

**SKRIPSI**

**PEMBUATAN MATERIAL ANODA BATERAI LITHIUM ION DARI  
BAHAN SILIKA LIMBAH GEOTHERMAL MENGGUNAKAN METODE  
METALOTHERMAL**



**Disusun Oleh :**

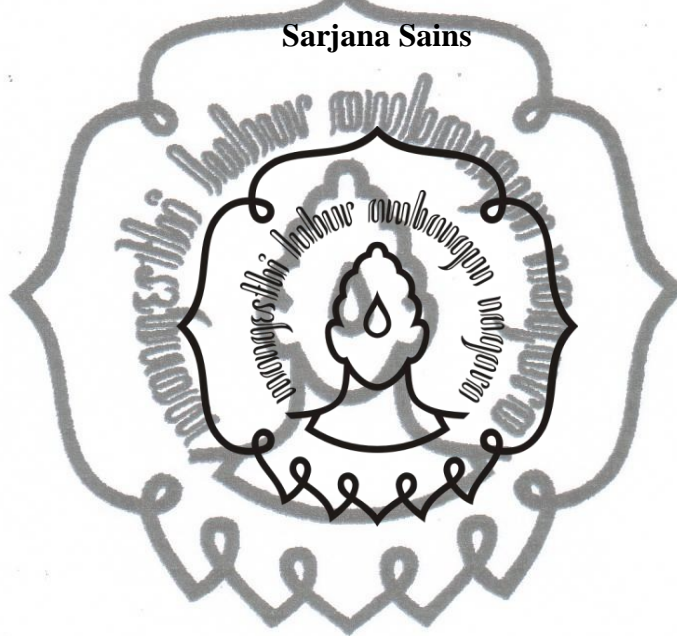
**ANISA SURYA WIJARENI  
M0215011**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Juli 2019**

**SKRIPSI**

**PEMBUATAN MATERIAL ANODA BATERAI LITHIUM ION DARI  
BAHAN SILIKA LIMBAH GEOTHERMAL MENGGUNAKAN METODE  
METALOTHERMAL**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar  
Sarjana Sains**



**Disusun oleh :**

**ANISA SURYA WIJARENI  
M0215011**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**Juli 2019**


**HALAMAN PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**Pembuatan Material Anoda Baterai Lithium Ion dari Bahan Silika Limbah  
Geothermal menggunakan Metode Metalothermal**

**Diusulkan oleh:  
ANISA SURYA WIJARENI  
M0215011**

**Telah Disetujui Oleh**

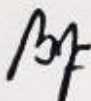
**Pembimbing I**



**Dr. Eng. Hendri Widiyandari, S. SI., M. SI.  
NIP. 197507311999032002**

**Tanggal : 8/2/2012**

**Pembimbing II**



**Dr. Eng. Budi Purnama, S.SI., M. SI.  
NIP. 197311092000031001**

**Tanggal : 8/2/2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: Pembuatan Material Anoda Baterai Lithium Ion dari Bahan Silika Limbah Geothermal menggunakan Metode Metalothermal

Yang ditulis oleh :

Nama : Anisa Surya Wijareni

NIM : M0215011

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Kamis .....

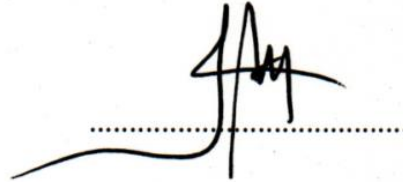
Tanggal : 25 Juli 2019 .....

Dewan Penguji:

1. Ketua Penguji

Dr. Yofentina Iriani S.Si., M.Si.

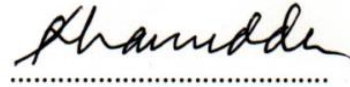
NIP. 197112271997022001



2. Sekertaris Penguji

Khairuddin S.Si., M.Phil, Ph.D.

NIP. 197010181997021001



3. Anggota Penguji 1

Dr. Eng. Hendri Widiyandari, S.Si., M.Si.

NIP. 197507311999032002



4. Anggota Penguji 2

Dr. Eng. Budi Purnama, S.Si., M.Si.

NIP. 197311092000031001



Disahkan pada tanggal ..... 2 - 09 - 2019 .....

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si.

NIP. 196908261999031001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul **“Pembuatan Material Anoda Baterai Lithium Ion dari Bahan Silika Limbah Geothermal menggunakan Metode Metalothermal”** adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini isi Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terima kasih.

Surakarta, 8 Juli 2019

Anisa Surya Wijareni



## MOTTO

“Keraslah pada diri sendiri karena dunia luar lebih kejam”

(Jay)



## PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orangtua saya dan saudara saya atas semua dukungan dan doa yang telah diberikan.
2. Ibu Dr. Eng. Hendri Widiyandari, S.Si., M.Si dan Bapak Dr. Eng. Budi Purnama, S.Si., M.Si selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan dukungan.
3. Teman-teman *HW's Research Group* dan *Battery Research Group*.
4. Teman-teman Fisika angkatan 2015.



**Pembuatan Material Anoda Baterai Lithium Ion dari Bahan Silika  
Limbah Geothermal menggunakan Metode Metalothermal**

ANISA SURYA WIJARENI

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret

**ABSTRAK**

Limbah *geothermal* dari PLTPB Dieng memiliki kandungan Silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang cukup tinggi dimanfaatkan dalam proses pembuatan anoda baterai lithium ion. Limbah *geothermal* digunakan sebagai pengganti bahan grafit yang ramah lingkungan sebagai anoda baterai. Dalam artikel ini dilaporkan langkah pembuatan material anoda baterai lithium ion dari bahan silika limbah *geothermal* menggunakan metode metalothermal. Material anoda yang digunakan diperoleh melalui tahap proses pengasaman dengan HCl 3%, ekstraksi silika dengan NaOH 3 M dan HCl 1 M, pemurnian silika dengan HCl 37%, pada metode metalothermal diperoleh Si murni 2,26% dan meningkat setelah pembakaran dengan HCl 2 M sebesar 10,60%. Karakterisasi material dengan *X-Ray Fluorescence*, *X-Ray Diffraction*, *Scanning Electron Microscopy* dan *charge-discharge*. Setelahnya pengukuran elektrokimia menggunakan *cylindrical cell* (18650) dengan NCA sebagai katoda. Pengujian dilakukan pada sel baterai yang menggunakan bahan anoda dari sampel setelah tahap pembakaran (M1P), setelah tahap *metalothermal* (M1) dan grafit sebagai pembanding. Dengan perolehan kapasitas spesifik *discharge* sebagai berikut 761,16  $\text{mAhg}^{-1}$ , 605,56  $\text{mAhg}^{-1}$  dan 314,45  $\text{mAhg}^{-1}$  dengan urutan M1P, M1 dan grafit. Stabilitas kinerja baterai diperoleh pada persentase 27,57%, 28,08% dan 78,82%. Hal ini menunjukkan bahwa limbah *geothermal* dapat diperhitungkan sebagai bahan anoda baterai lithium ion.

**Kata kunci** : Limbah *geothermal*, Anoda, Metalothermal, Baterai lithium ion



## **Preparation of Lithium Ion Battery Anode Material of Waste Silica Materials Geothermal using Method Metalothermal**

ANISA SURYA WIJARENI

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret

### **ABSTRACT**

Geothermal waste from Dieng PLTPB had high Silica ( $\text{SiO}_2$ ) content which was used in the process of making lithium anode batteries. Geothermal waste was used as a substitute for environmentally friendly graphite materials as battery anodes. In this article, it was reported that the step of making lithium ion battery anode material from geothermal waste silica material used metalothermal methods. The anode material used was obtained by acidification with 3% HCl, silica extraction with 3 M NaOH and 1 M HCl, silica purification with 37% HCl, metalothermal method obtained pure Si 2,26% and increased after combustion with 2 M HCl by 10,60%. Material characterization with X-ray fluorescence, X-ray diffraction, Scanning Electron Microscopy and charging. After that electrochemical measurements used a cylindrical cell (18650) with NCA as a cathode. Tests were carried out on battery cells used anode material from samples after the combustion stage (M1P), after the metalothermal stage (M1) and graphite as a comparison. With the acquisition of specific discharge capacity as follows  $761,16 \text{ mAhg}^{-1}$ ,  $605,56 \text{ mAhg}^{-1}$  and  $314,45 \text{ mAhg}^{-1}$  in the order of M1P, M1 and graphite. Battery performance stability was obtained at a percentage of 27,57%, 28,08% and 78,82%. This shows that geothermal waste can be counted as an anode material for lithium ion batteries.

**Kata kunci :** Geothermal waste, Anode, Metalothermal, Lithium ion batteries

### **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Allah atas segala limpahan nikmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi. Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini penulis beri judul “Pembuatan Material Anoda Baterai Lithium Ion dari Bahan Silika Limbah Geothermal menggunakan Metode Metalothermal”. terselesaikannya Skripsi ini adalah suatu kebahagiaan bagi saya. Setelah sekitar satu semester penulis harus berjuang untuk bisa menyelesaikan Skripsi walaupun dengan segala rintangan yang menghadang. Dengan segala suka dan dukanya, pada akhirnya Skripsi ini terselesaikan juga. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan Skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Hendri Widiyandari, S.Si., M.Si selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dan saran dalam mengerjakan Skripsi ini hingga selesai
2. Bapak Dr. Eng. Budi Purnama, S. Si., M. Si pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam mengerjakan Skripsi ini hingga selesai.
3. Bapak Budi Legowo, S. Si., M. Si selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi, saran, bimbingan, dan tempat penulis berkeluh kesah dari awal penulis masuk perguruan tinggi hingga penulis menyelesaikan masa studi penulis.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf di Program Studi Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis selama perkuliahan.
5. Kedua Orang tua Penulis yaitu Bapak PFS. Suryo Asri Suhartadi, S. Pd., M. Pd dan Ibu Cicilia Triani Budhiati yang selalu mendoakan tanpa putus, memberikan motivasi, mendukung dan selalu percaya apapun yang penulis lakukan selama masa studi.

6. Pembimbing dari S2 Teknik Kimia yaitu Cornelius Satria Yudha, Soraya dan *Batery Research Group* yang mengajakna mengenai pembuatan baterai.
7. Teman perjuangan dalam membuat skripsi baterai yaitu Riki Ardiansah yang membantu dari awal sampai akhir proses pembuatan material dan baterai.
8. Teman-teman dari group riset HW grup yaitu Atik Wardani dan Novita Indriani yang membantu dalam pembuatan sampel silikon.
9. Teman perjuangan penulis yaitu Danastri Lintang Pitaloka Tampubolon dan Yosefany Maria Ursula.
10. Teman-teman Fisika Angkatan 2015 yang telah kebersamai dari kuliah hingga penulis menyelesaikan masa studinya.

Semoga Allah membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amin.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat.

Surakarta,  
Penulis

### **PUBLIKASI**

Sebagian Skripsi saya yang berjudul “Pembuatan Material Anoda Baterai Lithium Ion dari Bahan Silika Limbah Geothermal menggunakan Metode Metalothermal” akan dipublikasikan bersama dosen pembimbing.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>PUBLIKASI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Potensi panas bumi .....	5
2.1.1. Sumber panas bumi.....	6
2.1.2. Limbah panas bumi.....	7
2.2. Silika .....	8
2.2.1. Struktur dan bentuk silika .....	8
2.2.2. Kelarutan silika.....	10
2.3. Silikon.....	13
2.3.1. Ketersediaan silikon di alam .....	13
2.3.2. Struktur dan bentuk silikon .....	14

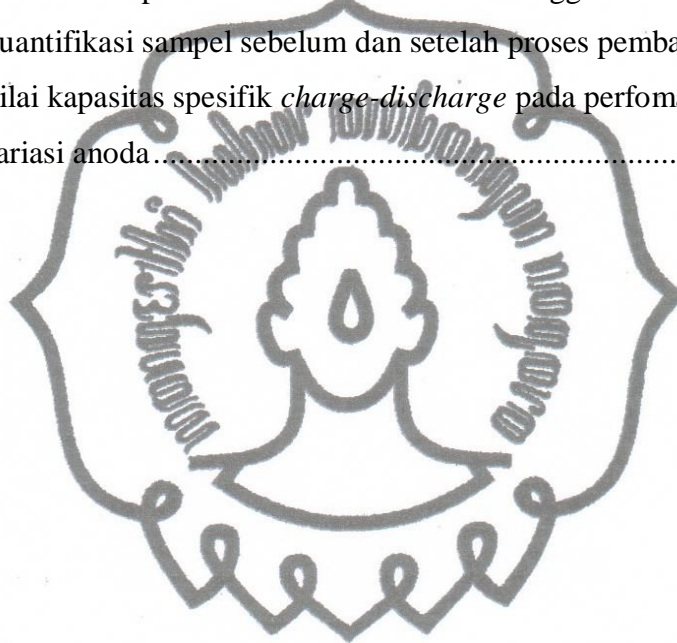
2.3.3. Kebermanfaatan silikon .....	16
2.4. Baterai lithium ion (Li-ion).....	17
2.5. Anoda.....	18
2.6. Karakterisasi material .....	19
2.6.1. X-Ray Diffraction (XRD) .....	19
2.6.2. X-Ray Fluorescence (XRF).....	21
2.6.3. Scanning Electron Microscopy (SEM) .....	22
2.6.4. Cyclic Voltammetry (CV).....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1. Tempat dan waktu penelitian.....	25
3.2. Alat dan bahan .....	25
3.2.1. Alat Penelitian .....	25
3.2.2. Bahan penelitian .....	27
3.3. Prosedur penelitian.....	27
3.3.1. Sintesis material anoda baterai dari limbah geothermal .	30
3.3.1.1. Proses preparasi sampel .....	30
3.3.1.2. Proses pengasaman.....	30
3.3.1.3. Proses ekstraksi silika .....	30
3.3.1.4. Proses pemurnian silika .....	30
3.3.1.5. Metode metalothermal sederhana .....	31
3.3.1.6. Pemurnian silikon.....	31
3.3.2. Perakitan baterai silinder .....	31
3.3.3. Karakterisasi material anoda dari limbah geothermal ...	32
3.4. Teknik analisa data.....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
4.1 Isolasi silika dari limbah geothermal .....	34
4.2 Isolasi silikon dari limbah geothermal .....	37
4.3 Pemurnian silikon dari limbah geothermal.....	39
4.4 Hasil pengujian karakterisasi sel baterai .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan.....	50

5.2 Saran.....50



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Daftar 5 negara teratas penghasil listrik dari energi geothermal.....	5
Tabel 2.2 Golongan entalpi pada reservoir .....	7
Tabel 2.3 Persentase limbah kimia padat pada PLTB .....	7
Tabel 2.4 Sifat silikon .....	16
Tabel 4.1 Kuantifikasi produk hasil reaksi reduksi menggunakan XRF .....	38
Tabel 4.2 Kuantifikasi sampel sebelum dan setelah proses pembakaran .....	39
Tabel 4.3 Nilai kapasitas spesifik <i>charge-discharge</i> pada performa baterai variasi anoda.....	44

**DAFTAR GAMBAR**



Gambar 2.1. Skema sumber daya panas bumi.....	6
Gambar 2.2 Ikatan dalam silika (SiO <sub>2</sub> ) .....	8
Gambar 2.3 Bentuk Ruang Polisilikat .....	8
Gambar 2.4 Silika .....	9
Gambar 2.5 Grafik hubungan temperature (T) terhadap konsentrasi <i>quartz</i> (C) pada silika .....	10
Gambar 2.6 Grafik hubungan pH terhadap kelarutan silika.....	11
Gambar 2.7 proses polimerisasi silika .....	12
Gambar 2.8 Kelimpahan unsur di kerak bumi .....	13
Gambar 2.9 Struktur kristal kubus berlian silikon.....	14
Gambar 2.10 Struktur atom silikon dan germanium.....	15
Gambar 2.11 Struktur kristal silikon berikatan kovalen .....	15
Gambar 2.12 Struktur baterai lithium .....	17
Gambar 2.13 Proses interkalasi .....	18
Gambar 2.14 Mekanisme hukum Bragg .....	20
Gambar 2.15 Grafik XRD .....	20
Gambar 2.16 Prinsip kerja XRF .....	21
Gambar 2.17 Grafik kurva <i>charge</i> .....	23
Gambar 2.18 Grafik kurva <i>discharge</i> .....	24
Gambar 3.1 Tahap sintesis materail anoda baterai dari limbah geothermal ....	28
Gambar 3.2 Tahap perakitan baterai silinder .....	29
Gambar 4.1 Limbah geothermal .....	34
Gambar 4.2 Mekanisme reaksi silika terhadap natrium hidroksida .....	35
Gambar 4.3 Sampel ekstraksi silika.....	36
Gambar 4.4 Hasil metalothermal pada 4 variasi.....	37
Gambar 4.5 Hasil analisis XRD .....	40
Gambar 4.6 Morfologi permukaan (a)M1 dan (b)M1P pada perbesaran 5000 kali .....	41
Gambar 4.7 Desain baterai lithium dengan variasi anoda.....	43
Gambar 4.8 Ilustrasi proses <i>cahrge-discahrge</i> baterai lithium ion .....	43

Gambar 4.9 Grafik *charge-discharge* baterai lithium ion dengan variasi Anoda dan grafik discharge (inset) ..... 44

Gambar 4.10 Grafik performa kapasitas spesifik baterai pada variasi anoda .. 48

