

**PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP
KARAKTERISASI MATERIAL LiFePO_4 SEBAGAI
BAHAN KATODA BATERAI LITIUM**

SKRIPSI

Oleh :

AGUSTINUS BERLIAN MAHARDHIKA

2051057019



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

JAKARTA

2023

**PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP
KARAKTERISASI MATERIAL LiFePO_4 SEBAGAI
BAHAN KATODA BATERAI LITIUM**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana
Teknik (S.T.) Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia

Oleh :

AGUSTINUS BERLIAN MAHARDHIKA

2051057019



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

JAKARTA

2023



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AGUSTINUS BERLIAN MAHARDHIKA

NIM : 2051057019

Program Studi : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISASI MATERIAL LiFePO_4 SEBAGAI BAHAN KATODA BATERAI LITIUM” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 10 Juli 2023



(AGUSTINUS BERLIAN M.)



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK**

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISASI MATERIAL
 LiFePO_4 SEBAGAI BAHAN KATODA BATERAI LITIUUM

Oleh:

Nama : AGUSTINUS BERLIAN MAHARDHIKA

NIM : 2051057019

Program Studi : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana Strata Satu/ pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia,

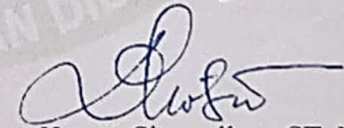
Jakarta, 10 Juli 2023

Menyetujui :

Pembimbing I


Melya Dyanasari S., SSi, MT
0322027806

Pembimbing II


Bantu Hotsan Sitamullang ST, MT
0307067905





UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada tanggal 10 Juli 2023 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : AGUSTINUS BERLIAN MAHARDHIKA

NIM : 2051057019

Program Studi : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISASI MATERIAL LiFePO_4 SEBAGAI BAHAN KATODA BATERAI LITIUM” oleh tim penguji yang terdiri dari:

	Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1	Ir. Budiarto, M.Sc	,Sebagai Ketua	
2	Dikky Antonius, S.T., M.Sc.	,Sebagai Anggota	
3	Melya Dyanasari S., SSI, MT	,Sebagai Anggota	
4	Bantu Hotsan Sitamullang ST, MT	,Sebagai Anggota	
5	Ir. Sesmaro Max Yuda, M.T	,Sebagai Anggota	

Jakarta, 10 Juli 2023



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK**

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AGUSTINUS BERLIAN MAHARDHIKA

NIM : 2051057019

Fakultas : FAKULTAS TEKNIK

Program Studi : TEKNIK MESIN

Jenis Tugas Akhir : SKRIPSI

Judul : PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP
KARAKTERISASI MATERIAL LiFePO_4 SEBAGAI BAHAN KATODA BATERAI
LITIUM

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Non Eksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta pada tanggal 10-07-2023



AGUSTINUS BERLIAN M.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya atas anugerahnya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan tugas akhir dengan baik dan tepat waktu. Tujuan dari dibuatnya tugas akhir ini tidak lain adalah sebagai salah satu syarat akhir dalam menyelesaikan program studi strata satu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan masukan yang membangun dari pembaca sehingga laporan tugas akhir ini akan menjadi nilai pembaharuan serta bermanfaat bagi sesama.

Tugas akhir ini telah disusun oleh penulis dan dapat terselesaikan berkat bimbingan serta bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Sehingga penulis juga tidak lupa mengucapkan rasa terimakasih sebesar – besarnya kepada :

1. Orang tua keluarga dan sanak saudara yang telah mendukung saya
2. Ibu Melya Dyanasari S., SSi, MT dan Bapak Bantu Hotsan Sitamullang ST, MT selaku pembimbing pertama dan kedua serta Bapak Ir. Budiarto, M.Sc selaku ketua program studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia sehingga penyusunan tugas akhir dapat terselesaikan dengan baik
3. Teman-teman mahasiswa alih program Teknik Mesin dan seluruh karyawan Universitas Kristen Indonesia yang membantu dalam menyusun tugas akhir ini

Jakarta, 10 Juli 2023



(Agustinus Berlian M.)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR.....	vii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	viii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	viv
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	v
KATA PENGANTAR.....	vvi
DAFTAR ISI.....	vvii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR PERSAMAAN.....	xi
ABSTRAK.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Batasan Masalah.....	7
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II DASAR TEORI.....	9
2.1. Sumber Energi.....	9
2.2. Jenis Batu Baterai dan Penggunaannya.....	10
2.3. LiFePO_4	13

2.4.	Pengertian Sintesis	16
2.5.	Struktur Kristal.....	17
2.6.	XRD	17
2.7.	FTIR	17
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1.	Metode Penelitian.....	23
3.2.	Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.3.	Bahan dan Peralatan Penelitian.....	24
3.4.	Teknik Pengumpulan Data	25
3.4.1	Data Asumsi Penelitian	25
3.4.2	Data Hasil Penelitian.....	25
3.5.	Diagram Alur Proses	26
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1.	Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Ukuran Kristal, Kerapatan Dislokasi, Regangan Mikro.....	27
4.2.	Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR pada Material Katoda Baterai LiFePO ₄	33
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		36
5.1.	Kesimpulan.....	36
5.2.	Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....		38

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Skema Geometri pada Kondisi Bragg
- Gambar 3.1. *Sample* LiFePO₄
- Gambar 3.2. Peralatan Penelitian
- Gambar 3.3. Diagram Alir Sintesis LiFePO₄
- Gambar 4.1. Difaktogram sinar X dari bahan LiFePO₄, Waktu Kalsinasi 1, 3 dan 5 jam
- Gambar 4.2. Grafik Hubungan Ukuran Kristal Terhadap Waktu Kalsinasi
- Gambar 4.3. Grafik Hubungan Kerapatan Dislokasi Terhadap Waktu Kalsinasi
- Gambar 4.4. Grafik Hubungan Regangan Terhadap Waktu Kalsinasi
- Gambar 4.5. Spektrogram material katoda baterai LiFePO₄ selama kalsinasi 1 jam dan *temperature* konstan 700⁰C
- Gambar 4.6. Spektrogram material katoda baterai LiFePO₄ selama kalsinasi 5 jam dan *temperature* konstan 700⁰C

DAFTAR TABEL

- Tabel 4.1. Hasil Olah Data XRD dengan Waktu Kalsinasi 1 Jam
Tabel 4.2. Hasil Olah Data XRD dengan Waktu Kalsinasi 3 Jam
Tabel 4.3. Hasil Olah Data XRD dengan Waktu Kalsinasi 5 Jam



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1.1.	Hukum Kekekalan Energi
Persamaan 3.1.	Persamaan Reaksi LiFePO_4
Persamaan 4.1.	Persamaan Rumus <i>Debye Scherrer</i>
Persamaan 4.2.	Persamaan Rumus Nilai Regangan Kisi Mikro
Persamaan 4.3.	Persamaan Rumus Nilai Kerapatan Dislokasi



ABSTRAK

Lithium-Ion adalah jenis baterai yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi. *Li-Ion* ini merupakan baterai dengan kepadatan energi yang tinggi, berat yang ringan, dan tidak adanya efek memori. *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO_4) adalah salah satu bahan yang umum dipergunakan sebagai bahan elektroda bermuatan positif (katoda) pada baterai *Li-Ion*. Sintesis LiFePO_4 dapat diperoleh dari pencampuran serbuk LiOH , serbuk FeS , dan H_3PO_4 cair. Serbuk LiOH dan serbuk FeS dicampur sampai mencapai sifat homogen. Campuran butiran homogen LiOH dan FeS kemudian dilarutkan pada H_3PO_4 cair. Produk tersebut kemudian diberi perlakuan panas menggunakan *heater* pada *temperature* 60°C sembari diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 2 jam agar tercapai sifat homogen. Perlakuan panas kemudian dilakukan pada *temperature* 200°C bertujuan untuk menguapkan zat pelarut sekaligus pemanasan awal (presinter), proses ini berlangsung selama 5 jam. Bahan ini kemudian dikalsinasi dengan temperatur 700°C selama satu jam, tiga jam dan lima jam. Tiap-tiap proses kalsinasi tanpa dialiri gas *inert* N_2 . Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui ukuran kristalit, kerapatan dislokasi dan regangan kisi mikro pada masing-masing *sample*. Sedangkan untuk pengukuran gugus fungsi diperoleh melalui pengujian FTIR. Hasil dari pengujian menunjukkan telah terjadi pertumbuhan butir yang kurang signifikan dari waktu ke waktu walaupun semakin besar kerapatan dislokasinya. Kerapatan dislokasi yang bertambah dapat menaikkan nilai regangan mikro. Perbedaan waktu kalsinasi dalam rentan 1 hingga 5 jam tidak mempengaruhi gugus fungsi dari LiFePO_4 .

Kata kunci : Baterai *Lithium-Ion*, LiFePO_4 , Sintesis, XRD, FTIR

ABSTRACT

Lithium-Ion is the most common battery. Lithium-Ion have the high density of energy, light weight and without memory effect. Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) is the one of that many used for positive electrode (cathode) on Lithium-Ion Battery. Synthesis of LiFePO₄ was obtained from mixing of LiOH powder, FeS powder and H₃PO₄ liquid. LiOH powder and FeS powder were mixed homogenously. Homogenous mixture of powder LiOH and FeS was dissolved on H₃PO₄ liquid until it reacts. Then that mixture were heated on 60°C temperature with heater plate dan magnetic mixer until homogenous for 2 hours. Evaporation of solvent and first heating (presinter) have been done on 200°C temperature for 5 hours. Then this material was calcined at 700°C temperature for 1, 3 and 5 hours. Every calcination is without inert gas N₂. XRD testing was carried out to determine the crystallite size, dislocation density and micro lattice strain in each sample. As for the measurement of functional groups obtained through FTIR testing. This research show that there has been less significant grain growth time to time even though the dislocation density is getting bigger. The increasing of dislocation density can increase the microstrain value. The difference in calcination time within 1 to 5 hours does not affect the functional groups of LiFePO₄.

Keywords: *Lithium-Ion Battery, LiFePO₄, Synthesis, XRD, FTIR*

