

FABRIKASI DAN MODIFIKASI PERMUKAAN ANODA $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ DOPING $\text{AL}_{0,03}$
DENGAN TEMPLATE P123 (PLURONIK)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)



Diusulkan oleh:

WAHYUNINGSI

NIM. 08021181823014

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBARAN PENGESAHAN

I. Pelaksanaan

Nama : Wahyuningsi
NIM : 08021181823014
Jurusan : Fisika
Bidang Ilmu : Fisika Material
Universitas : Universitas Sriwijaya

II. Topik

Anoda $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ Doping $\text{Al}_{0,03}$ dengan
Template P123 (Pluronik)

III. Tempat Pelaksanaan

: Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang Selatan 15314, Banten.

IV. Waktu Pelaksanaan

: 2 Juni 2021 – 2 September 2021

Indralaya, Mei 2022

Pembimbing I



Dr. Ramlan
NIP. 196604101993031003

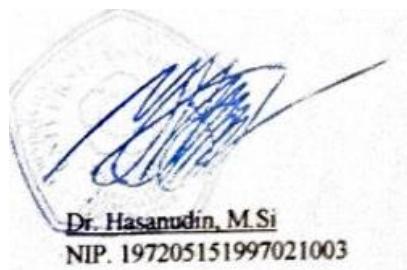
Pembimbing II



Slamet Priyono, S. Si., M. T.
NIP. 198610152009121004

Mengetahui,

PLT. Ketua Jurusan Fisika
Wakil Dekan I Bidang Akademik



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya:

Nama : Wahyuningsi

NIM : 08021181823014

Judul TA : Fabrikasi dan Modifikasi Permukaan Anoda $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ Doping $\text{Al}_{0,03}$ dengan
Template P123 (Pluronik)

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul tersebut adalah asli atau orisinalitas dan mengikuti etika penulisan karya tulis ilmiah sampai pada waktu skripsi ini diselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di program studi fisika universitas sriwijaya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari terdapat kesalahan ataupun keterangan palsu dalam surat pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.



KATA PENGANTAR

Bissmillahirahmanirrohim.....

Dengan mengucap rasa puji dan syukur saya panjatkan ke-hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya serta sholawat dan salam tetaplah tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan kepada kita jalan yang lurus berupa ajaran yang sempurna, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini berjudul **“Fabrikasi dan Modifikasi Permukaan Anoda Li₄Ti₅O₁₂ Doping Al_{0,03} dengan Template P123 (Pluronik)”**. Skripsi ini tidaklah dapat terwujud tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih terutama kepada Bapak Dr. Ramlan selaku pembimbing I dan Bapak Slamet Priyono, S.Si.,M.T selaku pembimbing II. Terimakasih atas segala bimbingan, kritik dan saran yang membangun, arahan dan masukan yang sangat bermanfaat, memberikan dukungan kepada saya. Saya juga berterimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi karunia nikmat Iman dan Islam serta nikmat sehat wal’afiat, berkat karunia-Nya proses pembuatan skripsi ini berjalan dengan lancar.
2. Kedua orang tua, Bapak tercinta Bambang Triono dan Ibunda tercinta Sutina, yang tak henti-hentinya selalu mendo’akan, memberikan dukungan dan motivasi serta menjadi penyemangat bagi saya.
3. Uniku Adis Variani yang selalu menjadi teman dalam kondisi apapun saya dalam segala perjalanan hingga sampai saat ini.
4. Adik-adikku Rifi Nurhidayah dan Bayu Setiawan
5. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si,M.T selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Drs. Arsali, M.Sc selaku Pembimbing Akademik di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
8. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si.,M.Si selaku dosen penguji I yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis.
9. Bapak Hadi, S.Si.,M.Si selaku dosen penguji II yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis.

10. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si,M.T selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
11. Bapak Drs. Arsali, M.Sc selaku Pembimbing Akademik di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
12. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si.,M.Si selaku dosen penguji I yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis.
13. Bapak Hadi, S.Si.,M.Si selaku dosen penguji II yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis.
14. 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.
15. Bapak Nabair (Babe) dan Kak David selaku staf tata usaha Jurusan Fisika yang telah banyak membantu dalam administrasi selama perkuliahan.
16. Kepala Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Ibu Dr. Rike Yudianti.
17. Para peneliti, dan kakak-kakak tenaga lapangan di Laboratorium Kelompok Penelitian Baterai Lithium LIPI (Mas zul, Mas suryali, Mas ilham dan mas yusriel).
18. Masya Rulia yang telah menjadi teman diskusi, dan berbagi jikalau senang dan sedih, dan teman pulang dan pergi saat penelitian di LIPI.
19. Seluruh rekan seperjuangan Fisika Angkatan 2018 terkhusus KBI Fisika Teori dan Material yang selalu bersama menapaki tanjakan perjuangan di bangku kuliah.Serta seluruh pihak terkait yang telah banyak membantu saya dalam penulisan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

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

Indralaya, Mei 2022



Wahyuningsi

NIM. 08021181823014

**FABRIKASI DAN MODIFIKASI PERMUKAAN ANODA $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ DOPING $\text{Al}_{0,03}$
DENGAN TEMPLATE P123 (PLURONIK)**

Oleh:

**WAHYUNINGSI
NIM.08021181823014**

Abstrak

Telah dilakukan fabrikasi baterai ion lithium dengan bahan baku anoda Lithium Titanium Oxide ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$). Bahan aktif LTO doping $\text{Al}_{0,03}$ disintesis menggunakan metode *sol gel* dengan disintering 850°C selama 4 jam pada atmosfer udara bebas. Selanjutnya proses pencampuran bahan yang menggunakan 2 metode dengan pengurutan bahan yang berbeda, dengan metode pertama larutan A (Lithium asetat), larutan B (aluminium asetat), larutan C (titanium tetrabutoxide) dan lautan D (P123), untuk metode kedua larutan tetrabutoxide dimasukan menjadi terakhir. Setelah itu proses sintering, bahan aktif digerus. Material dibuat lembaran anoda dan diassembling menjadi sel baterai lithium di dalam *glove box*. Hasil karakterisasi terbentuk fasa Lithium titanium oxide (LTO) dan fasa rutile (TiO_2) untuk nilai persentasi fasa berurut pada sampel 1 (91%; 9%) dan sampel 2 (98%; 2%) dengan ukuran kristal dan parameter kisi berturut sampel 1 ($8,3570 \text{ \AA}$ dan $73,813 \text{ nm}$). Morfologi permukaan pada sampel menunjukkan permukaan terbentuk tidak beraturan dan tidak berpori dengan ukuran partikel sampel 1 ($1,5799 \mu\text{m}$) dan sampel 2 ($1,5840 \mu\text{m}$) terdapat aglomerasi pada kedua sampel. Baterai anoda doping $\text{Al}_{x=0,03}$ dengan penambahan P123 memiliki nilai koefisien difusi yang tinggi dan nilai konduktifitas yang tinggi pada kedua sampel dengan nilai konduktifitas sampel 1 ($109,4 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$) dan sampel 2 ($89,22 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$). Nilai kapasitas sampel 1 lebih besar dari sampel 2 dengan nilai sampel 1 (171,87-171,71 mAh/g) dan sampel 2 (75,79-77,33 mAh/g).

Kata Kunci: baterai ion lithium, metode sol-gel, P123 (Pluronik)

Indralaya, 31 Mei 2022

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Ramlan
NIP. 196604101993031003

Pembimbing II

Slamet Priyono, S. Si., M. T.
NIP. 198610152009121004

**Mengetahui
Plt. Ketua Jurusan Fisika**

Dr. Hasanudin, M.Si
NIP. 197205151997021003

FABRICATION AND SURFACE MODIFICATION OF ANODE $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ DOPING $\text{Al}_{0.03}$ WITH TEMPLATE P123 (PLURONIC)

By:

WAHYUNINGSI
NIM.08021181823014

Abstract

The lithium ion battery has been fabricated with Lithium Titanium Oxide ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) as the raw material for the anode. The active ingredient LTO doped $\text{Al}_{0.03}$ was synthesized using the sol gel method by sintering at 850°C for 4 hours in a free air atmosphere. Next is the process of mixing the ingredients using 2 methods with different ordering of materials, with the first method solution A (Lithium acetate), solution B (aluminum acetate), solution C (titanium tetrabutoxide) and ocean D (P123), for the second method a solution of tetrabutoxide is added. be the last. After the sintering process, the active ingredients are crushed. The material is made of anode sheets and assembled into lithium battery cells in a glove box. The results of the characterization formed Lithium titanium oxide (LTO) and rutile (TiO_2) phases for sequential phase percentage values in sample 1 (91%; 9%) and sample 2 (98%; 2%) with crystal size and lattice parameters, respectively sample 1 (8.3570 and 73.813 nm), the surface morphology of the sample shows that the surface is irregular and non-porous with a particle size of sample 1 (1.5799 μm) and sample 2 (1.5840 μm) with agglomeration in both samples. $\text{Al } x=0.03$ anode battery with the addition of P123 has a high diffusion coefficient value and a high conductivity value in both samples with a conductivity value of sample 1 ($109.4 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$) and sample 2 ($89.22 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$). The capacity value of sample 1 is greater than sample 2 with a value of sample 1 (171.87-171.71 mAh/g) and sample 2 (75.79-77.33 mAh/g).

Keywords: lithium ion battery, sol-gel method, P123 (Pluronic)

Indralaya, 31 May 2022

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Ramlan
NIP. 196604101993031003

Pembimbing II

Slamet Priyono, S. Si., M. T.
NIP. 198610152009121004

Mengetahui
Plt. Ketua Jurusan Fisika

Dr. Hasanudin, M.Si
NIP. 197205151997021003

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN ORSINALITAS.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Baterai Ion Lithium.....	5
2.2 Anoda Litium Titanate Oxide ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)	6
2.3 Elektroda berpori.....	7
2.4 Karakterisasi Performa Baterai.....	9
2.4.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	9
2.4.2 <i>Field Emission- Scanning Electron Microscope (FE-SEM)</i>	11
2.4.3 <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i>	11
2.4.4 <i>Charge-Dischage (CD)</i>	12
2.4.5 <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i>	13
2.5 Sol-Gel	13
2.6 P123 (Pluronik).....	13
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14

3.2.1 Bahan Baku.....	14
3.2.2 Alat.....	14
3.3 Diagram Alir Metode Penelitian.....	15
3.4 Proses Pembuatan Bahan Uji dan Pengujian	18
3.4.1 Proses Pembuatan Sintesis Serbuk Pengujian.....	18
3.4.2 Proses Pembuatan <i>Slurry</i>	20
3.4.3 Proses Pembuatan Lembaran Anoda (<i>Coating</i>).....	20
3.4.4 Proses Cutting dan Asembling Coin <u>Cell</u>	20
3.4.5 Analisis struktur kristal dengan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	21
3.4.6 Pengujian konduktivitas elektronik dengan Uji EIS	21
3.4.7 Pengujian Performa Elektrokimia dengan Uji Cyclic Voltammetry(CV)....	22
3.4.8 Pengujian Kapasitas Baterai dengan Uji <i>Charge-Discharge</i>	22
3.4.9 Pengujian <i>Field - Scanning Electron Microscope (FE-SEM)</i>	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Analisi Lembaran.....	23
4.2 Analisis X-ray Difraction (XRD).....	23
4.3 Analisis <i>Field - Scanning Electron Microscope (FE-SEM)</i>	27
4.4 Analisis Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS).....	30
4.5 Analisis Cyclic Voltammetry (CV).....	31
4.6 Analisis <i>Charge-Discharge (CD)</i>	35
BAB V PENUTUP	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
Lampiran I Gambar alat dan bahan penelitian.....	41
Lampiran II Perhitungan Stoikiometri.....	46
Lampiran III Grafik Hasil XRD dan Perhitungan.....	48
SURAT KETERANGAN.....	55
PENILAIAN TUGAS AKHIR.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses <i>charge</i> dan <i>discharge</i> baterai ion lithium.....	6
Gambar 2.2 Citra SEM 3 DOM Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ pada 800 °C.....	9
Gambar 2.3 Ilustrasi skema fabrikasi Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ bola berongga.....	9
Gambar 2.4 Difraksi sinar-X pada XRD.....	11
Gambar 2.5 Ilustrasi difraksi sinar-X.....	11
Gambar 2.6 Hasil Siklik Voltammogram.....	13
Gambar 3.1 Diagram alir sintesis serbuk dengan metode sol gel.....	18
Gambar 3.2 Diagram alir sintesis serbuk dengan metode sol gel.....	19
Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan baterai setengah sel.....	20
Gambar 3.4 Penimbangan bahan untuk sintesis serbuk.....	21
Gambar 3.5 Larutan campuran akhir setiap sampel.....	22
Gambar 3.6 (a) Ukuran diameter anoda Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ AL , (b)Separator dan (c) <i>Assembly coin cell</i>	24
Gambar 4.1 Hasil lembaran (a) sampel 1 dan (b) sampel 2.....	27
Gambar 4.2 Kurva XRD material LTOAl.....	26
Gambar 4.3 Grafik linear hubungan 4 sin sin θ dan βcosθ pada (a) LTOAl sampel 1 dan (b) LTOAl sampel 2.....	29
Gambar 4.4 Hasil analisa FE-SEM (a) LTOAl sampel 1 dan (b) LTOAl sampel 2 dan histogram ukuran partikel (c) LTOAl sampel 1 dan (d) LTOAl sampel 2.....	31
Gambar 4.5 Hasil EDS (a) LTOAl sampel 1 dan (b) LTOAl sampel 2i, dan kandungan unsur (c) LTOAl sampel 1 dan (d) LTOAl sampel 2.....	32
Gambar 4.6 Grafik EIS LTOAl.....	34
Gambar 4.7 Grafik CV LTOAl.....	36
Gambar 4.8 Grafik hubungan I _p (A) terhadap v ^{1/2} (s ⁻¹) ^{1/2} diperoleh dari kurva <i>cyclic voltammetry</i> LTOAl.....	37
Gambar 4.9 Grafik CD LTOAl.....	39
Gambar 4.10 Parameter Puncak Hasil Uji <i>charge-discharge</i>	40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Massa bahan dasar pembentukan sampel $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dengan P123 metode 1.....21	
Tabel 3.2 Massa bahan dasar pembentukan sampel $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dengan P123 metode 2.....21	
Tabel 4.1 Persentase fasa hasil XRD dengan menggunakan <i>softaware Highscore</i>26	
Tabel 4.2 Parameter kisi untuk sampel LTOAl.....26	
Tabel 4.3 Ukuran kristal sampel LTOAl.....28	
Tabel 4.4 Hasil EDS kandungan unsur sampel LTOAl.....32	
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan konduktifitas LTOAl.....33	
Tabel 4.6 Hasil perhitungan koefisien difusi LTOAl.....35	
Tabel 4.7 Nilai koefesien difusi ion lithium pada puncak oksidasi dan reduksi material LTOAl.....37	
Tabel 4.8 Parameter Puncak Hasil Uji <i>charge-discharge</i> LTOAl.....39	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lithium titanium oxide pertama kali dianalisis pada tahun 1983 oleh Murphy dkk untuk kemampuan interkalasi lithium. Sejak itu, $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ telah menjadi salah satu bahan anoda yang paling menonjol untuk aplikasi baterai ion lithium karena struktur "zero-strain" yang unik selama proses *charge/discharge* (Lu et al., 2007). Dengan pesatnya perkembangan pembangkit listrik energi terbarukan, kendaraan listrik hibrida dan aplikasi penyimpanan energi lainnya telah dianggap sebagai kandidat bahan anodik terbaik untuk penyimpanan energi karena beberapa fitur luar biasa, seperti tegangan flat stabil 1,5 V, keamanan tinggi, performa cycle yang lama, dan fabrikasi yang mudah. Sejumlah besar artikel penelitian yang telah diterbitkan menunjukkan minat yang besar pada $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dalam beberapa tahun terakhir (X. Sun et al., 2015). Upaya penelitian yang cukup besar telah dicurahkan untuk meningkatkan konduktivitas elektronik, konduktivitas ionik dan kapasitas spesifik $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dengan pelapisan karbon, pengurangan ukuran dan strategi doping struktural. Oleh karena itu, power dan stabilitas $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ telah sangat ditingkatkan, dan telah digunakan pada baterai di EV dan HEV (Botsford and Szczechepanek, 2009). Meskipun $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ sangat unggul pada sisi keamanan dan daya tahan namun masih banyak tantangan untuk $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ agar dapat diaplikasikan dalam penyimpanan energi EV.

Tantangan pertama adalah meningkatkan performa daya untuk *charge /discharge* pemakaian listrik energi terbarukan. $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ memiliki beberapa masalah karena konduktivitas listriknya yang rendah (sekitar $10^{-8} \approx 10^{-13} \text{ S cm}^{-1}$). Meskipun kinerja $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ telah ditingkatkan dengan menggunakan partikel skala nano, doping dan pelapisan permukaan, akan tetapi masih belum dapat sepenuhnya memenuhi harapan tingkat tinggi dari pemakaian listrik energi terbarukan. Tantangan kedua adalah mengendalikan gas yang muncul (misalnya, CO_2 , H_2 , CO) selama siklus *charge/discharge* dan bahkan selama proses penyimpanan *charge* (terutama pada suhu tinggi), hal ini mengarah kepada pengembangan serius dan masalah keamanan lebih lanjut. Tantangan ketiga dari baterai $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ sebagai sumber daya untuk EV meningkatkan kapasitas spesifik dari bahan elektroda. Untuk $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ kapasitas teoretisnya yang relatif rendah (175 mA hg^{-1}). Sebuah peningkatan kapasitas spesifik Li modifikasi $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dapat dicapai dengan doping elemen dan untuk

meningkatkan kemampuan kecepatan $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ salah satu cara yang populer adalah dengan mengurangi ukuran partikel menjadi skala nano. Nano partikel $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ disintesis menggunakan reaksi solid-state atau metode sol-gel. Nano partikel $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ disintesis melalui proses sol-gel menggunakan P123 sebagai surfaktan yang menunjukkan sifat *charge-discharge* tertinggi. Nanopartikel memiliki luas permukaan aktif yang besar untuk insersi ion litium dan jalur yang pendek untuk memfasilitasi proses difusi ion litium (Huang & Jiang, 2008).

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi permukaan $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}\text{Al}$ dengan P123 sebagai *template*, penggunaan bahan P123 di tunjukan agar permukaan $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}\text{Al}$ yang dihasilkan berpori sehingga dapat meningkatkan spesifik kapasitansi. Adapun tujuan dari doping Aluminium yaitu untuk meningkatkan konduktifitas ionik lithium. Berdasarkan penelitian sebelumnya jumlah doping Al optimum yang digunakan sebesar 0,03 mol pada persentase tersebut menghasilkan performa yang baik dengan nilai koefisien difusi yang paling tinggi yaitu $7,31278 \times 10^{-10}$ (Yuniati,S. (2020). Untuk komposisi bahan yang digunakan 80 : 10 : 10 pencampuran bahan baku dilakukan dengan proses *mixing* menggunakan stirrer selama 30 menit sehingga menjadi gel. Kemudian dilakukan proses pengeringan di oven pada suhu 50°C selama 24 jam, setelah itu dilakukan pembuatan slurry dan lembaran menggunakan mesin *automatic thick film coater*, kemudian dilakukan proses *cutting* dan *Assembling coin cell* di dalam *glove box*. Tantangan pada penelitian ini terletak pada urutan proses pencampuran bahan P123 karena bahan ini bisa sebagai host atau sebagai base untuk menghasilkan campuran yang homogen. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu metode sol-gel, metode sol-gel memiliki beberapa keuntungan antara lain dapat memperkecil ukuran partikel, campuran lebih homogen, morfologi lebih seragam. Dengan memperkecil ukuran partikel maka akan mengurangi jalur difusi atom Li^+ sehingga diharapkan nilai konduktivitas elektroniknya dan koefisien difusi ion lithiumnya akan meningkat (Y. C. Kuo and J. Y. Lin, 2014). Adapun pengujian yang dilakukan menggunakan XRD untuk melihat sifat fisik (densitas, porositas), analisis morfologi permukaan menggunakan FE- SEM, analisis kapasitas dan efisiensi menggunakan *charge-discharge* (CD), mengetahui perilaku impedansi kompleks dari material $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dengan menggunakan EIS, mengetahui reaksi elektrokimia dari reaksi redoks yang terjadi pada elektroda menggunakan *cyclic voltammetry* (CV).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka permasalahan yang di angkat dalam penelitian ini adalah:

- 1 Bagaimana memfabrikasi dan memodifikasi $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ doping Al dengan menggunakan *template* P123?
- 2 Bagaimana pengaruh penambahan bahan P123 pada $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dengan didoping aluminium terhadap karakteristik fisik (fasa dan morfologi permukaan) dan performa elektrokimia sel baterai?
- 3 Bagaimana pengaruh urutan penambahan P123 terhadap karakteristik fisik dan performa elektrokimia sel baterai?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang di paparkan, tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mensintesis $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ doping Al $x=0,03$ menggunakan metode sol gel dan P123 sebagai *template*.
2. Menganalisis pengaruh penambahan P123 terhadap karakteristik fisik (fasa dan morfologi) dan performa elektrokimia.
3. Menganalisis pengaruh urutan penggunaan bahan P123 terhadap penambahan doping Al terhadap karakteristik fisis material $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dan menganalisis pengaruh penambahan doping Al terhadap performa elektrokimia.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

- 1 Penelitian ini difokuskan pada sintesis $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ doping Al (0,03 mol) dengan metode sol gel dan pembuatan lembaran anoda
- 2 Bahan baku yang digunakan adalah Lithium Asetat ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Li}$),

- Aluminium Asetat $\text{Al}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_3$, Tetrabutoxide ($\text{C}_{16}\text{H}_{36}\text{O}_4$) dan Plunorium (P123).
- 3 Pengujian dilakukan dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Ciclic Voltametry* (CV),, *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) dan *Charge Discharge* (CD)
 - 4 Proses sintering dilakukan pada suhu 850°C selama 4 jam tanpa menggunakan gas N_2
 - 5 Perbandingan LTO : PVDF : Super P = 80 : 10 : 10
 - 6 P123 yang digunakan sebanyak 10%
 - 7 Penelitian ini hanya difokuskan pada proses pencampuran P123 kedalam precursor $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang positif terhadap usaha pengoptimalan performa sel baterai ion lithium dengan anoda $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ doping Al dengan doping $\text{Al}_x=0,03$ mol dan *template* P123 melalui metode sol-gel.

DAFTAR PUSTAKA

- Botsford, C., & Szczepanek, A. (2009). Fast Charging vs . Slow Charging : Pros and cons for the New Age of Electric Vehicles 20 Years of EV History 1989 to 2009. *EVS24 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Symposium Vehicle*, 1–9.
- Deans, M. (2020). *New Materials In Civil Engineering*. Kidlington: Elsevierlnc.
- Dokko, K., Koizumi, S., Nakano, H., & Kanamura, K. (2007). Particle morphology, crystal orientation, and electrochemical reactivity of LiFePO₄ synthesized by the hydrothermal method at 443 K. *Journal of Materials Chemistry*, 17(45), 4803–4810.
- Hakim, L., Dirgantara, M., & Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Difraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(1), 44–51.
- Huang, J., & Jiang, Z. (2008). The synthesis of hollow spherical Li₄Ti₅O₁₂ by macroemulsion method and its application in Li-ion batteries. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 11(7), 116–118.
- Hurtabarat.S. dan Priyono.B., 2014. *Sintetis Dan Karakterisasi Lithium Titanat (Lto) Spinel Dengan Metode Solid State Mixibg Xeroge Tio2 Dengan Lioh*. FT : 2.
- Jomekian, A., Bazooyar, B., & Behbahani, R. M. (2020). ZIF-8 modified by Pluronic P123 copolymer with enlarged pores and enhanced textural properties for CO₂/CH₄ and CO₂/N₂ separations. *Journal of Solid State Chemistry*, 289(June), 121532
- Khanlou, H. M. (2012). FE-SEM and EDX characterization of sand blasted and sulfuric acid etched of novel biomaterial (Ti₁₃Nb₁₃Zr). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(6), 125–131.
- Lu, W., Belharouak, I., Liu, J., & Amine, K. (2007). Electrochemical and Thermal Investigation of Li[_{4/3}]Ti[_{5/3}]O[₄] Spinel. *Journal of The Electrochemical Society*, 154(2), A114.
- Marpaung, G. F., 2016. Fabrikasi Lithium Titanate Terdoping Al (Li₄Ti_{4,975}Al_{0,025}O₁₂) dan Studi Pengaruh Ketebalan Lembaran Elektroda Pada Sel Setengah Baterai Ion Lithium.Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Meddings, N., Heinrich, M., Overney, F., Lee, J. S., Ruiz, V., Napolitano, E., Seitz, S., Hinds, G., Raccichini, R., Gaberšček, M., & Park, J. (2020). Application of electrochemical impedance spectroscopy to commercial Li-ion cells: A review. *Journal of Power Sources*, 480(July).
- Najihah. A. I. dan Supardi. Z.A.I., 2019. Pengaruh Waktu Tahan Kalsinasi Terhadap Performa Elektrokimia Anoda Li₄Ti₅O₁₂ . *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 3 (8) : 64.
- Ramlan dkk. (2018). Pengaruh Aditif MgO dan Perlakuan Panas Terhadap Material Elektro Keramik Berbasis Beta Alumina(β'' -Alumina). *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 3 (9):254.

- Ramlan dan Bama,A.A. (2011). Pengaruh Suhu dan Waktu Sintering Terhadap Sifat Bahan untuk bahan Elektrolit Padat (Komponen Elektrolit). *Jurnal Penelitian Sains*. 3(14):25.
- Sari, T. D., 2017 Pengaruh Variasi Binder PVDF, PVA, PTFE Lembar Anoda LTO ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) Doping $\text{Al}_{0,025}$ Terhadap Performa Sel Baterai Ion Lithium. Indralaya: Universitas Sriwijaya
- Satriady, A., Alamsyah, W., Saad, H. I., & Hidayat, S. (2016). PENGARUH LUAS ELEKTRODA TERHADAP KARAKTERISTIK BATERAI LiFePO_4 . *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 06(02), 43–48.
- Saputry.A.P., Lestariningsih. T. dan Astuti.Y., 2019. Pengaruh Rasio LiBOB: TiO_2 dari lembaran polimer elektrolit sebagai pemisah terhadap kinerja Elektrokimia baterai Lithium Ion Berbasis LTO. *Jurnal kimia sains dan aplikasi*, 22(4) : 140.
- Shen, C.M., Zhang, X.G., Zhou, Y.K. and Li, H. L.(2003). “Preparation and Characterization of Nanocrystalline $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ by Sol–Gel Method,” *Mater. Chem. Phys.*, 78(2), 437–441
- Sorensen, E. M., Barry, S. J., Jung, H.-K., Rondinelli, J. R., Vaughey, J. T., & Poepelmeier, K. R. (2006). Three-Dimensionally Ordered Macroporous $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$: Effect of Wall Structure on Electrochemical Properties. *Chemistry of Materials*, 18(6), 1713–1714.
- Subhan, A., dkk. 2015. Efek Penambahan Bahan Aditif MWCT dan Acetylene Black (AB) Pada Komposit $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ Sebagai Bahan Anoda Untuk Baterai Li-ion. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16 (2),49-59.
- Sun, X., Radovanovic, P. V., & Cui, B. (2015). Advances in spinel $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ anode materials for lithium-ion batteries. *New Journal of Chemistry*, 39(1), 38–63.
- Susana, H., & Astuti. (2016). Pengaruh Konsentrasi LiOH terhadap Sifat Listrik Anoda Baterai Litium Berbasis Karbon Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Fisika Unand*, 5(2), 136–141.
- Ti, L., & Explained, O. (2012). *Nanosize Storage Properties in Spinel Surface Lithium Insertion*. 10, 8702–8712.
- Tiara, H.U., Ramlan. dan Subhan, A., 2015. Studi Pengaruh Bahan Aditif Multi Walled Carbonnanotube (MWCNT) dan Acetylene Black (AB) pada Komposit LTO sebagai Bahan Elektroda untuk Baaterai Li-ion. *Jurnal Penelitian Sains*, 3 (17), 143-148.
- Triwibowo. J., 2011. *Rekayasa Bahan $\text{Li}_{x}\text{TMnFe}_z(\text{PO}_4)_3$ Sebagai Katoda Solid Polymer Battery (SFB) Lithium*. [Thesis]. Depok : Universitas Indonesia.
- Wigayati.E.M., Purawiardi.I. dan Sabrina Qolby., 2018. Karakteristik Morfologi Permukaan Pada Polimer Pvdf-Libob-Zro2 Dan Potensinya Untuk Elektrolit Baterai Litium. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 1 (40) : 4.
- Wigayati.E.M., 2009. Pembuatan dan Karakterisasi Lembaran Grafit untuk Sistem Anoda pada Baterai Padat Lithium. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia* , 1(9) : 40.
- Xue, Z., Wang, S., Lin, L., Chen, L., Liu, M., Feng, L., & Jiang, L. (2011). A novel superhydrophilic and underwater superoleophobic hydrogel-coated mesh for oil/water separation. *Advanced Materials*, 23(37), 4270–4273.

- Y. C. Kuo and J. Y. Lin. 2014 . One-pot sol-gel synthesis of Li₄Ti₅O₁₂/C anode materials or high-performance Li-ion batteries. *Electrochim. Acta*, 7(142), 43–50.
- Yuniati,S. (2020). *Sintesis Li₄Ti₅O₁₂ Doping Al dengan Metode Sol Gel untuk Anoda Baterai Ion Lithium*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Zhao, L. Y., & Zhang, W. M. (2017). Recent progress in drug delivery of pluronic P123: pharmaceutical perspectives. *Journal of Drug Targeting*, 25(6), 471–484

