

MIPA

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN UNGGULAN KOMPETITIF  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**PEMBUATAN NANOPARTIKEL ALUMINIUM (Al) DARI  
LIMBAH ALUMINIUM MENGGUNAKAN *HIGH ENERGY  
MILLING* (HEM) UNTUK APLIKASI PELAT BIPOLAR *POLYMER  
ELECTROLYTE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC)**



**Tim Pengusul :**

- 1. Ketua Peneliti : Dr. Fitri Suryani Arsyad / 0019107001**
- 2. Anggota Peneliti I : Dr. A. Aminuddin Bama / 0014097001**
- 3. Anggota Peneliti II : Akmal Johan, S.Si, M.Si / 0021127309**

**Biaya dari:  
Anggaran DIPA Badan Layanan Umum  
Universitas Sriwijaya tahun anggaran 2018  
No. 042.01.2.400953/2018 tanggal 05 Desember 2017  
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Unggulan Kompetitif Universitas Sriwijaya  
Nomor : 0007/UN9/SK.LP2M.PT/2018  
Tanggal 19 Februari 2018**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
TAHUN 2018**

## B. Halaman Pengesahan

- 1. Judul Penelitian** : Pembuatan Nanopartikel Aluminium (Al) dari Limbah Aluminium Menggunakan *High Energy Milling* (HEM) Untuk Aplikasi Pelat Bipolar *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC)
- 2. Bidang Penelitian** : MIPA
- 3. Ketua Peneliti** : Dr. Fitri Suryani Arsyad
- a. Jenis Kelamin : Perempuan
- b. NIP : 197010191995112001
- c. Pangkat dan Golongan : Penata / IIC
- d. Jabatan Struktural : Tidak Ada
- e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Sriwijaya
- g. Fakultas/Jurusan : MIPA/Fisika
- h. Alamat Kantor : Jurusan Fisika FMIPA Unsri Jl. Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya (OI) Kode Pos. 30662
- i. Telepon/Fax : Telp (0711)580268/ Faksimile (0711)580056
- j. Alamat Rumah : Perum. Bukit Sejahtera Jl. Cendana Blok EI-20 Polygon Palembang. 30139
- k. Telepon/HP/Fax/E-mail : 0711440764/081274884555/fitri\_sa@yahoo.com
- 4. Jangka Waktu Penelitian** : 2 tahun
- 5. Biaya Tahun Pertama** : Rp. 71.000.000,-
- 6. Jumlah yang diajukan** : Rp. 146.000.000,-

Mengetahui,  
Dekan Fakultas MIPA,



Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc.  
NIP. 19721004 199702 1 001

Inderalaya, 30 November 2018

Ketua Peneliti,

Dr. Fitri Suryani Arsyad  
NIP.197010191995122001

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Universitas Sriwijaya



Prof. Drs. Tatan Suhery, M.A, Ph.D.  
NIP. 19590412 198403 1 002

### C. Sistematika Usul Penelitian

#### I. Identitas Penelitian

**1. Judul Usulan** : Pembuatan Nanopartikel Aluminium (Al) dari Limbah Aluminium Menggunakan *High Energy Milling* (Hem) Untuk Aplikasi Pelat Bipolar *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC)

#### 2. Ketua Peneliti

(a) Nama Lengkap : Dr. Fitri Suryani Arsyad

(b) Bidang Keahlian : Fisika Material

#### 3. Anggota penelitian

No	Nama dan Gelar Keahlian	keahlian	Institusi	Curahan Waktu (Jam/minggu)
1	Akmal Johan, S.Si, M.Si.	Fisika Material	Fisika FMIPA Unsri	15
2	Dr. A. Aminuddin Bama	Fisika Teori	Fisika FMIPA Unsri	15

#### 4. Isu Strategis :

Kita ketahui bahwa minyak, gas, dan batubara merupakan sumber energi yang menjadi sumber pemakaian terbesar di Indonesia. Namun demikian, sumber-sumber energi tersebut diperkirakan akan habis ketersediaannya dalam 146 tahun mendatang seperti batubara, bahkan 23 tahun mendatang seperti minyak bumi. Ancaman krisis energi ini menjadi permasalahan yang dampaknya tidak dapat diabaikan begitu saja. Oleh karena itu, kedepannya diperlukan sumber energi alternatif yang terbarukan (*renewable*) untuk membangun ketahanan energi yang berkelanjutan. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah teknologi *fuel cell*. Teknologi *fuel cell* ini lebih efisien, karena tidak menimbulkan polusi seperti halnya pembangkit tenaga minyak bumi.

*Fuel cell* adalah alat konversi energi elektrokimia yang akan mengubah hidrogen dan oksigen menjadi air secara bersamaan menghasilkan energi listrik dan panas (Rayment, 2003). Oleh karena itu, teknologi *fuel cell* dikenal sebagai teknologi yang ramah lingkungan karena dapat meminimalisir emisi yang dihasilkan sehingga dapat mengurangi efek pemanasan global. Salah satu jenis *fuel cell* yang sedang dikembangkan di Indonesia adalah *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC). PEMFC merupakan jenis sel bahan bakar yang paling sederhana serta merupakan kandidat yang menjanjikan sebagai sumber listrik nol-emisi karena bekerja pada temperatur operasi yang rendah yaitu sekitar 60-80°C, memiliki efisiensi yang tinggi, kerapatan daya yang tinggi, *startup* yang cepat, dan sistem

ketahanan yang baik (Nurdiansyah, 2013). Salah satu komponen utama penyusun PEMFC adalah pelat bipolar yang merupakan 80% dari total volume, 70% dari total berat, dan 60% dari total biaya produksi (Sadeli, 2011). Di dalam PEMFC, pelat bipolar berfungsi sebagai pengumpul arus, sambungan listrik antara sel individu tumpukan, pemisahan gas antar sel yang berdekatan, dan pengkonduksi panas. Karena fungsinya yang juga merupakan pendukung struktural sel bahan bakar, pelat bipolar juga harus memiliki struktur fisik yang kokoh dan ringan (Kunusch, 2012). Pelat bipolar pada umumnya dibuat dari bahan grafit, logam seperti aluminium (Al), baja tahan karat (*stainless steel*), paduan titanium, paduan nikel atau dapat juga dibuat dari materil komposit. Namun dalam perkembangannya, pelat bipolar grafit komposit lah yang banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti mulai dari penelitian pengaruh penambahan *carbon black* sebagai penguat (Suhaidi dan Priyono, 2013), pengaruh ukuran *carbon black* (Sadeli dan Mutakin, 2012; Prihandoko, 2013), pengaruh tekanan pada saat *compression moulding* (Prihandoko, Sadeli, dkk., 2010) dan masih banyak lagi. Dari hasil penelitian tersebut diatas, meskipun berhasil diperoleh nilai porositas, densitas dan fleksural yang telah memenuhi standar, namun nilai konduktivitasnya masih sangat jauh dari standar. Oleh karena itu diperlukan penambahan material konduktif yang mampu meningkatkan nilai konduktivitasnya. Aluminium adalah salah satu material yang potensial untuk meningkatkan nilai konduktivitas pelat bipolar grafit komposit. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan Al serbuk dengan mengoptimasi sifat fisik dan strukturnya agar memiliki nilai konduktif yang baik untuk aplikasi pelat bipolar pada PEMFC. Pembuatan aluminium serbuk akan dilakukan menggunakan metode *high energy milling* (HEM) dengan memanfaatkan limbah Al yang ada dilingkungan. Meskipun tingkat kemurnian aluminium limbah lebih rendah dibandingkan dengan aluminium komersil, namun dengan berbagai optimasi yang akan dilakukan seperti optimasi waktu milling pada HEM, optimasi temperatur sintering, dan optimasi penambahan unsur Sn diharapkan akan diperoleh aluminium serbuk berukuran nano, homogen, dan kuat dengan nilai konduktivitas yang baik untuk aplikasi pelat bipolar.

## **5. Topik Penelitian :**

Pengembangan komponen pelat bipolar pada *polymer electrolyte membrane fuel cell* (PEMFC) sebagai Sel bahan bakar dari Hidrogen dan pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan di sektor transportasi

## **6. Objek penelitian**

Penelitian ini bersifat eksperimen, dengan objek penelitian adalah limbah Aluminium (Al) yang akan dibuat menjadi serbuk nano Al menggunakan metode high energy milling (HEM) untuk bahan dasar pembuatan pelat bipolar grafit komposit pada PEMFC

## **7. Lokasi Penelitian :**

Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA Unsri.

## **8. Hasil yang ditargetkan**

Hasil yang ditargetkan dalam penelitian ini adalah:

- a. Diperoleh nanoserbuk Aluminium yang berkualitas baik yang dibuat menggunakan metoda *high energy milling* (HEM) dengan memanfaatkan limbah aluminium pada lingkungan untuk aplikasi pelat bipolar pada *polymer electrolyte membrane fuel cell* (PEMFC)
- b. Diperoleh paduan Al-Sn yang optimum untuk meningkatkan konduktivitas dan kekuatan pelat bipolar grafit komposit
- c. Publikasi jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi

## **9. Institusi lain yang terlibat : TIDAK ADA**

## **10. Sumber biaya lain : TIDAK ADA**

## II. Substansi Penelitian

### ABSTRAK

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan serbuk nanopartikel aluminium dari limbah aluminium yang ada dilingkungan menggunakan metode *High Energy Milling* (HEM). Proses milling atau penggilingan aluminium dilakukan dengan variasi waktu milling selama 1 jam, 3 jam dan 5 jam dengan tujuan untuk mereduksi ukuran partikel aluminium dari ukuran *bulk* menjadi berukuran nanometer. Aluminium yang sudah dimilling kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur dan ukuran butir partikelnya dan *Scanning Electro Michroscopy* (SEM) untuk melihat morfologi permukaannya. Nanoserbuk aluminium yang optimum kemudian dipadukan dengan unsur timah (Sn) untuk meningkatkan sifat konduktifitasnya. Perpaduan dilakukan dengan mengoptimasi variasi konsentrasi Sn. Al-Sn paduan yang optimum kemudian digunakan untuk membuat pelat bipolar yang memiliki konduktifitas yang baik menggunakan metode *compression moulding* menggunakan *hot press*.

**Kata Kunci** : *Aluminum*, HEM, nanoserbuk, pelat bipolar, timah

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b>	I
<b>Halaman Pengesahan</b>	ii
<b>Sistematika Usul Penelitian</b>	lii
<b>Daftar Isi</b>	vii
<b>Daftar Gambar</b>	Viii
<b>Daftar Tabel</b>	Viii
<b>BAB I Pendahuluan</b>	9
<b>1.1. Latar Belakang</b>	9
<b>1.2. Tujuan Khusus Penelitian</b>	10
<b>1.3. Urgensi Penelitian</b>	10
<b>Bab II. Peta Jalan Penelitian</b>	12
<b>2.1. Hasil yang Sudah Di capai</b>	12
<b>Bab III. Studi Pustaka</b>	13
<b>3.1. Aluminium</b>	14
<b>3.2 Aplikasi Aluminium pada Pelat Bipolar <i>Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell</i> (PEMFC)</b>	16
<b>3.3 Pelat Bipolar</b>	19
<b>3.4 Pembuatan Nanopartikel Menggunakan HEM</b>	23
<b>3.5 Karakterisasi Nanopartikel Aluminium</b>	26
<b>3.5.1 Karakterisasi XRD</b>	26
<b>3.5.2 Karakterisasi SEM</b>	28
<b>3.5.3 Karakterisasi Sifat Listrik (Konduktivitas)</b>	28
<b>Bab IV. Manfaat Penelitian</b>	30
<b>Bab V. Metode Penelitian</b>	31
<b>5.1 Diagram Alir Penelitian</b>	32
<b>5.2 Waktu dan Jadwal Penelitian</b>	34
<b>Bab VI. Hasil dan Pembahasan</b>	35
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	38
<b>LAMPIRAN I PERTIMBANGAN ALOKASI DANA</b>	40
<b>LAMPIRAN II BIODATA PENELITI</b>	43
<b>SURAT PENYATAAN PENELITI</b>	60

## Daftar Gambar

Gambar 3.1 Struktur atom aluminium	15
Gambar 3.2 (a) Hasil uji SEM serbuk aluminium, (b) Hasil uji SEM Mg10 wt%Al waktu milling 10 jam, dan (c) Hasil uji SEM Mg10 wt%Al waktu milling 20 jam (Pratama, 2012)	17
Gambar 3.3 (a) Skema PEMFC (b) Struktur sel tunggal PEMFC Sumber: <i>Fuel Cell Handbook 7<sup>th</sup> Edition</i>	18
Gambar 3.4 Klasifikasi pelat bipolar dalam <i>Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell</i> Sumber: <i>Bipolar Plates for PEM Fuel Cell: A Review</i>	21
Gambar 3.5 (a) <i>Shaker Mill PPF-UG</i>	25
Gambar 3.6 Tumbukan Antar Bola Pada Pencampuran Bubuk Selama Proses Milling (Singh, K. K. dan Bhattacharjee, S., 2007)	26
Gambar 3.7. Mikrograf SEM dengan 40.000x pembesaran zeolit alam Wonosari dengan variasi waktu (a) 0 jam (b) 2 jam, (c) 4 jam, dan (d) 6 jam (Muhriz, 2011)	27
Gambar 3.8 Pola XRD material	28
Gambar 3.9. Ilustrasi ukuran kristalinit	28
Gambar 3.10. Ilustrasi berkas elektron SEM ketika mengenai permukaan sampel dan hasil foto SEM	30
Gambar 5.1 Bagan alir penelitian yang akan dilaksanakan secara multi tahun	34
Figure 6.1. SEM micrographs of powder aluminium frame waste mixture ball milled for (a) 10 minute (b) 20 minute, (c) 30 minute, (d) 40 minute, (e) 50 minute	36
Figure 6.2. XRD diffraction patterns of powders nanocomposit aluminium frame waste milled for different times	38

## Daftar Tabel

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisik Aluminium	16
Tabel 3.2 Sifat-Sifat Mekanik Aluminium	16
Tabel 3.3 Komponen utama dalam PEMFC	19
Tabel 3.4 Keunggulan dan kekurangan tiap material dasar pelat bipolar	21



## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang**

Diestimasi bahwa pada akhir abad ini cadangan minyak bumi sebagai sumber energi yang utama akan banyak mengalami pengurangan. Seiring dengan pengurangan cadangan minyak, kebutuhan energi dari tahun ketahun semakin meningkat. Dimasa yang akan datang, dengan adanya kebutuhan energi yang makin besar, penggunaan sumber energi yang beragam tampaknya tidak bisa dihindari. Oleh sebab itu, pengkajian terhadap berbagai sumber energi baru sangat diperlukan. Salah satu sumber energi alternatif yang saat ini sedang dikembangkan adalah teknologi *fuel cell*. *Fuel cell* adalah alat konversi energi elektrokimia yang dapat mengubah hidrogen dan oksigen menjadi air secara bersamaan menghasilkan energi listrik dan panas (Rayment, 2003). Teknologi *fuel cell* ini lebih efisien, karena tidak menimbulkan polusi seperti halnya energi minyak bumi. Oleh karena itu, teknologi *fuel cell* dikenal sebagai teknologi yang ramah lingkungan karena dapat meminimalisir emisi yang dihasilkan sehingga dapat mengurangi efek pemanasan global.

Salah satu jenis *fuel cell* yang sedang dikembangkan di Indonesia adalah *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC). PEMFC merupakan jenis sel bahan bakar yang paling sederhana serta merupakan kandidat yang menjanjikan sebagai sumber listrik nol-emisi karena bekerja pada temperatur operasi yang rendah yaitu sekitar 60-80°C, memiliki efisiensi yang tinggi, kerapatan daya yang tinggi, *startup* yang cepat, dan sistem ketahanan yang baik (Nurdiansyah, 2013). Salah satu komponen utama penyusun PEMFC adalah pelat bipolar yang berfungsi sebagai pengumpul arus, sambungan listrik antara sel individu tumpukan, pemisahan gas antar sel yang berdekatan, dan pengkonduksi panas (Sadeli, 2011). Karena fungsinya yang juga merupakan pendukung struktural sel bahan bakar, pelat bipolar juga harus memiliki struktur fisik yang kokoh dan ringan (Kunusch, 2012). Dengan fungsinya tersebut dibutuhkan pelat bipolar yang memiliki nilai konduktivitas optimum. Aluminium adalah salah satu material yang mampu meningkatkan nilai konduktivitas pelat bipolar grafit komposit. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan Al serbuk dengan mengoptimasi sifat fisik dan strukturnya agar memiliki nilai konduktif yang baik untuk aplikasi pelat bipolar pada PEMFC. Pembuatan aluminium serbuk akan dilakukan menggunakan metode *high energy milling* (HEM) dengan memanfaatkan limbah Al yang banyak tersebar di lingkungan misalnya limbah kaleng minum (coca cola) atau sisa pembuatan etalase, kusen atau atap rumah. Meskipun tingkat kemurnian aluminium limbah lebih rendah dibandingkan dengan aluminium murni yang komersil, namun dengan berbagai optimasi yang akan dilakukan seperti optimasi waktu milling pada HEM, optimasi temperatur

sintering, dan optimasi penambahan unsur Sn diharapkan akan diperoleh aluminium serbuk berukuran nano, homogen, dan kuat dengan nilai konduktivitas yang baik untuk aplikasi pelat bipolar.

## **I.2. Tujuan Khusus**

Berdasarkan uraian di atas, maka kajian penelitian ini akan difokuskan pada permasalahan sebagai berikut:

- a. Ancaman krisis energy karena ketersediaan sumber energi konvensional yang semakin lama semakin menurun.
- b. Belum adanya pengolahan limbah aluminium hasil industri di lingkungan sebagai bahan pembuat pelat bipolar komponen PEMFC untuk sumber energi alternatif

Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan khusus dalam penelitian ini adalah:

1. Pembuatan nanoserbuk aluminium limbah dan paduannya menggunakan metode HEM dengan variasi waktu milling dan konsentrasi timah (Sn) untuk aplikasi pelat bipolar PEMFC
2. Pembuatan pelat bipolar berbasis nanoserbuk Al dan Al-Sn sebagai komponen PEMFC

## **I.3. Urgensi Penelitian**

Isu yang perlu mendapat perhatian khusus akhir-akhir ini adalah masalah krisis energi. Kebutuhan akan energi yang meningkat dari tahun ketahun mendorong para peneliti untuk terus melakukan penemuan-penemuan baru yang dapat mengatasi masalah energi, salah satunya adalah penelitian tentang *polymer electrolyte membrane fuel cell* (PEMFC). Di Indonesia, penelitian teknologi PEMFC masih relatif baru sehingga pengembangannya masih perlu dilakukan. Dalam penelitian ini, akan diteliti pemanfaatan aluminium limbah yang ada di lingkungan sebagai bahan dasar pembuatan pelat bipolar sebagai komponen dasar PEMFC. Pemanfaatan aluminium limbah sebagai bahan pembuat pelat bipolar ini menghadapi tantangan karena tingkat kemurniannya rendah dibandingkan dengan aluminium murni komersil, sehingga dibutuhkan teknik pengolahan dan metode optimisasi pembuatan yang benar agar diperoleh aluminium yang berkualitas baik. Dalam penelitian ini, aluminium limbah akan dibuat menjadi serbuk aluminium menggunakan metode HEM dengan melakukan optimisasi waktu milling dan konsentrasi Sn. Optimisasi waktu milling dan variasi konsentrasi Sn dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan ukuran butir partikel Al dan Al-

Sn sehingga diperoleh serbuk Al berukuran nano yang memiliki nilai konduktivitas maksimal. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan limbah aluminium menjadi nanoserbuk aluminium menggunakan teknologi *high energy milling* (HEM) sebagai bahan aditif dalam pembuatan pelat bipolar pada komponen sebagai PEMFC.

Dalam Rencana Induk Penelitian (RIP) dan Peta Jalan Penelitian Unsri diuraikan bahwa, pada tahun 2020-2025 nanti, perkembangan penelitian Unsri di bidang energi telah sampai menghasilkan produk energi dan produk kimia berbahan gas hidrogen (fuel cell) untuk dimanfaatkan sebagai sel bahan bakar dan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan di sektor transportasi. Oleh karena itu, melalui penelitian ini, diharapkan pada tahun 2020-2025 produk energi dan produk kimia berbahan gas hidrogen (fuel cell) tersebut dapat terealisasi.

## BAB II. PETA JALAN PENELITIAN

Dewasa ini, Ilmu pengetahuan di bidang teknologi nanomaterial sedang menjadi perhatian yang sangat besar dari para ilmuwan diseluruh dunia. Keunggulan material nano dalam aplikasi teknologi telah menjadikannya salah satu bidang riset yang paling bergairah. Aplikasi material skala nanometer ini terbukti mampu memberi hasil yang lebih efisien, efektif, dan berdaya guna karena memiliki sifat-sifat kimia dan fisika yang lebih unggul, bahkan tidak dimiliki oleh material dalam ukuran *bulk*. Sintesa nanomaterial kemudian menjadi salah satu bidang penelitian yang menarik banyak peneliti untuk dikembangkan. Beberapa metode sintesis nanomaterial yang berhasil dikembangkan diantaranya adalah *spray pyrolysis*, *sol gel*, dan *simple heatin*, dan *high energy milling* atau HEM (Abdullah, M., 2008 dan Subianto, H., dkk. 2009).

Salah satu material yang memiliki sifat unggul bila dibuat dalam ukuran nano adalah aluminium (Al). Aluminium adalah bahan konduktor yang memiliki sifat konduktivitas termal dan elektrik yang baik sehingga aluminium memiliki potensi untuk diaplikasikan sebagai material penyusun pelat bipolar pada teknologi PEMFC. Permatasari (2015) menyatakan bahwa melalui penambahan serbuk aluminium murni pada pelat bipolar akan mendapatkan nilai konduktivitas yang memenuhi standar. Namun yang menjadi permasalahan adalah tingginya biaya produksi pelat bipolar aluminium murni sehingga untuk dapat diproduksi secara masal sebagai alat konversi energi alternatif terkendala. Solusinya yaitu melakukan terobosan dalam mendesain suatu proses fabrikasi dan pemilihan material yang tepat sehingga PEMFC dapat diproduksi dalam jumlah masal dengan harga cukup ekonomis. Salah satu usaha untuk mereduksi biaya produksi aluminium murni adalah dengan memanfaatkan aluminium limbah sisa industri dan memperkecil ukuran partikelnya menjadi skala nano dengan tujuan untuk meningkatkan sifat konduktivitas termal dan elektriknya. Nanopartikel aluminium dapat dibuat menggunakan metode HEM dimana serbuk Al yang sudah disiapkan digiling dengan variasi waktu tertentu. *High Energy Milling* atau HEM adalah alat penggiling material menggunakan energi tinggi (Suryanarayana, 2001:32). HEM mampu menghasilkan partikel yang lebih kecil daripada partikel yang dihasilkan oleh mesin *milling* konvensional serta memerlukan waktu *milling* yang lebih singkat (Rochman, 2009). Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah berhasil dibuat nano partikel material magnetik pasir besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) menggunakan metoda HEM dengan ukuran butir berkisar antara 40 nm sampai 30 nm ( Firza Septian, Fitri SA, IOP Conference Series, accepted). Oleh karena itulah, dalam penelitian ini akan dibuat nanopartikel aluminium menggunakan metode HEM

untuk aplikasi pelat bipolar pada teknologi *polymer electrolyte membrane fuel cell* (PEMFC) dengan memanfaatkan limbah aluminium sisa industri yang ada di lingkungan. Pada penelitian tahun pertama, nanopartikel aluminium akan dibuat menggunakan HEM dengan optimasi waktu milling dan variasi kandungan Sn pada Al. Selanjutnya pada penelitian tahun II, nanopartikel aluminium yang optimum akan digunakan untuk membuat pelat bipolar untuk aplikasi teknologi PEMFC. Berdasarkan tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan, maka tujuan penelitian ini adalah

1. Mengoptimasi waktu milling aluminium dan konsentrasi Sn pada Al menggunakan metode HEM untuk mendapatkan material aluminium yang optimum sebagai bahan pelat bipolar.
2. Mengetahui pengaruh parameter milling terhadap sifat struktur dan morfologi nanopartikel aluminium (Al) menggunakan karakterisasi SEM dan XRD
3. Mengetahui Pengaruh konsentrasi Sn terhadap sifat konduktif aluminium
4. Mengaplikasikan nanopartikel Al dan Al-Sn yang optimum pada pembuatan pelat bipolar

Sesuai dengan Rencana Induk Penelitian (RIP) dan Peta Jalan Penelitian Unsri tentang pemanfaatan hidrogen sebagai sel bahan bakar dan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan di sektor transportasi maka melalui penelitian pembuatan nanoserbuk aluminium dengan memanfaatkan limbah aluminium yang ada di lingkungan menggunakan metode HEM untuk aplikasi pelat bipolar pada teknologi PEMFC ini, diharapkan pada tahun 2020-2025 produk energi dan produk kimia berbahan gas hidrogen (*fuel cell*) dapat terealisasi.

### **II.1. Hasil yang sudah dicapai**

Pembuatan nanopartikel aluminium menggunakan limbah aluminium dengan metode HEM ini belum banyak dikembangkan orang. Karena sifat ketakmurnian aluminium limbah yang tinggi dan konduktivitasnya yang rendah, dibutuhkan teknik pembuatan dan pengolahan yang benar agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat pelat bipolar pada teknologi PEMFC. Salah satu cara meningkatkan sifat konduktif dan kemurnian aluminium limbah adalah dengan membuatnya dalam bentuk serbuk halus berukuran nanopartikel dan menambahkan serbuk nano timah (Sn) ke dalamnya. Metode HEM adalah metode milling yang bekerja berdasarkan proses milling dengan energi yang tinggi. Dengan mengoptimasi berbagai parameter milling, serbuk material berukuran nano sangat mungkin diperoleh. Dalam penelitian sebelumnya, telah berhasil diperoleh nanoserbuk material magnetik pasir

besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) berukuran sekitar 40 nm - 30 nm dengan menggunakan HEM (Firza dkk, IOP conference series). Studi yang dilakukan dalam penggunaan HEM untuk pembuatan berbagai nanoserbuk adalah optimasi waktu *milling* (Firza, Fitri SA dkk, IOP conference series), optimasi jumlah doping (Fera, Fitri sa, ICAMST 2017), optimasi temperatur annealing, optimasi perbandingan jumlah *ball mill* terhadap jumlah serbuk. Dalam penelitian ini, aluminium limbah akan diolah dan dibuat nanoserbuknya juga menggunakan HEM yang ada dilaboratorium Fisika Material Unsri dengan studi sebagai berikut:

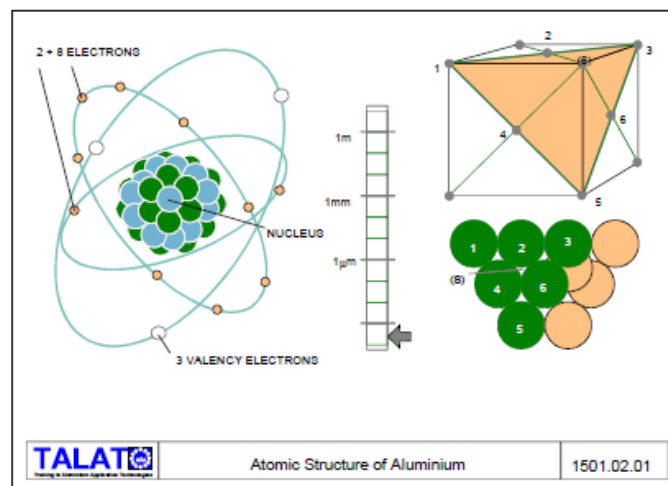
1. Optimasi dan karakterisasi waktu milling dengan variasi waktu selama 1, 3, dan 5 jam. Studi yang dilakukan adalah melihat pengaruh waktu milling terhadap sifat struktur dan morfologi, ukuran patikel, dan sifat konduktif aluminium.
2. Optimasi dan karakterisasi pengaruh perbandingan rasio jumlah bola dan serbuk. Studi yang dilakukan adalah melihat pengaruh variasi rasio terhadap sifat struktur dan morfologi, ukuran patikel, dan sifat konduktif aluminium.
3. Optimasi variasi konsentrasi Sn terhadap Al. Studi yang dilakukan adalah melihat pengaruh konsentrasi Sn terhadap sifat konduktif paduan Al-Sn
4. Pembuatan pelat bipolar menggunakan nanoserbuk Al dan Al-Sn yang optimum. (penelitian tahun kedua)

## BAB III. STUDI PUSTAKA

### 3.1. Aluminium

Aluminium adalah logam berwarna putih keperakan yang lunak, dan merupakan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silicon. Aluminium paling banyak terdapat di kerak bumi dengan jumlah yang diperkirakan sebanyak 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi. Produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (Faisal, 2015). Pemanfaatan aluminium sebagai bahan penelitian telah banyak dilakukan, Khairani (2015) memanfaatkan gamma alumina ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) sebagai adsorben, katalis temperatur tinggi, penyangga katalis dan sebagai membrane penyangga filtrasi. Kemudian Permatasari (2015) dan Munawarti (2015) melakukan sintesis aluminium dari limbah anodisasi pelapisan logam aluminium. Deni shidqi (2015) memproduksi gas hidrogen dari aluminium sebagai sumber *fuel cell*, sumber energi yang ramah lingkungan.

Aluminium adalah salah satu unsur kimia dengan lambang Al dan nomor atom 13. Aluminium memiliki struktur kristal *face centered cubic* (kubus bermuka pusat) dengan panjang lengan setiap sisi kubus nya adalah  $4,049 \times 10^{-8}$  cm.



Gambar 3.1 Struktur atom aluminium (Cobden, 1994)

Aluminium memiliki karakteristik yang lebih unggul dibandingkan dengan logam lainnya yaitu lebih ringan (*lightness*) dengan berat atom sebesar 26,98 dan berat jenisnya 2,70 atau sekitar 1/3 dari berat logam biasa. Konduktivitas dan resistivitas listrik aluminium murni (sekitar 99,99%) pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  masing-masing adalah sekitar 63,8% International Annealed Copper Standard (IACS) dan 2,69 microohm cm. Konduktivitas listrik dan resistivitas ini

dapat berubah-ubah bergantung pada komposisi dan pemberian panas (Cobden, 1994). Melalui penambahan logam lain pada aluminium dapat menurunkan ataupun meningkatkan nilai konduktivitas listrik aluminium. Selain itu, penurunan ukuran partikel atom Al juga sangat mempengaruhi nilai konduktivitasnya (Khaerudini, Deni Shidqi., dkk. 2015). Menurut Sunria dan Shinroku (1992), sifat fisik dan mekanik dari aluminium terlihat seperti pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut ini

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisik Aluminium

Sifat-Sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	66,2	653-657
Panas jenis (cal/g °C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (/°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,86 x 10 <sup>-6</sup>	23,5 x 10 <sup>-6</sup>
Jenis kristal dan konstanta kisi	<i>fcc</i> , a = 4,013 Å	<i>fcc</i> , a = 4,04 Å

Catatan: *fcc* = *face centered cubic* = kubus bermuka pusat

Tabel 3.2 Sifat-Sifat Mekanik Aluminium

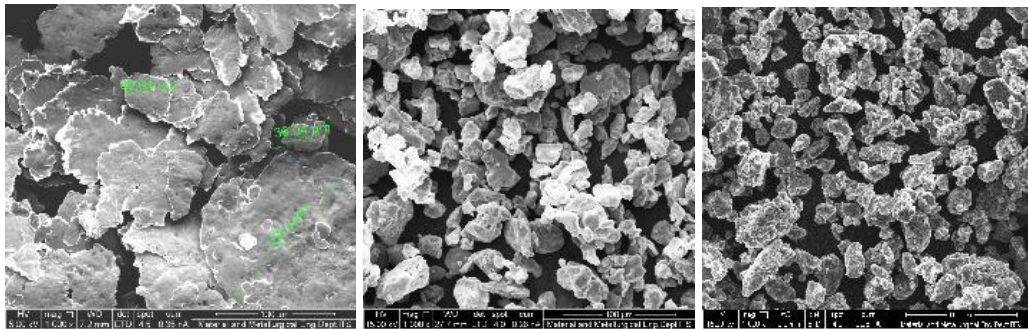
Sifat-Sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm <sup>2</sup> )	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Aluminium murni atau aluminium 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa, hanya memiliki kekuatan tensil sebesar 90 MPa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan mengubah sifat-



sifat dari material seperti meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur. Namun jika konsentrasi tersebut berlebihan, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, kristal, atau granula dalam logam. Selain faktor konsentrasi logam paduan, parameter lainnya yang mempengaruhi sifat material aluminium adalah ukuran partikelnya. Pada umumnya sifat dasar aluminium akan berubah menjadi lebih baik dan unggul ketika ukuran partikelnya mengecil. Ukuran partikel yang kecil akan meningkatkan kemampuannya berpadu dengan logam lainnya karena luas permukaan kontak nya yang membesar.

Gambar 3.2 adalah hasil karakterisasi *Scanning Electro Microscopy* (SEM) serbuk aluminium yang dimilling dengan variasi waktu milling. Terlihat bahwa dengan meningkatnya waktu *milling*, ukuran partikel serbuknya akan menurunkan.

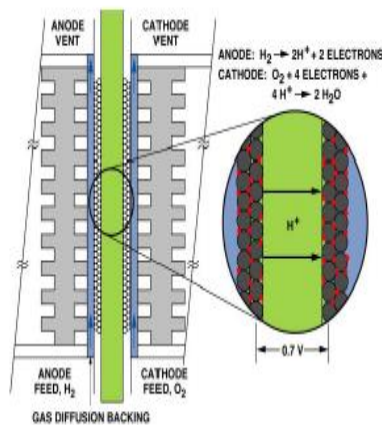


Gambar 3.2 (a) Hasil uji SEM serbuk aluminium, (b) Hasil uji SEM Mg10 wt%Al waktu milling 10 jam, dan (c) Hasil uji SEM Mg10 wt%Al waktu milling 20 jam (Pratama, 2012)

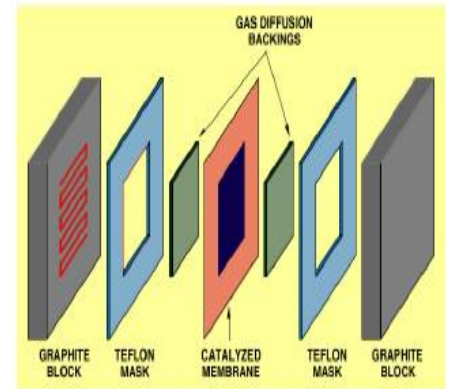
### 3.2. Aplikasi Aluminium pada Pelat Bipolar *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC)

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan sangat berpotensi untuk dikembangkan adalah teknologi *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC). Teknologi PEMFC ini merupakan salah satu jenis *fuel cell* yang menggunakan *membrane electrolyte assembly* yang berfungsi untuk memisahkan elektrodanya. Keunggulan PEMFC secara umum yaitu efisiensi yang relatif tinggi ( $\pm 60\%$ ), *start-up* relatif cepat, dan temperatur operasi rendah ( $\pm 80^\circ\text{C}$ ). Selain itu PEMFC beroperasi berdasarkan prinsip elektrokimia dengan produk reaksi berupa air yang bersifat rendah emisi (Nurdiansyah, 2013).

Pada sel bahan bakar jenis *Polymer Electrolyte Mebrane Fuel cell* (PEMFC) ini terjadi pertukaran proton yang ditransfer melalui elektrolit yang berada di antara katoda dan anoda. Gambar 3.3 adalah skema PEMFC dan struktur tunggal PEMFC.



(a)



(b)

Gambar 3.3 (a) Skema PEMFC (b) Struktur sel tunggal PEMFC

Sumber: *Fuel Cell Handbook 7<sup>th</sup> Edition*

Prinsip dasar PEMFC ini adalah hidrogen dan oksigen akan bereaksi menghasilkan air dan pada saat bersamaan juga dapat membangkitkan energi listrik dan panas. Gas hidrogen yang bertekanan kemudian masuk ke sisi anoda yang kemudian dialirkan melalui katalis dengan memberikan tekanan. PEMFC mempunyai komponen-komponen utama yang terdiri dari *Membrane electrolyte assembly*, pelat bipolar, pelat penutup dan penyimpan arus (Tabel 3.3). Setiap komponen dalam PEMFC tentunya memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda yang diharapkan mampu meningkatkan kinerja dari PEMFC tersebut. Keuntungan utama dari PEMFC adalah efisiensinya yang tinggi dibandingkan dengan perangkat konversi energi yang lainnya. Keuntungan lainnya terletak pada suhu operasinya yang rendah yaitu di bawah 80°C yang memungkinkan PEMFC untuk mencapai titik operasi dengan cepat. Sedangkan kelemahan utama untuk fuel cell jenis PEMFC ini terletak pada biaya produksi yang tinggi (Feroldi dan Basualdo, 2012).

Tabel 3.3 Komponen utama dalam PEMFC

Komponen	Material	Fungsi
Membrane electrolyte assembly (MEA)	Polimer terimpregnasi dengan lapisan katalis anoda dan katoda.  Kertas atau kain karbon berpori untuk lapisan difusi gas (GDL)	Terdiri dari dua elektroda, satu membran elektrolit dan 2 GDL. Membran memisahkan dengan pembatas gas dua setengah reaksi sel dan melepaskan proton dari anoda ke katoda. Lapisan katalis yang terdispersi pada elektroda memacu setiap setengah reaksi.
Pelat bipolar	Grafir, <i>stainless steel</i> atau komposit polimer	Mendistribusikan gas di bagian area aktif membran. Mengalirkan elektron dari anoda menuju katoda serta membuang air keluar sel.
Pelat penutup	Material dengan kekuatan mekanik yang baik (biasanya baja atau aluminium)	Menyatukan rangkaian <i>fuel cell</i> .
Penyimpan arus	Logam dengan kontak elektrik dan konduktivitas yang baik (biasanya tembaga)	Menyimpan dan mentransfer arus listrik dari dalam keluar sirkuit.

Sumber: *Conductive Thermoplastic Composite Blends for Flow Field Plates for Use in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC)*

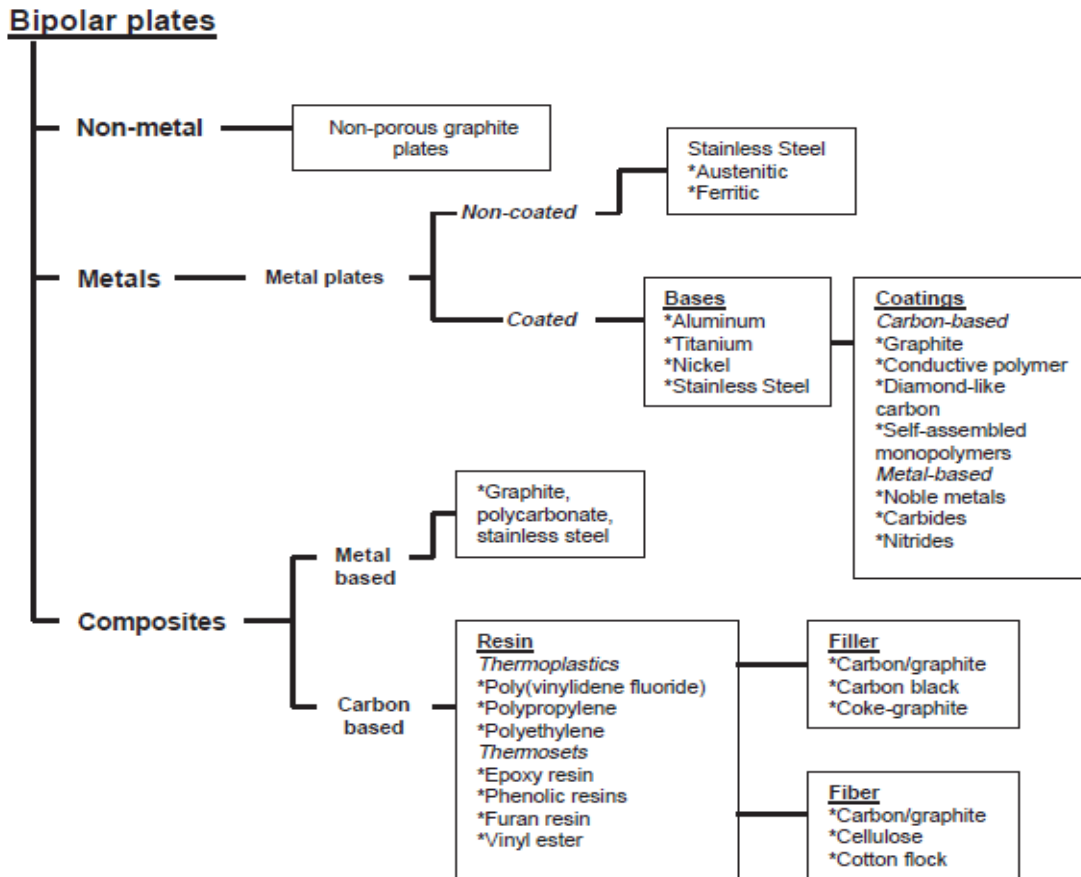
### 3.3. Pelat Bipolar

Pelat bipolar merupakan salah satu komponen yang ada pada PEMFC, pelat bipolar berkontribusi 80% terhadap volume PEMFC dan 70% terhadap berat PEMFC serta 60% dari biaya fabrikasi PEMFC. Akibat dari kontribusinya yang besar bagi PEMFC material pembuat pelat bipolar haruslah material yang memiliki sifat konduktivitas yang tinggi dan tidak dapat dilewati oleh gas atau memiliki permeabilitas yang rendah. Sifat-sifat tersebut diperlukan karena pelat bipolar harus menghasilkan aliran elektron yang baik dalam sistem operasi *fuel cell*.

Pelat bipolar sendiri berfungsi untuk mengumpulkan arus dari masing-masing *Membrane Electrolyte Assembly* (MEA) yang terletak di antara pelat anoda dan pelat katoda. Adapun fungsi lain dari pelat bipolar, antara lain (Kunusch, 2012):

- a) Sambungan listrik antara sel individu tumpukan.
- b) Pemisahan gas diantara sel yang berdekatan, PEMFC haruslah kedap akan H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>.
- c) Konduksi panas yang efisien.
- d) Dukungan struktural terhadap sel bahan bakar, kokoh dan juga ringan yang diutamakan.

Pada umumnya pelat bipolar dibuat dari bahan grafit, logam seperti aluminium, baja tahan karat (*stainless steel*), paduan titanium, paduan nikel atau dapat juga dibuat dari materi komposit. Berdasarkan material pembentuknya pelat bipolar dapat dikategorikan seperti terlihat pada Gambar 3.4. Material penyusun pelat bipolar terdiri dari material non-logam, logam dan komposit. Tentunya setiap materi-metrial tersebut memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing seperti terlihat pada Tabel 3.4.



Gambar 3.4 Klasifikasi pelat bipolar dalam *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* Sumber: *Bipolar Plates for PEM Fuel Cell: A Review*

Tabel 3.4 Keunggulan dan kekurangan tiap material dasar pelat bipolar

Material	Keunggulan	Kekurangan
Grafit	1. Ketahanan terhadap korosi yang sangat baik. 2. Resistivitas yang rendah. 3. Resistansi kontak rendah.	1. Sifat mekanik yang buruk (getas). 2. Porositas 3. Volum dan berat besar 4. Biaya produksi mahal
Komposit karbon – karbon	1. Densitas rendah 2. Ketahanan terhadap korosi baik. 3. Resistansi kontak rendah.	1. Kekuatan mekanik rendah 2. Konduktivitas listrik rendah 3. Harga tinggi
Komposit karbon - polimer	1. Biaya rendah 2. Ketahanan terhadap korosi cukup baik	1. Kekuatan mekanik rendah 2. Konduktivitas listrik

Material	Keunggulan	Kekurangan
Logam	3. Bobotnya ringan	rendah
	4. Tidak menggunakan proses permesinan	
	1. Konduktivitas listrik baik	1. Terjadi korosi pada membran yang menghasilkan oksida pada permukaan
	2. Konduktivitas panas baik	
	3. Biaya produksi cukup rendah	
	4. Memiliki sifat mekanik yang baik	
	5. Proses pabrikan yang mudah	

---

Sumber: *Bipolar Plates for PEM Fuel Cells: A Review*

Secara umum biaya fabrikasi yang cukup tinggi untuk memproduksi *polymer electrolyte membrane fuel cell* (PEMFC) masih memiliki kendala untuk dapat diproduksi secara massal sebagai alat konversi energi alternatif ini. Solusinya yaitu melakukan terobosan dalam mendesain suatu proses fabrikasi dan pemilihan material yang tepat melalui suatu penelitian secara komprehensif sehingga PEMFC ini dapat diproduksi dalam jumlah massal dengan harga cukup ekonomis. Pemanfaatan bahan limbah merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prihandoko (2013) mengenai pelat bipolar PEMFC berbasis polimer-grafit dengan menambahkan *carbon black* sebagai material *minor conductive filler* dihasilkan nilai konduktivitas listrik dari komposit berbasis polimer-grafit-*carbon black* masih jauh dari standar ketentuan namun untuk nilai fleksural, porositas dan densitas memenuhi standar ketentuan.

Inovasi yang dapat dilakukan untuk mengatasi mahal biaya produksi *fuel cell* dan rendahnya nilai konduktivitas yaitu dengan menambahkan bahan logam yang memiliki konduktivitas yang baik serta ketahanan terhadap korosi.

Aluminium merupakan logam yang memiliki beberapa keunggulan yaitu lebih ringan dari pada baja, mudah dibentuk, tidak beracun, tidak berbau, tidak beracun, dapat menahan masuknya gas, mempunyai konduktivitas panas yang baik dan dapat didaur ulang (Diharjo dalam Mulyadi dkk., 2011).

Aluminium merupakan material yang memiliki sifat-sifat fisik, kimia dan mekanik seperti logam lainnya. Aluminium memiliki densitas  $2,7 \text{ g/cm}^3$  yang membuatnya sangat ringan. Selain itu, konduktivitas termal dan elektrik aluminium juga sangat baik karena densitasnya yang lebih kecil. Aluminium merupakan material yang memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan jenis logam lainnya. Oleh karena itu, aluminium dapat digunakan sebagai material penyusun pelat bipolar.

Umumnya, sifat-sifat aluminium bergantung pada ukuran partikel dan luas permukaan. Ukuran partikel dan luas permukaan akan menentukan sifat yang dihasilkan dari aluminium, ukuran partikel yang kecil akan memiliki luas permukaan yang besar sehingga akan lebih mudah untuk dibasahi dan dapat dengan mudah larut ketika dicampur dengan material lain daripada aluminium yang memiliki ukuran yang besar (*bulk*). Seiring dengan adanya perubahan ukuran partikel sifat-sifat aluminium yang lainnya akan ikut berubah baik itu sifat fisis ataupun sifat kimia.

Nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat yang terdispersi atau partikel-partikel padatan dengan ukuran partikel berkisar 10 – 100 nm. Ada dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*) yaitu : (a) karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain; (b) ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum (Abdullah, 2008).

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena berikut ini. Pertama adalah fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik dan magnetisasi. Kedua adalah perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan partikel sejenis dalam keadaan *bulk* (Abdullah, 2008).

Adanya perubahan ukuran partikel aluminium yaitu dalam skala nano akan membuat sifat-sifat aluminium mengalami perubahan seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik dan magnetisasi. Diharapkan adanya

perubahan konduktivitas nanopartikel aluminium dapat meningkatkan nilai konduktivitas pelat bipolar. Salah satu cara mengubah partikel dari ukuran besar menjadi skala lebih kecil yaitu dengan melakukan milling pada aluminium bulk menggunakan metode HEM

### **3.4. Pembuatan Nanopartikel Menggunakan HEM**

Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia. Sintesis nanopartikel bermakna pembuatan partikel dengan ukuran yang kurang dari 100 nm dan sekaligus mengubah sifat atau fungsinya. Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Proses sintesis pun dapat berlangsung secara fisika atau kimia. Proses sintesis secara fisika tidak melibatkan reaksi kimia. Yang terjadi hanya pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer, atau penggabungan material berukuran sangat kecil, seperti kluster, menjadi partikel berukuran nanometer tanpa mengubah sifat bahan. Proses sintesis secara kimia melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (precursor) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer.

Miling termasuk cara yang paling tua untuk membuat partikel kecil dari partikel yang berukuran besar. Contoh proses milling yang akrab dengan kita adalah mengubah biji kopi menjadi bubuk kopi, atau mengubah beras menjadi tepung. Pada partikel besar kita berikan stress sehingga partikel tersebut pecah menjadi partikel yang lebih kecil. Untuk mengefektifkan milling, stress dikonsentrasikan pada lokasi crack (retakan) yang telah ada sehingga crack tersebut merambat dan memecah material dengan mudah. Tetapi begitu ukuran partikel mengecil, material memperlihatkan peningkatan sifat plastisitas sehingga makin sulit dipecah lebih lanjut. Pada sejumlah material, ada batas terkecil ukuran partikel sehingga milling lebih lanjut tidak lagi mengubah ukuran partikel. Metode ini tidak efektif digunakan untuk menghasilkan partikel dengan ukuran di bawah 100 nm.

*High Energy Milling* (HEM) merupakan salah satu jenis mesin milling dengan beberapa fitur unggulan, yang lebih baik daripada mesin milling konvensional. *High Energy Milling* (HEM) adalah dimana material akan melalui proses penggilingan atau penggerusan berenergi tinggi (Suryanarayana, 2001:32). Mesin *High Energy Milling* (HEM) berupa silinder yang berisi beberapa bola padat yang keras. Materi yang hendak digerus dimasukkan ke dalam sebuah silinder dan diputar sepanjang sumbu horizontal, selama proses ini bola-bola padat akan menumbuk material sehingga akan pecah menjadi partikel-partikel berukuran kecil.

Abdullah (2008) menyatakan bahwa mesin *milling* konvensional umumnya belum mampu menghasilkan partikel berukuran nanometer. *High Energy Milling* (HEM) mampu



menghasilkan partikel yang lebih kecil daripada partikel yang dihasilkan oleh mesin *milling* konvensional serta memerlukan waktu *milling* yang lebih singkat (Rochman, 2009).

Keunggulan HEM dibandingkan dengan alat standar yang ada adalah HEM memanfaatkan gerak dan putaran pada vial sehingga mekanisme proses amorfisasi dan pembentukan nanopartikel lebih cepat dan efektif. HEM ini dapat digunakan untuk *mixing*, homogenisasi, *mechanical milling*, *mechanical alloying*, dan membuat emulsi. HEM bisa digunakan untuk industri dan penelitian dalam bidang nanomaterial terutama untuk material fungsional.

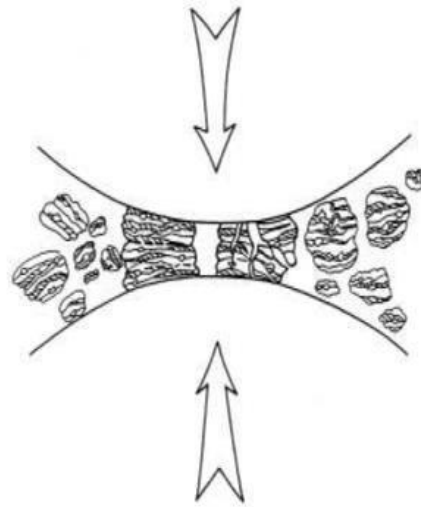


Gambar 3.5 (a) *Shaker Mill PPF-UG* ;(b)Vial (Wismogroho, A. S., 2014)

*Shaker Mill PPF-UG*, seperti pada Gambar 2.8 merupakan inovasi terbaru sistem *milling* yang merupakan *up grade* dari sistem *milling* HEM-E3D (Produk Sebelumnya). Sistem terbaru berkecepatan *shaking* mencapai 700-800 rpm (Wismogroho, A. S., 2014).

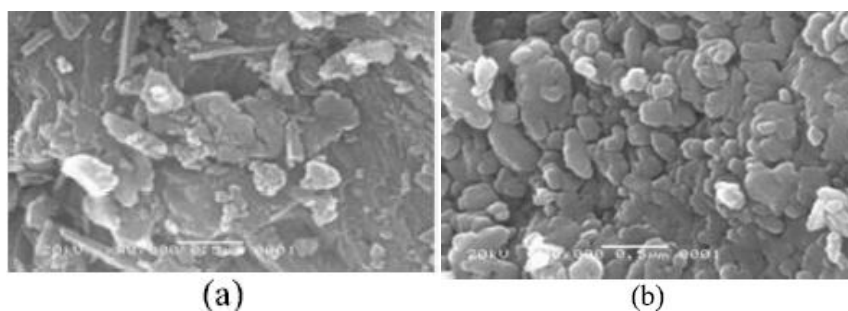
Material logam pada umumnya bertekstur kering, oleh karena itu alat *high energy milling* dapat melakukan produksi pada beranekaragam material komersil ini dan material menarik lainnya secara ilmiah. Alat ini dapat melakukan pemrosesan suatu material hingga beberapa ratus gram. Kecepatan *milling* skala laboratorium dapat mencapai 10 kali lipat kecepatan *milling* skala komersil. Namun pembatasan kecepatan perlu dilakukan karena bila

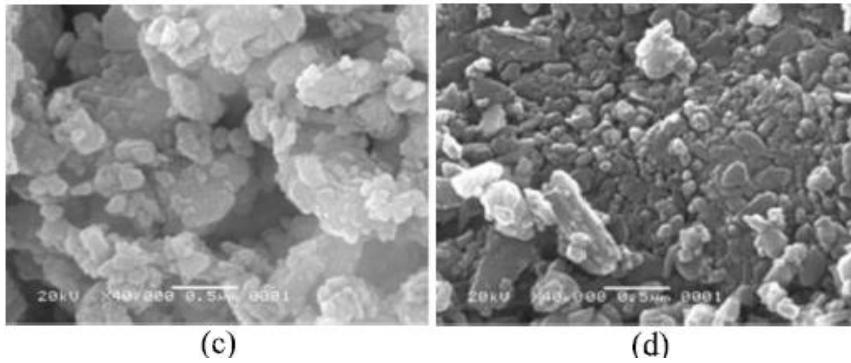
tidak maka bola milling akan tetap terjepit di dinding vial dan tidak melakukan tumbukan-tumbukan seperti yang diharapkan. Pada dasarnya, pada proses milling, terjadi tumbukan antar bola seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Tumbukan Antar Bola Pada Pencampuran Bubuk Selama Proses Milling (Singh, K. K. dan Bhattacharjee, S., 2007)

Banyak faktor yang mempengaruhi hasil proses *milling* seperti kecepatan, waktu, temperatur, tekanan, ukuran *grinding*, persentase *process control agent* (PCA) dan komposisi berat serbuk tersebut (Pangesthi, 2012). Hasil penelitian dari Rajkovic dkk (2007) dan Hariyadi (2010) menyatakan bahwa semakin meningkatnya waktu *milling* semakin kecil ukuran partikel. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan Muhriz (2011) mengenai pembuatan nanozeolit dengan metode HEM dengan variasi waktu 0 jam; 2 jam; 4 jam; dan 6 jam. Dari hasil penelitian dinyatakan bahwa ukuran partikel zeolit semakin mengecil seiring dengan bertambahnya waktu *milling*. Dapat kita lihat lebih lanjut pada gambar 3.7.





Gambar 3.7. Mikrograf SEM dengan 40.000x pembesaran zeolit alam Wonosari dengan variasi waktu (a) 0 jam (b) 2 jam, (c) 4 jam, dan (d) 6 jam (Muhriz, 2011)

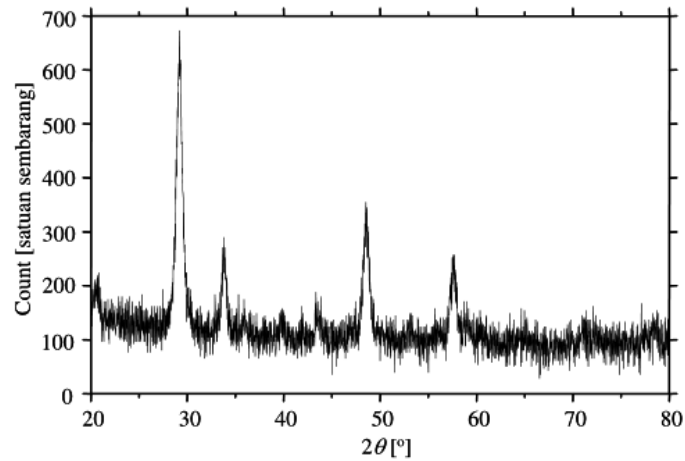
### 3.5. Karakterisasi Nanopartikel Aluminium

Pengamatan struktur mikro berguna untuk menganalisis ukuran butir, batas butir, komposisi kimia, dan lain sebagainya. Pengamatan ini penting sebagai acuan penelitian selanjutnya pada suatu material. Teknik pengamatan struktur mikro beraneka ragam, pada penelitian ini, teknik pengamatan struktur mikro menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform InfraRed* (FTIR). Hasil dari pengamatan adalah berupa gambar pencitraan baik pada bagian permukaan maupun bagian dalam dari suatu material. Untuk material yang berasal dari alam, pengamatan ini sangat berguna untuk mengetahui ukuran partikel, morfologi struktur material tersebut serta mengetahui sebaran unsur yang dikandung material (Ismoyo, 2009).

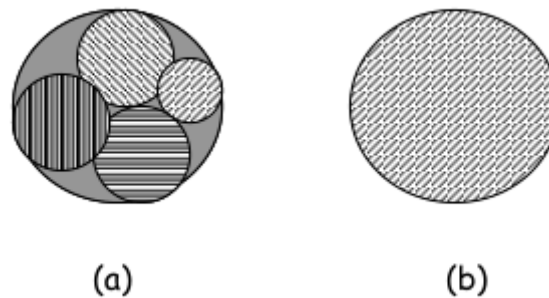
#### 3.5.1. Karakterisasi XRD

X ray diffraction adalah sebuah metode yang digunakan untuk memprediksi ukuran kristalin dalam material, bukan ukuran partikel. Ukuran kristal ditentukan berdasarkan pelebaran puncak difraksi sinar-X yang muncul (Gambar 3.8). Jika satu partikel mengandung sejumlah kristallites yang kecil-kecil, maka informasi yang diberikan metode Scherrer pada XRD adalah ukuran kristalin tersebut (Gambar 3.9.a), bukan ukuran partikel. Untuk partikel berukuran nanometer, biasanya satu partikel hanya mengandung satu kristallites (Gambar 3.9.b). Dengan demikian, ukuran kristalinitas yang diprediksi dengan metode Schreer juga merupakan ukuran partikel. Berdasarkan metode ini, makin kecil ukuran kristallites maka makin lebar puncak difraksi yang dihasilkan. Kristal yang berukuran besar dengan satu orientasi menghasilkan puncak difraksi yang mendekati sebuah garis vertikal. Kristallites yang

sangat kecil menghasilkan puncak difraksi yang sangat lebar. Lebar puncak difraksi tersebut memberikan informasi tentang ukuran kristalinites



Gambar 3.8 Pola XRD material

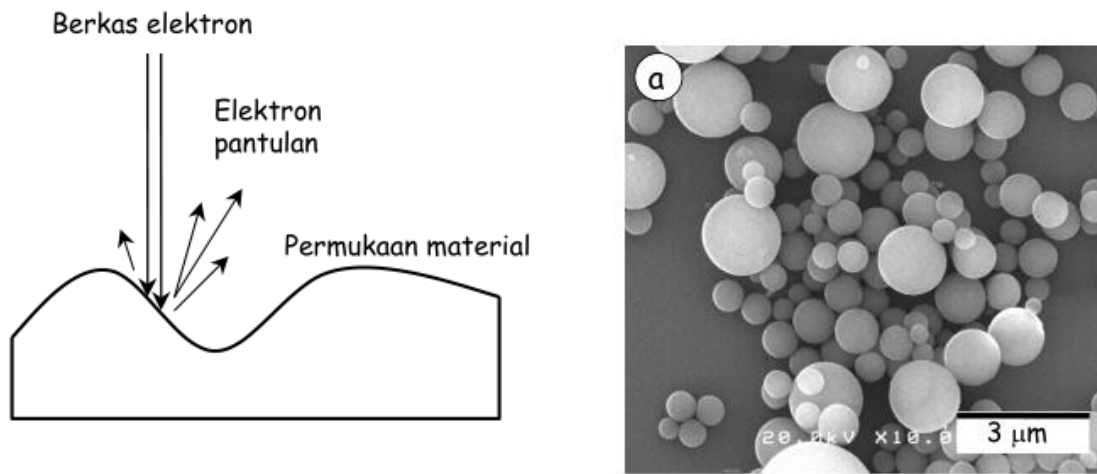


Gambar 3.9. Ilustrasi ukuran kristalinit

### 3.5.2. Karakterisasi SEM

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Pada karakterisasi SEM, permukaan benda atau sampel ditebaki dengan seberkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang terkena berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas

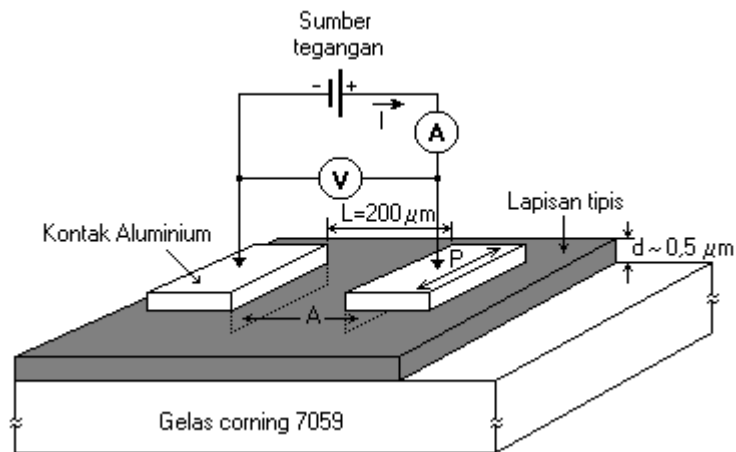
tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan ke mana arah kemiringan.



Gambar 3.10. Ilustrasi berkas elektron SEM ketika mengenai permukaan sampel dan hasil foto SEM

### 3.5.3. Karakterisasi Sifat Listrik (Konduktifitas)

Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan metode dua titik (*two point probe*). Metode ini digunakan untuk mengkarakterisasi sifat konduktivitas material.



. Sifat listrik bahan akan ditentukan dengan menggunakan metode dua elektroda (*two point probe*), pada metode ini arus dialirkan pada dua elektroda tembaga dengan jarak dan luas tertentu (Supriyanto, dkk. 2007). Konduktifitas sampel dapat ditentukan menggunakan Persamaan :

$$\sigma = \frac{I.d}{R.A} \quad \dots (1)$$

Dari Persamaan (1),  $\sigma$  adalah konduktivitas bahan ( $\Omega\text{m}$ )<sup>-1</sup> dan R adalah resistansi bahan (Ohm), sedangkan d dan A adalah jarak antara dua elektroda (m) dan luas penampang (m<sup>2</sup>).

## **BAB IV. MANFAAT PENELITIAN**

Penelitian sintesa nanopartikel aluminium berbasis limbah menggunakan metode HEM untuk aplikasi pelat bipolar PEMFC masih belum banyak dilakukan orang sehingga pengembangannya masih perlu dilakukan. Untuk itu penelitian lebih mendalam dibidang ini perlu dilakukan. Dalam penelitian ini, kami akan melakukan oprtimasi sintesa dan karakterisasi nanopartikel aluminium limbah menggunakan metode HEM untuk meningkatkan kualitas sifat fisis dan sifat optik nanopartikel Al yang akan diaplikasikan pada pelat bipolar PEMFC. Pemanfaatan aluminium limbah sebagai bahan pembuat pelat bipolar ini menghadapi tantangan karena tingkat kemurniannya rendah dibandingkan dengan alumnium murni komersil, sehingga dibutuhkan teknik pengolahan dan metode optimisasi pembuatan yang benar agar diperoleh alumnium yang berkualitas baik. Dalam penelitian ini, aluminium limbah akan dibuat menjadi serbuk aluminium menggunakan metode HEM dengan melakukan optimasi waktu milling dan konsentrasi Sn. Optimasi waktu milling dan variasi konsentrasi Sn dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan ukuran butir partikel Al dan Al-Sn sehingga diperoleh serbuk Al berukuran nano yang memiliki nilai konduktivitas maksimal. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan limbah aluminium menjadi nanoserbuk aluminium menggunakan teknologi *high energy milling* (HEM) sebagai bahan aditif dalam pembuatan pelat bipolar pada komponen sebagai PEMFC.

Dalam Rencana Induk Penelitian (RIP) dan Peta Jalan Penelitian Unsri diuraikan bahwa, pada tahun 2020-2025 nanti, perkembangan penelitian Unsri di bidang energi telah sampai menghasilkan produk energi dan produk kimia berbahan gas hidrogen (fuel cell) untuk dimanfaatkan sebagai sel bahan bakar dan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan di sektor transportasi. Oleh karena itu, melalui penelitian ini, diharapkan pada tahun 2020-2025 produk energi dan produk kimia berbahan gas hidrogen (fuel cell) tersebut dapat terealisasi.

## BAB V. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 2 tahun dengan tahapan sebagai berikut

### I. Tahun pertama

Pembuatan nanopartikel aluminium (Al) dan Al-Sn

1. Optimasi dan karakterisasi waktu milling dengan variasi waktu selama 1, 3, dan 5 jam. Studi yang dilakukan adalah melihat pengaruh waktu milling terhadap sifat struktur dan morfologi, ukuran partikel, dan sifat konduktif aluminium.
2. Optimasi dan karakterisasi pengaruh perbandingan rasio jumlah bola dan serbuk. Studi yang dilakukan adalah melihat pengaruh variasi rasio terhadap sifat struktur dan morfologi, ukuran partikel, dan sifat konduktif aluminium.
3. Optimasi variasi konsentrasi Sn terhadap Al. Studi yang dilakukan adalah melihat pengaruh konsentrasi Sn terhadap sifat konduktif paduan Al-Sn
4. Publikasi dan laporan

### II. Tahun kedua

Pembuatan pelat bipolar

Pembuatan pelat bipolar menggunakan nanoserbuk Al dan Al-Sn yang optimum.

#### a) Pencampuran bahan

- Serbuk grafit EAF dan *carbon black* dimasukkan ke dalam jar, kemudian diaduk dengan menggunakan HEM selama 1 jam.
- Resin *epoxy* sebanyak 18 gram dicampurkan dengan metanol 35 mL, kemudian resin *epoxy* dicampurkan dengan serbuk aluminium/Al-Sn.
- Hasil campuran resin *epoxy*, metanol dan serbuk aluminium/Al-Sn dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi EAF dan *carbon black* kemudian kembali dimixing selama  $\pm 10$  menit.
- *Hardener* diencerkan dengan metanol sebanyak 35 mL. *Hardener* yang sudah diencerkan kemudian dimasukkan ke dalam adonan dan dimixing kembali selama  $\pm 5$  menit.



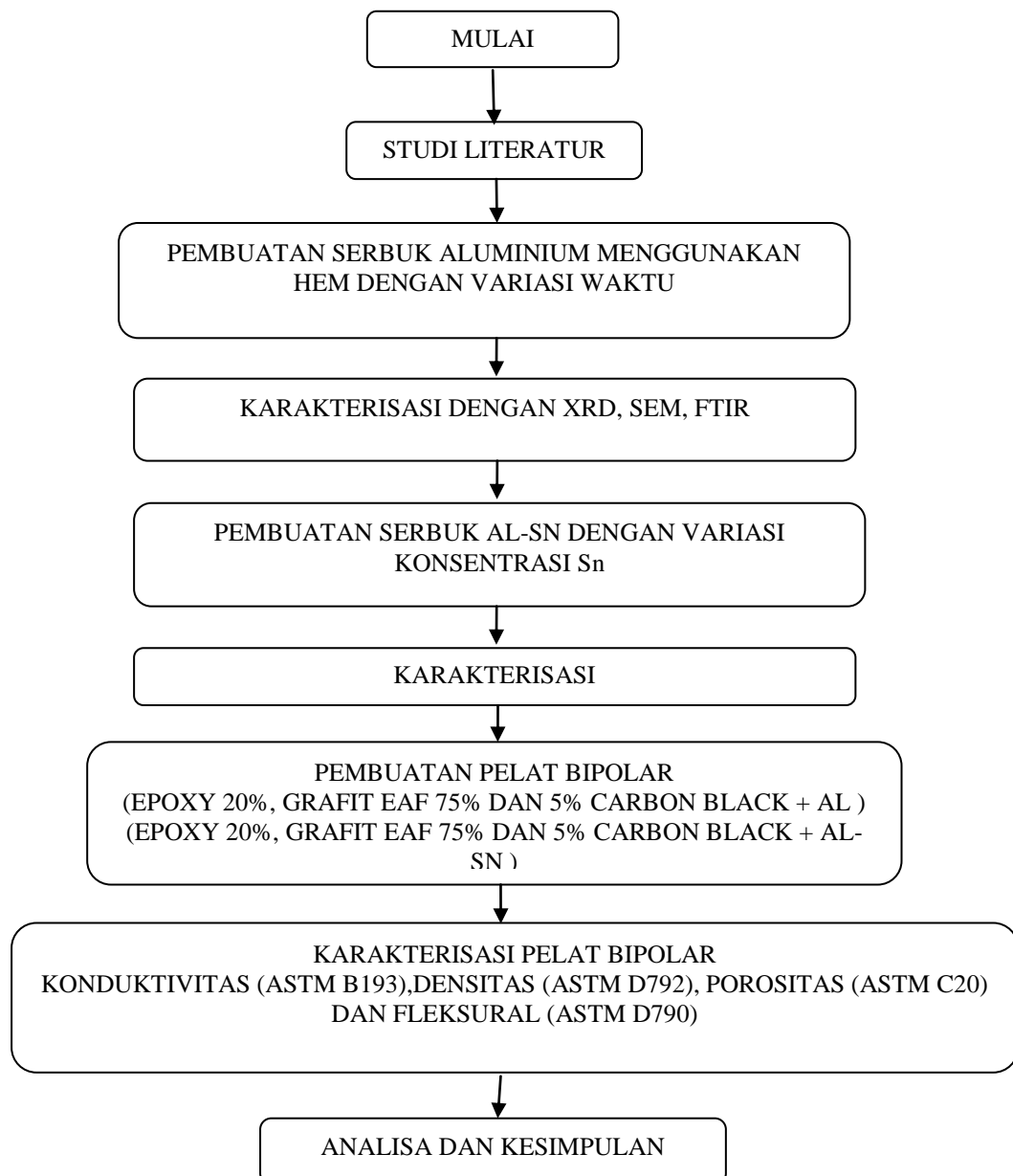
b) Pencetakan pelat bipolar

- Hasil dari pencampuran kemudian dimasukkan ke dalam wadah cetak dan dilakukan *Hot Press* selama 4 jam dengan tekanan 5,5 MPa dengan suhu 100°C.
- Matikan indikator panas dan diamkan sampel di dalam cetakan pada temperatur kamar selama 12 jam dengan tekanan tetap.

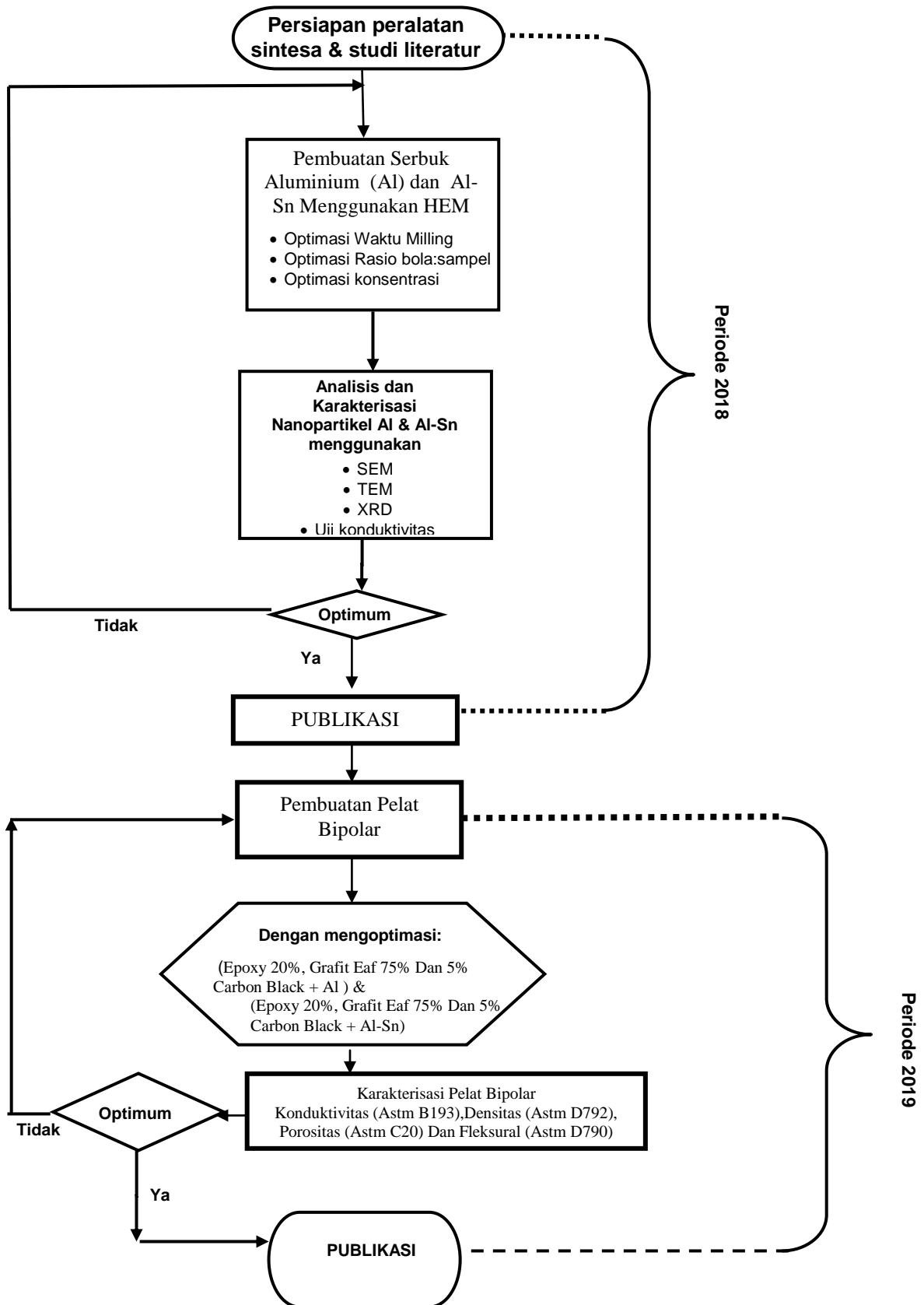
Release tekanan yang diberikan dan keluarkan pelat dari cetakan

### 5.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 5.1 di bawah ini menjelaskan diagram alir penelitian untuk pembuatan Al dari limbah menggunakan HEM, dan pembuatan pelat bipolar berbasis Al



## BAGAN ALIR PENELITIAN



Gambar 5.1 Bagan alir penelitian yang akan dilaksanakan secara multi tahun

## 5.2 Waktu dan Jadwal Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Sriwijaya, dengan jadwal penelitian sebagai berikut

No	Kegiatan	Tahun pertama				Tahun kedua			
		1-2	3-4	5-6	7-8	1-2	3-4	5-6	7-8
1	Studi literature								
2	Preparasi sampel								
3	Pembuatan Al limbah dengan <i>High Energy Milling</i> (HEM) dengan variasi waktu <i>milling</i>								
4	Karakterisasi								
5	Analisa hasil penelitian								
6	Publikasi jurnal internasional								
	LAPORAN HASIL PENELITIAN								
1	Al dengan hasil waktu <i>milling</i> optimal dipadukan dengan Sn dengan variasi komposisi								
2	Pembuatan pelat bipolar								
3	Karakterisasi sampel								
4	Analisa hasil penelitian								
5	Publikasi jurnal internasional								
6	LAPORAN HASIL PENELITIAN								

## BAB VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah diketahui bahwa proses penggilingan dapat menyebabkan perubahan ukuran Kristal yang dapat menghasilkan karakteristik yang lebih baik. Proses penggilingan menghasilkan perubahan morfologi serbuk komposit sebagai akibat deformasi plastis. Morphology serbuk aluminium limbah konstruksi di tunjukkan pada Gambar 1.

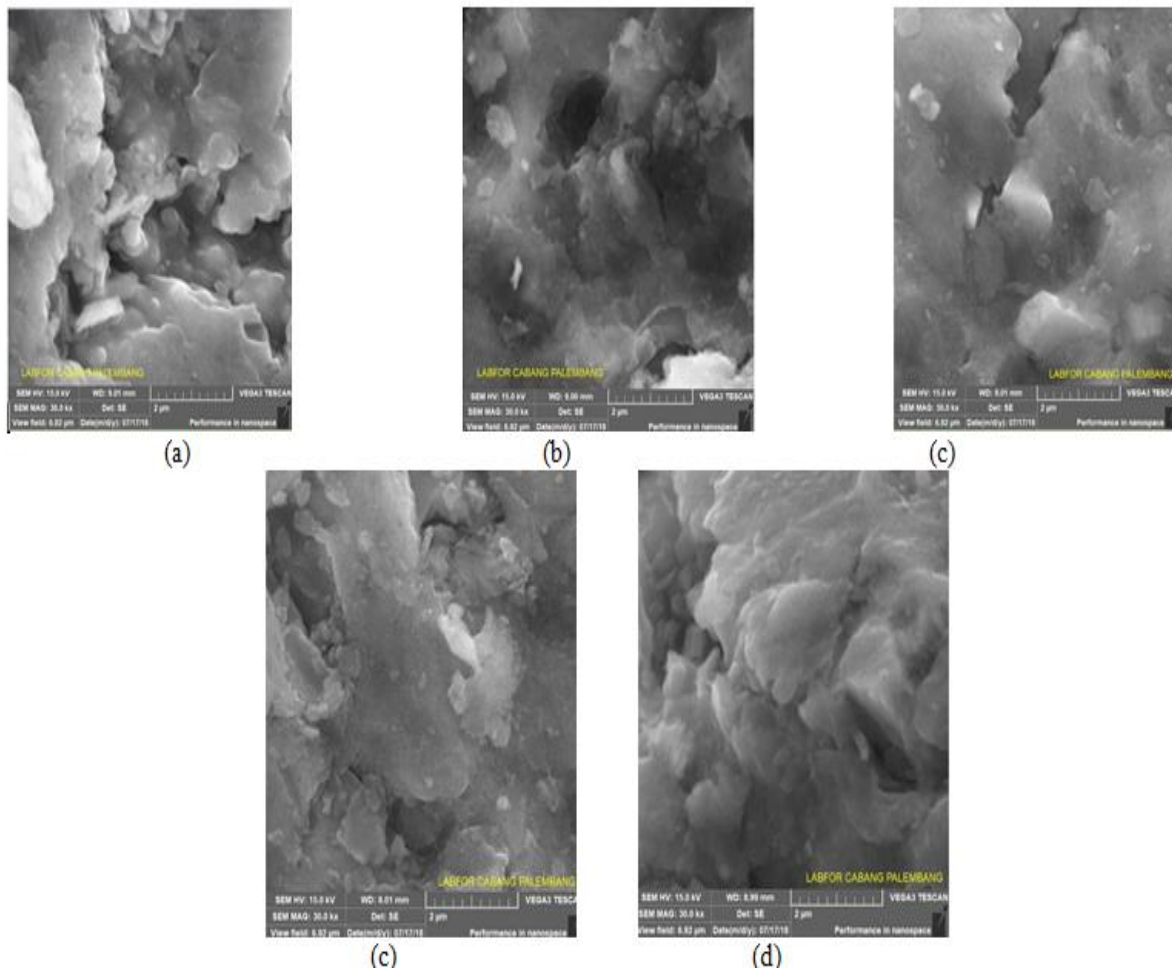


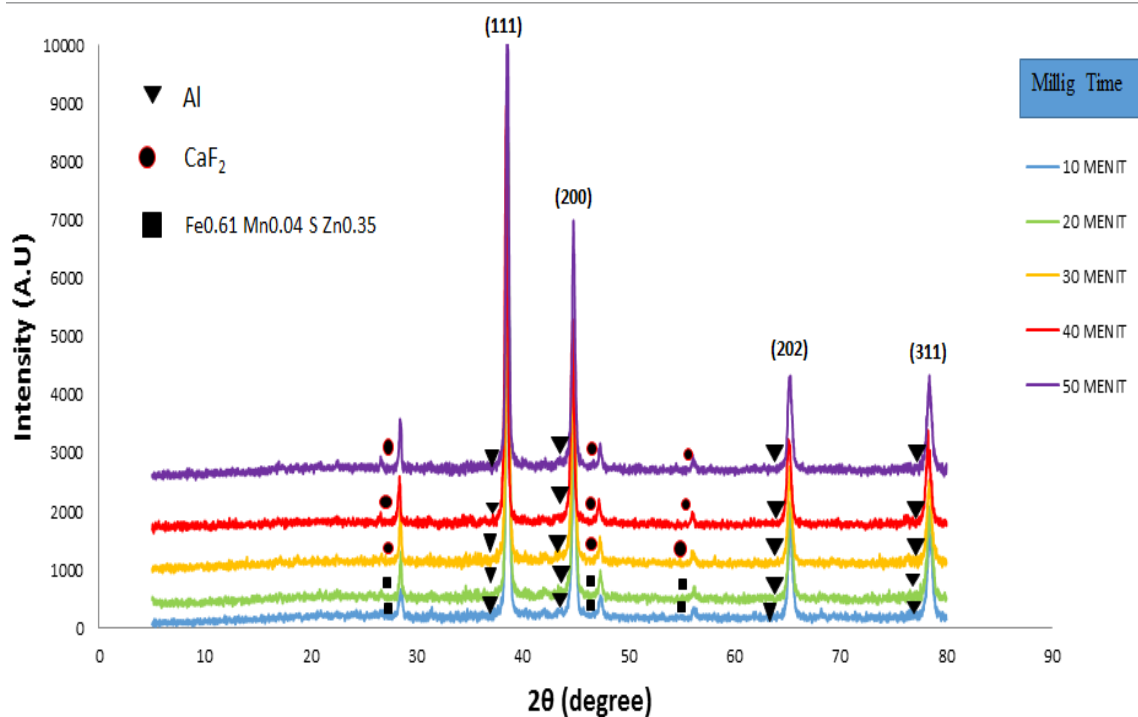
Figure 6.1. SEM micrographs of powder aluminium frame waste mixture ball milled for (a) 10 minute (b) 20 minute, (c) 30 minute, (d) 40 minute, (e) 50 minute

Waktu penggilingan 10 minute, memperlihatkan partikel-partikel aluminium berbentuk keping-kepingan, tumbukan antara serbuk aluminium dan ball mill menyebabkan reduksi ukuran partikel, partikel-partikel aluminium berwarna abu-abu adalah partikel, sedangkan yang berwarna hitam adalah unsur lain ini ditunjukkan pada Gambar 1 (a). Pada Gambar 1(b) serbuk aluminium dimilling dengan rasio waktu ON/OFF 10 minute waktu hidup dan 20 menit waktu mati selama 20 menit waktu milling. Dari Gambar terlihat bahwa ukuran

partikel menjadi lebih besar, hal ini mungkin terjadi disebabkan oleh penggumpalan kembali serbuk yang semula telah tereduksi akibat dari waktu Off yang panjang. Gambar 1(c) memperlihatkan bahwa partikel-partikel aluminium mempunyai ukuran yang hamper seragam, artinya ukuran partikel kembali tereduksi. Gambar 1(d) memperlihatkan distribusi ukuran partikel yang tidak seragam, Gambar 1(e) memperlihatkan partikel-partikel aluminium mulai memisahkan diri satu dengan lainnya, hal ini menyebabkan distribusi ukuran partikel nya sedikit lebih merata dibanding Gambar 1(c). Gambar 1 terlihat bahwa ukuran partikel aluminium cenderung berfluktuasi, hal ini menunjukkan bahwa rasio waktu ON/Off, milling dapat mempengaruhi reduksi ukuran partikel dan terjadinya aglomerasi. Struktur Kristal, nama phase, komposisi sampel, ukuran Kristal dapat diketahui dari data karakterisasi yang telah diolah, Untuk mendapatkan ukuran Kristal di hitung dengan menggunakan metode scherrer:

$$D = \frac{K\lambda}{B \cos \theta} \quad (6.1)$$

Dengan k adalah konstanta scherrer 0.9 dan  $\lambda_{Cu} = 1.540562 \text{ \AA}$ , B adalah nilai FWHM, dengan sudut  $2\theta$  : 28.51, 38.595, 44.836, 47.385, 65.163, 78.38, dari data XRD diketahui komposisi sampel 94.4% Aluminium dan 5.6% unsur lainnya, artinya kandungan aluminium sangat tinggi pada limbah aluminium konstruksi, dengan menggunakan aluminium limbah kita dapat menghemat biaya untuk membuat plat bipolar sebagai salah satu kompone PEMFC. Bubuk aluminium limbah memiliki struktur Kristal Face Center Cubic (FCC) dengan  $a=b=c=4.0475 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , and space grup Fm-3m. Ukuran kristal bubuk aluminium limbah diperoleh menggunakan metode scherrer, yang dimilling menggunakan High Energy Milling dengan rasio waktu ON/OFF 10:20 dan variasi waktu lama penggilingan 10, 20, 30, 40 dan 50 Menit adalah 258.31, 865, 218.2, 560, and 255.9  $\text{\AA}$ . Serbuk aluminium limbah berada pada puncak (111), (200), (202), (311), dengan intensitas tertinggi berada pada puncak (111), hal ini ditunjukkan oleh Figure 2.



**Figure 6.2.** XRD diffraction patterns of powders nanocomposit aluminium frame waste milled for different times

Dari Gambar 6.2. diketahui aluminium mempunyai nama phase aluminium fosfida untuk bubuk aluminium yang dimilling 10 and 20 minute. Sedangkan untuk aluminium yang dimilling dengan variasi waktu 30, 40, 50 memiliki nama phase aluminium rudashevskyite. Dari data ukuran Kristal yang di dapat dengan menggunakan metode scherrer diketahui ukuran kristal berfluktuasi, ukuran Kristal yang berfluktuasi mungkin disebabkan karena pengaruh waktu on/off milling. Pada waktu milling 10 menit ukuran krista  $258.31 \text{ \AA}$ , dan pada waktu milling 20 menit ukuran kristal naik menjadi  $865 \text{ \AA}$ , hal ini disebabkan pada waktu milling 20 menit, sampel pertama di milling dengan waktu hidup 10 menit, waktu mati 20 menit, kemudian waktu hidup 10 menit. Pada saat waktu hidup pertama sampel digiling dengan bola milling menyebabkan sampel berbenturan dan bergesekan dengan ball milling dan dinding jar, membuat partikel-partikel terpisah-pisah menjadi partikel kecil-kecil. Tumbukan antar partikel dan gesekan dengan ball milling dan dinding jar membuat temperatur ruang dalam jar meningkat, sehingga pada saat waktu off selama 20 menit temperatur dalam ruang menurun dan membuat partikel-partikel teraglomerasi sehingga ukuran kristal kembali membesar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajudin. 2008. Nanosains dan Naoteknologi. FMIPA Institut Teknologi Bandung.
- Academie des Sciences & Academie des Technologies. 2004. *Nanoscience, Nanotechnologies*. RST No.18, <http://academie-science.fr/publications/rapports/raporthtml/RST18.htm>, diakses tanggal 22 Oktober 2017.
- Adityawarman, D. 2009. Peranan Nanoteknologi dalam Menunjang Ketahanan Pangan. Artikel Seminar Nanoteknologi Semarang.
- Arryanto, Y., dkk. 2007. IPTEK Nano di Indonesia: Terobosan, Peluang dan Strategi. Edisi 1, 12-35. Diglossia. Yogyakarta.
- Bassioni, G., Mohammed, F. S., Zubaidy, E. A. dan Kobrsi, I., 2012. Risk Assessment of Using Aluminum Foil in Food Preparation. *International Journal of Electrochemical Science*, pp.4498 - 4509.
- Basu, ed. *Recent Trends in Fuel Cell Science and Technology*, New Delhi: Anamaya Publisher, 2007.
- Bell, T. E. 2006. *Understanding Risk Assessment of Nanotechnologies*. Article. *National Nanotechnologies Coordination Office*. USA.
- Cobden, Ron., dkk. 1994. Aluminium: Physical Properties, Characteristics and Alloys. TALAT Lecture 1501. EAA - European Aluminium Association.
- Davis, J.R. 2001. Aluminium and Aluminium Alloys. DOI:10.1361/autb2001p351. Copyright © 2001 ASM International®. [www.asminternational.org](http://www.asminternational.org).
- Department of Energy. Fuel Cell Handbook 7th Edition*, Morgantown, West Virginia: EG & G Technical Services Inc., 2004, p 1-10.
- Dhathathreyan, K. S.; Rajalakshmi, N." *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell*", *Recent Trends in Fuel Cell Science and Technology (Buku)*, New York: Springer, 2007, p 40-115.
- Dewan Energi Nasional (DEN). 2013. [krisdaren.den.go.id](http://krisdaren.den.go.id). diakses tanggal 31 Oktober 2017 pukul 07.59 WIB.
- Fajirin, Rindang., dkk. 2015. Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Ferroelektrik Dan Dielektrik PbTiO<sub>3</sub> Doping ZnO Dengan Metode *Mechanical Alloying*. *Mekanika*: Volume 14 Nomor 1, September 2015.
- [Http://thefuelcellbuyersguide.com/about\\_fuel\\_cells.php](http://thefuelcellbuyersguide.com/about_fuel_cells.php), diakses pada tanggal 30 Oktober 2017 pukul 07.59 WIB.
- Khaerudini, Deni Shidqi., dkk. 2015. *Performance assessment of Bi0.3Sr0.7Co0.3Fe0.7O3-d-LSCF composite as cathode for intermediate-temperature solid oxide fuel cells with La0.8Sr0.2Ga0.8Mg0.2O3-d electrolyte*. *Journal of Power Sources*: 298 (2015) 269-279.
- Khairani, Raisa., dkk. 2016. Sintesis dan Karakterisasi  $\gamma$ -Alumina Nanopartikel dari Garam Nitrat dengan Variasi Penambahan Polietilen Glikol (PEG). *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia* Volume 25, No. 2, Desember 2016: 89-95.
- Manurung, Manutung. 2010. Kandungan Aluminium dalam Kaleng Bekas dan pemanfaatannya dalam Pembuatan Tawas. *JURNAL KIMIA* 4 (2), JULI 2010 : 180-186.
- Muhriz, Mohamad., dkk. 2011. Pembuatan Zeolit Nanopartikel dengan Metode *High Energy Milling* (HEM). *Jurnal Sains dan Matematika*, Vol. 19 (1): 11-17 (2011)
- Mulyadi, Sri. 2011. Karakterisasi Sifat Mekanik Kaleng Minuman. *JURNAL ILMU FISIKA (JIF)*, VOL 3 NO 2, SEPTEMBER 2011, ISSN 1979-4657.
- Munawar dan Muhammad, S. 2007. *Nanocrystalline Zeolite Y: Synthesis and Heavy Metal Removal*. *J. Rek. K. Lingk.* Volume 2, 55-62.

- Nugroho dkk. 2015. Pengaruh Waktu Pemanasan pada Pembuatan Senyawa Alum dari Limbah *Foil Blister* Untuk Keperluan Industri Farmasi. *KONVERSI* Volume 4 No2 Oktober 2015: ISSN 2252-731.
- Nurdiansyah, Haniffuidin. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC). *JURNAL TEKNIK POMITS* Vol. 2, No. 1, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- Nuryadi, R. 2009. Nanoteknologi Untuk Solusi Krisis Energi. Artikel Seminar Nanoteknologi, Semarang.
- Pratama, Febrian Budi. 2012. Pengaruh Penambahan Ni, Cu dan Al dan Waktu Milling pada *Mechanical Alloying* Terhadap Sifat Absorpsi dan Desorpsi Mg sebagai Material Penyimpan Hidrogen. *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 1, (Sept, 2012) ISSN: 2301-9271
- Prihandoko, Bambang. 2013. Pengaruh Variasi Komposisi Ukuran Partikel *Carbon Black* terhadap Distribusi Sifat-Sifat Pelat Bipolar PEMFC Berbasis Komposit Grafit/Epoksi. *TELAAH Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, Volume 31 (1) 2013: 1-12 ISSN: 0125-9121.
- Rayment, C. *Introduction of Fuel Cell Technology Handbook*. 2003 *Department of Aerospace and Mechanical Engineering*, Notre Dame.
- Sadeli, Yunita., dkk. 2011. *Study on Graphite Electric Arc Furnace Waste as a Bipolar Plate Composite Material for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC) Application*. *Journal of Materials Science and Engineering*, B 1: p. 178-183.
- Seikh, Asiful Hossains., dkk. 2015. *Corrosion Behavior of Nanostructure Al-Fe Alloy Processed by Mechanical Alloying and High Frequency Induction Heat Sintering*. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 10 (2015) 3054 – 3064.
- Sowiyk, Primayoga Hogantara. 2016. Pengaruh Penambahan Unsur Timah (Sn) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Material *Bearing* Berbahan Dasar Aluminium (Al) Hasil Pengecoran HPDC. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 4, No. 3, Juli 2016:290-298 Online: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtm>
- Suryanarayana, C. 2001. *Mechanical Alloying and Milling Handbook*. *Department of Metallurgical and Materials Engineering*, Colorado School of Mines, Golden, CO 80401-1887, USA. *Progress in Materials Science* 46 (2001) 1-184.



**LAMPIRAN 1  
PERTIMBANGAN ALOKASI DANA**

**1. HONOR ASISTEN  
PENELITI**

<b>NAMA</b>	<b>PERAN</b>	<b>WAKTU JAM/MG</b>	<b>HONOR PER JAM</b>	<b>Pajak (Rp)</b>	<b>JUMLAH (Rp)</b>
Ratu Inayah	Asisten peneliti	10	Rp.7.000,-	509.600	10x52x7000 + 509.600= Rp.4.149.600,-
Dwikasari	Asisten Peneliti	10	Rp.7.000,-	509.600	10x52x7000 + 509.600= Rp.4.149.600,-
Aulia	Asisten peneliti	10	Rp.7.000,-	509.600	10x52x7000 + 509.600= Rp.4.149.600,-
Muhammad Fuad	teknisi	10	Rp.4.000,-	291.000	10x52x2.500= Rp.2.371.000,-
<b>Sub Total</b>					<b>15.000.000</b>

**2. BELANJA BAHANHABIS**

<b>Item Bahan</b>	<b>Volume</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Total Satuan (Rp)</b>	<b>Pajak (Rp)</b>	<b>Total (Rp)</b>
Pembelian Maske	2 buah	170.000	340.000	47.600	387.600
Pembelian <i>hardener</i>	2 buah	800.000	1.600.000	224.000	1.824.000
Pembelian <i>carbon black</i>	1 buah	600.000	600.000	84.000	684.000
Pembelian Aluminium murni	2 buah	2.100.000	4.200.000	588.000	4.788.000
Pembelian Timah putih (Sn)	1 buah	1.600.000	1600.000	224.000	1.824.000
Pembelian Deionized Water	60 liter	2.000	120.000	16.800	136.800
Pembelian Epoxy Resin	1 buah	2.100.000	2.100.000	600.000	2.700.000
Pembelian <i>grafit</i>	1 buah	3.500.000	3.500.000	490.000	3.990.000
HEM	1 Unit	3.500.000	3.500.000	490.000	3.990.000
FOUR POINT PROBE TEST	1 Unit	2.500.000	2.500.000	350.000	2.850.000
Scanning Electron Microscope (SEM)	1 Unit	3.000.000	3.000.000	420.000	3.420.000
X-Ray Diffraction (XRD)	1 Unit	2.000.000	2.000.000	280.000	2.280.000
HOT PRESS	1 Unit	1.000.000	1.000.000	140.000	1.140.000
Pembelian Catridge	2 buah	150.000	300.000	-	300.000
<b>Sub Total</b>			<b>19.258.000</b>	<b>2.653.000</b>	<b>31.000.000</b>

### 3. BELANJA PERJALANAN

Item Perjalanan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total Satuan (Rp)	Pajak (Rp)	Total (Rp)
Penginapan (2 hari X 2)	1 Kamar/Hari	1.000.000	4.000.000	0	4.000.000
Konsumsi (2 hari x 2)	2 hari x 2	300.000	1.200.000	168.000	1.368.000
Perjalanan mengikuti seminar (2 kali)	1 LS	4.000.000	4.000.000	560.000	4.560.000
<b>Sub Total</b>			<b>23.686.000</b>	<b>1.703.000</b>	<b>9.928.000</b>

### 4. LAIN-LAIN

Item Lain-lain	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total Satuan (Rp)	Pajak (Rp)	Total (Rp)
Pengolahan Data	1 LS	3.500.000	3.500.000	490.000	3.990.000
Publikasi	2 Buah	5.000.000	5.000.000	0	10.000.000
Pembuatan Laporan Akhir	1 LS	1.000.000	1.000.000	40.000	1.040.000
Pendaftaran HKI	1 Buah	500.000	500.000	70.000	570.000
<b>Sub Total</b>			<b>15.000.000</b>	<b>600.000</b>	<b>15.000.000</b>

### REKAPITULASI ANGGARAN

URAIAN	JUMLAH
<b>1. HONOR ASISTEN</b>	<b>15.000.000</b>
<b>2. Belanja Bahan Habis</b>	<b>31.000.000</b>
<b>3. Belanja Perjalanan</b>	<b>10.000.000</b>
<b>4. Lain-lain</b>	<b>15.000.000</b>
<b>JUMLAH TOTAL</b>	<b>71.000.000</b>

## II. Dukungan Dana pada Pelaksanaan Penelitian

Tidak Ada

## III. Sarana

### Laboratorium

- Laboratorium Fisika Material, FMIPA Unsri

### Peralatan Utama

-Metode HEM, Jurusan Fisika FMIPA Unsri. Alat ini digunakan untuk mensintesis nanopartikel aluminium.

-*Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *energy dispersive X-Ray* (EDX), di LP3G Bandung. SEM dan EDX digunakan untuk mengidentifikasi partikel yang terbentuk seperti morfologi permukaan. Selain itu dapat juga digunakan untuk

menentukan persentase kandungan unsur-unsur di dalam partikel. Alat ini dapat digunakan pada pembesaran sampai 40.000 kali.

-*X-ray diffraction*, di ITB Bandung. Alat ini digunakan untuk mengetahui arah orientasi kristal dan ukuran butir nanopartikel aluminium. selain itu dapat juga diketahui, apakah nanopartikel berstruktur amorf, mikrokristalin, atau kristal. Alat ini dapat beroperasi pada sudut 2 theta antara  $10^{\circ}$  sampai  $90^{\circ}$ .

-*Four point probe test*), di kimia unsri. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur konduktivitas bahan butiran nanopartikel  $\text{TiO}_2$

-HOT PRESS, di Jurusan FSKA Unsri, Alat ini digunakan untuk membuat pelat bipolar

## LAMPIRAN II

### BIODATA PENGUSUL PENELITIAN HIBAH UNGGULAN KOMPETITIF UNSRI I. IDENTITAS DIRI

## CURRICULUM VITAE

### I. IDENTITAS DIRI PENELITI UTAMA

1.1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Fitri Suryani Arsyad (Perempuan)
1.2.	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
1.3.	NIP/NIK/No. identitas lainnya	197010191995122001
1.4.	Tempat dan Tanggal Lahir	Baturaja, 19 Oktober 1970
1.5.	Alamat Rumah	Perum.Bukit Sejahtera Blok Ei no.20 Poligon Palembang.30139
1.6.	Nomor Telepon/Fax	0711440764/0711441610
1.7.	Nomor HP	081274884555
1.8.	Alamat Kantor	Jurusan Fisika FMIPA Unsri Inderalaya.Ogan Ilir
1.9.	Nomor Telepon/Fax	0711580743/0711580056
1.10.	Alamat e-mail	fitri_sa@yahoo.com
1.11.	Lulusan yg telah dihasilkan	S1= 20(dua puluh) orang ; S2=           orang; S3=           orang;
1.12	Mata Kuliah yg diampu	1. Fisika Semikonduktor 2. Fisika Statistik 3. Pendahuluan Fisika Inti 4. Pendahuluan Fisika Material 5. Fisika Zat Padat 6. Fismat 7. Biofisika

### II. RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1. Program:	S1	S2	S3
2.2. Nama PT	Universitas Sriwijaya	Institut Teknologi Bandung	Institut Teknologi Bandung
2.3. Bidang Ilmu	Fisika	Fisika Material Elektronik	Fisika Material Elektronik
2.4. Tahun Masuk	1990	1997	2001
2.5. Tahun Lulus	1995	2000	2006
2.6. Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Pendekatan Matriks Transfer Dalam Mekanika Kuantum Satu Dimensi	Optimasi dan karakterisasi lapisan tipis a-Si <sub>1-x</sub> N <sub>x</sub> :H dan n <sup>+</sup> a-Si:H untuk Aplikasi Divais TFT	Penumbuhan QD GaN di atas Film Tipis AlGaIn menggunakan Metode PA-MOCVD
2.7. Nama Pembimbing/ Promotor	Drs. Arsali, M.Sc.	Dr. Sukirno	Dr. Sukirno

### III. PENGALAMAN PENELITIAN (5 tahun terakhir)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2008-2010	Peningkatan Kualitas Struktur dan Morfologi Nanokristal Quantum Dot GaN Menggunakan Metode PA-MOCVD	Proyek Hibah Bersaing I&II	Rp 99.420.000,-
2	2010-2012	Karakterisasi Photoluminescence dan Simulasi Sifat Optik Nanokristal Quantum Dot GaN menggunakan PA-MOCVD untuk Aplikasi	Proyek Hibah Bersaing	Rp 88.175.000,-

		Piranti Laser	I & II	
3	2010-2012	Sintesis Nanopartikel TiO <sub>2</sub> Menggunakan Metode Simple Heating untuk Dekomposisi Limbah Pewarna Sintetis	Proyek Hibah Bersaing I & II	Rp 95.620.000,-
4	2014	Analisis Teori Pengaruh Ukuran Butir terhadap Celah Pita Energi dan Spektrum Fotoluminesensi Elektron-Hole di Dalam Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga	Hibah Fundamental	Rp 50.000.000,-
5	2015	Optimasi dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) untuk Meningkatkan Kualitas Sifat Fisis dan Sifat Optiknya sebagai Fotokatalisis Dalam Mendekomposisi Polutan Organik Air Rawa	Kompetitif Unggulan Unsri	Rp 49.000.000,-
6	2016	Pembuatan Serat Kain Berbasis Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) untuk Mendekomposisi Logam Berat di Dalam Air Rawa	Kompetitif Unggulan Unsri	Rp. 75.000.000,- Mhs. Norman

#### IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (5 tahun terakhir)

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2016	Pengenalan dan Pengembangan Kerajinan Kreatif Berbasis Limbah Plastik di Desa Sungsang, Kabupaten Bayuasin, Sumsel	Unsri	7000.000
2	2014	Pengembangan Ekonomi Kreatif Bagi Masyarakat Desa Cinta Manis Lama Banyuasin Melalui Peningkatan Produktivitas, Kreativitas, dan Pemasaran Kerajinan Berbasis Akar Keladi Air ( <i>calladium aquatila</i> .)	IbM Dikti	50.000.000,-
3	2013	Pendampingan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) Kerjasama LPM Unsri dengan Yayasan Sahabat Cipta & PT. Carrefour Indonesia.	LPM-Carrefour	
4	2012	Penyuluhan dan Pelatihan Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Benda Seni Bernilai Jual di Sekolah Alam Palembang dan Masyarakat Sekitarnya	PKM-Dikti	10.000.000,-
5	2011	Pendampingan Kewirausahaan Mahasiswa dengan usaha "Tas Plastik Sampahku"	DIPA Unsri	10.000.000,-
6	2011	Penyuluhan Pemanfaatan Teknologi Nano Kepada Home Industri Songket and Jumputan di kawasan Industri Rumahan Seberang Ulu Palembang	DIPA Unsri	3.000.000,-
7	2010	Penyuluhan Pemanfaat Material TiO <sub>2</sub> Bulk dalam Pengolahan Limbah Pewarna Sintetis Kepada Kelompok Industri Songket dan Tenun di 32 Ilir Kota Palembang	DIPA Unsri	3.000.000,-

#### V. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1	2014	Photocatalytic Degradation of C.I. Reactive Red 2 by Using TiO <sub>2</sub> -Coated PET Plastic under Solar Irradiation	789 Pp: 180-188	Advanced Materials Research
2	2013	Pengaruh Jumlah Polyetilen Glycol (PEG) 200 dan Temperatur Annealing Terhadap Struktur dan Morfologi Nanopartikel TiO <sub>2</sub> yang Disintesis dengan Menggunakan Metode <i>Simple Heating</i> .	13 no. 1 Hal: 52-57	Bumi Lestari : Jurnal Lingkungan Hidup
3	2012	Analisis Numerik Sifat Listrik Dioda Laser Berbasis Kuantum Dot Galium Nitrida (QD GaN) Menggunakan Metoda <i>Finite Element Method Laboratory (FEMLAB)</i>	Vol. I. No. 2 September 2012	Jurnal Simetri
4	2012	SINTESIS NANOPARTIKEL TITANIUM DIOKSIDA (TiO <sub>2</sub> ) MENGGUNAKAN METODA <i>SIMPLE HEATING</i> DAN APLIKASINYA UNTUK MENDEKOMPOSISI POLUTAN ORGANIK AIR RAWA	Juli 2012	Prosiding Seminar Nasional Fisika 2012
5.	2010	Growth of AlGa <sub>n</sub> Epytaxial Thin Film on Sapphire Substrate by Plasma Assisted MOCVD (PA-MOCVD).		International Conference Semiconductor Electronic Proceeding 2010, Malaka, Malaysia, 20-30 June, 2010
6.	2009	The Influence of the Growth Temperature to size of GaN Quantum Dots Grown by Plasma Assisted Metal Organic Chemical Vapor Deposition (PA-MOCVD).	Vol. 9 No.2 September 2009, pp 101-105.	Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, LIPI,
7	2007	Pengaruh Bentuk dan Fluktuasi Ukuran Terhadap Pelebaran Garis Spektral yang Tidak Homogen pada QD GaN..	Vol 12 No. 4	<i>Journal of Mathematics and Science</i> , ITB
8	2006	Growth of GaN Quantum Dots on Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> N Surfaces Using [(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub> ]Si By Plasma Assisted MOCVD	Pp 1-3	<i>IEEE Proceeding of International Conference on Nanotechnology and Nanoscience (ICONN)</i> , 3 – 7 July, Brisbane, Australia
9	2005	The Dependence of Probability Distribution of Electron-Hole Dirac Function on Size Fluctuation of GaN Quantum Dot Laser,	pp. 1 – 5	<i>Proceeding of The 8<sup>th</sup> International Conference on Quality in Research (QIR)</i> , Depok, Indonesia
10	2005	Influence of The Al Concentration On The Electrical Properties of AlGa <sub>n</sub> Thin Films Grown on Si(111) Substrate by Plasma Assisted Metalorganic Chemical Vapour Deposition Method	pp. 52 – 55	<i>Proceeding of 2005 Asian Physics Symposium</i> , Bandung, December 7-8, Indonesia
11	2005	Study of Crystal Structure and Surface Morphology of AlGa <sub>n</sub> Thin Film Deposited By PA-MOCVD	pp. 438 – 441	<i>Proceeding of 2005 Asian Physics Symposium</i> , Bandung, December 7-8,

				Indonesia
12	2004	Pengaruh Geometri QD Kerucut Terhadap Energi Transisi Optik pada Divais Laser QD GaN	pp. 206 – 209	<i>Proceeding Seminar MIPA IV ITB, Bandung, 6-7 Oktober</i>
13	2004	Studi Morfologi Film Tipis AlxGa1-xN yang ditumbuhkan dengan menggunakan PA-MOCVD	pp. 216 – 219	<i>Proceeding Seminar MIPA IV ITB, Bandung, 6-7 Oktober</i>
14	2002	Simulasi Reaktor MOCVD Dengan Menggunakan FEMLAB	<b>13(2)</b> , pp. 65 - 71	<i>Kontribusi Fisika Indonesia</i>

#### VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor Sertifikat
1	2010	Metode Penumbuhan Nanokristal Quantum Dot Galium Nitrida (QD GaN) Menggunakan Reaktor Plasma Assisted MOCVD (PA-MOCVD)	Paten	IDP000035073

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Dan apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Palembang, 26 November 2018

Dr. Fitri Suryani Arsyad  
NIP. 19701019 199512 2 001

# CURRICULUM VITAE

## I. IDENTITAS DIRI ANGGOTA I

1.1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Akmal Johan, S.Si.,M.Si. (Laki-laki)
1.2.	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
1.3.	Pangkat/Golongan	Pembina/ IV.a
1.4.	NIP/NIDN/No. identitas lainnya	197312211999031003 / 0021127309
1.5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Bailangu, 21 Desember 1973
1.6.	Alamat Rumah	Jln. Lintas Timur Perum TPI Blok D.6 No.09 RT.10 LK.V Kelurahan Indralaya Mulya Kecamatan Indralaya Kabupaten Ogan Ilir Propinsi Sumatera Selatan
1.7.	Nomor Telepon/Fax	(0711) 581380
1.8.	Nomor HP	08127392602
1.9.	Alamat Kantor	Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM.32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir Sumatera Selatan, 30662
1.10.	Nomor Telepon/Fax	(0711) 580743 / (0711) 580056
1.11.	Alamat e-mail	<a href="mailto:akmal_johan@mipa.unsri.ac.id">akmal_johan@mipa.unsri.ac.id</a> ; <a href="mailto:akmal.johan@yahoo.com">akmal.johan@yahoo.com</a>
1.12.	Mata Kuliah yg diampu	1. Fisika Dasar I & II 2. Fisika Matematika I & II 3. Fisika Modern 4. Fisika Kristal 5. Pengantar Fisika Material 6. Praktikum Fisika Dasar I & II

## II. RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1. Program:	S1	S2	S3
2.2. Nama PT	Universitas Sriwijaya	Universitas Indonesia	
2.3. Bidang Ilmu	Fisika	Ilmu Material	
2.4. Tahun Masuk	1993	2003	
2.5. Tahun Lulus	1998	2005	
2.6. Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Analisis Status Energi Terkuantisasi Atom Merkuri (Hg) dengan Melakukan Percobaan Franck-Hertz dan Percobaan Spektroskopi Optik.	Pengaruh <i>High-Energy Millling</i> Terhadap Sifat Magnetik Bahan Barium Heksaferit (BaO.6Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).	
2.7. Nama Pembim- bing/ Promotor	Drs. Arsali, M.Sc Drs. Ramlan, M.Si	Dr. Azwar Manaf, M.Met Dr. Ridwan	



### III. PENGALAMAN PENELITIAN

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2017	Blower dan Elektrolisis Air untuk Penghematan LPG pada Kompor Gas, (Ketua Peneliti – Sateks UNSRI)	PNBP UNSRI	21,8
2.	2017	Pembuatan Magnet Permanen Berbasis Logam Tanah Jarang [Nd-Fe-B] Sebagai Komponen Generator Listrik Dan Karakterisasinya (Anggota Peneliti – Hibah Unggulan Kompetitif UNSRI)	PNBP UNSRI	75
3.	2017	Pengaruh Temperatur Dan Kecepatan Gas Hidrogen Pada Sifat Produk Hidrocracking Minyak Biji Karet Menggunakan Katalis Co/Zaa (Anggota Peneliti – Sateks UNSRI)	PNBP UNSRI	29
4.	2016	Pengaruh Tegangan, Waktu Anodisasi dan Berat Grafen Oksida terhadap Kuat Arus pada Proses Fotoelektrokatalis Go/TiO <sub>2</sub> dengan Metode Elektrokimia. (Ketua Peneliti - Sateks UNSRI)	PNBP UNSRI	18
5.	2016	Pembuatan Serat Kain Berbasis Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) Untuk Mendekomposisi Logam-Logam Berat Di Dalam Air Rawa. (Anggota Peneliti – Hibah Unggulan Kompetitif UNSRI)	PNBP UNSRI	65
6.	2015	Optimasi dan Karakterisasi Nanopartikel, Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) Untuk Meningkatkan Kualitas Sifat Fisis dan Sifat Optiknya Sebagai Fotokatalis Dalam Mendekomposisi Polutan Organik Air Rawa. (Anggota Peneliti – Hibah Unggulan Kompetitif UNSRI)	PNBP UNSRI	49
7.	2014	Analisis Teori Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Celah Pita Energi dan Spektrum Fotoluminesensi Elektron Hole Di Dalam Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga (Anggota Hibah Fundamental)	DP2M - DIKTI	50
8.	2007-2008	Magnetik Nanokristalin Barium Heksaferit (BaO.6Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) Hasil Proses Teknologi <i>High-Energy Milling</i> dan <i>Sol-gel</i> . (Ketua Hibah PEKERTI)	DP2M - DIKTI	I. 68,5 II. 72,1
9.	2006-2007	Rancang Bangun Emiter Irigasi Tetes Dengan Regulator Keramik. (Anggota Hibah Bersaing)	DP2M - DIKTI	I. 49,825 II. 49,95

10.	2006	Penentuan Tingkat Energi Spektrum Atom Merkuri (Hg) dengan Spektrometer Optik.	Mandiri	-
11.	2003	Prediksi Suhu Atmosfir Bumi Berdasarkan Model Transfer Radiasi Termal 1-Dimensi. (Ketua)	HEDS Project	3
12.	2002	Analisis Jangkauan Tempuh (Range) Dan Energi Absorpsi Radiasi Sinar Beta ( $\beta$ ) Dalam Bahan Aluminium (Al). (Ketua)	DIK-S UNSRI	2,4
13.	2001	Penerapan Metoda Numerik Berbantuan Komputer Untuk Menghitung Waktu Disipasi Muatan Pada Rangkaian Listrik. (Anggota)	Rutin UNSRI	3
14.	2000	Penentuan Indeks Bias Plat Kaca Paralel Dengan Memodifikasi Interferometer Michelson Model OS-8501. (Ketua)	Rutin UNSRI	3
15.	1999	Magnetisasi Bahan Ferromagnetik Sebagai Fungsi Temperatur dengan Metoda Step Wise. (Anggota)	DIK-S UNSRI	3

#### IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2017	Pembuatan Jamur Merang	IPTEKS-PATEN PNBP	10
2	2016	Pelatihan Pembuatan Sabun cair dan Dekoratif bernuasa Cinderamata Unsri	BOPTN	6
3	2016	Pembuatan Kompor Elektrolisis untuk Pengirit LPG	IPTEKS-PATEN BOPTN	9
4	2016	Pelatihan Pembuatan Sabun Cair (Sabun Cuci Piring)	BOPTN	6
5	2015	Pembuatan Virgin Coconut Oil ( VCO ) dari Buah Kelapa	BOPTN	4
6	2015	Pembuatan Sabun Kecantikan yang Transparan	BOPTN	5
7	2015	Pengurangan Resiko Bencana berbasis Masyarakat melalui Sosialisasi Mekanisme Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Bencana Banjir di Desa Tanjung Pering Kecamatan Indralaya Utara Ogan Ilir	BOPTN	4
8	2015	Pelatihan Penyelesaian Soal Fisika dengan Logika kepada Siswa dan Guru SMA / MA Negeri dan Swasta se Ogan Ilir	BOPTN	4
9	2015	Pembuatan Aditif Nabati untuk Pengirit Bensin	IPTEKS-PATEN BOPTN	10

10	2014	Pembuatan Oncom dari Ampas Susu Kedelai	BOPTN	4
11	2014	Sosialisasi Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Masyarakat untuk Pengurangan Resiko Bancana	BOPTN	5
12	2014	Penyuluhan dan Pembuatan percontohan unit proses penjernihan air di Kota Daro kec Rantau Panjang OI	BOPTN	5,5
13	2013	Pelatihan Penulisan Karya Ilmiah untuk Guru IPA Tingkat SLTA di Kecamatan Inderalaya dan Inderalaya Utara Kabupaten Ogan Ilir	Mandiri	-
14	2012	IbM Kelompok Usaha Susu Kedelai	DP2M DIKTI	25
15	2010	Penyuluhan Pemanfaatan Teknologi Nano Kepada Kelompok Industri Songket dan Tenun Kawasan Industri Rumah di 32 Ilir Kota Palembang.	DIPA UNSRI	2,75
16	2010	Penyuluhan dan Pelatihan Pembuatan Kerupuk Dari Ampas Kedelai, Indralaya - Ogan Ilir, Sumatera Selatan	DIPA UNSRI	3
17	2010	Pemanfaatan Sampah Sebagai Pupuk Organik Cair Ramah Lingkungan, Indralaya - Ogan Ilir, Sumatera Selatan	DIPA UNSRI	4
18.	2009	Penyuluhan dan Pelatihan Pembuatan Tempe Ampas Kedelai di Kelurahan Indralaya Mulya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan	DIPA UNSRI	3
19.	2008	Pembuatan Alat Peraga Fisika Berbasis Komputer di SMA PGRI Inderalaya Utara Kabupaten Ogan Ilir	DIPA UNSRI	3
20.	2008	Demonstrasi Gejala Fisika Dalam Mata Pelajaran IPA Di SD Negeri Tanjung Pering Kecamatan Indralaya Utara Ogan Ilir	DIPA UNSRI	2,75
21.	2008	Penyuluhan Pemanfaatan Perangkat Komputer Pada Siswa dan Guru SMAN 3 Tanjung Raja Sebagai Alat Bantu Pembelajaran Di Sekolah	Mandiri	-
22.	2006	Pemanfaatan Sensor PhotoTransistor Untuk Pembuatan Lampu Emergency di Beberapa Masjid Dusun III Simpang Timbangan Inderalaya Kabupaten Ogan Ilir	DIPA UNSRI	1,5
23.	2003	Penyuluhan pembuatan dodol pisang di desa Tanjung Seteko Kecamatan Indralaya Kabupaten OKI	DIPA UNSRI	1
24.	2003	Proses penjernihan dan pengolahan air secara sederhana	DIPA UNSRI	1
25.	2001	Penyuluhan pengolahan buah pisang dengan cara fermentasi di desa tetangga Unsri (desa talang taling)	DIPA UNSRI	1

## V. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1.	2016	Setiabudidaya, D., Ramlan, dan <b>A. Johan</b> , <i>Kajian Pendahuluan Penggunaan OER Pada Matakuliah Fisika Dasar Ps Kimia Unsri</i> <b>Web-link:</b> <a href="http://semirata2016.mipa.unsri.ac.id/PROSIDING/2-FISIKA-893-1452.pdf">http://semirata2016.mipa.unsri.ac.id/PROSIDING/2-FISIKA-893-1452.pdf</a>	ISBN: 978-602-71798-1-3 hal. 958-960	Prosiding Semirata 2016 Bidang MIPA BKS Wilayah Barat, Palembang 22-24 Mei 2016
2.	2016	Pungki, D., Ramlan, <b>A. Johan</b> dan I. Safari, <i>Pengaruh Penambahan LLDPE Terhadap Karakteristik HDPE Untuk Aplikasi Rotan Sintetis</i> <b>Web-link:</b> <a href="http://semirata2016.mipa.unsri.ac.id/PROSIDING/2-FISIKA-893-1452.pdf">http://semirata2016.mipa.unsri.ac.id/PROSIDING/2-FISIKA-893-1452.pdf</a>	ISBN: 978-602-71798-1-3 hal. 974-980	Prosiding Semirata 2016 Bidang MIPA BKS Wilayah Barat, Palembang 22-24 Mei 2016
3.	2011	Iskandar, I., M. Irfan, F. Syamsuddin, <b>A. Johan</b> and P. Poerwono (2011), <i>Trend in precipitation over Sumatra under the warming Earth</i> <b>Web-link:</b> <a href="http://jurnal.lapan.go.id/index.php/ijreses/article/view/1737">http://jurnal.lapan.go.id/index.php/ijreses/article/view/1737</a>	Vol. 8, hal. 19 – 24.	International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences
4.	2011	<b>Johan, A.</b> , <i>Analisis Bahan Magnet Nanokristalin Barium Heksaferit (<math>BaO.6Fe_2O_3</math>) dengan Menggunakan High-Energy Milling</i> <b>Web-link:</b> <a href="http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/21">http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/21</a>	Vol.14 No.1(B), Januari 2011, hal 14105-(19-24)	Jurnal Penelitian Sains, ISSN : 1410-7058. (FMIPA-UNSRI)
5.	2009	Ridwan, Mujamilah, <b>A. Johan</b> , <i>The Semi-Quantitative Study of Magnetization Process on Milling and Reannealing of Barium Hexaferrite (<math>BaO.6Fe_2O_3</math>)</i> <b>Web-link:</b> <a href="http://aij.batan.go.id/index.php/aij/article/view/49">http://aij.batan.go.id/index.php/aij/article/view/49</a>	Vol.35 No.2, July 2009, hal 105-113	Atom Indonesia, ISSN : 0126-1568, Akreditasi Nomor : 43/DIKTI/Kep/2008 dan 122/Akred-LIPI/P2MBI/06/2008. (BATAN Serpong)
6.	2009	<b>Johan, A.</b> , <i>Karakterisasi Sifat Fisik Dan Mekanik Bahan Refraktori <math>\alpha-Al_2O_3</math> Pengaruh</i>	Vol.12 No.2(B), Mei 2009, hal 12107-(1-8)	Jurnal Penelitian Sains, ISSN : 1410-7058. (FMIPA-UNSRI)

		<p><i>Penambahan TiO<sub>2</sub></i>  <b>Web-link:</b>  <a href="http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/26">http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/26</a></p>		
7.	2009	<p><b>Johan, A.</b>, Ramlan,  <i>Karakterisasi Kerapatan Elektron Fasa Rutile Hasil Transformasi TiO<sub>2</sub> Akibat Pengaruh Variasi Penambahan Fe Dan Waktu Pemanasan</i>  <b>Web-link:</b>  <a href="http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=138">http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=138</a></p>	Vol.10 No.2, Februari 2009, hal 131-135	Jurnal Sains Materi Indonesia, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 89/Akred-LIPI/P2MBI/5/2007. (BATAN Serpong)
8.	2009	<p>Ramlan, <b>A. Johan</b>,  <i>Karakterisasi Sifat Listrik Bahan Keramik Na-β''-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dengan Variasi Waktu Penahanan Suhu Pemanasan</i>  <b>Web-link:</b>  <a href="http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=143">http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=143</a></p>	Vol.10 No.2, Februari 2009, hal 159-163	Jurnal Sains Materi Indonesia, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 89/Akred-LIPI/P2MBI/5/2007. (BATAN Serpong)
9.	2009	<p>Ramlan, <b>A. Johan</b>, <i>Identifikasi Keramik Na-β''-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dengan Penambahan Variasi Komposisi (0%, 3% dan 6%) Berat MgO</i>  <b>Web-link:</b>  <a href="http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/27">http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/27</a></p>	Vol.12 No.1(B), hal.1-6, Januari 2009	Jurnal Penelitian Sains, ISSN : 1410-7058. (FMIPA-UNSRI)
10.	2008	<p><b>Johan, A.</b>, Ramlan,  <i>Karakterisasi Konduktivitas, Porositas Dan Densitas Bahan Keramik Na-β''-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dari Komposisi Na<sub>2</sub>O 13% Dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 87% Dengan Variasi Waktu Penahanan</i>  <b>Web-link:</b>  <a href="http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/48">http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/48</a></p>	Vol.11 No.3, September 2008, hal 544-551	Jurnal Penelitian Sains, ISSN : 1410-7058. (FMIPA-UNSRI)
11.	2008	<p>Ramlan, <b>A. Johan</b>, <i>Pembuatan Dan Karakterisasi Keramik Na-β''-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Berbasis 86% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14% Na<sub>2</sub>O Dengan Penambahan MgO</i>  <b>Web-link:</b>  <a href="http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/48">http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/48</a></p>	Vol.11 No.3, September 2008, hal 552-559	Jurnal Penelitian Sains, ISSN : 1410-7058. (FMIPA-UNSRI)
12.	2008	<p>Ramlan, <b>A. Johan</b>, Arsali,</p>	Vol.9 No.3,	Jurnal Sains Materi

		Bambang S., <i>Pengaruh Aditif MgO Dan Perlakuan Panas Terhadap Material Elektro Keramik Berbasis Beta Alumina (<math>\beta''</math>-Alumina)</i> <b>Web-link:</b> <a href="http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=38">http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=38</a>	Juni 2008, hal 254-259	Indonesia, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 39/DIKTI/Kep/2004 dan 89/Akred-LIPI/P2MBI/5/2007. (BATAN Serpong)
13.	2008	<b>Johan, A.</b> , <i>Analisa Tingkat Energi Spektrum Atom Merkuri (Hg) Dengan Spektrometer Optik.</i> , <b>Web-link:</b> <a href="http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/46">http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/46</a>	Vol.11 No.1 – Januari 2008, hal 390-401	Jurnal Penelitian Sains, ISSN : 1410-7058. (FMIPA-UNSRI)
14.	2007	<b>Johan, A.</b> , Ridwan, Mujamilah, Ramlan, <i>Magnetik Nanokristalin Barium Heksaferit (<math>BaO.6Fe_2O_3</math>) Hasil Proses Teknologi High-Energy Milling</i> <b>Web-link:</b> <a href="http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=281">http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=281</a>	Edisi Khusus Oktober 2007, hal 120-125	Jurnal Sains Materi Indonesia, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 39/DIKTI/Kep/2004 dan 89/Akred-LIPI/P2MBI/5/2007. (BATAN Serpong)
15.	2005	<b>Johan, A.</b> , Ridwan, Azwar M., Wisnu A.A., <i>Pengaruh High-Energy Milling Terhadap Sifat Magnetik Bahan Barium Heksaferit (<math>BaO.6Fe_2O_3</math>)</i> <b>Web-link:</b> <a href="http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=533">http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=533</a>	Vol.7 No.1, Oktober 2005, hal 25-29	Jurnal Sains Materi Indonesia, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 39/DIKTI/Kep/2004. (BATAN Serpong)
16.	2005	Ridwan, <b>A. Johan</b> , Mujamilah, Wisnu A.A., <i>Efek High-Energy Milling Terhadap Koersivitas Magnet Intrinsik <math>BaO.6Fe_2O_3</math></i> <b>Web-link:</b> <a href="http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=531">http://jusami.batan.go.id/terbitan-lalu-abstrak.php?idm=531</a>	Vol.7 No.1, Oktober 2005, hal 37-41	Jurnal Sains Materi Indonesia, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 39/DIKTI/Kep/2004. (BATAN Serpong)
17.	2005	Ridwan, <b>A. Johan</b> , Mujamilah, Grace T. S., <i>Efek Perlakuan Panas Terhadap Partikel Halus <math>BaO.6Fe_2O_3</math> Hasil Proses 'High-Energy Milling'</i>	Prosiding Seminar Nasional Bahan Magnet IV, Semarang 28 September 2005.	Prosiding Seminar Nasional Bahan Magnet IV, Semarang 28 September 2005.
18.	2003	<b>Johan, A.</b> , <i>Prediksi Suhu Atmosfir Bumi Berdasarkan Model Transfer Radiasi Termal 1-Dimensi</i>	No.13 – April 2003, hal 52-68	Jurnal Penelitian Sains, ISSN : 1410-7058. (FMIPA-UNSRI)

		<b>Web-link:</b> <a href="http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/36">http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/issue/view/36</a>		
19.	2003	<b>Johan, A.</b> , <i>Analisis Jangkauan Tempuh (Range) Dan Energi Absorpsi Radiasi Sinar Beta (<math>\beta</math>) Dalam Bahan Aluminium (Al)</i>	Vol.:VI No.1 – April 2003, hal 24-32	Jurnal Ilmiah MIPA, ISSN : 0215-0913, BKS Wilayah Barat

## VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor Pendaftaran/ Sertifikat
1.	2009	Metode Pembuatan Bahan Magnet Nanokristalin Barium Heksaferit Dengan Menggunakan <i>High-Energy Milling</i> .	Paten	P00200900773, No. Paten 40946, Tanggal Pendaftaran 26 April 2016

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Dan apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resikoanya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi persyaratan sebagai salah satu syarat pengajuan Hibah Penelitian.

Palembang, 26 November 2018  
Pengusul,



Akmal Johan, S.Si.,M.Si.  
NIP. 19731221 199903 1 003

# CURRICULUM VITAE

## IDENTITAS DIRI ANGGOTA II

IDENTITAS DIRI	
Nama	: Akhmad Aminuddin Bama, S.Si., M.Si., Dr.
NIP/NIK	: 197009141997021004
Tempat dan Tanggal Lahir	: Gresik, 14 September 1970
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Status Perkawinan	: Kawin
Agama	: Islam
Golongan / Pangkat	: IVa / Pembina
Jabatan Akademik	: Lektor Kepala
Perguruan Tinggi	: Universitas Sriwijaya
Alamat	: Jurusan Fisika FMIPA Kampus Indralaya Jl. Palembang-Prabumulih km. 32 Indralaya OI Sumsel
Telp./Faks.	: 0711-580743
Alamat Rumah	: Jl. Srijaya Negara Lrg. Jaya Sempurna 4025 Palembang
Telp./Faks.	: 081328740911
Alamat e-mail	: akhmadbama@yahoo.com

RIWAYAT PENDIDIKAN PERGURUAN TINGGI			
Tahun Lulus	Program Pendidikan (sarjana, magister, dan doktor)	Perguruan Tinggi	Jurusan/ Program Studi
1995	Sarjana (S1)	ITS Surabaya	Fisika FMIPA
2003	Magister (S2)	UGM Yogyakarta	Ilmu Fisika, Ilmu-ilmu MIPA
2007	Doktor (S3)	UGM Yogyakarta	Ilmu Fisika, Ilmu-ilmu MIPA

PELATIHAN PROFESIONAL			
Tahun	Jenis Pelatihan( Dalam/Luar Negeri)	Penyelenggara	Jangka waktu
1999	Pelatihan Penulisan Buku Ajar (Toba Lake Hotel, Medan)	DIKTI	2 – 14 Agustus
2004	Kuliah Tamu Sehari dalam rangka First Jogja Regional Physics Conference	UGM Yogyakarta	10 September
2010	Pekerti (UNSRI, Sumsel)	Pusbangdik Unsri	1-5 Maret

PENGALAMAN MENGAJAR				
Mata Kuliah	Program Pendidikan	Institusi/Jurusan/ Program Studi	Sem.	Tahun Akademik.
Fisika Kuantum	S1 Fisika	Fisika FMIPA Unsri	V	1996/1997- 1998/1999; 2007/2008-sekarang
Fisika Matematika I & II	S1 Fisika	Fisika FMIPA Unsri	III & IV	1996/1997- 1998/1999; 2007/2008-sekarang
Listrik magnet	S1 Fisika	Fisika FMIPA Unsri	IV	1997/1998
Fisika Dasar I & II	S1 Fisika	Fisika FMIPA Unsri	I & II	2007/2008-2008/2009
Mekanika Kuantum	S1 Fisika	Fisika FMIPA Unsri	VI	1998/1999- 1998/1999; 2007/2008-sekarang
Mekanika Lanjut	S1 Fisika	Fisika FMIPA Unsri	V	2007/2008-sekarang
Metodologi Fisika	S1 Fisika	Fisika FMIPA Unsri	I	2007/2008-sekarang
Teori Medan EM	S1 Fisika	Fisika FMIPA Unsri	VII	2007/2008-sekarang
Filsafat Ilmu & Metodologi Fisika	S2 Fisika	Ps S2 Fisika Unsri	I	2014/2015



Fisika Matematika	S2 Fisika	Ps S2 Fisika Unsri	I	2014/2015
Elektrodinamika	S2 Fisika	Ps S2 Fisika Unsri	I	2014/2015
Mekanika Kuantum	S2 Fisika	Ps S2 Fisika Unsri	II	2014/2015

#### PRODUK BAHAN AJAR

Mata Kuliah	Program Pendidikan	Jenis (cetak dan noncetak)	Sem/Tahun Akademik.
Fisika Kuantum I	S1 Fisika	Cetak	1998
Fisika Matematika II	S1 Fisika	Cetak	1998
Metodologi Fisika	S1 Fisika	Cetak	2008
Mekanika lanjut	S1 Fisika	Cetak	2008

#### PENGALAMAN PENELITIAN

Tahun	Judul Penelitian	Ketua/anggota Tim	Sumber Dana
1997	Pengukuran Tingkat-tingkat Energi Atom Merkuri	Anggota Tim	Proyek Penelitian untuk Peneliti Muda (PPM), DIKTI
1998	Analisis Spektrum Tingkat-tingkat Energi Atom Hidrogen dengan Solusi Persamaan Gelombang Relativistik Orde-1	Ketua Tim	Penelitian HEDS Project Universitas Sriwijaya
November 2007- Maret 2008	Evaluasi Internal terhadap Proses Edukatif, Pola Administratif dan Manajerial, serta Fungsi Sarana-Prasarana dalam Pengembangan Diri Universitas PGRI Palembang,	Ketua Tim Peneliti	Yayasan PGRI Palembang

#### KARYA ILMIAH\*

##### A. Buku/Bab Buku/Jurnal

Tahun	Judul	Penerbit/Jurnal
1997	Pengukuran Tingkat-tingkat Energi Atom Merkuri	Jurnal Penelitian Sains, FMIPA Universitas Sriwijaya
1999	Menentukan Fungsi Kerja dan Frekuensi Ambang Material Katoda melalui Percobaan Efek Fotolistrik	Jurnal Penelitian Sains, FMIPA Universitas Sriwijaya
2003	Pendekatan Nonrelativistik Hubungan Spin dan Statistika untuk Sistem Zarah Tak Terbedakan	Teknosains, Jilid 16A, Nomer 3, September 2003, hal.467-479
2004	Deriving Conformal Group from Infinitesimal Displacement Field in Minkowski Space,	Phys. J. IPS, Vol. C7, 0210
2004	Inequivalent Quantizations of Identical Particle System in a Universe with a Wormhole	Proceeding of First Jogja Regional Physics Conference, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
2005	Kajian Awal Pengkuantuman Tak Setara Sistem Zarah Identik di dalam Ruang dengan Topologi Berubah	Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIII Himpunan Fisika Indonesia Jateng & DIY
2008	Quantum Statistics of Identical Particle System inside a Topologically Changing Space	Jurnal Sains dan Teknologi SIGMA, Vol. 11, No.1, Januari 2008, hal. 19-30
2009	Pendekatan Alternatif Pembuktian Hubungan Spin-statistika Sistem Zarah Identik	JPS MIPA UNSRI, Vol. 12, No. 1, Januari 2009, hal. 12105(1-4)

2009	Pengkuantuman Tak Setara dan Statistika Kuantum bagi Sistem Zarah Identik Tanpa Spin	JPS MIPA UNSRI, Vol. 12, No. 3, September 2009, hal. 12304(1-10)
2009	Statistika Sistem Zarah; dari Klasik hingga Eksotik	Majalah Ilmiah Nasional ISSN: 1410-7058.. Jurnal Penelitian Sains. Edisi Khusus Desember 2009
2010	Perubahan Topologi spasial di dalam Fisika	Majalah Ilmiah Nasional ISSN 1410-7058. Jurnal Penelitian Sains. Vol. 13 No.3 September 2010
2011	Pengaruh Suhu dan Waktu Sinter terhadap Sifat Bahan Porselen untuk Bahan Elektrolit Padat (Komponen Elektronik)	Jurnal Penelitian Sains. Vol. 14 No.3 Juli 2011
2011	Telaah Teoretis dan Perhitungan Komputasional untuk Penentuan Posisi Geografis dengan Menggunakan <i>Global Positioning System (GPS)</i>	Jurnal Penelitian Sains. Vol. 14 No.3 Juli 2011
2015	Mengenal Fisika; Paradigma, Metodologi, dan Implementasi	Simetri Palembang (ISBN: 978-602-1160-03-9)
2015	Studi Perbandingan Penentuan Posisi Geografis Berdasarkan Pengukuran dengan GPS ( <i>Global Positioning System</i> ), Peta Google Earth, dan Navigasi.Net	Jurnal Penelitian Sains. Vol. 17 No.2 Mei 2015
2016	Analisis Persamaan Schrodinger untuk Kasus Potensial Konstan pada Keadaan Energi Berkas Partikel Sama Dengan Potensial Sistemnya	Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA 2016; BKS-PTN Barat, Palembang 22-24 Mei 2016, ISBN: 978-602-71798-1-3
2017	Fisika Kuantum	Buku Teks ber-ISBN; dalam proses akhir penulisan
2017/2018	Matematika Fisika	Buku Teks ber-ISBN ; dalam proses penulisan
2017/2018	Sejarah Perkembangan Ilmu Fisika	Buku Teks ber-ISBN ; dalam proses penulisan

#### Skripsi (TA)/Tesis S2/Disertasi S3

1993	Studi Tentang Teori Gangguan Stasioner	TA I, Fisika FMIPA ITS Surabaya (non-publikasi)
1995	Studi tentang Perilaku Kuantum Partikel Relativistik Berspin- $\frac{1}{2}$ (Persamaan Dirac)	TA II, Fisika FMIPA ITS Surabaya (non-publikasi)
2003	Elaborasi Hubungan Spin dan Statistika	Tesis S2, Program Pascasarjana UGM Yogyakarta (non-publikasi)
2007	Statistika Kuantum Sistem Zarah Identik yang Digelar di dalam Ruang dengan Topologi Berubah	Disertasi S3, Program Pascasarjana UGM Yogyakarta (non-publikasi)

\*termasuk karya ilmiah dalam bidang ilmu pengetahuan/teknologi/seni/desain/olahraga

#### B. Makalah/Poster

Tahun	Judul	Penyelenggara
11 Sep 2004	<b>Makalah:</b> Inequivalent Quantizations of Identical Particle System in a Universe with a Wormhole	<b>Fisika MIPA UGM Yogyakarta</b> (First Jogja Regional Physics Conference di UGM Yogyakarta)

9 April 2005	<b>Makalah:</b> Kajian Awal Pengkuantuman Tak Setara Sistem Zarah Identik di dalam Ruang dengan Topologi Berubah	<b>HFI Jateng &amp; DIY</b> (Pertemuan Ilmiah XXIII Himpunan Fisika Indonesia Jateng & DIY di UST Yogyakarta)
26 Juli 2006	<b>Makalah:</b> Inequivalent Quantization of Identical Particles in (2+1)-dimensional Topological Space-time with Spatial Topology Change	<b>GFTI (Grup Fisikawan Teoretis Indonesia) dan UGM Yogyakarta</b> (Workshop on Theoretical Physics 2K6 di)
9 Mei 2007	<b>Makalah:</b> Inequivalent Quantization of Identical Particles Inside a Topologically Changing Space	<b>GFTI dan ITS Surabaya</b> (Workshop on Theoretical Physics 2K7)
9 Januari 2008	<b>Makalah:</b> Perubahan Topologi pada Ruang-waktu Kompak Tanpa Batasan	<b>Jurusan Fisika FMIPA Unsri</b> (Seminar Kenaikan Jabatan)
Maret 2011	Teori Kuantum; Gagasan Pokok dan Implikasinya	Makalah Seminar Kenaikan Jabatan

### C. Penyunting/Editor/Reviewer/Resensi

Tahun	Judul	Penerbit/Jurnal
2009-sekarang	Penyunting Jurnal Penelitian Sains FMIPA Unsri	JPS MIPA Unsri
2008	<b>Penyelia Makalah:</b> Menentukan Energi Gap Semikonduktor Silikon Melalui Pengukuran Resistansi Bahan pada Suhu Beragam (Jorena)	JPS MIPA Unsri, vol. 12, no. 1, Edisi Januari 2009
2009	<b>Penyelia Makalah:</b> Menentukan Konduktivitas Thermal Tandan Kosong Sawit Bahan Isolasi Thermal dengan <i>Polystyrene</i> Sebagai <i>Heat Fluks Meter</i> (Hadir Kaban)	JPS MIPA Unsri, vol. 12, no. 2, Edisi Mei 2009
2009	<b>Penyelia Makalah:</b> Pemanfaatan Karet Busa ( <i>Spons</i> ) Sebagai Model Cetakan pada Pembuatan Keramik Berpori (Ramlan)	JPS MIPA Unsri, vol. 12, no. 2, Edisi Mei 2009
2009	<b>Penyelia Makalah:</b> Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Refraktori $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Pengaruh Penambahan TiO <sub>2</sub> (Akmal Johan)	JPS MIPA Unsri, vol. 12, no. 2, Edisi Mei 2009
2010	<b>Penyelia Makalah:</b> Menguji Kekuatan Bahan Elektroplating Pelapisan Nikel pada Substrat Besi dengan Uji Impak (Impact Test)	JPS MIPA Unsri, vol. 13, no. 3, Edisi September 2010
2010	<b>Penyelia Makalah:</b> Pemanfaatan Beta-Alumina (B''-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) sebagai Elektrolit Padat untuk Metode EMF	JPS MIPA Unsri, vol. 13, no. 3, Edisi September 2010
2011	<b>Penyelia Makalah:</b> Kajian Struktur Aljabar Grup pada Himpunan Matriks yang Invertibel	JPS MIPA Unsri, vol. 14, no. 1, Edisi Januari 2011
2011	<b>Penyelia Makalah:</b> The Effect of Sintering Temperature on The Properties of CaCu <sub>3</sub> Mn <sub>4</sub> O <sub>12</sub> (CCMO) Synthesized Via Solid State Reaction	JPS MIPA Unsri, vol. 14, no. 4, Edisi Oktober 2011
2012	<b>Penyelia Makalah:</b> Studi Desain Neutronik Perangkat Kritik Reaktor Temperatur Tinggi Berbahan Bakar Bola	JPS MIPA Unsri, vol. 15, no. 1, Edisi Januari 2012

**KONFERENSI/SEMINAR/LOKAKARYA/SIMPOSIUM**

<b>Tahun</b>	<b>Judul Kegiatan</b>	<b>Penyelenggara</b>	<b>Panitia/ peserta/pembicara</b>
1994	Simposium HFI XV	IKIP Surabaya	Peserta
25 Okt 2001	Seminar Nasional Bahan Magnet II	Fisika FMIPA UGM Yogyakarta dan BATAN	Peserta
11 Sep 2004	First Jogja Regional Physics Conference	Fisika FMIPA UGM Yogyakarta	Pemakalah
9 April 2005	Pertemuan Ilmiah XXIII Himpunan Fisika Indonesia Jateng & DIY	HFI cabang Jateng & DIY bekerjasama dengan UST Yogyakarta	Pemakalah
26 Juli 2006	Workshop on Theoretical Physics 2K6	GFTI dan UGM Yogyakarta	Panitia & Pemakalah
9 Mei 2007	Workshop on Theoretical Physics 2K7;	GFTI dan ITS Surabaya	Pemakalah
9 Jan 2008	Seminar Kenaikan Jabatan;	Jurusan Fisika FMIPA Unsri	Pemakalah
10-12 Mei 2010	SEMIRATA BKS MIPA Wilayah Barat	Universitas Riau	Pemakalah
9-10 Mei 2010	SEMIRATA BKS MIPA Wilayah Barat	Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin	Peserta

**KEGIATAN PROFESIONAL/PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

<b>Tahun</b>	<b>Jenis&gt;Nama Kegiatan</b>	<b>Tempat</b>
2003	Pembuatan Susu dari Kacang Kedelai kepada Posyandu Masyarakat Desa Mandi Angin Kecamatan Inderalaya	Desa Mandi Angin Kecamatan Inderalaya
November 2007- Maret 2008	Evaluasi Internal terhadap Proses Edukatif, Pola Administratif dan Manajerial, serta Fungsi Sarana- Prasarana dalam Pengembangan Diri Universitas PGRI Palembang	Universitas PGRI Palembang
2008	Survei Pilkada (Gubernur) Sumsel	Sumatera Selatan
2008	Survei Pilkada (Bupati) OKI	Kabupaten OKI
Juni 2009	Demonstrasi dan Simulasi Warna Dasar Cahaya kepada Guru SD Negeri Tanjung Pring Kec. Indralaya Utara Kab. Ogan Ilir	SD Negeri Tanjung Pring, Kec. Inderalaya Utara, Ogan Ilir, Sumsel
Juni 2014	Narasumber: Workshop pengembangan keprofesian penulisan karya ilmiah	FMIPA UNSRI
September 2014	Peserta: Pelatihan etika profesi dosen	FMIPA UNSRI
November 2014	Narasumber: Pelatihan penulisan jurnal ilmiah menggunakan LATEX	FMIPA UNSRI
Oktober 2014	Panitia SEMNAS MIPA	FMIPA UNSRI; Palembang
November 2015	Narasumber: Pelatihan penulisan jurnal ilmiah menggunakan LATEX	FMIPA UNSRI
Mei 2016	Panitia Semirata bidang MIPA BKS PTN-B	Universitas Sriwijaya

### JABATAN DALAM PENGELOLAAN INSTITUSI

Peran/ Jabatan	Institusi ( Univ,Fak,Jurusan,Lab,studio, Manajemen Sistem Informasi Akademik dll)	Tahun ... s.d. ...
Sekretaris	Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UP2M MIPA UNSRI	2009 – 2013
Anggota	Senat FMIPA Unsri	2009 – 2013
Ketua	Jurusan Fisika FMIPA UNSRI	2009 – 2013
Koordinator	BKS PTN Wilayah Barat – Jurusan Fisika	2009 – 2013

### PERAN DALAM KEGIATAN KEMAHASISWAAN

Tahun	Jenis /Nama Kegiatan	Peran	Tempat
1997-1999	Pengadaan Ruang Baca Fisika	Penggagas dan Pembina	Jurusan Fisika FMIPA Unsri
2008	Kompetisi Karya Tulis Mahasiswa tingkat Universitas Sriwijaya	Tim Juri	Unsri
2008	Olimpiade Fisika SMA Tingkat Provinsi	Ketua Dewan Juri	FMIPA Unsri
2009	Lomba Karya Tulis Mahasiswa	Juri	FMIPA Unsri

### PENGHARGAAN/PIAGAM

Tahun	Bentuk Penghargaan	Pemberi
2003	Penghargaan lulusan <i>Cumlaude</i> (S-2)	Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
2007	Penghargaan lulusan <i>Cumlaude</i> (S-3)	Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

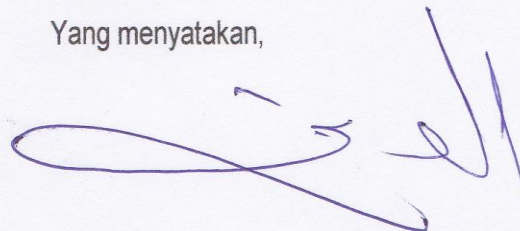
### ORGANISASI PROFESI/ILMIAH

Tahun	Jenis/ Nama Organisasi	Jabatan/ jenjang keanggotaan
Anggota	Himpunan Fisikawan Indonesia (HFI)	2003 – sekarang
Anggota	Theoretical and Mathematical Reseach Group, UGM Yogyakarta	2003 – 2007
Anggota	Grup Fisikawan Teoretis Indonesia	2008 – 2010
Sekretaris Eksekutif	Indonesian Center for Education and Policy Studies (ICEPS)	2008

Saya menyatakan bahwa semua keterangan dalam **Curriculum Vitae** ini adalah benar dan apabila terdapat kesalahan, saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Inderalaya, 24 Februari 2018

Yang menyatakan,



(Dr. Akhmad Aminuddin Bama, S.Si., M.Si.)  
NIP.: 197009141997021004



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN  
PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
Jalan Palembang-Prabumulih Km 32. Inderalaya  
(OI) Kode Pos 30662  
Telp (0711)580645, 580225, 580275 Faksimile  
(0711)580644

### SURAT PERNYATAAN KETUA PELAKSANA

Yang Bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dr. Fitri Suryani Arsyad  
NIP : 197010191995122001  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA)  
Perguruan Tinggi : Universitas Sriwijaya  
Pangkat/Golongan : Pembina/ IIC  
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
Alamat : Jurusan Fisika FMIPA Unsri Jalan Palembang-Prabumulih Km 32.  
Inderalaya (OI) Kode Pos 30662

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian saya dengan judul “PEMBUATAN NANOPARTIKEL ALUMINIUM (Al) DARI LIMBAH ALUMINIUM MENGGUNAKAN *HIGH ENERGY MILLING* (HEM) UNTUK APLIKASI PELAT BIPOLAR *POLYMER ELECTROLYTE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC)” yang diusulkan dalam jenis Penelitian Unggulan Kompetitif Tahun 2018 bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

19 Februari 2018,

Mengetahui

Ketua Lembaga Penelitian,



Prof. Dr. Tatang Suhery, M.A., Ph.D.  
NIP. 195904121984031002

Yang menyatakan,



Dr. Fitri Suryani Arsyad  
NIP.197010191995122001