dioxide', *Progress in Solid State Chemistry*, 32(1–2), pp. 33–177. doi: 10.1016/j.progsolidstchem.2004.08.001.
- Ebtesam, A. A. A. and Esmail, E. A. S. A. (2018) 'Comparative study on the physical properties of transition metal- doped ( Co , Ni , Fe , and Mn ) ZnO nanoparticles', *Applied Physics A*, 0(0), pp. 2–10. doi: 10.1007/s00339-018-1871-3.
- Hanaor, D. A. H. and Sorrell, C. C. (2011) 'Review of the Anatase to Rutile Phase Transformation', *Journal of Materials Science*, 46(February), pp. 855–874. doi: 10.1007/s10853-010-5113-0.
- Handoko, E., Soegijono, B. and Tama, F. R. (2014) 'Tehnik Difraksi Sinar-X Dalam Analisis Struktur Kristal Bambang Soegijono', in, pp. 1–239.
- Hu, Y. S. *et al.* (2006) 'High lithium electroactivity of nanometer-sized rutile TiO<sub>2</sub>', *Advanced Materials*, 18(11), pp. 1421–1426. doi: 10.1002/adma.200502723.
- Jiang, C. *et al.* (2007) 'Particle size dependence of the lithium storage capability and high rate performance of nanocrystalline anatase TiO<sub>2</sub> electrode', *Journal of Power Sources*, 166(1), pp. 239–243. doi: 10.1016/j.jpowsour.2007.01.004.

- Krajewski, M. *et al.* (2017) 'Electrochemical properties of lithium–titanium oxide , modified with Ag – Cu particles , as a negative electrode for lithium-ion batteries', *RSC Advances*, 7, pp. 52151–52164. doi: 10.1039/C7RA10608D.
- Kumar, G. and Rao, K. (2014) 'Polymorphic phase transition among the titania crystal structures in solution based approach: From precursor chemistry to nucleation process', *Nanoscale*, 20(6), pp. 11574–11632.
- Lee, J.-W. and Kim, W.-B. (2014) 'Research Trend of Electrode Materials for Lithium Rechargeable Batteries', *Journal of Korean Powder Metallurgy Institute*, 21(6), pp. 473–479. doi: 10.4150/kpmi.2014.21.6.473.
- Li, J., Tang, Z. and Zhang, Z. (2005) 'Preparation and Novel Lithium Intercalation Properties of Titanium Oxide Nanotubes', *Electrochemical and Solid-State Letters*, 6(8), pp. 316–319. doi: 10.1149/1.1904465.
- Liu, X. *et al.* (2014) 'TiO<sub>2</sub> anode materials for lithium-ion batteries with different morphology and additives', *Turkish Journal of Physics*, 8987(October 2015), p. 898703. doi: 10.1117/12.2038034.
- Liu, Y. and Yang, Y. (2016) 'Recent progress of TiO<sub>2</sub>-based anodes for Li ion batteries', *Journal of Nanomaterials*, (2), pp. 1–15. doi: 10.1155/2016/8123652.
- Madian, M., Eychmüller, A. and Giebeler, L. (2018a) 'Current advances in TiO<sub>2</sub>-based nanostructure electrodes for high performance lithium ion batteries', *Batteries*, 4(7), pp. 2–36. doi: 10.3390/batteries4010007.
- Neelgund, G. M. *et al.* (2011) 'Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> preparation by microwave route and nature of anatase-rutile phase transition in nano TiO<sub>2</sub>', *Bulletin of Materials Science*, 34(6), pp. 1163–1171. doi: 10.1007/s12034-011-0165-6.
- Priyono, B. *et al.* (2015) 'Sintesis Lithium Titanat Dengan Metode Hidrotermal Dan Efek Suhu Sintering Pada Karakteristik Nanostrukturnya', *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 1(17), pp. 1–9.
- Priyono, S. *et al.* (2016) 'Pembuatan Anoda Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> Dan Studi Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Performa Elektrokimia Baterai Ion Lithium', *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17(4), pp. 3–9.
- Saputry, A. P., Lestariningsih, T. and Astutia, Y. (2019) 'Pengaruh Rasio LiB<sub>0</sub>B:TiO<sub>2</sub> dari Lembaran Polimer Elektrolit sebagai Pemisah terhadap Kinerja Elektrokimia Baterai Lithium-Pengaruh Rasio LiB<sub>0</sub>B:TiO<sub>2</sub> dari Lembaran Polimer Elektrolit

- sebagai Pemisah terhadap Kinerja Elektrokimia Baterai Lithium- Ion Berbasis’, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 22(4), pp. 136–142.
- Satriady, A. *et al.* (2016) ‘Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai LiFePO<sub>4</sub>’, 06(02), pp. 43–48.
- Shin, H. *et al.* (2005) ‘Crystal phase evolution of TiO<sub>2</sub> nanoparticles with reaction time in acidic solutions studied via freeze-drying method’, *Journal of Solid State Chemistry*, 178(1), pp. 15–21. doi: 10.1016/j.jssc.2004.09.035.
- Song, T. and Paik, U. (2015) ‘TiO<sub>2</sub> as an active or supplemental material for lithium batteries’, *Journal of Materials Chemistry A*, 4(1), pp. 14–31. doi: 10.1039/c5ta06888f.
- Su, X. *et al.* (2012) ‘Advanced titania nanostructures and composites for lithium ion battery’, *Journal of Materials Science*, 47(6), pp. 2519–2534. doi: 10.1007/s10853-011-5974-x.
- Thomson, C. G., Lee, A. and Vilela, F. (2020) ‘Heterogeneous photocatalysis in flow chemical reactors’, *Journal Of Organic Chemistry*, pp. 1495–1549. doi: 10.3762/bjoc.16.125.
- Tio, S. A. *et al.* (2008) ‘Improved High-Temperature Stability and Sun-Light-Driven Photocatalytic Activity of’, *J. Phys. Chem. C*, 112, pp. 7644–7652.
- Verma, H. R., Singh, K. K. and Mankhand, T. R. (2017) ‘Comparative study of printed circuit board recycling by cracking of internal layers using organic solvents- dimethyl formamide and dimethylacetamide’, *Journal of Cleaner Production*, 142, pp. 1721–1727. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.11.118.
- Wang, Y. *et al.* (2015) ‘Lithium and lithium ion batteries for applications in microelectronic devices: A review’, *Journal of Power Sources*, 286, pp. 330–345. doi: 10.1016/j.jpowsour.2015.03.164.
- Won, D. *et al.* (2001) ‘Effects of thermally induced anatase-to-rutile phase transition in MOCVD-grown TiO<sub>2</sub> films on structural and optical properties’, *Materials Science & Processing*, 600, pp. 595–600.
- Xie, M. *et al.* (2015) ‘Amorphous Ultrathin TiO<sub>2</sub> Atomic Layer Deposition Films on Carbon Nanotubes as Anodes for Lithium Ion Batteries’, *Journal of The Electrochemical Society*, 162(6), pp. A974–A981. doi: 10.1149/2.0501506jes.

- Yan, X. *et al.* (2015) 'TiO<sub>2</sub> Nanomaterials as Anode Materials for Lithium-Ion Rechargeable Batteries', *Journal Energy Technology*, 3, pp. 801–814. doi: 10.1002/ente.201500039.
- Yan, X. and Chen, X. (2012) 'Titanium Dioxide Nanomaterials', *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1352(October). doi: 10.1002/9781119951438.eibc2335.
- Yang, J., Mei, S. and Ferreira, J. M. F. (2000) 'Hydrothermal synthesis of nanosized titania powders: Influence of peptization and peptizing agents on the crystalline phases and phase transitions', *Journal of the American Ceramic Society*, 83(6), pp. 1361–1368. doi: 10.1111/j.1151-2916.2000.tb01394.x.
- Yang, X. *et al.* (2015) 'Size-Tunable Single-Crystalline Anatase TiO<sub>2</sub> Cubes as Anode Materials for Lithium Ion Batteries', *Journal Physical Chemistry*. doi: 10.1021/jp512289g.
- Yulianti, E. and Jodi, H. (2013) 'Li Ion Conducting Polymer Based On Polyvinylidene Fluoride And Li Triflate', *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(1).
- Zallen, R. and Moret, M. P. (2006) 'The optical absorption edge of brookite TiO<sub>2</sub>', *Solid State Communications*, 137(3), pp. 154–157. doi: 10.1016/j.ssc.2005.10.024.
- Zhang, H. and Banfield, J. F. (2000) 'Understanding polymorphic phase transformation behavior during growth of nanocrystalline aggregates: Insights from TiO<sub>2</sub>', *Journal of Physical Chemistry B*, 104(15), pp. 3481–3487. doi: 10.1021/jp000499j.