



# Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology

Analisis Karakteristik  
Elektrik Onggok  
Singkong Fermentasi  
yang Diawetkan sebagai  
Pasta Bio-Baterai

Hal. 27

**Isu Utama**

**Mengukur Peluang Listrik dari  
Onggok Singkong**

# **Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology**

**ISSN XXXX-XXXX, Volume 1, Nomor 1, Mei 2020**

## **PENANGGUNG JAWAB**

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)  
Universitas Lampung

## **PIMPINAN REDAKSI**

Gurum Ahmad Pauzi

## **DEWAN REDAKSI**

Agus Riyanto  
Arif Surtoto  
Amir Supriyanto  
Sri Wahyu Suciwati  
Junaidi  
Leni Rumiwati  
Ediman Ginting Suka  
Syafriadi  
Pulung Karo-karo  
Suprihatin  
Donni Kis Apriyanto  
Iqbal Firdaus  
Humairoh Ratu Ayu

## **MITRA BESTARI**

Warsito (UNILA)  
Posman Manurung (UNILA)  
Simon Sembiring (UNILA)  
Dwi Asmi (UNILA)  
Yanti Yulianti (UNILA)

## **ALAMAT REDAKSI**

Jurusan Fisika, Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung  
Telp. 0721-701609 Ext. 719 Fax. 0721-704625  
Email: [jemit@fmipa.unila.ac.id](mailto:jemit@fmipa.unila.ac.id)  
<http://jemit.fmipa.unila.ac.id/>

Jurnal ini diterbitkan oleh Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung bekerja sama dengan Himpunan Fisika Indonesia Cabang Lampung, sebagai sarana untuk mempublikasikan hasil penelitian, artikel review dari peneliti-peneliti di bidang fisika energi, material dan teknologi instrumentasi. Jurnal ini terbit empat kali setahun (Februari, Mei, Agustus, dan November). Volume pertama terbit pada tahun 2020 dengan nama **Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology (JEMIT)** dengan ISSN XXXX-XXXX.

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>Web Monitoring CO, CO<sub>2</sub> dan Suhu secara Real Time</b> Ahmad Zainuri, Gurum Ahmad Pauzi, Junaidi, dan Warsito	1 – 6
<b>Pengaruh Variasi Waktu Sintering Terhadap Pertumbuhan Fase Bahan Superkonduktor BSCCO-2212 dengan Kadar Ca=1,10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah</b> Karlina Rahmah, Suprihatin, dan Pulung Karo Karo	9 – 11
<b>Desain High Temperature Gas-Cooled Reactor (HTGR) Model Geometri Heksagonal Dua Dimensi dengan Bahan Bakar Thorium Hasil Daur Ulang</b> Mutia Utari, Yanti Yulianti, dan Agus Riyanto	12 – 16
<b>Perhitungan Burn Up pada Reaktor HCLWR Model Geometri Heksagonal Dua Dimensi Bahan Bakar Uranium menggunakan SRAC COREBN</b> Wahyuning Ramadhanta Ardanti, Yanti Yulianti, Agus Riyanto, dan Syafriadi	16 – 22
<b>Analisis Batubara Jenis Antrasit di PTBA Berdasarkan Kandungan Volatile Matter dan Kalori</b> Yohanes W.M Purba, Pulung Karo-Karo, dan Ediman Ginting	23 – 26
<b>Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Fermentasi yang Diawetkan sebagai Pasta Bio-Baterai</b> Yuli Erviana, Amir Supriyanto, Sri Wahyu Suciwati, dan Gurum Ahmad Pauzi	27 – 32

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
JURUSAN FISIKA**

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung 35145 <http://fmipa.unila.ac.id> - Telp. 0721-704625 - Fax. 0721-704625



**PENANGGUNG JAWAB**

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)  
Universitas Lampung

**PIMPINAN REDAKSI**

Gurum Ahmad Pauzi

**DEWAN REDAKSI**

Agus Riyanto  
Arif Surtono  
Amir Supriyanto  
Sri Wahyu Suciwati  
Junaidi  
Leni Rumiyantri  
Ediman Ginting Suka  
Syafriadi  
Pulung Karo-karo  
Suprihatin  
Donni Kis Apriyanto  
Iqbal Firdaus  
Humairoh Ratu Ayu

**MITRA BESTARI**

Warsito (UNILA)  
Posman Manurung (UNILA)  
Simon Sembiring (UNILA)  
Dwi Asmi (UNILA)  
Yanti Yulianti (UNILA)

**ALAMAT REDAKSI**

Jurusan Fisika, Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung  
Telp. 0721-701609 Ext. 719 Fax. 0721-704625  
Email: [jemit@fmipa.unila.ac.id](mailto:jemit@fmipa.unila.ac.id)  
<http://jemit.fmipa.unila.ac.id/>

Jurnal ini diterbitkan oleh Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung bekerja sama dengan Himpunan Fisika Indonesia Cabang Lampung, sebagai sarana untuk mempublikasikan hasil penelitian, artikel review dari peneliti-peneliti di bidang fisika energi, material dan teknologi instrumentasi. Jurnal ini terbit empat kali setahun (Februari, Mei, Agustus, dan November). Volume pertama terbit pada tahun 2020 dengan nama **Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology (JEMIT)** dengan ISSN XXXX-XXXX.

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>Web Monitoring CO, CO2 dan Suhu secara Real Time</b> Ahmad Zainuri, Gurum Ahmad Pauzi, Junaidi, dan Warsito	1 – 6
<b>Pengaruh Variasi Waktu Sintering Terhadap Pertumbuhan Fase Bahan Superkonduktor BSCCO-2212 dengan Kadar Ca=1,10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah</b> Karlina Rahmah, Suprihatin, dan Pulung Karo Karo	9 – 11
<b>Desain High Temperature Gas-Cooled Reactor (HTGR) Model Geometri Heksagonal Dua Dimensi dengan Bahan Bakar Thorium Hasil Daur Ulang</b> Mutia Utari, Yanti Yulianti, dan Agus Riyanto	12 – 16
<b>Perhitungan Burn Up pada Reaktor HCLWR Model Geometri Heksagonal Dua Dimensi BahanBakar Uranium menggunakan SRAC COREBN</b> Wahyuning Ramadhanta Ardanti, Yanti Yulianti, Agus Riyanto, dan Syafriadi	16 – 22
<b>Analisis Batubara Jenis Antrasit di PTBA Berdasarkan Kandungan Volatile Matter dan Kalori</b> Yohanes W.M Purba, Pulung Karo-Karo, dan Ediman Ginting	23 – 26
<b>Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Fermentasi yang Diawetkan sebagai Pasta Bio-Baterai</b> Yuli Erviana, Amir Supriyanto, Sri Wahyu Suciwati, dan Gurum Ahmad Pauzi	27 – 32



## Web Monitoring CO, CO<sub>2</sub> dan Suhu secara Real Time

Ahmad Zainuri, Gurum Ahmad Pauzi<sup>a</sup>, Junaidi, dan Warsito<sup>b</sup>

Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

### Article Information

#### Article history:

Received 06 Maret 2020

Received in revised form 06  
Maret 2020

Accepted 10 Maret 2020

**Keywords:** The measuring instrument, interface, monitoring, real time, web, hosting

### Abstract

*This research is related to making a web to display data on CO, CO<sub>2</sub> and temperature monitoring results in real time. The measuring instrument used consisted of an MQ-7 sensor to detect CO gas, a MQ-135 sensor to detect CO<sub>2</sub> gas, a DHT-22 sensor to measure the temperature and a microcontroller as a control system. CO, CO<sub>2</sub> and temperature measurements were carried out at the University of Lampung with 10 different points. Measurements were made for three days in the morning, afternoon and evening with the duration of measurement of each location 5 minutes. Measurement data is displayed on the PC server using an interface created through the Visual Basic 2010 program and saved to the Mysql database. Data from the database is sent to the web server. Based on the results of tests conducted, the web monitoring system is running well. The web can display CO, CO<sub>2</sub> and temperature measurement data in the form of graphs and tables in real time. The web can be accessed by web browser at devices that are connected to the internet.*

### Informasi Artikel

#### Proses artikel:

Diterima 06 Maret 2020

Diterima dan direvisi dari  
06 Maret 2020

Accepted 10 Maret 2020

**Kata kunci:** alat ukur, interface, monitoring, real time, web, hosting

### Abstrak

*Penelitian ini terkait dengan pembuatan web untuk menampilkan data hasil monitoring CO, CO<sub>2</sub> dan suhu secara real time. Alat ukur yang digunakan terdiri dari sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas CO, sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas CO<sub>2</sub>, sensor DHT-22 untuk mengukur besarnya suhu dan mikrokontroler sebagai sistem kendali. Pengukuran CO, CO<sub>2</sub> dan suhu dilakukan di Universitas Lampung dengan 10 titik berbeda. Pengukuran dilakukan selama tiga hari pada saat pagi, siang dan sore hari dengan durasi pengukuran masing-masing lokasi 5 menit. Data pengukuran ditampilkan pada PC server menggunakan interface yang dibuat melalui program Visual Basic 2010 serta disimpan ke database Mysql. Data pada database tersebut dikirim ke web server. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem web monitoring berjalan dengan baik. Web dapat menampilkan data pengukuran CO, CO<sub>2</sub> dan suhu dalam bentuk grafik dan tabel secara real time. Web dapat diakses secara umum melalui web browser pada perangkat yang terhubung internet.*

## 1. Pendahuluan

Pencemaran udara merupakan kondisi dimana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Pencemaran udara terjadi akibat pembakaran yang tidak sempurna dari mesin kendaraan maupun proses industri yang menghasilkan gas-gas yang mengandung zat yang tidak baik bagi kesehatan akibat dari pembakaran (Agustinus 2015). Sumber pencemaran udara dapat disebabkan dari kegiatan yang bersifat alami dan bersifat buatan manusia (antropogenik). Pencemaran udara dari sumber alami adalah abu yang dikeluarkan akibat letusan gunung berapi, gas-gas vulkanik, debu yang beterbangan di udara akibat tiupan angin, dan bau yang diakibatkan dari proses pembusukan sampah organik. Pencemaran udara akibat dari aktivitas manusia secara kuantitatif lebih besar, diantaranya hasil pembakaran bahan-bahan fosil dari kendaraan bermotor, bahan-bahan buangan dari kegiatan pabrik industri yang memakai zat kimia organik dan anorganik, pemakaian zat-zat kimia yang disempatkan ke udara, pembakaran sampah rumah tangga, pembakaran hutan dan lain sebagainya (Fitri & Retnawaty 2015).

\* Corresponding author.

E-mail address: (a)gurum@fmipa.unila.ac.id; (b)warsito@fmipa.unila.ac.id

Salah satu indikator dari pencemaran udara adalah dengan meningkatnya kadar gas CO dan CO<sub>2</sub>. Gas CO dan CO<sub>2</sub> merupakan zat yang berbahaya terutama bagi manusia. Gas CO dapat membuat sesak nafas, hal ini dikarenakan oksigen yang seharusnya disalurkan oleh hemoglobin ke seluruh tubuh tidak dapat dialirkan. Kendala ini dikarenakan hemoglobin lebih mudah mengikat CO dari pada oksigen (Nebath 2014). Kelebihan gas CO<sub>2</sub> dapat menimbulkan gangguan penglihatan, sakit kepala, insomnia, depresi dan iritabilitas. Bahkan jika melewati jumlah konsentrasi dengan durasi tertentu dapat menyebabkan kematian (Widodo et al. 2017). Gas CO<sub>2</sub> juga merupakan salah satu gas rumah kaca yang apabila konsentrasinya meningkat akan menyebabkan penipisan ozon, temperatur di Bumi meningkat dan selanjutnya menyebabkan perubahan iklim global (Ilmi 2014, Awaludin et al. 2010).

Keberadaan gas CO dan CO<sub>2</sub> tidak bisa dideteksi oleh manusia karena sifatnya yang tidak terlihat dan tidak berbau, manusia baru bisa mengetahui bila sudah merasakan dampaknya. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang efektif dan efisien untuk melakukan pemantauan atau *monitoring* kadar CO, CO<sub>2</sub> dan suhu secara terus menerus atau *real time*.

Beberapa penelitian terkait *monitoring* pada CO, CO<sub>2</sub> dan suhu telah dilakukan diantaranya menggunakan protokol zigbee dengan sensor MQ-9 sebagai sensor CO (Satra & Rachman 2016), telemetri pemantau gas CO<sub>2</sub> dengan sensor MG8535 (Shofar & Suryono 2014), *monitoring* CO, CO<sub>2</sub> dan HC pada gas kendaraan bermotor (Konsegeran et al. 2013) dan juga *monitoring* suhu jarak jauh menggunakan gelombang radio (Erna & Hastuti 2012). Data hasil pengukuran dikirim dari satu perangkat sensor menuju perangkat penerima secara *real time* dan disimpan dalam database yang telah dibuat (Pangestu 2019). Supaya data hasil *monitoring* tersebut dapat diakses oleh masyarakat luas maka perlu dibuat suatu *website* yang dapat menampilkan data monitoring CO, CO<sub>2</sub> dan suhu secara *realtime*.

Pada penelitian ini dirancang suatu website yang dapat menampilkan data pengukuran CO, CO<sub>2</sub> dan suhu secara *realtime*. Pembuatan web menggunakan bahasa pemrograman HTML dan PHP melalui *software* Adobe Dreamweaver CS6. Web akan mengakses data hasil *monitoring* yang sebelumnya telah diolah dan disimpan dalam *database* MySQL. Data tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik secara *real time*. Website yang dibuat bersifat terbuka sehingga dapat diakses oleh masyarakat luas.

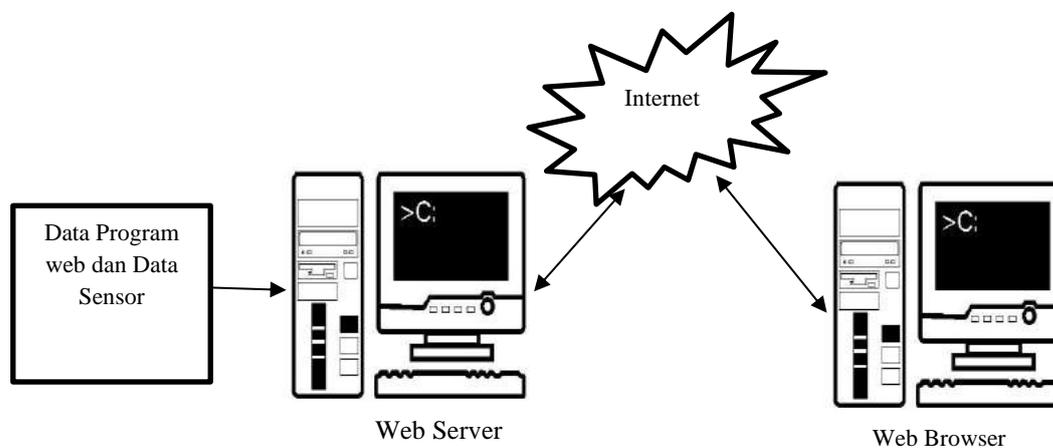
## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Perancangan Interface

Pada penelitian ini pembuatan aplikasi *interface* menggunakan *software* Visual Basic 2010. Tahap pembuatan aplikasi *interface* dimulai dengan melakukan inialisasi port serial dan baudrate dari perangkat keras (*hardware*) yang akan dihubungkan ke komputer. Setelah terhubung kemudian melakukan pembacaan data serial dari Arduino. Data yang masuk dipisahkan berdasarkan jenis sensor dan ditampilkan ke aplikasi *interface*. Selanjutnya data-data tersebut disimpan kedalam *database* Mysql.

### 2.2 Perancangan Website

Website merupakan kumpulan halaman-halaman yang digunakan untuk menampilkan informasi teks, gambar diam atau gerak, animasi, suara dan atau gabungan dari semuanya (Nurmi 2014). Pada penelitian ini pembuatan web dilakukan dengan menggunakan *software* Adobe Dreamwaver CS6. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah PHP dan HTML. Data hasil pengukuran dari *database* Mysql akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel secara *realtime*. Tabel pengamatan juga dirancang supaya dapat diunduh oleh pengunjung web dalam bentuk *file* pdf. Supaya web dapat diakses oleh klien maka data pemrograman web dan *database* Mysql disimpan di web *server global* atau *hosting*. Selanjutnya sistem web akan diproses pada web *server* menggunakan jaringan internet untuk menampilkan data secara *online*. Secara umum skema rancangan web *monitoring* ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Skema Rancangan Web Monitoring

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1 Realisasi Program Interface

Program *interface* (antar muka) merupakan pintu gerbang komunikasi serial antara mikrokontroler dengan komputer (Candra 2008). Hal terpenting dari komunikasi serial ini adalah frekuensi dari bit-bit yang dikirim. Frekuensi ini disebut *baud rate*. *Baud rate* didefinisikan sebagai bit-bit yang dikirim tiap detik melalui satu jalur data (Akbari et al. 2015). *Baud rate* standar yang biasa digunakan 9600 bps (Saputra et al. 2011). Pada program ini digunakan *baudrate* yang 19200 bps supaya pengiriman data dapat lebih cepat sehingga menunjang untuk pengiriman data *realtime*. Program *interface* akan menampilkan data hasil *monitoring* CO, CO<sub>2</sub> dan suhu dari sensor node 1, node 2 dan node 3 pada komputer. Data selanjutnya disimpan ke database Mysql.

Pada *interface* yang dibuat memiliki beberapa fitur menu atau tombol yang memiliki fungsi masing-masing. Tombol *scanport* berfungsi untuk mendeteksi dan menampilkan *port* dari alat ukur yang dihubungkan ke komputer. Tombol *Baudrate* berfungsi untuk mengatur nilai *baudrate* yang akan digunakan. Tombol *Start* digunakan untuk memulai koneksi dan menampilkan data dari sensor. Tombol *Simpan* untuk menyimpan data ke dalam *database MySQL*. Tombol *Stop* berfungsi untuk menghentikan proses penyimpanan data dan koneksi. Tombol *Close* untuk keluar dari program *interface*. Tampilan program *interface* ditunjukkan pada **Gambar 2**.

The screenshot shows a window titled 'Form1' with a control panel on the left and a data table on the right. The control panel includes a 'scanport' button, a dropdown menu for 'COM5', a 'Baud rate' dropdown menu set to '19200', and input fields for 'Tanggal\_waktu' (8/1/2020/20:30:36), 'Tanggal' (2020-01-08), and 'Waktu' (20:30:30). At the bottom are buttons for 'Start', 'Simpan', 'Stop', and 'Close'. The data table, titled 'Data Pengamatan', has columns for sensor types (CO, CO2, Suhu) and three nodes (1, 2, 3), along with 'Nilai Rata-rata' and 'Keterangan'.

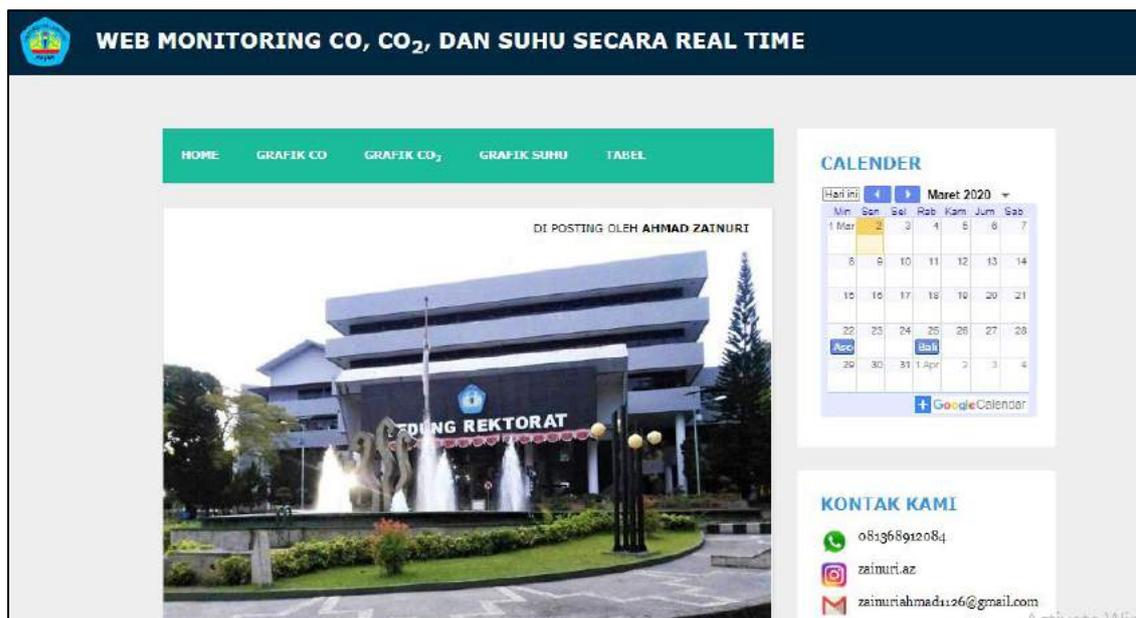
	1	2	3	Nilai Rata-rata	Keterangan
CO	1	4	1	2.00	Baik
CO2	439	311	262	337.33	Baik
Suhu	32	29	35	32.0	

**Gambar 2.** Tampilan Program *Interface*

#### 3.2 Realisasi Website

*Website* ini berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran. Data program web dan database Mysql disimpan dalam web *server* global (*hosting*). Untuk mengaksesnya dapat ditulis alamat/URL <https://instrumentasi-fmipa.web.id> pada web browser. Pada *website* yang dibuat terdapat 5 menu utama yaitu *Home*, Grafik CO, Grafik CO<sub>2</sub>, Grafik Suhu dan Tabel. Menu *Home* adalah halaman utama *website*. Pada saat *user* membuka web maka akan langsung tertuju pada halaman *Home*. Halaman ini menampilkan penjelasan singkat mengenai penelitian yang telah dilakukan dan juga berisi foto-foto pada saat pengambilan data. Dibagian bawah halaman ini juga terdapat informasi kontak penulis yang berupa akun instagram, akun facebook dan juga nomor whatsapp. Tamplan halaman *Home* pada *website* dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Pada menu Grafik menampilkan data pengamatan dalam bentuk grafik secara *real time* dengan pengaturan *delay* selama 5 detik. Data yang ditampilkan merupakan data yang sebelumnya masuk ke *database Mysql*. Data pengamatan CO akan ditampilkan pada halaman Grafik CO begitu pula data pengamatan CO<sub>2</sub> dan suhu akan ditampilkan masing-masing pada halaman Grafik CO<sub>2</sub> dan Grafik suhu. Tampilan halaman Grafik ditunjukkan pada **Gambar 4**.



**Gambar 3.** Halaman *Home* pada Website



**Gambar 4.** Tampilan pada Halaman Grafik CO

Selain dalam bentuk grafik data pengamatan juga ditampilkan dalam bentuk tabel. Data yang ditampilkan merupakan semua data dari awal pengukuran hingga akhir pengukuran. Jumlah baris yang ditampilkan pada halaman tabel dapat diatur sesuai keinginan. Terdapat pilihan untuk menampilkan data sebanyak 10 baris, 25 baris, 50 baris, dan 100 baris. Untuk melihat data tabel pada halaman selanjutnya kita dapat menekan tombol *Next*, *Last*, atau langsung menekan nomor halamannya. Pada halaman tabel juga dilengkapi fitur untuk mengunduh tabel dalam bentuk pdf dengan cara mengklik link yang ada di bawah tabel. Tampilan data tabel pada website ditunjukkan pada **Gambar 5**.

back to HOME

10 records per page Search:

NO	Tanggal dan Waktu	CO		CO <sub>2</sub>		Suhu	
		Node 1	Node 2	Node 1	Node 2	Node 1	Node 2
1	2/10/2019/9:24:24	4	3	298	250	30	30
2	2/10/2019/9:24:29	5	4	310	250	30	29
3	2/10/2019/9:24:34	8	4	313	250	30	29
4	2/10/2019/9:24:41	8	4	318	250	30	30
5	2/10/2019/9:24:46	8	4	319	250	30	30
6	2/10/2019/9:24:51	8	4	320	250	30	30
7	2/10/2019/9:24:56	8	4	320	250	30	30
8	2/10/2019/9:25:1	8	4	321	250	30	30
9	2/10/2019/9:25:6	8	4	321	250	30	30
10	2/10/2019/9:25:11	8	4	319	250	30	30

Showing 1 to 10 of 4,865 entries

Previous **1** 2 3 4 5 ... 487 Next

Untuk mendownload File PDF dari data pengamatan diatas, [Klik disini](#)

Activ  
Go to

**Gambar 5.** Tampilan pada Halaman Tabel

### 3.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui hasil dari pembuatan *interface* dan website. Pengujian dilakukan di lingkungan Universitas Lampung dengan 10 titik yang berbeda selama 3 hari. Masing-masing titik dilakukan pengukuran pada pagi, siang dan sore hari dengan durasi 5 menit. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa program *interface* dapat menampilkan data pengukuran dengan baik. Tampilan program *interface* ketika proses *running* di tunjukkan pada **Gambar 2**. Program *interface* juga dapat terkoneksi dengan database Mysql yang ditunjukkan dengan data pengukuran yang masuk dan tersimpan di database Mysql. Pada website data pengukuran berhasil ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel secara *real time* seperti ditunjukkan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**. Proses komunikasi antara web server dan browser berjalan dengan baik sehingga website dapat diakses menggunakan smartphone maupun komputer yang terhubung dengan internet.

## 4. Kesimpulan

Sistem *interfacing* yang telah dibuat menggunakan *software* Visual Basic 2010 berhasil menghubungkan antara alat ukur dengan PC (*Personal Computer*) sehingga data yang diperoleh dapat dibaca dan disimpan pada Mysql. Sistem *website monitoring* CO, CO<sub>2</sub> dan suhu dapat menampilkan data dalam bentuk tabel dan grafik secara *real time*. *Website* yang dibuat telah terhubung dengan server global (*hosting*) dan memiliki *domain* sehingga dapat diakses oleh masyarakat umum melalui internet.

## 5. Daftar Pustaka

- Agustinus, L 2015, 'Rancang Bangun Prototype Pendeteksi Kadar Co Sebagai Informasi Kualitas Udara Berbasis Mikrokontroler', *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*, vol. 03, no. 2, pp. 44–53.
- Akbari, F, Irawan, B, & Brianorman, Y 2015, 'Perancangan Aplikasi Remote Control Untuk Perangkat Elektronik Menggunakan HP Berbasis Sistem Android Via Bluetooth', *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, vol. 03, no. 1, pp. 51–60.
- Awaludin, A et al. 2010, 'Rancang Bangun Alat Pengukur Dan Sistem Jaringan Data Co 2 Di Indonesia Berbasis Web', *Jurnal Sains Dirgantara*, vol. 8, no. 1, pp. 79–101.
- Candra, R 2008, 'Alat Pemantau Suhu Ruangan Melalui Web Berbasis Mikrokontroler At89S51', *Kommit*, pp. 533–538.
- Erna, S & Hastuti 2012, 'Pengukuran Temperatur Jarak Jauh Secara Real Time Berbasis Pc Menggunakan Gelombang Radio', *Jurnal Neutrino - Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 2, no. 1.

- Fitri, Y & Retnawaty, SF 2015, 'Prediksi Konsentrasi Co 2 Pada Cerobong Asap dari Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin dan Gas (PLTMG) Duri', *JURNAL ILMU FISIKA (JIF)*, vol. 7, no. 2, pp. 69–77.
- Ilmi, AA 2014, 'Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Sebagai Informasi Gas Karbon Monoksida Pada Jaringan Sensor Nirkabel', *Journal of Control and Network Systems*, vol. 3, no. 2, pp. 36–41.
- Konsegeran, V., Kondekkello, S, & Bahrin 2013, 'Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan Hidro Karbon (HC) Pada Gas Buang Kendaraan Bermotor', *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, vol. 2, no. 3, pp. 50–56.
- Nebath, E 2014, 'Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO Dan CO<sub>2</sub> di Lingkungan Industri', *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, vol. 3, no. 4, pp. 65–72.
- Nurmi, H 2014, 'Membangun Website Sistem Informasi Dinas Pariwisata', *Jurnal Edik Informatik*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6.
- Pangestu, DM 2019, *Rancang Bangun Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Pemantauan Kadar gas CO, CO<sub>2</sub>, dan Suhu Menggunakan Transmitter-Receiver NRF24L01+Berbasis Arduino.*, Universitas Lampung.
- Saputra, K et al. 2011, 'Analisis Jarak dan Kecepatan Komunikasi Data Serial Asinkron', *Jurnal Informatika*, vol. 11, no. 1, pp. 1–11.
- Satra, R & Rachman, A 2016, 'Pengembangan Sistem Monitoring Pencemaran Udara Berbasis Protokol ZIGBEE dengan Sensor CO', *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 8, no. 1, p. 17.
- Shofar, M & Suryono, S 2014, 'Sistem Telemetry Pemantau Gas Karbon Dioksida (Co<sub>2</sub>) Menggunakan Jaringan Wifi', *Youngster Physics Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 243–248.
- Widodo, S et al. 2017, 'Rancang Bangun Alat Monitoring Kadar Udara Bersih Dan Gas Berbahaya Co, Co<sub>2</sub>, Dan Ch<sub>4</sub> Di Dalam Ruang Berbasis Mikrokontroler', *Pseudocode*, vol. 4, no. 2, pp. 105–119.



## Pengaruh Variasi Waktu Sintering Terhadap Pertumbuhan Fase Bahan Superkonduktor BSCCO-2212 dengan Kadar Ca=1,10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah

Karlina Rahmah<sup>a</sup>, Suprihatin<sup>b</sup>, dan Pulung Karo Karo

Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

### Article Information

Article history:  
Received 07 Maret 2020  
Received in revised form 07  
Maret 2020  
Accepted 12 Maret 2020

### Keywords:

Superconductors BSCCO-  
2212, sintering time, volume  
fraction, and degree of  
orientation

### Abstract

This research was conducted to determine the effect of sintering time on the formation of the superconducting phase BSCCO-2212 by calculating the level of purity of the phases formed and looking at the microstructure. The variation of sintering time was 10, 20, 30 and 40 hours using the wet mixing method. The sample was calcinated with 800 °C for 10 hours and sintered with 830 °C. The XRD's characterization result shows a decrease in phase purity with increasing the sintering time. The relative high volume fraction of the BSCCO-2212/ts10 sample is 90,48% while, the lowest volume fraction of BSCCO-2212/tc40 is 50,74%. The relative high orientation degree of BSCCO-2212/ts20 is 18,47% and the lowest orientation degree of BSCCO-2212/ts10 is 8,4%. The SEM's characterization result shows of all samples have been oriented and have relatively little space between slabs (voids).

### Informasi Artikel

Proses artikel:  
Diterima 07 Maret 2020  
Diterima dan direvisi dari  
07 Maret 2020  
Accepted 12 Maret 2020

### Kata kunci:

Superkonduktor BSCCO-  
2212, waktu sintering,  
fraksi volume, dan derajat  
orientasi

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu sintering terhadap pertumbuhan fase superkonduktor BSCCO-2212 dengan menghitung tingkat kemurnian fase yang terbentuk dan melihat struktur mikronya. Variasi waktu sintering yang dilakukan adalah 10, 20, 30 dan 40 jam menggunakan metode pencampuran basah. Sampel dikalsinasi pada suhu 800 °C selama 10 jam dan disintering pada suhu 830 °C. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan penurunan kemurnian fase seiring bertambahnya waktu sintering. Fraksi volume yang relatif tinggi pada sampel BSCCO-2212/ts10 sebesar 90,48%. Sementara, fraksi volume terendah adalah BSCCO-2212/ts40 sebesar 50,74%. Derajat orientasi yang relatif tinggi pada sampel BSCCO-2212/ts20 sebesar 18,47%. Sementara, derajat orientasi terendah pada sampel BSCCO-2212/ts10 sebesar 8,4%. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan semua sampel telah terorientasi serta memiliki ruang kosong antar lempengan (void) yang relatif sedikit.

### 1. Pendahuluan

Superkonduktor merupakan bahan yang mempunyai karakteristik dapat mengalirkan arus listrik tanpa mengalami hambatan, dimana resistivitas menjadi nol dan dapat menolak fluks magnet eksternal yang melewatinya atau mengalami diamagnetisme sempurna (efek Meissner) (Muis, 2017).

Berdasarkan  $T_c$ -nya superkonduktor dibagi menjadi 2, yaitu superkonduktor temperatur rendah dan superkonduktor temperatur tinggi (SKST). SKST merupakan golongan superkonduktor yang menarik untuk dikembangkan karena cenderung lebih aplikatif dibandingkan dengan superkonduktor temperatur rendah (Windartun, 2008).

Superkonduktor suhu tinggi berbasis bismuth disebut dengan sistem BSCCO. Sistem BSCCO memiliki tiga fase yang stabil yaitu  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_x$  (Bi-2201),  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  (Bi-2212) dan  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$  (Bi-2223) dengan suhu kritis masing-masing sebesar 10 K, 80 K dan 110 K (Sato, 2015).

\* Corresponding author.

E-mail address: (a)karlinarahmah27@gmail.com; (b)suprihatin\_itb@yahoo.com

Diantara superkonduktor berbasis bismuth, superkonduktor BSCCO-2212 merupakan bahan superkonduktor yang mudah membentuk senyawa dalam padatan polikristal dan tersedia metode yang tepat dalam menumbuhkan kristal tunggal. Oleh karena itu, BSCCO-2212 banyak dijadikan model studi untuk superkonduktor berbasis bismuth (Rohmawati & Darminto, 2012).

Beberapa metode sintesis superkonduktor antara lain metode *sol gel* (Fallah-Arani et al. 2017), metode padatan (Fauzi, 2017) dan metode pencampuran basah. Metode pencampuran basah memiliki tingkat homogenitas yang tinggi karena bahan yang digunakan dilarutkan dengan  $HNO_3$  dan aquades secara perlahan hingga larutan berwarna biru jernih yang menandakan bahwa larutan telah homogen (Rohmawati & Darminto, 2012).

Hal yang harus diperhatikan untuk mendapatkan superkonduktor BSCCO yang baik adalah metode sintesis, jenis bahan yang digunakan, penggunaan doping, serta suhu dan waktu sintering (Siswayanti et al. 2015). Proses pertumbuhan kristal untuk membentuk suatu fase terjadi selama sintering. Sehingga pemilihan parameter sintering secara optimal (suhu dan waktu) memiliki peran tersendiri yang sangat penting dalam mempengaruhi keadaan mikrostruktur dan sifat bahan superkonduktor (Santoso, 2006).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu sintering terhadap tingkat kemurnian bahan dan untuk memperoleh waktu sintering yang relatif baik dalam pembentukan fase superkonduktor BSCCO-2212 pada kadar  $Ca=1,10$  menggunakan metode pencampuran basah. Aspek yang dipelajari dalam penelitian ini adalah tingkat kemurnian fase yang terbentuk dengan menghitung nilai fraksi volume, derajat orientasi dan impuritas. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan bahan oksida dan karbonat dengan tingkat kemurnian yang tinggi, yaitu  $Bi_2O_3$  (99,9%) dari Strem Chemical,  $SrCO_3$  (99,9 %) dari Strem Chemical,  $CaCO_3$  (99,9%) dari Strem Chemical,  $CuO$  (99,9%) dari Merck,  $HNO_3$ ,  $HCl$  dan aquades. Komposisi bahan untuk membuat 3 gram sampel disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Komposisi bahan BSCCO-2212

Bahan Awal	Fraksi	Massa Hitung 3gr sampel
$Bi_2O_3$	2,00	1,3566
$SrCO_3$	2,00	0,8596
$CaCO_3$	1,10	0,3205
$CuO$	2,00	0,4631
Total		3,0000

Alat-alat yang digunakan yaitu: neraca sartorius digital dengan ketelitian 0,1 mg, pipet, spatula, alat penggerus (*paste* dan *mortar*), cetakan sampel (*die*), tungku pemanas (*furnace*), cawan (*crucible*), alat *pressing*, *X-Ray Diffraction* (XRD) tipe *X'Pert Powder Diffractometer*, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) tipe Vega 3 Tescan.

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu ditimbang untuk menjadi 4 sampel sesuai dengan perbandingan pada **Tabel 1**. Setelah bahan ditimbang, kemudian dilarutkan dengan asam nitrat ( $HNO_3$ ) 68% dan aquades diaduk secara perlahan sampai larutan berwarna biru jernih. Bahan diletakkan di atas *hot plate* dengan suhu 70 °C (Widodo & Darminto, 2010). Kemudian larutan didiamkan selama 24 jam sampai mengering, selanjutnya dilakukan pengeringan pada suhu 300, 400 dan 600 °C secara bertahap sampai bahan benar-benar kering.

Setelah bahan dikeringkan dalam tungku, bahan dibagi menjadi 4 sampel dan dilakukan penggerusan dengan mortar dan pastel selama  $\pm 10$  jam (bertahap) sampai bahan terasa halus. Sampel dikompaksi dengan alat *pressing* dengan kekuatan 8 ton. Setelah sampel berbentuk pelet, dilakukan kalsinasi pada suhu 800 °C selama  $\pm 10$  jam. Sampel hasil kalsinasi belum sempurna karena adanya porositas dan penangkapan gas sekitar, sehingga perlu penggerusan ulang  $\pm 10$  jam. Selanjutnya sampel disintering dengan variasi waktu 10, 20 30 dan 40 jam pada suhu 830 °C agar terbentuk fase yang diinginkan.

Hasil sintesis superkonduktor dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM. Karakterisasi XRD bertujuan untuk mengetahui tingkat kemurnian fase dengan menghitung Fv, P dan I menggunakan persamaan:

$$Fv = \frac{\sum I(2212)}{I_{total}} \times 100\% \quad (1)$$

$$P = \frac{\sum I(00\ell)}{\sum I(2212)} \times 100\% \quad (2)$$

$$I = 100\% - Fv \quad (3)$$

Dimana

- Fv = Fraksi volume
- P = Derajat orientasi
- I = Impuritas
- $I_{total}$  = Intensitas total
- $I(2212)$  = Intensitas fase Bi-2212
- $I(00\ell)$  = Intensitas  $h=k=0$  dan  $\ell = \text{genap}$

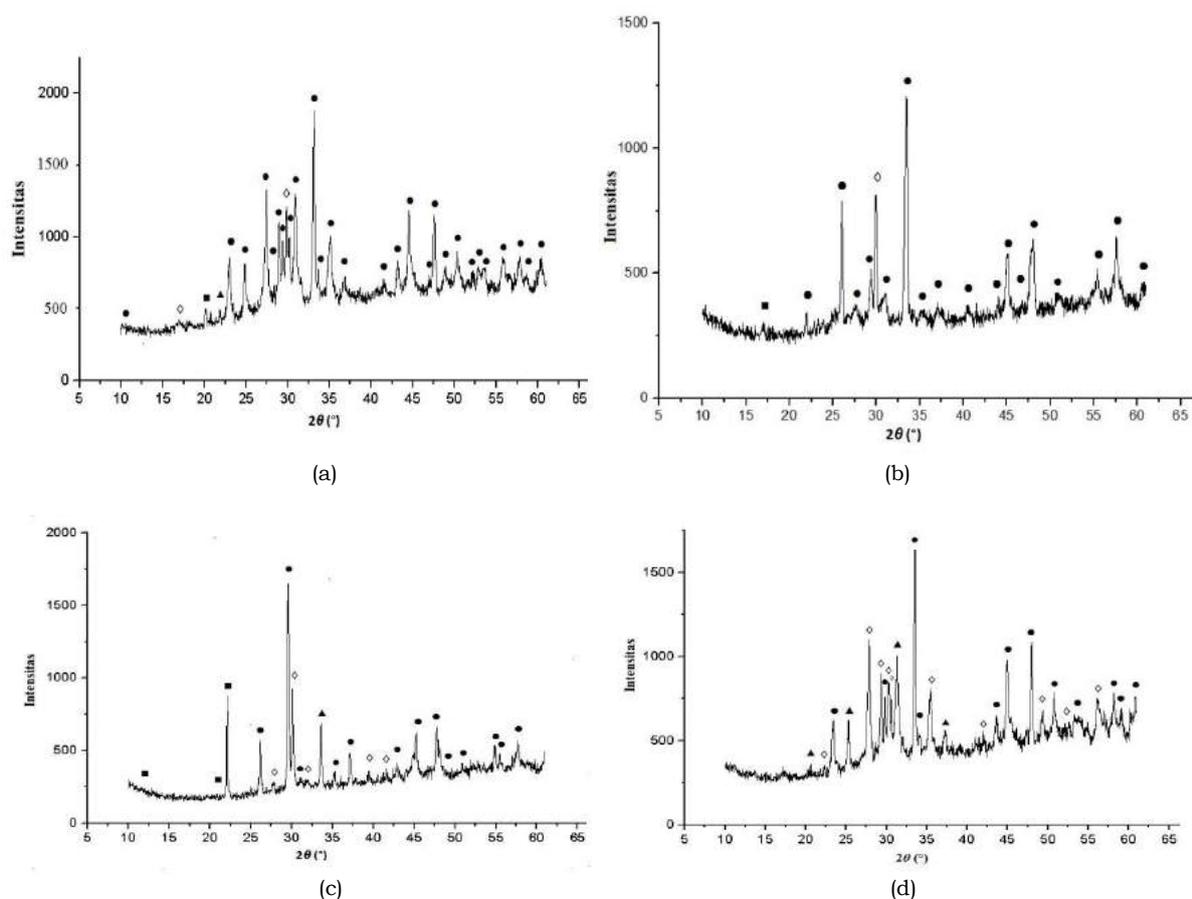
Analisis hasil XRD dilakukan dengan program *High ScorePlus*. Karakterisasi SEM bertujuan untuk menganalisis struktur mikro superkonduktor BSCCO-2212.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil XRD

Sampel diberi kode dalam penyajian berdasarkan waktu sinternya. Sebagai contoh, sampel dengan kode BSCCO-2212/ts10 menunjukkan sampel superkonduktor BSCCO-2212 yang disintering dengan waktu 10 jam.

Hasil spektrum XRD sampel BSCCO-2212 ditunjukkan pada **Gambar 1**. Berdasarkan **Gambar 1** semua sampel sudah terbentuk puncak-puncak BSCCO-2212. Disamping itu, semua sampel sudah terorientasi yang ditunjukkan adanya puncak-puncak yang memiliki  $h = k = 0$  dan  $l =$  bilangan genap. Hasil analisis program *High ScorePlus* dan perhitungan menggunakan persamaan 1, 2 dan 3 diperoleh tingkat kemurnian fase yang meliputi fraksi volume (Fv), impuritas (I) dan derajat orientasi (P) untuk masing-masing sampel.



**Gambar 1.** Hasil analisis XRD dengan program *High ScorePlus* pada BSCCO-2212 dengan variasi waktu sintering (a) BSCCO-2212/ts10, (b) BSCCO-2212/ts20, (c) BSCCO-2212/ts30 dan (d) BSCCO-2212/ts40. Ket: (●) BSCCO-2212 (▲) BSCCO-2223 (■) BSCCO-2201 (◇) impuritas.

Hasil perhitungan tingkat kemurnian fase superkonduktor BSCCO-2212 dapat dilihat pada **Tabel 2**. **Tabel 2** menunjukkan bahwa variasi waktu sintering cukup berpengaruh pada pembentukan fase BSCCO-2212 ditandai dengan nilai kemurnian fase yang menurun seiring meningkatnya waktu sintering. Fraksi volume terendah diperoleh sebesar 50,74% pada waktu sintering 40 jam. Penurunan fraksi volume tersebut dikarenakan selama proses sintering terjadi pembentukan fase lain yang bukan merupakan fase BSCCO-2212. Waktu sintering akan mempengaruhi ukuran kristal bahan tersebut semakin membesar karena terjadinya proses pertumbuhan fase yang lebih lanjut, sehingga terjadi penggabungan antar butir dan butir yang berkembang menjadi besar (Rohmawati & Darminto, 2012). Selain itu, juga karena proses penggerusan yang kurang maksimal. Penggerusan berperan aktif terhadap homogenitas bahan karena dapat meningkatkan efektivitas reaksi pembentukan benih-benih senyawa atau prekursor (Rahayu, 2017).

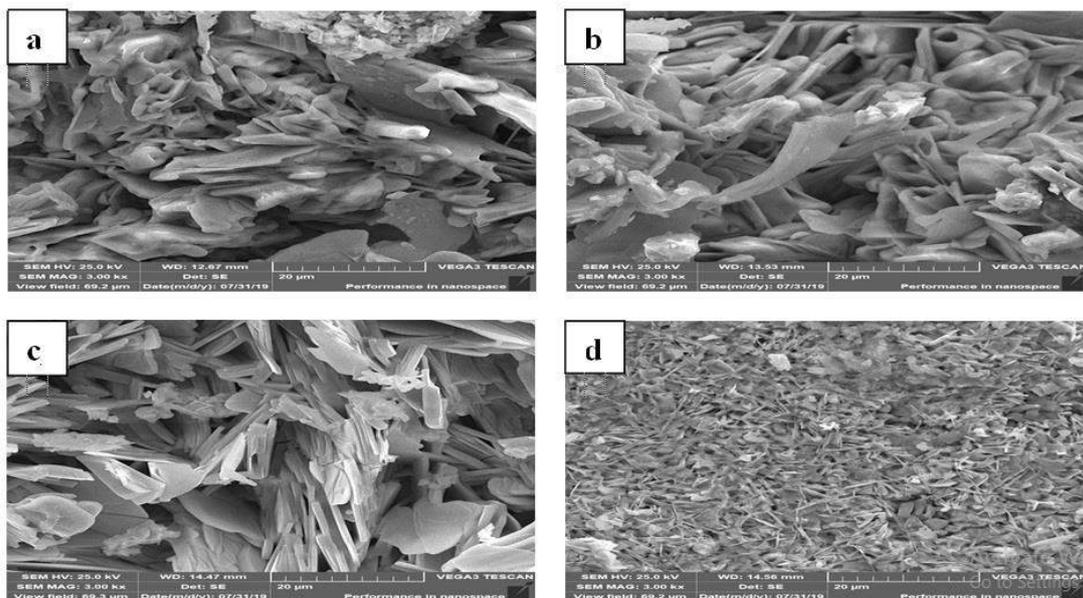
Penelitian dengan metode pencampuran basah ini menghasilkan puncak-puncak yang lebih jelas dibandingkan dengan metode padatan yang telah dilakukan oleh (Pratiwi, 2017). Hasil fraksi volume yang didapatkan pada penelitian Pratiwi (2017) sebesar 67,80% pada waktu sintering 20 jam. Sedangkan pada penelitian ini fraksi volume yang didapatkan pada waktu sintering 20 jam sebesar 88,73% dan fraksi volume tertingginya diperoleh pada waktu sintering 10 jam sebesar 90,48%. Hal ini menunjukkan bahwa menggunakan metode pencampuran basah dapat meningkatkan homogenitas yang tinggi sehingga mendapatkan kemurnian fase yang lebih tinggi juga.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan fase BSCCO-2212 dengan variasi waktu sintering

Waktu Sintering	Fraksi Volume (%)	Impuritas (%)						Derajat orientasi (%)
		BSCCO-2201	BSCCO-2223	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Bi <sub>6</sub> Ca <sub>4</sub> O <sub>13</sub>	Ca <sub>2</sub> CuO <sub>3</sub>	CuO	
BSCCO-2212/ts10	90,48	1,82	1,76	1,48	4,44	-	-	8,40
BSCCO-2212/ts20	88,73	2,92	-	8,34	-	-	-	18,47
BSCCO-2212/ts30	63	11,80	6,02	2,25	13,76	3,14	-	13,91
BSCCO-2212/ts40	50,74	-	12,51	32,69	-	-	4,03	13,78

### 3.2 Hasil SEM

Berdasarkan hasil karakterisasi SEM, secara umum struktur mikro sampel BSCCO-2212 telah menunjukkan lapisan-lapisan yang tersusun searah (terorientasi). Selain itu, semua sampel telah menunjukkan pembentukan kristal yang relatif baik dengan susunan kristal yang lebih searah, serta ruang kosong antar lempengan relatif lebih sedikit. Masing-masing sampel direkam dengan perbesaran 3500x. Hasil karakterisasi SEM dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Hasil karakterisasi SEM BSCCO-2212 dengan waktu sintering (a) BSCCO-2212/ts10, (b) BSCCO-2212/ts20, (c) BSCCO-2212/ts30, dan (d) BSCCO-2212/ts40.

**Gambar 2 (a), (c) dan (d)** BSCCO-2212 dengan waktu sintering 10, 30 dan 40 jam memiliki derajat orientasi rendah yaitu 8,4%, 13,91% dan 13,78%, terlihat bahwa pertumbuhan kristal pada sampel relatif baik, sudah membentuk lempengan-lempengan serta memiliki sedikit ruang kosong. Sedangkan pada **Gambar 2(b)** BSCCO-2212 dengan waktu sintering 20 jam memiliki derajat orientasi sebesar 18,47% dengan terlihatnya pertumbuhan kristal yang lebih baik dan membentuk lempengan-lempengan yang saling rapat satu sama lain.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi XRD, Fraksi volume tertinggi diperoleh sebesar 90,48% pada waktu sintering 10 jam. Sedangkan fraksi volume terendah diperoleh sebesar 50,74% pada waktu sintering 40 jam.

Selain fase BSCCO-2212, diperoleh juga fase lain, yaitu BSCCO-2201 pada waktu sintering 10, 20 dan 30 jam. Kemudian diperoleh juga fase BSCCO-2223 pada waktu sintering 10, 30 dan 40 jam.

Berdasarkan hasil karakterisasi SEM, struktur mikro bahan superkonduktor BSCCO-2212 telah terorientasi serta memiliki ruang kosong antar lempengan (*void*) yang relatif sedikit. Nilai derajat orientasi tertinggi diperoleh pada waktu sintering 20 jam sebesar 18,47%.

Rahmah C, Suprihatin, dan Karo karo P, 2020, Pengaruh Variasi Waktu Sintering Terhadap Pertumbuhan Fase Bahan Superkonduktor BSCCO-2212 pada Kadar Ca=1,10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah, *Journal of Energy Material and Instrumentation Technology*, Vol 1. No. 1, 2020

## 5. Daftar Pustaka

- Fallah-Arani, H et al. 2018, 'The Influence of Heat Treatment on the Microstructure, Flux Pinning and Magnetic Properties of Bulk BSCCO Samples Prepared by Sol-Gel Route', *Ceram. Int.*, vol. 128, no. 12, pp.1-25.
- Fauzi, RM 2017, Pertumbuhan Fase Superkonduktor BI-2223 dengan Variasi Doping Pb (BPSCCO-2223) pada Kadar Ca=2,10 dan Suhu Sintering 855 °C, Universitas Lampung.
- Muis, S 2017, Fenomena Superkonduktor, Teknosain, Jakarta.
- Pratiwi, R 2017, Pengaruh Doping Pb Terhadap Pertumbuhan Fase Bahan Superkonduktor Bi-2212 pada Kadar Ca 1,10 dan Suhu Sintering 830 °C. Universitas Lampung.
- Sato, K 2015, 'Bismuth-Based Oxide (BSCCO) High-Temperature Superconducting Wires for Power Grid Applications: Properties and Fabrication', *Superconductors in the Power Grid: Materials and Applications*.
- Rahayu, I 2019, 'Pengaruh Waktu Sintering Terhadap Tingkat Kemurnian Fase Superkonduktor BPSCCO-2223 dengan Kadar Ca 2,10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah', *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, Universitas Lampung, vol. 07, no. 01. pp. 91-98.
- Rohmawati, L & Darminto 2012, 'Nanokristalisasi Superkonduktor  $(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  dengan Metode Pencampuran Basah', *Berkala Fisika*, vol. 4, no. 1, pp. 22-26.
- Santoso, H 2006, Variasi Suhu Kalsinasi dan Sintering pada Sintesis Superkonduktor Bi-2223 Tanpa Doping Pb, Universitas Lampung.
- Siswayanti, S., Agung, B., Amirul, L., Ikhlasul, MA., Hendrik, & Pius 2015, Sintesis Pelet Bi-Sr-Ca-Cu-O dengan Suhu Sintering Rendah dan Analisa Sifat Superkonduktivitasnya, *Prosiding Seminar Material Metalurgi*, pp. 227-231.
- Widodo, H & Darminto 2010, 'Nanokristalisasi Superkonduktor  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$  dan  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$  dengan Metode Kopresipitasi dan Pencampuran Basah', *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, vol. 28, pp. 6-19.
- Windartun 2008, Superkonduktor, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.



## Desain High Temperature Gas-Cooled Reactor (HTGR) Model Geometri Heksagonal Dua Dimensi dengan Bahan Bakar Thorium Hasil Daur Ulang

Mutia Utari\*, Yanti Yulianti, dan Agus Riyanto

Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

### Article Information

Article history:  
Received 10 Maret 2020  
Received in revised form 10 Maret 2020  
Accepted 30 Maret 2020

**Keywords:** Core design reactor, helium, HTGR, power density, thorium.

### Abstract

The Research about the design of high temperature helium gas-cooled reactor (HTGR) terraces with thorium fuel recycled using the SRAC program has been completed. This research includes the percentage of fuel enrichment, reactor core size, reactor core configuration, criticality, and the distribution of the power density. The calculation of reactor core is done in two dimensions  $\frac{1}{6}$  hexagonal terrace section with a triangular mesh. The fuel is used, i.e. thorium with a burn-up of 20 GWd/t and 30 GWd/t, and helium gas as a cooler. The results obtained in this study show that the ideal HTGR reactor core design with reactor core size and configuration are (x) 22 cm at point (y) = 2035,05 cm and at (y) 11 cm at point (x) = 2035,05 cm, then enrichment in fuel 8%. The result of maximum power density is 550.3685 Watt/cm<sup>3</sup> where the position at (x) = 22 cm and axis (y) = 11 with the effective multiplication factor value  $k_{eff}$  of 1,0000002.

### Informasi Artikel

Proses artikel:  
Diterima 10 Maret 2020  
Diterima dan direvisi dari 10 Maret 2020  
Accepted 30 Maret 2020

**Kata kunci:**  
Core design reactor, helium, HTGR, power density, thorium.

### Abstrak

Penelitian mengenai desain teras reaktor suhu tinggi (HTGR) berpendingin gas helium dengan bahan bakar thorium hasil daur ulang menggunakan program SRAC telah selesai dilakukan. Penelitian ini meliputi presentase pengayaan bahan bakar, ukuran teras reaktor, konfigurasi teras reaktor, kekritisan, dan distribusi rapat daya. Perhitungan teras reaktor dilakukan secara dua dimensi  $\frac{1}{6}$  bagian teras heksagonal dengan mesh berbentuk triangular. Bahan bakar yang digunakan yaitu thorium dengan burn-up 20 GWd/t dan 30 GWd/t, serta gas helium sebagai pendingin. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan desain teras reaktor HTGR yang ideal dengan ukuran dan konfigurasi teras reaktor yaitu pada (x) 22 cm pada titik (y) = 2035,05 cm dan pada (y) 11 cm pada titik (x) = 2035,05 cm, pengayaan pada bahan bakar 8%. Rapat daya maksimal yang diperoleh sebesar 550,3685 Watt/cm<sup>3</sup> yang terletak pada (x) = 22 cm dan sumbu (y) = 11 dengan nilai faktor multiplikasi efektif  $k_{eff}$  sebesar 1,0000002.

### 1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) merupakan pembangkit tenaga listrik yang relatif murah, aman, dan tidak mencemari lingkungan. Salah satu bahan bakar reaktor PLTN yang sering digunakan adalah uranium alam. Selain uranium alam, unsur lain yang dapat digunakan sebagai bahan bakar reaktor nuklir adalah thorium alam. Thorium alam merupakan bahan bakar fertile dengan menggunakan isotop Th232. Thorium terkandung dalam mineral monasit yang dapat ditemukan dalam batuan granit dari hasil sisa erosi. Sedangkan di Indonesia banyak bukit-bukit yang tersusun atas batuan sisa erosi. Oleh karena itu, pembangunan PLTN di Indonesia bisa dilakukan mengingat ketersediaan Thorium di Indonesia cukup melimpah (Ngadenin et al., 2014).

Salah satu jenis reaktor nuklir dalam PLTN yang digunakan yaitu *High Temperatur Gas-cooled Reactor* (HTGR). HTGR adalah salah satu jenis reaktor generasi IV yang banyak dikembangkan sebagai sumber energi listrik. Sesuai dengan namanya reaktor HTGR merupakan reaktor suhu tinggi yang menggunakan gas sebagai pendingin dan grafit sebagai moderator. HTGR memiliki skala Small Medium Reactor (SWR) atau reaktor skala kecil menengah, dengan

\* Corresponding author.  
E-mail address: mutiautari1250@gmail.com

fitur keselamatan melekat dan sistem keselamatan teknis pasif, sehingga mempunyai tingkat keselamatan dan keandalan yang baik (Ortensi, 2012). HTGR menggunakan pendingin berupa gas yang dikombinasikan dengan bahan teras yang tahan panas, gas yang sering digunakan adalah gas Helium (He) (Dewita et al., 2012).

Geometri 2 dimensi pada reaktor nuklir ada beberapa jenis seperti silinder, heksagonal, dan triangular. Perhitungan pada teras reaktor dilakukan secara 2 dimensi geometri heksagonal maka dilakukan desain HTGR model geometri heksagonal dua dimensi (x,y) dengan bahan bakar thorium hasil daur ulang menggunakan program SRAC. SRAC adalah program yang digunakan sebagai system kode neutronik untuk mensimulasikan perilaku nuklir di dalam teras reaktor sehingga penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain reaktor yang memenuhi kriteria keselamatan melalui analisis neutronik. Analisis dilakukan dengan menggunakan CITATION pada program Standard thermal Reactor Analysis Code (SRAC) yang dikembangkan oleh Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) di Japan Atomic Energy Agency (JAEA) Jepang (Okumura, 2006).

## 2. Metode Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat personal komputer dengan Operating System (OS) Linux Mint 18.2 Acer 32 bit dan program Standard Thermal Reactor Analysis Code (SRAC).

penelitian ini hal yang pertama dilakukan yaitu menentukan fraksi volume. Menentukan fraksi volume bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara volume bahan bakar terhadap volume sel bahan bakar yang terdiri atas bahan bakar, cladding dan pendingin (Duderstadt & Hamilton, 1976).

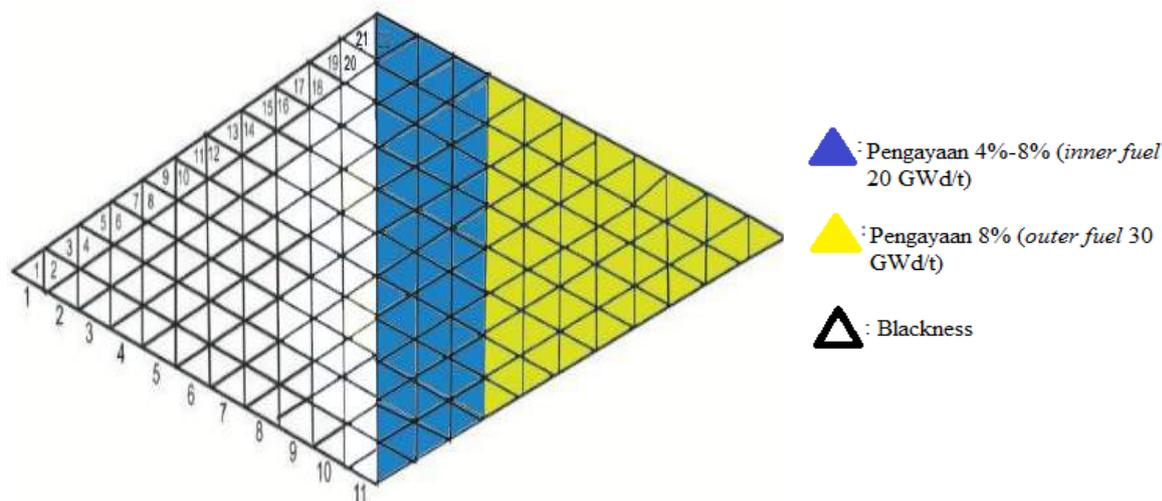
Setelah menghitung menentukan fraksi volume, kemudian dapat menentukan pengayaan. Penentuan pengayaan pada reaktor HTGR dilakukan agar reaktor berada dalam keadaan kritis ( $k_{eff} = 1$ ). Persentase pengayaan yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan dua bagian yaitu 4% - 8% dan 8%.

Setelah itu dapat menghitung densitas atom. Pada setiap reaktor terdapat komponen yaitu bahan bakar, cladding dan moderator yang akan dihitung densitas atomnya untuk digunakan sebagai input CITATION pada program SRAC.

Selanjutnya menentukan ukuran dan konfigurasi teras reaktor. penentuan ukuran teras reaktor kemudian mengubah-ubah konfigurasi bahan bakar tanpa mengubah ukuran dari teras reaktor (Okumura, 2007). Pada penelitian ini untuk menentukan ukuran dan konfigurasi teras reaktor digunakan model mesh triangular. **Gambar 1** dalah contoh model dari inti reaktor HTGR dan contoh model mesh triangular.

Kemudian dapat melakukan perhitungan burn-up bahan bakar. Perhitungan burn-up dilakukan untuk perhitungan penyusutan dan produksi isotop sebagai fungsi waktu (Walter dan Reynolds, 1981). Pada penelitian ini periode burn up yang digunakan sebesar 20 GWd/t untuk pengayaan bagian pertama dan 30 GWd/t untuk pengayaan bagian kedua.

Selanjutnya dapat dilakukan penghitungan dengan CITATION. Hasil dari penghitungan densitas atom akan menjadi input pada penghitungan menggunakan CITATION pada SRAC (Björk et al., 2011).



**Gambar 1.** Konfigurasi 1/6 teras reaktor dengan jumlah *mesh* 22 x 11

Utari M, Yulianti Y, dan Riyanto A, 2020, Desain High Temperature Gas-Cooled Reactor (Htgr) Model Geometri Heksagonal Dua Dimensi Dengan Bahan Bakar Thorium Hasil Daur Ulang, *Journal of Energy Material and Instrumentation Technology*, Vol 1. No. 1, 2020

### 3. Hasil Dan Pembahasan

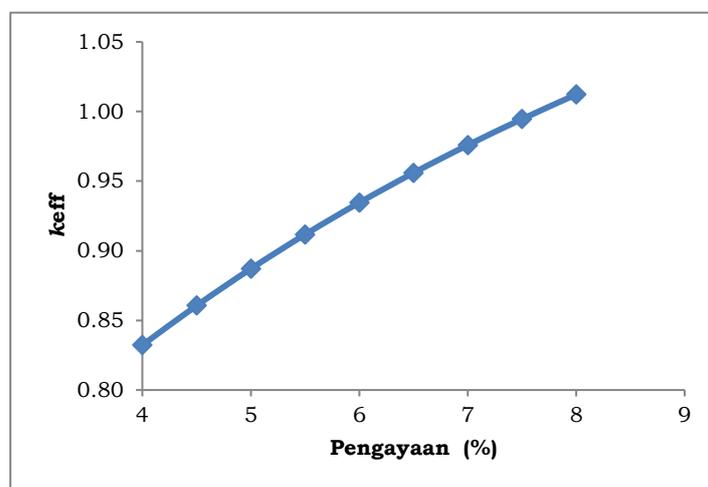
#### 3.1 Perubahan Pengayaan

Pada penelitian yang telah diperoleh pengaruh pada persentase pengayaan bagian pertama yaitu 4% - 8% dengan rentang 0,5%. Sedangkan pada persentase pengayaan bagian kedua yaitu tetap sebesar 8%. Hasil pengaruh pengayaan terhadap  $k_{eff}$  ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Pengaruh pengayaan terhadap  $k_{eff}$

Bagian 1 (%)	Bagian 2 (%)	Bagian (x) (cm)	Bagian (y) (cm)	$k_{eff}$
4,0	8,0	200	200	0,8322546
4,5	8,0	200	200	0,8605862
5,0	8,0	200	200	0,8870626
5,5	8,0	200	200	0,9116732
6,0	8,0	200	200	0,9345804
6,5	8,0	200	200	0,9559281
7,0	8,0	200	200	0,9758794
7,5	8,0	200	200	0,9945993
8,0	8,0	200	200	1,0122317

Berdasarkan **Tabel 1**, menunjukkan nilai  $k_{eff}$  yang sudah melewati satu dan paling mendekati satu terletak pada pengayaan sebesar 8% dengan nilai  $k_{eff}$  yang didapatkan sebesar 1,0122317. Pengayaan 8% menghasilkan reaksi fisi yang telah terjadi di dalam reaktor. Semakin tinggi pengayaan bahan bakar yang digunakan maka reaksi fisi semakin besar sehingga meningkatnya jumlah neutron yang dihasilkan yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



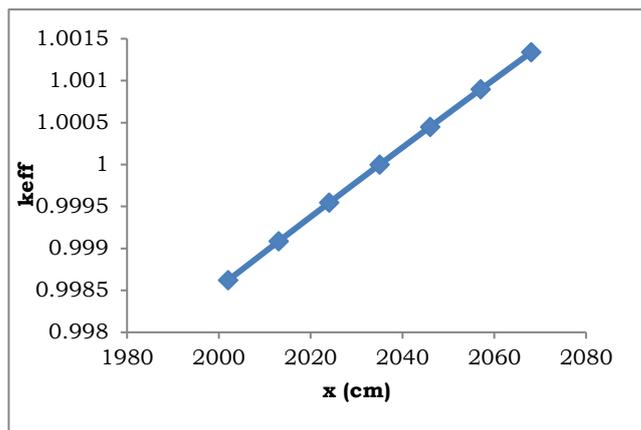
Gambar 2. Grafik pengaruh pengayaan terhadap  $k_{eff}$ .

#### 3.2 Ukuran Teras Reaktor

Nilai hasil pengaruh pengayaan bahan bakar dengan nilai  $k_{eff}$  yang paling mendekati satu akan digunakan untuk input pada CITATION, dengan mendapatkan ukuran teras reaktor yang diinginkan. Nilai  $k_{eff}$  yang sangat mendekati kekritisan dilakukan perubahan ukuran pada teras reaktor seperti yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya oleh Saputra (2019) dan Dilaga (2019). Pada penelitian ini (x) yang sebelumnya 2200 cm akan diubah ukurannya menjadi 2002,05 - 2068,05 cm dengan perbedaan 11 cm, sedangkan ukuran (y) yang sebelumnya 2200 cm diubah menjadi ukuran 2002,05 - 2068,05 cm dan nilainya tetap. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Tabel 2**, ditunjukkan bahwa nilai  $k_{eff}$  yang mendekati satu terdapat pada (x) = 2035,05 cm dengan nilai  $k_{eff}$  sebesar 1,0000002. Pengaruh (x) terhadap nilai  $k_{eff}$  juga dapat dilihat pada **Gambar 3** dan perubahan yang dilakukan pada (y) seperti perubahan yang dilakukan pada (x) dan dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Gambar 4**. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi fisi yang dihasilkan pada teras reaktor semakin meningkat.

**Tabel 2.** Pengaruh ukuran (x) terhadap  $k_{eff}$

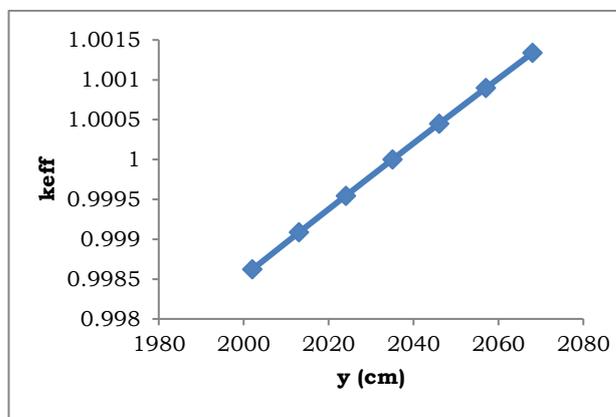
x (cm)	y (cm)	$k_{eff}$
182,0045	185,0045	0,9986216
183,0045	185,0045	0,9990858
184,0045	185,0045	0,9995453
185,0045	185,0045	1,0000002
186,0045	185,0045	1,0004507
187,0045	185,0045	1,0008968
188,0045	185,0045	1,0013385



**Gambar 3.** Grafik Pengaruh (x) terhadap  $k_{eff}$

**Tabel 3.** Pengaruh ukuran baris (y) terhadap  $k_{eff}$

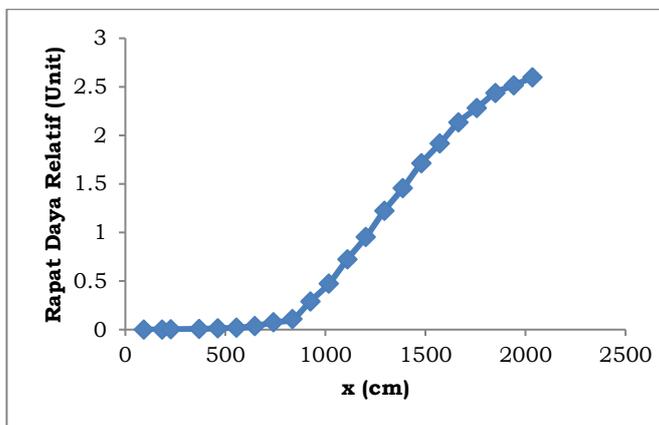
x (cm)	y (cm)	$k_{eff}$
185,0045	182,0045	0,9986216
185,0045	183,0045	0,9990858
185,0045	184,0045	0,9995453
185,0045	185,0045	1,0000002
185,0045	186,0045	1,0004507
185,0045	187,0045	1,0008968
185,0045	188,0045	1,0013385



**Gambar 4.** Grafik Pengaruh (y) terhadap  $k_{eff}$ .

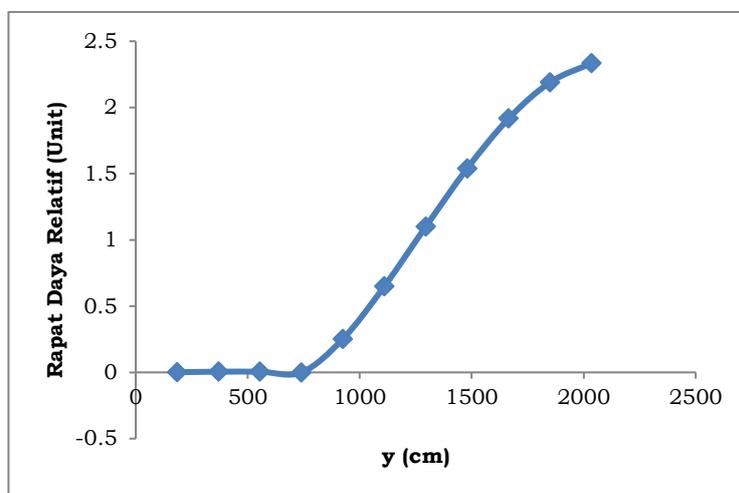
**3.3 Rapat Daya**

Berdasarkan hasil perhitungan pada CITATION didapatkan nilai dari rapat daya maksimum sebesar 550,3685 Watt/cm<sup>3</sup> yang terdapat pada titik (x) = 22 dan titik (y) = 11. Rapat daya relatif yang dihasilkan pada (x) dapat dilihat pada **Gambar 5** rapat daya maksimum yang didapatkan terletak pada titik (x) = 22 dengan nilai faktor puncaknya 2,598174 dan dengan nilai rapat daya rata-rata yang dihasilkan yaitu 211,8290 Watt/cm<sup>3</sup>. Kemudian pada (y) dapat dilihat pada **Gambar 6** rapat daya maksimum yang didapatkan terletak pada titik (y) = 11 dengan nilai faktor puncaknya 2,333925 dan dengan nilai rapat daya rata-rata yang dihasilkan yaitu 235,8124 Watt/cm<sup>3</sup>. Maka nilai rapat daya relatif semakin meningkat pada (x) dan (y) yang mengarah ke dalam bagian bahan bakar. Hal ini disebabkan karena pada bagian bahan bakar merupakan tempat terjadinya reaksi fisi.



Utari M, Yulianti Y, dan Riyanto A, 2020, Desain High Temperature Gas-Cooled Reactor (Htgr) Model Geometri Heksagonal Dua Dimensi Dengan Bahan Bakar Thorium Hasil Daur Ulang, *Journal of Energy Material and Instrumentation Technology*, Vol 1. No. 1, 2020

**Gambar 5.** Grafik rapat daya reaktif pada (x) dengan panjang titik (y) 2035,0495 cm



**Gambar 6.** Grafik rapat daya reaktif pada (y) dengan panjang titik (x) 2035,0495 cm

### 3.4 Desain Teras Reaktor

Data hasil yang diperoleh didapatkan desain teras reaktor HTGR yang memenuhi standar kekritisan sebuah reaktor dan memiliki distribusi rapat daya yang cukup baik dengan energi yang optimal ketika pengayaan bahan bakar sebesar 8%. Desain teras reaktor HTGR dapat dilihat pada Gambar 7 sehingga didapatkan model geometri teras reaktor yang ideal, dalam penentuan ukuran teras reaktor kemudian mengubah konfigurasi bahan bakar tetapi tidak mengubah ukuran teras reaktor (Okumura, 2007).

### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh bahwa semakin besar persentase pengayaan bahan bakar, maka nilai keff yang dihasilkan semakin besar karena reaksi fisi yang terjadi pada teras reaktor lebih banyak. Desain teras reaktor HTGR yang memenuhi standar kekritisan berada pada ukuran (x) 2035,05 cm dan (y) 2035,05 cm dengan menggunakan pengayaan sebesar 8% yang menghasilkan nilai keff sebesar 1,0000002. Nilai rapat daya relatif semakin meningkat pada (x) dan (y) yang mengarah ke dalam bagian bahan bakar. Hal ini disebabkan karena pada bagian bahan bakar merupakan tempat terjadinya reaksi fisi.

### 5. Daftar Pustaka

- Björk, K. I., Valentin, F., dan Christophe, D. 2011. Comparison of Thorium-Based Fuels with Different Fissile Components in Existing Boiling Water Reactors. *Progress in Nuclear Energy*. 53(6):618–625.
- Dewita, E. 2012. Analisis Potensi Thorium Sebagai Bahan Bakar. *Pengembangan Energi Nuklir*. 14(1):45–56.
- Dilaga, N. M., Yulianti, Y., dan Riyanto, A. (2019). Desain Teras Reaktor High Temperatur Gas-Cooled Reactor (HTGR) Model Mesh Triangular Dua Dimensi Berbahan Bakar Thorium Berpendingin Gas CO<sub>2</sub>. *Teori Dan Aplikasi Fisika*, 7(1):107–116.
- Duderstadt, J.J., dan Hamilton, J. H. 1976. *Nuclear Reactor Analysis*. John Wiley and Sons Inc. USA.
- Ngadenin., Syaeful, H., Widana, K. S., Sukadana, I. G., dan Indrastomo, F. D. 2014. Studi Potensi Thorium Pada Batuan Granit di Pulau Bangka. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*. 16(2):143–155.
- Okumura, K., Kugo, T., Kaneko, K., dan Thuchihashi, K. 2006. A Comprehensive Neutronics Calculation Code System. Japan. JAEA. 4-26.
- Okumura, K. 2007. Introduction of SRAC for Reactor Physics Analysis. Japan: JAEA. 10-15.
- Ortensi, J. 2012. Prismatic Modular High Temperature Gas Cooled Reactor. IAEA Course on High Temperature Gas Cooled Reactor Technology Tsinghua University. Beijing.
- Saputra, D. R., Yulianti, Y., dan Riyanto, A. 2019. Studi Desain High Temperature Gas-Cooled Reactor (HTGR) Berpendingin Gas Hidrogen Menggunakan Bahan Bakar Thorium. 7(1):99–106.
- Walter, A. E., dan Reynolds, A. B. 1981. *Fast Breeder Reactors*. Pergamon Press. U.S.A.



## Perhitungan Burn Up pada Reaktor HCLWR Model Geometri Heksagonal Dua Dimensi Bahan Bakar Uranium menggunakan SRAC COREBN

Wahyuning Ramadhanta Ardanti<sup>a</sup>, Yanti Yulianti<sup>b</sup>, Agus Riyanto<sup>c</sup>, dan Syafridi

Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

### Article Information

Article history:  
Received 06 Maret 2020  
Received in revised form 06  
Maret 2020  
Accepted 10 Maret 2020

**Keywords:** burn up,  
COREBN, conversion ratio,  
keff.

### Abstract

*This study about burn up calculations on the HCLWR reactor with two dimensional hexagonal geometric models of uranium using SRAC COREBN has been carried. This study used uranium-235 and uranium-238 as the fuels, light water as coolant and moderator. The calculation was done with computational simulation of COREBN. The calculation aims to produce a conversion ratio more than 1 and a critical multiplication factor (keff). The research used fuels enrichment, burn up period, burn up step, linier power and volume fraction parameters. The percentage of enrichment from U1 and U3 were 3% and U2 was 2,5%. The volume fraction of each material was 52% fuels, 12% cladding, and 36% coolant, the reactor operating period for 548 days with 6 step of burn up then the reactor power is 2400 MW and the linear power is 1,792722 MW/cm. The calculation of conversion ratio was 1,01233 and keff was 0,901.*

### Informasi Artikel

Proses artikel:  
Diterima 06 Maret 2020  
Diterima dan direvisi dari  
06 Maret 2020  
Accepted 10 Maret 2020

**Kata kunci:** burn up,  
COREBN, rasio konversi,  
keff

### Abstrak

*Telah dilakukan penelitian tentang perhitungan burn up pada reaktor HCLWR model geometri heksagonal dua dimensi bahan bakar uranium menggunakan SRAC COREBN. Penelitian ini menggunakan bahan bakar adalah uranium-235 dan uranium-238, sedangkan air ringan digunakan sebagai pendingin dan moderator. Perhitungan dilakukan dengan simulasi komputasi menggunakan kode COREBN yang terdapat pada program SRAC. Tujuan dari perhitungan burn up dilakukan untuk menghasilkan nilai rasio konversi lebih dari 1 dan nilai keff yang optimal. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah pengayaan bahan bakar, periode burn up, step burn up, daya linier serta fraksi volume. Pengayaan yang didapat pada U1 dan U3 sebesar 3% serta U2 sebesar 2,5% dengan fraksi volume dari masing-masing material yaitu 52% bahan bakar, 12% selongsong dan 36% moderator. Sehingga reaktor dapat menyala hingga akhir periode selama 548 hari dengan 6 step burn up dan menghasilkan daya sebesar 2.400 MW, daya linier sebesar 1,792722 MW/cm, nilai rasio konversi 1,01233 dan keff sebesar 0,901.*

### 1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) adalah salah satu pembangkit energi alternatif yang sekarang sudah banyak digunakan di berbagai negara maju, seperti Amerika Serikat, Prancis, Jerman Jepang dan negara maju lainnya. PLTN digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik yang relatif murah, aman dan tidak mencemari lingkungan. PLTN memanfaatkan energi reaktor nuklir sebagai sumber energi listrik. PLTN menggunakan satu atau beberapa reaktor nuklir sebagai sumber panasnya yang dimanfaatkan untuk pembangkit daya termal (BATAN, 2019).

Reaktor nuklir adalah tempat berlangsungnya reaksi nuklir (Adiwardojo, dkk., 2010). Uranium merupakan salah satu bahan bakar yang sering digunakan. Di Indonesia memiliki cadangan uranium sebanyak 70.000 ton (Bastori dan Moch, 2017). Perkembangan reaktor nuklir dari generasi ke generasi terus mengalami perubahan dari segi efektifitas biaya, keselamatan, siklus bahan bakar dan komersialisasi. HCLWR merupakan salah satu jenis

\* Corresponding author.

E-mail address: (a)wahyuningramadhanta@gmail.com, (b) yanti.yulianti@fmipa.unila.ac.id, (c) agus.riyanto@unila.ac

reaktor hasil pengembangan dari reaktor generasi I yaitu LWR. HCLWR mulai dikembangkan oleh JAERI (*Japan Atomic Energy Research Institute*) pada tahun 1985 dengan desain konseptual. HCLWR didesain dengan tujuan untuk mencapai rasio konversi tinggi, jaminan keselamatan (setara atau lebih tinggi dari tingkat keselamatan LWR), dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi (Sugimoto., dkk, 1989). HCLWR dengan kisi *pitch* yang lebih padat memiliki kelebihan dua fitur desain dibandingkan dengan LWR konvensional yaitu mengurangi rasio volume air terhadap bahan bakar dan pengayaan fisis plutonium yang lebih tinggi (Ishiguro, 1989). HCLWR menggunakan pendingin berupa air ringan ( $H_2O$ ). HCLWR memiliki beberapa komponen penting, salah satunya yaitu teras (inti) reaktor.

Teras (inti) reaktor merupakan salah satu bagian yang penting dari reaktor nuklir (Dudeerstadt dan Louis, 1976). Desain inti reaktor menjadi tahap awal dan salah satu bagian penting dalam reaktor nuklir agar menghasilkan sistem PLTN yang aman, efektif dan ekonomis pada waktu operasi. Parameter yang menentukan aman tidaknya reaktor tersebut beroperasi selama periode tertentu disebut reaktivitas reaktor. Selain itu, proses perancangan desain inti reaktor memerlukan analisis detail, lengkap dan berkelanjutan (Nurul, dkk., 2015). Analisis yang dapat dilakukan pada inti reaktor yaitu menganalisis *burn up* inti reaktor. Kedua parameter ini memiliki hubungan dengan periode operasi reaktor. Reaktivitas reaktor akan menghasilkan daya yang konstan dan nilainya optimal ketika bernilai mendekati satu selama periode operasi.

Analisis perhitungan *burn up* inti teras reaktor perlu dilakukan untuk mengetahui pembakaran yang ada di inti reaktor melalui nilai rasio konversi seketika (*instantaneous conversion ratio*). Rasio konversi didefinisikan sebagai rasio antara laju pembentukan isotop fisis baru dengan laju destruksi isotop fisis. Jika laju ini bernilai lebih dari satu, maka nilai rasionya disebut dengan rasio pembiakan (*breeding ratio*) (Agung, 2017). Nilai rasio konversi yang besar dibutuhkan agar akses reaktivitas yang dicapai cukup rendah selama waktu *burn up* yang panjang (Subekhi, dkk., 2015) dan panjang rasio konversi lebih dari 1 menunjukkan bahwa bahan bakar yang dikonsumsi lebih sedikit daripada bahan bakar yang diproduksi.

## 2. Metode Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat komputer dengan *Operating System Linux Mint 18.1* dan SRAC-COREBN. Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut.

### 2.1 Menentukan Pengayaan

Perangkat bahan bakar terdiri dari tiga komposisi yaitu daerah bahan bakar pertama, daerah bahan bakar kedua, dan daerah bahan bakar ketiga. Masing-masing daerah akan dilakukan pengayaan sebesar 2%- 4% dengan jarak 0,5%.

### 2.2 Menghitung Densitas Atom

Setiap komponen pada reaktor seperti bahan bakar (*fuel*), kelongsong (*cladding*), dan pendingin (*moderator*) dihitung densitas atomnya untuk digunakan sebagai *input* pada PIJ. PIJ adalah salah satu kode pada SRAC yang digunakan untuk melakukan perhitungan neutronik tingkat sel. Perhitungan pada PIJ digunakan untuk menghomogenisasi energi neutron. Rumus untuk menghitung densitas atom ditunjukkan pada persamaan 1.

$$N = \frac{\rho N_A}{M} \quad (1)$$

dengan,

$N$  = densitas atom (atom/cm<sup>3</sup>)

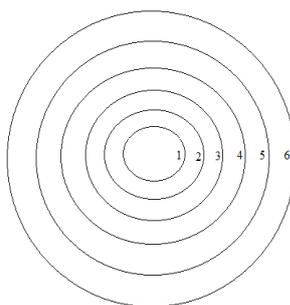
$\rho$  = massa jenis (g/cm<sup>3</sup>)

$N_A$  = bilangan Avogadro (0,6022 x 10<sup>24</sup> atom/mol)

$M$  = massa molekul (g/mol)

### 2.3 Melakukan Perhitungan pada PIJ

Perhitungan pada PIJ dilakukan untuk menentukan geometri tingkat sel. Geometri sel yang akan digunakan berbentuk silinder satu dimensi melingkar. 1, 2, 3 merupakan bahan bakar 4 merupakan kelongsong, dan 5, 6 merupakan pendingin. Hasil dari perhitungan tingkat sel akan disimpan dalam *file* MACRO, *file* ini akan digunakan sebagai *input* pada HIST untuk registrasi material yang digunakan pada COREBN. Bentuk geometri selnya ditunjukkan seperti pada **Gambar 1**.



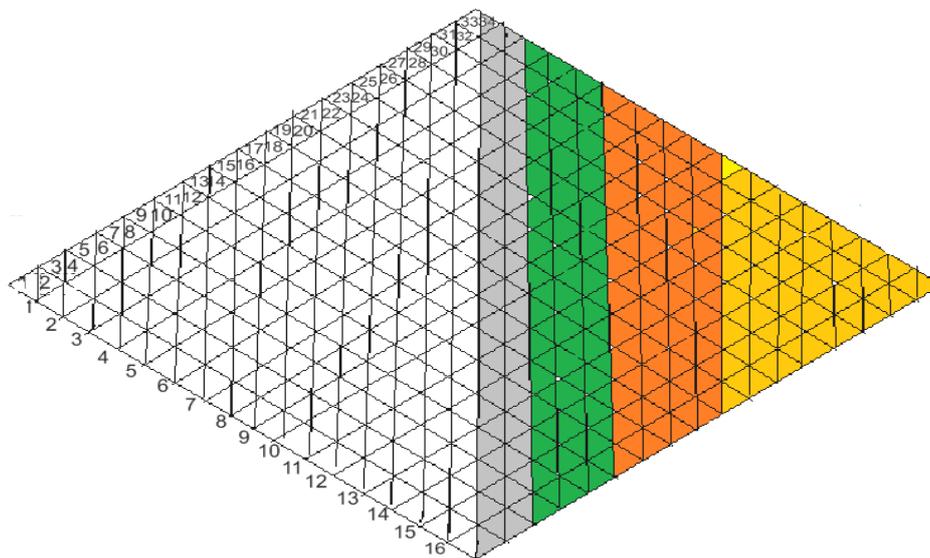
**Gambar 1.** Model Geometri Silinder 1D Melingkar

## 2.4 Menginput Data pada HIST

HIST adalah *history file*. Pekerjaan yang dilakukan oleh HIST seperti menentukan geometri teras dan registrasi material, menentukan jenis elemen bahan bakar, menentukan jenis elemen non bahan bakar, dan melakukan pemuatan elemen bahan bakar.

## 2.5 Melakukan Perhitungan pada COREBN

COREBN adalah kode tambahan pada SRAC yang digunakan untuk menghitung burn up pada tingkat teras (inti). Input pada COREBN berhubungan dengan kondisi operasi seperti daya termal, periode operasi, pola pemuatan elemen bahan bakar, dan pola pemuatan elemen kendali (Okimura, 2007). Geometri teras reaktor yang akan digunakan berbentuk silinder 2 dimensi dengan perhitungan 1/6 bagian teras reaktor seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Desain konfigurasi 1/6 bagian permukaan teras reaktor

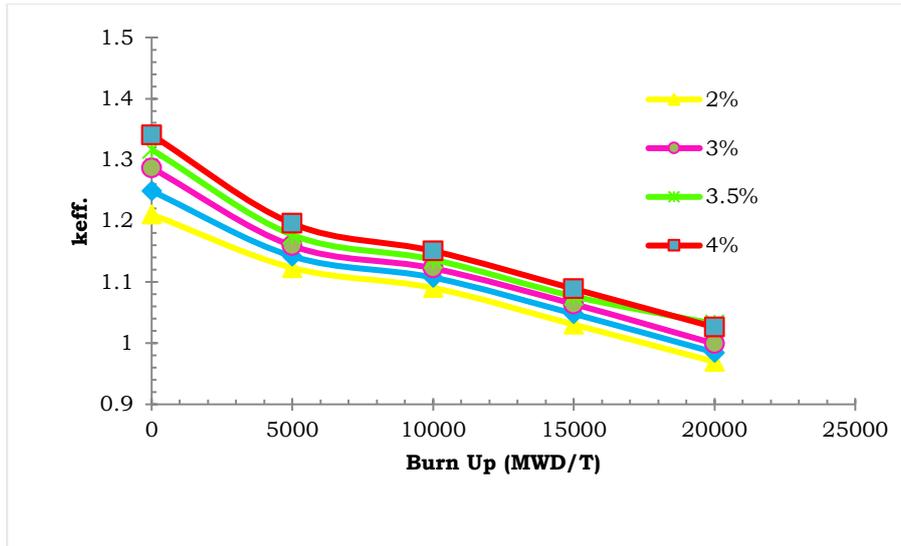
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Variasi Pengayaan Bahan Bakar

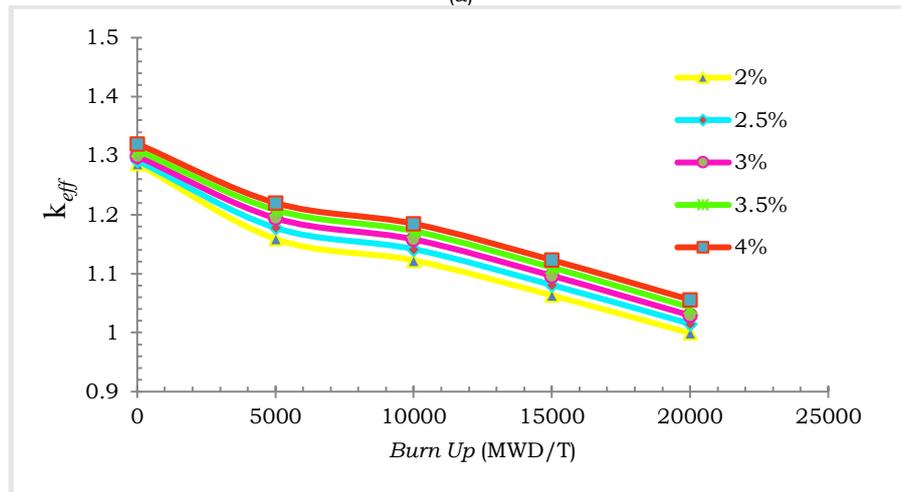
Pengayaan dilakukan untuk memperkaya jumlah persentase isotop  $U^{235}$  dalam bahan bakar. Hasil dari variasi pengayaan di ketiga daerah bahan bakar ditunjukkan pada **Gambar 3**. **Gambar 3** menunjukkan semakin besar pengayaan yang diberikan kepada bahan bakar  $U^{235}$ , maka nilai  $k_{eff}$  akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan telah terjadi reaksi fisi. Semakin besar pengayaan bahan bakar, maka reaksi fisi juga semakin besar karena jumlah neutron yang dihasilkan semakin meningkat.

### 3.2 Penambahan Periode *Burn Up*

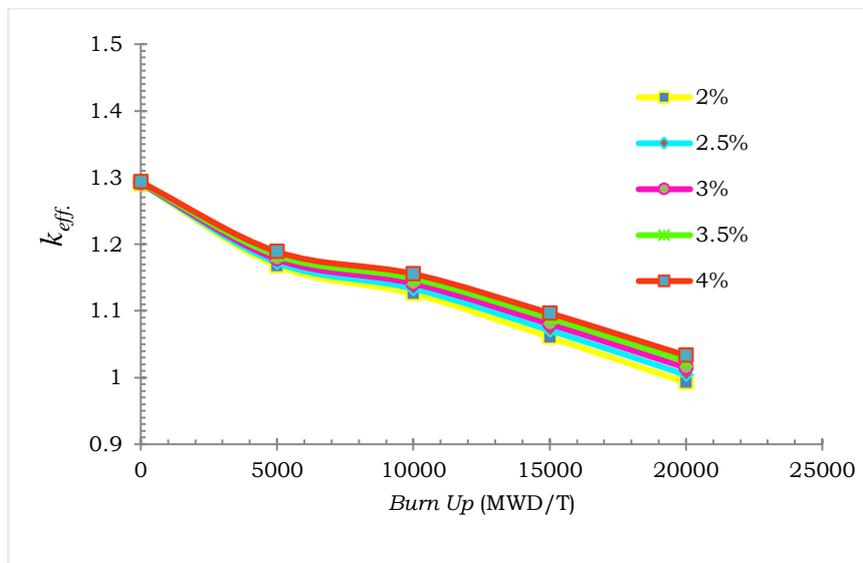
*Burn up* (derajat bakar) digunakan untuk menyatakan jumlah bahan bakar yang terbakar atau melakukan reaksi fisi. Hasil dari penambahan periode *burn up* ditunjukkan pada **Tabel 1** yang menunjukkan nilai  $k_{eff}$  dan rasio konversi setelah penambahan periode *burn up*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin lama proses pembakaran, maka nilai  $k_{eff}$  akan semakin kecil seiring dengan peningkatan nilai rasio konversi. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar fisil memiliki rasio yang lebih rendah dibandingkan periode awal teras reaktor, sehingga bahan bakar fisil tersebut tidak mampu untuk menyediakan neutron yang cukup dan mengakibatkan teras menjadi kritis ataupun superkritis. Ketika nilai rasio konversi yang dihasilkan cukup baik, teras reaktor akan berada dalam keadaan subkritis (Ardiansyah, 2018). Faktor lain yang mengakibatkan nilai  $k_{eff}$  semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu operasi yaitu berkurangnya densitas nuklida fisil dan fertil yang ada di dalam teras reaktor (Permata dan Handayani, 2016).



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.** Pengaruh pengayaan bahan bakar terhadap nilai  $k_{eff}$  (a) Daerah pertama; (b) Daerah kedua; (c) Daerah ketiga

**Tabel 1.** Pengaruh penambahan periode burn up terhadap nilai  $k_{eff}$  dan nilai rasio konversi

Step burn up	Periode <i>Burn Up</i> (Hari)					
	182		548		912	
	$k_{eff}$	Rasio konversi	$k_{eff}$	Rasio konversi	$k_{eff}$	Rasio konversi
1	1,291	0,489	1,291	0,489	1,291	0,489
2	1,177	0,524	1,177	0,524	1,177	0,524
3	1,134	0,551	1,094	0,583	1,030	0,641
4	1,103	0,576	1,008	0,668	0,921	0,771
5	1,091	0,588	0,933	0,755	0,838	0,864

### 3.3 Variasi Daya Linear

Perubahan daya linear dapat ditentukan dengan mengubah daya yang ada pada reaktor. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, semakin besar nilai daya linear maka nilai  $k_{eff}$  akan semakin kecil (Antartika, 2017). Hasil dari variasi daya linear terhadap nilai  $k_{eff}$  dan rasio konversi berturut-turut ditunjukkan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**. Berdasarkan **Tabel 2** dan **Tabel 3** diperoleh bahwa semakin bertambah nilai daya linear, maka nilai  $k_{eff}$  akan berkurang. Penurunan nilai  $k_{eff}$  akan menyebabkan nilai rasio konversi meningkat. Perubahan daya linear belum memberikan perubahan yang signifikan terhadap nilai rasio konversi. Rasio konversi paling tinggi yang dapat dicapai yaitu 0,692345 dengan  $k_{eff}$  0,987 pada daya linear sebesar 1,868 MW/cm.

**Tabel 2.** Hasil Nilai  $k_{eff}$  Setelah Perubahan Daya Linear

Daya linear (MW/cm)	Daya (MW)	Faktor Multiplikasi ( $k_{eff}$ )					
		1	2	3	4	5	6
1,494	2000	1,291	1,974	1,112	1,112	1,079	1,022
1,569	2100	1,291	1,195	1,107	1,107	1,073	1,014
1,644	2200	1,291	1,194	1,103	1,103	1,061	1,010
1,718	2300	1,291	1,192	1,009	1,009	1,062	1,010
1,793	2400	1,291	1,192	1,094	1,094	1,057	0,994
1,868	2500	1,291	1,189	1,091	1,091	1,052	0,987

**Tabel 3.** Hasil Nilai Rasio Konversi Setelah Perubahan Daya Linear

Daya linear (MW/cm)	Daya (MW)	Rasio konversi					
		1	2	3	4	5	6
1,494	2000	0,489	0,516	0,534	0,568	0,599	0,653
1,569	2100	0,489	0,516	0,536	0,572	0,604	0,660
1,644	2200	0,489	0,517	0,537	0,576	0,608	0,671
1,718	2300	0,489	0,517	0,539	0,579	0,614	0,679
1,793	2400	0,489	0,518	0,541	0,583	0,619	0,684
1,868	2500	0,489	0,519	0,542	0,587	0,624	0,692

### 3.4 Perubahan Fraksi Volume

Perhitungan fraksi volume digunakan untuk menentukan persentase jumlah material seperti bahan bakar, kelongsong, dan moderator pada teras reaktor. Hasil dari perubahan fraksi volume tiap material ditunjukkan pada **Tabel 4**. Hasil nilai  $k_{eff}$  dan rasio konversi dari perubahan fraksi volume berturut-turut ditunjukkan pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

**Tabel 4.** Fraksi Volume Tiap-Tiap Material Pada Teras Reaktor

Komponen	Radius (cm)	Fraksi Volume (%)
Bahan Bakar	0,538300	52
Selongsong	0,595300	12
Moderator	0,746336	36

Berdasarkan hasil pada Tabel 5 yang menghasilkan nilai  $k_{eff}$  agar reaktor dapat menyala hingga akhir waktu operasi terjadi pada semua daya linear kecuali daya linear 1,868460 (daya reaktor sebesar 2500 MW) dengan nilai  $k_{eff}$  sebesar 0,897209.

Berdasarkan hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai rasio konversi yang diperoleh hampir semua 1, hanya pada daya linear 1,494 MW/cm dan 1,569 MW/cm yang tidak menghasilkan 1 tetapi, jika dilihat dari nilai  $k_{eff}$  yang diperoleh tidak semuanya akan menghasilkan reaktor yang dapat menyala hingga akhir waktu operasi.

**Tabel 5.** Nilai  $k_{eff}$  Hasil Dari Perubahan Fraksi Volume

Daya linear (MW/cm)	Daya (Mw)	Faktor multiplikasi efektif ( $k_{eff}$ )					
		1	2	3	4	5	6
1,494	2000	1,090	1,021	0,996	0,964	0,944	0,914
1,569	2100	1,090	1,020	0,994	0,961	0,940	0,910
1,644	2200	1,090	1,019	0,992	0,958	0,937	0,907
1,718	2300	1,090	1,018	0,990	0,956	0,934	0,903
1,793	2400	1,090	1,016	0,988	0,953	0,931	0,901
1,868	2500	1,090	1,015	0,986	0,950	0,928	0,897

**Tabel 6.** Nilai Rasio Konversi Hasil Dari Perubahan Fraksi Volume

Daya linear (MW/cm)	Daya (Mw)	Rasio konversi					
		1	2	3	4	5	6
1,494	2000	0,839	0,876	0,895	0,926	0,950	0,992
1,569	2100	0,839	0,877	0,897	0,929	0,954	0,997
1,644	2200	0,839	0,878	0,898	0,932	0,959	1,002
1,718	2300	0,839	0,878	0,900	0,936	0,963	1,101
1,793	2400	0,839	0,879	0,902	0,939	0,967	1,012
1,868	2500	0,839	0,880	0,903	0,942	0,970	1.016

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, perubahan yang signifikan untuk menghasilkan rasio konversi 1 yaitu ketika melakukan perubahan pada persentase bahan bakar (perubahan fraksi volume). Hal ini dikarenakan semakin kecil persentase bahan bakar yang digunakan akan mengakibatkan jumlah bahan bakar yang digunakan semakin banyak untuk proses pembakaran atau reaksi fisi (Nurkholiah dan Fitriyani, 2019). Persentase bahan bakar yang kecil akan membuat komposisi bahan fertile yang terdapat dalam reaktor juga sedikit, sehingga untuk menjaga kekritisan reaktor bahan bakar yang digunakan menjadi lebih banyak (Permata dan Handayani, 2016).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan diperoleh bahwa Semakin besar persentase pengayaan pada  $U^{235}$ , maka nilai  $k_{eff}$  akan semakin besar. Persentase yang optimal pada daerah satu dan tiga sebesar 3% sedang kan pada daerah dua 2,5%. Periode *burn up* semakin lama, maka nilai  $k_{eff}$  akan berkurang dan nilai rasio konversi akan bertambah. Pada periode *burn up* 548 hari reaktor tetap menyala hingga akhir periode. Semakin besar nilai daya linear, maka nilai  $k_{eff}$  akan berkurang dan nilai rasio konversi bertambah. Hal ini dikarenakan berkurangnya nuklida fisil seiring bertambahnya *burn up*. Daya linear yang menghasilkan  $k_{eff}$  dan rasiokonversi optimal yaitu 1,792722 MW/cm. Fraksi volume yang dapat menghasilkan nilai rasio konversi 1 dengan  $k_{eff}$  dapat membuat reaktor menyala hingga akhir yaitu ketika persentase bahan bakar 52%, kelongsong 12%, dan moderator 36%. Daya reaktor 2400 MW, dan daya linear 1,792722 MW/cm.

#### 5. Daftar Pustaka

- Adiwardojo., Natio, L.A., Ruslan., Madi, P.E., dan Effendi, E. 2010. *Mengenal Reaktor Nuklir dan Manfaatnya*. Pusat Diseminasi Iptek Nuklir. Jakarta.
- Agung, A. 2017. *Diktat Kuliah: Analisis Reaktor Nuklir*. UGM. Yogyakarta.
- Antartika, A.P. 2017. Perhitungan *Burn Up* Model *Assembly X-Y 2* Dimensi Pada SCWR Menggunakan Bahan Bakar Thorium. (*Skrripsi*). Universitas Lampung. Lampung.
- Ardiansyah, H., Agung, A., dan Widi, A.H. 2018. Studi Parameter Desain Teras *Integral Pressurized Water Reactor* dengan Bahan Bakar *Mixed Oxide Fuel* Menggunakan Program SRAC. *Jurnal Forum Nuklir*. Vol. 12. No. 2. Hal. 61-72.
- Badan Tenaga Nuklir Indonesia (BATAN). Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir. <http://www.batan.go.id/index.php/id/infonuklir/pltn-infonuklir/generasi-pltn/924-pengenalan-pembangkit-listrik-tenaga-nuklir>. Di akses pada tanggal 19 Juni 2019.

- Bastori, Imam dan Moch Djoko Birmano. 2017. Analisis Ketersediaan Uranium di Indonesia untuk Kebutuhan PLTN Tipe PWR 1000 MWe. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*. Vol. 19. No.2. Hal. 95-102.
- Duderstadt, J.J dan Louis J.H. 1976. *Nuclear Reactor Analysis*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Ishiguro, Y. 1989. Development of High Conversion Light Water Reactor. *Journal of Nuclear Science and Technology*. Vol. 26. No. 1. Hal. 33-36.
- Nurkholilah dan Fitriyani, D. 2019. Analisis *Burn Up* pada Reaktor Pembiak Cepat Berpendingin Pb-Bi dengan Variasi Fraksi Bahan Bakar dan Bahan Pendingin. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 8. No. 2. Hal. 184-190.
- Nurul, M.S., Su'ud, Z., Waris, A., dan Permana, S. 2015. *Studi Desain Reaktor Air Bertekanan (PWR) Berukuran Kecil Berumur Panjang Berbahan Bakar Thorium*. Vol. 9. No. 1. Hal. 32-49.
- Okumura, K. 2007. *COREBN: A Core Burn-Up Calculation Module for SRAC2006*. Reactor Physics Group, Nuclear Science and Engineering Directorate, Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI). Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken. Japan.
- Permata, N.S., Fitriyani, D., dan Handayani, F.I. 2016. Analisis Neutronik *Super Critical Water Reactor* (SCWR) dengan Variasi Bahan Bakar (UN-PuN, UC-PuC, dan MOX). *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 5. No. 1. Hal. 47-52
- Subekhi, M. N., Suud, Z., Waris, Abdul., dan Permana, S. 2015. *Studi Desain Air Bertekanan (PWR) Berukuran Kecil Berumur Panjang Berbahan Bakar Thorium*. Vol. 9. No. 1. Hlm. 32 - 49..
- Sugimoto, J., Takamichi, I., Tsutomu, O., dan Yoshio, M. 1989. *Thermal-Hydraulic Characteristic of Double Flat Core HCLWR*. Tokai Research Establishment. Japan Atomic Energy Research Institute.



## **Analisis Batubara Jenis Antrasit di PTBA Berdasarkan Kandungan Volatile Matter dan Kalori**

Yohanes W.M Purba<sup>a</sup>, Pulung Karo-Karo<sup>b</sup>, dan Ediman Ginting

Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

### **Article Information**

*Article history:*  
Received 10 Maret 2020  
Received in revised form  
10Maret 2020  
Accepted 30 Maret 2020

**Keywords:** Coal Anthracite types. Volatile Matter And Calorie

### **Abstract**

*This research Coal is one of the sedimentary fossil fuels that can ignite, is formed from organic sediment, and the remains of plants are then formed through the process of coalification. The main element consists of carbon, hydrogen, and oxygen. The formation of coal has certain conditions and only occurs in certain eras throughout geological history. The carbon age was approximately 340 million years ago. In the Permian Age or the Paleozoic era, 270 million also formed the most productive coal which is almost the entire coal deposit (black coal) in other parts of the earth. In this study we conducted at the Laboratory of PT. Bukit Asam Tbk. Observation Results in the Study of Average Volatile Matter 19.11, Max Volatile Matter value 38.34, Min Volatile Matter value 11.34. And the Average Calorie Result of 7578.5 Kcal / Kg, Max Calorie Value of 8046 Kcal / Kg. In this study, it was proved that coal samples were Anthracite types.*

### **Informasi Artikel**

*Proses artikel:*  
Diterima 10 Maret 2020  
Diterima dan direvisi dari  
10 Maret 2020  
Accepted 30 Maret 2020

**Kata kunci:**  
Batubara Jenis Antrasit ,  
Volatile Matter dan Kalori

### **Abstrak**

*Batubara merupakan salah satu bahan bakar fosil sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, dan sisa-sisa tumbuhan kemudian terbentuk melalui proses pematubaraan. Unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen. Pembentukan batubara memiliki kondisi tertentu dan hanya terjadi pada era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman karbon kira-kira 340 juta tahun yang lalu. Pada Zaman Permian atau era Paleozoikum, 270 juta juga terbentuk batubara yang Paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (black coal) dibelahan bumi lain. Pada penelitian ini kita lakukan di Laboratorium PT. Bukit Asam Tbk. Hasil Pengamatan pada Penelitian Rerata Volatile Matter 19.11, nilai Max Volatile Matter 38.34, nilai Min Volatile Matter 11.34. Dan Hasil Kalori Rerata 7578.5 Kcal/Kg, Nilai Max Kalori 8046 Kcal/Kg. Pada penelitian ini membuktikan bahwa sampel batubara adalah jenis Antrasit.*

### **1. Pendahuluan**

Batubara merupakan salah satu bahan bakar fosil sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, dan sisa-sisa tumbuhan kemudian terbentuk melalui proses pematubaraan. Unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pembentukan batubara memiliki kondisi tertentu dan hanya terjadi pada era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman karbon kira-kira 340 juta tahun yang lalu. Pada Zaman Permian atau era Paleozoikum, 270 juta juga terbentuk batubara yang Paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (black coal) (Baacy and Arias, 2013).

Secara ringkas ada 2 tahapan proses terjadi, yakni: Tahap Diagenetik atau Biokimia dimulai pada saat material tanaman terdeposisi hingga lignit terbentuk, proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat oksidasi dan gangguan biologis yang dapat menyebabkan proses pembusukan dan kompaksi material organik serta membentuk gambut. Tahapan Malihan atau Geokimia : meliputi proses perubahan dari lignit menjadi bituminous dan akhirnya antrasit (Prasetyo, 2016).

Volatle Matter adalah kandungan zat terbang yang terkandung dalam batubara. Zat yang terkandung dalam volatitel matter ini biasanya adalah gas hidrokarbon dan gas metana .Volatile matter atau kandungan zat terbang

\* Corresponding author.

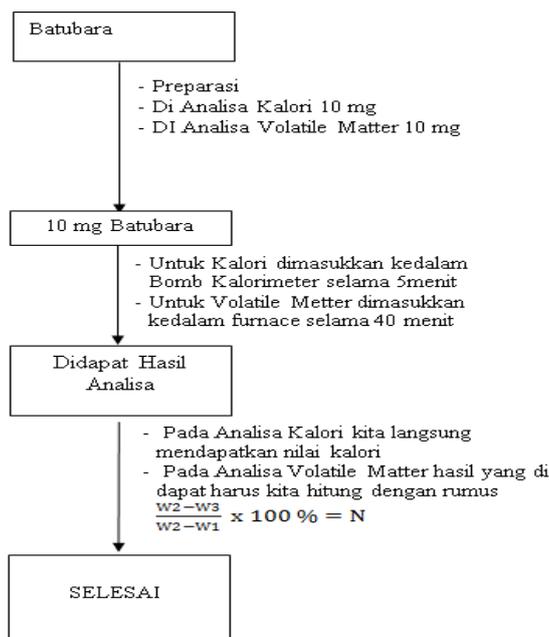
E-mail address: (a)wendipurba17@gmail.com, (b) pulungkarokaro@gmail.com

yang tinggi menyebabkan juga batubara mudah terbakar. Nilai volatile matter yang tinggi menyebabkan resiko dan menimbulkan adanya bahaya ledakan. Volatile matter terdiri dari bahan-bahan yang mudah terbakar seperti hydrogen, karbon monoksida, dan metana. Moisture atau air yang terkandung pada batubara juga berpengaruh terhadap volatile matter (Tupamahu, 2011).

Kalori adalah satu parameter penentu kualitas batubara ialah nilai kalornya, yaitu seberapa banyak energi yang dihasilkan per satuan massanya. Nilai kalor batubara diukur menggunakan alat yang disebut bom kalorimeter. Bom kalorimeter terdiri dari 2 unit yang digabungkan menjadi satu alat. Unit pertama ialah unit pembakaran di mana batubara dimasukkan ke dalam bom lalu diinjeksikan oksigen kemudian tersebut dimasukkan kedalam bejana. Batubara dibakar dengan adanya suplai udara/oksigen sebagai pembakar water handling. Unsur utamanya terdiri dari, karbon, hydrogen, dan oksigen. dapat menganalisa volatile metternya (Richard, 2000).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Bukit Asam Tbk. Bahan yang digunakan yaitu: Batubara Antrasit dan menganalisa Batubara dengan menggunakan parameter Volatile Matter dan Kalori.



Gambar 1. Metode penelitian

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Analisa Batubara Jenis Antrasit

Pada penelitian di PT. Bukit Asam Berdasarkan referensi penulis diperoleh bahwa batubara jenis antrasit memiliki total sampel pada bulan Desember 2019-Februari 2020 mengelompokan 60 sampel yang dianalisa tersebut. Pada bulan Desember 2020 ada 20 sampel batubara antrasit, pada bulan Januari sampel batubara antrasit paling banyak sampelnya 32 sampel batubara antrasit, di bulan Februari paing sedikit sampel antrasit ada 8 sampel batubara antrasit dapat dilihat pada **Tabel 1**.

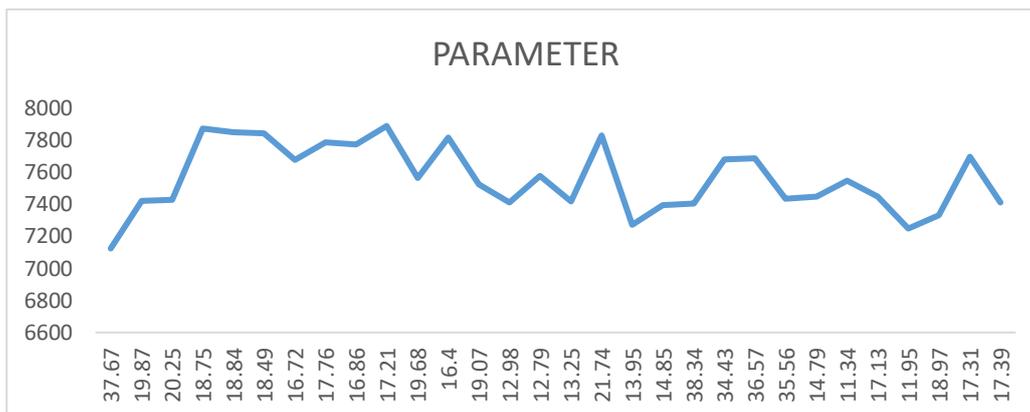
Pada Analisa Sampel Batubara Jenis Antrasit dihasilkan Rerata Volatile Matter 19.11, nilai Max Volatile Matter 38.34, nilai Min Volatile Matter 11.34. Dan Hasil Kalori Rerata 7578.5 Kcal/Kg, Nilai Max Kalori 8046 Kcal/Kg. Pada penelitian ini membuktikan bahwa sampel batubara adalah jenis Antrasit penelitian ini sesuai dengan yang dilakukan oleh (Anisa, 2017) dan (Novrizqa, 2013) dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 1.** Hasil Analisa Batubara Jenis Antrasit Periode 20 Desember 2019 – 25 Januari 2020 (PT. Bukit Asam, 2020)

NO	NOMOR SAMPEL	PARAMETER	
		VM (*) % (adb)	GCV (*) Kcal/kg (adb)
1	3420-12-2019	37.67	7124
2	3473-12-2019	19.87	7420
3	3477-12-2019	20.25	7427
4	3479-12-2019	18.75	7873
5	3483-12-2019	18.84	7850
6	3485-12-2019	18.49	7843
7	3486-12-2019	16.72	7676
8	3489-12-2019	17.76	7786
9	3491-12-2019	16.86	7773
10	3494-12-2019	17.21	7888
11	3497-01-2020	19.68	7564
12	3498-01-2020	16.4	7816
13	3499-01-2020	19.07	7523
14	3502-01-2020	12.98	7411
15	3537-01-2020	12.79	7576
16	3550-01-2020	13.25	7418
17	3569-01-2020	21.74	7828
18	3581-01-2020	13.95	7273
19	3604-01-2020	14.85	7393
20	3626-01-2020	38.34	7405
21	3637-01-2020	34.43	7679
22	3652-01-2020	36.57	7686
23	3669-01-2020	35.56	7433
24	3702-01-2020	14.79	7448
25	3712-01-2020	11.34	7548
26	3717-01-2020	17.13	7447
27	3842-01-2020	11.95	7248
28	3845-01-2020	18.97	7331
29	3845-01-2020	17.31	7697
30	3858-01-2020	17.39	7410

**Tabel 2.** Rerata Nilai *Volatile Matter*

RERATA	19.11	7578.5
MAX	38.34	8946
MIN	11.34	7124



**Gambar 2.** Grafik Kandungan Volatile Matter terhadap Nilai Kalori.

Dari grafik pada **Gambar 2** memiliki kalori 7548 Kcal/Kg dengan kadar volatile Matter 1.34%, ini membuktikan bahwa semakin rendah kadar volatile matter maka nilai kalornya semakin tinggi, sedangkan nomor 23, memiliki kalor 7433 Kcal/Kg dengan kadar volatile matternya 35.56%, kondisi ini juga membenarkan teori semakin besar kadar volatile matternya maka akan semakin kecil nilai kalor pada batubara (Astuti *et al*, 2007). Namun terdapat juga data yang tidak sesuai dengan teori yang ada, ditunjukkan pada nomor 1, yang memiliki nilai volatile matter 37.67% dengan kalor 7124 Kcal/Kg, sedangkan pada sample no. 20, memiliki volatile matter 38.34% dengan nilai kalor 7045 Kcal/Kg sesuai dengan penelitian (Jati, 2009).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa nilai maksimum yang dihasilkan *Volatile Matter* sebesar 38.34 dan nilai Minimum 11.34. Nilai kalori yang dianalisa Maksimum 7578.5 Kcal/Kg dan Minimum 7124 Kca/Kg, nilai *Volatile Matter* pada batubara ternilai tinggi mempengaruhi nilai kalori yang akan menjadi semakin rendah, sebaliknya jika nilai kandungan *Volatile Matter* rendah maka akan membuat nilai kalori menjadi lebih tinggi.

#### 5. Daftar Pustaka

- Anisa, 2017, 'Determinasi Seberapa Kuat Pengaruh Nilai Kandungan Abu Terhadap Nilai Zat Terbang dan Nilai Kalori Dalam Persentasi', Jurnal GEOSAPTA, Vol. 3, No. 2, pp. 127-131.
- Astuti, Jumaeri, W, Westari, W. T. P, 2007. 'Preparasi dan Karakterisasi Zeolit Dari Abu Layang Batubara Secara Alkali Hidrotermal', Jurnal Jurusan Kimia, Vol. 11, No. 1, pp. 38-44.
- Baaqy, Arias, G, 2013, 'Pengeringan Low Range Coal Dengan Menggunakan Metode Pemanasan Tanpa Kehadiran Oksigen, Jurnal Teknik POMITS, Vol. 2, No. 2, pp. 228-233.
- Erna Komariah, Wulan, 2012, 'Peningkatan Kualitas Batubara Indonesia Peringkat Rendah Melalui Penghilangan Moisture Dengan Pemanasan Gelombang Mikro', Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Jati, S. N, 2009, Tipe Pola Sebaran dan Kemenurunan Batubara Antiklin Palaran, UPN, Yogyakarta.
- Prasetyo, Agus, 2016, 'Optimasi Pencampuran Batubara Melalui Simulasi Berdasarkan Kriteria Parameter Batubara', Jurnal HIMASAPTA, Vol.1, No.1, pp. 11-16.
- Nukman, 2008, 'Pengaruh Pencampuran Batubara Semi Antrasit dan Bituminus Terhadap Karakteristik Pembakarannya Dengan Oksigen Murni, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 8, No. 2, pp. 77-83.
- Novrizqa, Prabowo, 2013, 'Karakteristik Pengeringan Batubara Pada Fluidized Bed Cool Dyer Terhadap Pengaruh Variasi Temperatur Air Heater Dengan Tube Heater Tersusun Staggered dan Perbandingan Volume Chamber dan Volume Batubara Sebesar 50%', Jurnal Teknik POMITS, Vol. 2, No. 1, pp. 56-61.
- Prasetyo, Agus, 2016, 'Optimasi Pencampuran Batubara Melalui Simulasi Berdasarkan Kriteria Parameter Batubara', Jurnal HIMASAPTA, Vol.1, No.1, pp. 11-16.
- PT. Bukit Asam, 2003, Kandungan Pada Volatile Matter, Jurnal Bukit PT. Bukit Asam, Tanjung Enim



## **Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Fermentasi yang Diawetkan sebagai Pasta Bio-Baterai**

Yuli Erviana\*, Amir Supriyanto, Sri Wahyu Suciwati, dan Gurum Ahmad Pauzi

Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

### **Article Information**

*Article history:*  
Received 10 Maret 2020  
Received in revised form  
10Maret 2020  
Accepted 30 Maret 2020

**Keywords:** Cassava Pulp,  
Fermentation, Formalin

### **Abstract**

*Bio-battery is defined as an energy storage device where the energy source comes from organic compounds. The electrical characteristics of the bio-battery can be obtained using to copper (Cu) and zinc (Zn) electrode pairs. Cassava pulp is used as the electrolyte. Cassava pulp is being fermented for 48 hours, 96 hours, and 144 hours and added 4% formalin. The electrolyte cell consists of 20 cell batteries in series with each mass is  $\pm 30$  grams. The electrical characteristics of fermented cassava pulp are measured with 4 watts LED load and without load. The results show that the highest voltage is 20.66 V which is obtained by 144 hours fermented cassava pulp. The electrical characteristics in this research tend to constant due to the addition of preservatives (formalin).*

### **Informasi Artikel**

*Proses artikel:*  
Diterima 10 Maret 2020  
Diterima dan direvisi dari  
10 Maret 2020  
Accepted 30 Maret 2020

**Kata kunci:**  
Onggok singkong,  
fermentasi, formalin.

### **Abstrak**

*Bio-baterai didefinisikan sebagai suatu perangkat penyimpan energi yang sumber energinya berasal dari senyawa organik. Karakteristik elektrik bio-baterai dapat diketahui menggunakan pasangan elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn). Elektrolit yang digunakan dalam penelitian adalah onggok singkong. Onggok singkong yang digunakan difermentasi selama 48 jam, 96 jam, dan 144 jam. Sel elektrolit yang digunakan terdiri dari 20 sel baterai yang diragkai secara seri, dengan massa + 30 g per sel. Pengukuran karakteristik elektrik onggok singkong yang diawetkan dilakukan pada saat dipasang beban LED 4 watt dan saat beban dilepas. Tegangan saat diberi beban terbaik diperoleh saat onggok singkong fermentasi 144 jam yaitu sebesar 20,66 V. Karakteristik elektrik yang dihasilkan cenderung konstan pada masing-masing waktu fermentasi karena adanya penambahan pengawet (formalin).*

## **1. Pendahuluan**

Meningkatnya permintaan energi listrik di Indonesia saat ini tidak seimbang dengan ketersediaan suplai energi listrik atau krisis energi listrik sudah merupakan sesuatu yang tidak dapat dihindari. Fenomena pemadaman listrik bergilir di beberapa wilayah di Pulau Sumatera merupakan pertanda bahwa pasokan listrik dalam sistem interkoneksi maupun konvensional sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan listrik masyarakat dan industri yang terus meningkat (Agung, 2013). Sehingga perlu ditingkatkan pencarian sumber energi alternatif. Energi alternatif tersebut selain merupakan energi yang ramah lingkungan merupakan energi yang dapat diperbaharui melalui pemanfaatan limbah organik, misalnya bio-baterai dari limbah singkong.

Baterai merupakan suatu benda yang sudah tidak asing lagi dalam kehidupan manusia. Baterai banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya pada jam dinding, remot TV, senter, dan lain-lain. Reaksi kimia yang dapat menghasilkan elektron disebut dengan reaksi elektrokimia (Muhlisin dkk, 2015). Beberapa baterai komersil yang dipakai pada saat ini diproduksi dengan bahan-bahan berbahaya seperti merkuri, timbal, dan nikel. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi limbah baterai tersebut adalah dengan mendaur ulang produksi baterai menggunakan bahan alami (Pulungan dkk, 2017). Pada saat ini sudah banyak peneliti yang mengembangkan alternatif dari baterai salah satunya adalah bio-baterai. Seiring dengan perkembangan zaman para peneliti mengembangkan biobaterai yang berasal dari bahan organik yang ramah. Sehingga bio-baterai menjadi

\* Corresponding author.  
E-mail address: yulierviana4@gmail.com

solusi dari baterai konvensional yang ramah lingkungan (Fadilah dkk, 2015). Pada pembuatan bio-baterai kita dapat memanfaatkan bahan alam salah satunya limbah dari pengolahan singkong yaitu onggok.

Limbah singkong dikenal sebagai limbah agroindustri. Limbah singkong dapat menimbulkan polusi karena air yang tinggi. Mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan limbah lingkungan (Kiramang, 2011). Limbah padat yang berasal dari proses pembersihan singkong disebut onggok (Prihandana dkk, 2011). Onggok merupakan limbah dari pembuatan tapioka ubi kayu (Antika dkk, 2014). Komponen penting yang terdapat dalam onggok singkong adalah kandungan zat organik berupa pati dan serat kasar. Selain itu onggok singkong juga mengandung asam sianida (HCN) (Rukmana, 1986). HCN merupakan salah satu bahan elektrolit yang dapat menghasilkan arus listrik. Sifat yang terkandung dalam onggok singkong dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pasta bio-baterai.

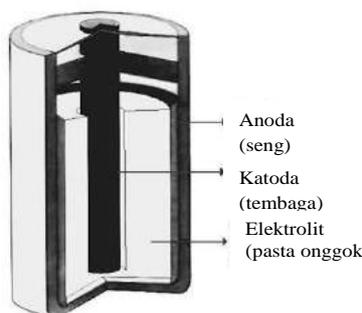
Berdasarkan uraian permasalahan di atas, dapat dilakukan penelitian analisis karakteristik limbah onggok singkong sebagai pasta bio-baterai. Bio-baterai dibuat dari limbah onggok singkong yang digunakan sebagai pengganti pasta batu baterai. Elektroda yang digunakan yaitu tembaga (Cu) dan karbon (C) yang digunakan sebagai katoda atau pengoksidasi (menerima elektron) dan seng (Zn) yang digunakan sebagai anoda atau sumber elektron yang teroksidasi selama reaksi elektrokimia. Onggok singkong yang digunakan difermentasi dan ditambahkan formalin.

## 2. Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah multimeter digital, phmeter, tang, solder, timbangan, dan luxmeter. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah onggok singkong, formalin, batu baterai *silinder dry cell merk ABC* tegangan 1,5 volt, tembaga (Cu) dan seng (Zn) kabel, timah, penjepit buaya, dan lampu led DC 12 volt 4 watt.

### 2.1 Perancangan Media Uji

Media uji terbuat dari batu baterai silinder jenis *dry cell* untung menampung onggok singkong yang telah difermentasi dan diawetkan. Baterai bekas tersebut dibongkar dan dikeluarkan pasta mangan oksida dari baterai. Kemudian baterai dibersihkan menggunakan aquades. Selanjutnya onggok singkong dihancurkan dan diperas untuk mengurangi kandungan air dan sari pati singkong, kemudian difermentasi dan ditambahkan formalin dengan konsentrasi 4%. Elektroda Cu diletakkan di posisi tengah pada baterai yang telah terisi pasta onggok singkong. Rancangan media penampung onggok singkong menggunakan baterai dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Rancangan media penampung onggok singkong menggunakan baterai

### 2.2 Pengujian Karakteristik Elektrik Onggok Singkong

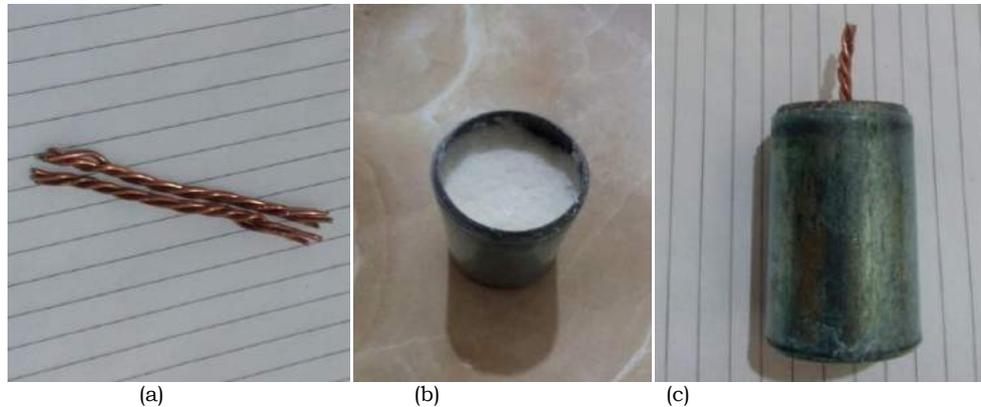
Pengujian karakteristik elektrik bio-baterai pasta onggok singkong dilakukan dengan mengukur *Open Circuit Voltage (OCV)*, *Close Circuit Voltage (CCV)*, arus (I) dengan multimeter digital serta pengukuran intensitas cahaya yang dihasilkan menggunakan luxmeter selain itu dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran laju korosi pada Cu-Zn dengan menimbang massa awal dari Cu dan Zn dengan massa setelah digunakan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Realisasi Alat

Bio-baterai yang terbuat dari elektrolit pasta onggok singkong fermentasi yang diawetkan dengan Cu-Zn sebagai elektrodanya dan mampu menghasilkan daya listrik berdasarkan elektrolit pasta onggok singkong fermentasi yang diawetkan dengan elektroda Cu-Zn. Elektroda Cu yang digunakan berbentuk silinder, dan elektroda Zn yang digunakan berasal dari seng baterai. Baterai yang digunakan adalah baterai *dry cell merk ABC* dengan tegangan 1,5 volt dengan diameter 34,2 mm dan tinggi 61,5 mm. Selain digunakan sebagai elektroda, seng baterai

juga digunakan sebagai media uji karakteristik elektrik pasta onggok singkong. Sebanyak 20 sel yang tersusun secara seri digunakan untuk pengukuran karakteristik elektrik onggok singkong fermentasi yang diawetkan tersebut. Fermentasi onggok singkong dilakukan secara langsung, tanpa ditambahkan dengan mikroorganisme di dalamnya. Variasi lama waktu fermentasi onggok singkong adalah 48 jam, 96 jam, dan 144 jam yang diawetkan dengan formalin yang berkonsentrasi 4%. Pengukuran karakteristik elektrik onggok singkong dilakukan selama 3 hari atau 72 jam dengan rentang pengukuran setiap 1 jam sekali, dengan 3 kali pengulangan kemudian diambil nilai rata-ratanya. Media uji karakteristik elektrik onggok singkong ditunjukkan pada **Gambar 2**. **Gambar 2**. (a) menunjukkan tembaga (Cu) silinder dengan panjang  $\pm 6,5$  cm tiga buah yang dililitkan, (b) menunjukkan media uji seng (Zn) yang telah diisi elektrolit berupa onggok singkong fermentasi yang diawetkan, (c) menunjukkan media uji karakteristik elektrik onggok singkong dengan elektroda Cu-Zn dan elektrolit onggok singkong fermentasi yang diawetkan.

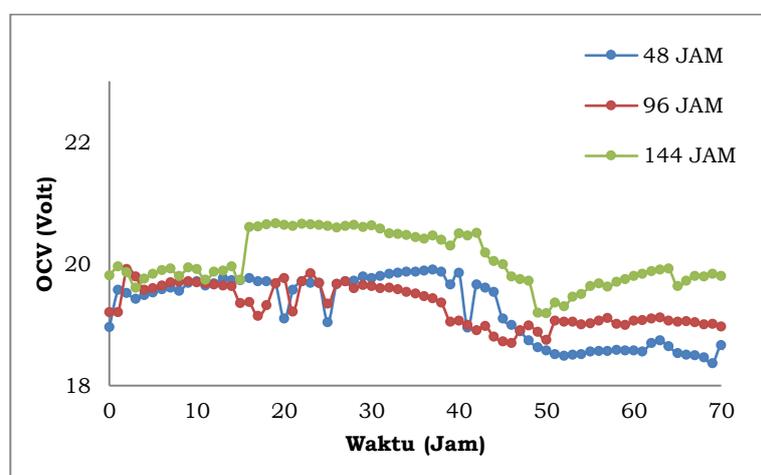


**Gambar 2.** Media uji karakteristik elektrik onggok singkong

### 3.2 Analisis karakteristik elektrik onggok singkong fermentasi yang diawetkan

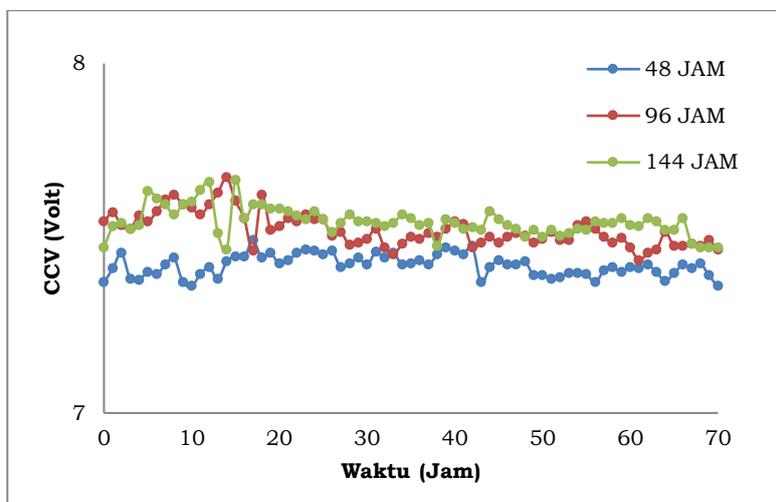
Pengujian pertama dilakukan dengan onggok singkong yang difermentasi selama 48 jam yang diawetkan, hasil pengamatan menunjukkan bahwa onggok singkong tersebut memiliki pH sebesar 5,21. Pengujian karakteristik elektrik onggok singkong dilakukan dengan memberikan beban lampu LED 4 watt dan pengujian saat beban dilepas. Pengujian selanjutnya dilakukan menggunakan onggok singkong yang difermentasi 96 jam yang diawetkan menghasilkan pH sebesar 4,40. Pengukuran yang ketiga yaitu pengukuran karakteristik elektrik onggok singkong fermentasi 144 jam yang diawetkan, pada onggok singkong yang difermentasi selama 144 jam diperoleh pH sebesar 4,01. Data hasil pengukuran selama 72 jam dapat dilihat pada **Gambar 3**.

**Gambar 3**. merupakan grafik perbandingan tegangan tanpa beban saat onggok singkong difermentasi selama 48 jam, 96 jam dan 144 jam. Grafik tersebut onggok singkong yang difermentasi selama 144 jam memiliki karakteristik elektrik yang lebih besar, dibandingkan dengan onggok singkong yang fermentasi selama 48 jam dan 96 jam. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sumanzaya (2019) bahwa karakteristik elektrik yang mengalami peningkatan pada setiap jamnya dan semakin lama waktu penyimpanan atau fermentasi pada onggok singkong menyebabkan pH turun sehingga konduktivitas listrik semakin besar. Grafik perbandingan  $V_b$  pada onggok singkong yang diawetkan pada fermentasi 48 jam, 96 jam dan 144 jam ditunjukkan pada **Gambar 4**.



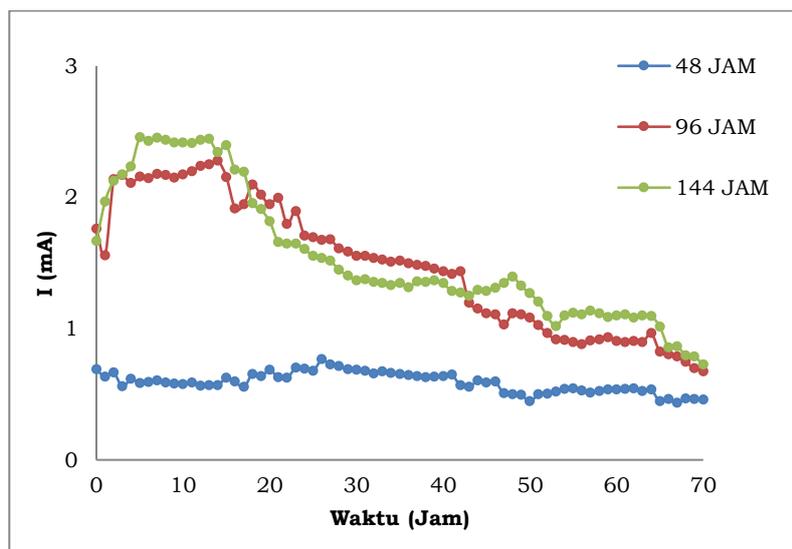
**Gambar 3.** Grafik perbandingan OCV onggok singkong yang diawetkan pada fermentasi pada 48 Jam, 96 Jam dan 144 Jam

**Gambar 4.** merupakan grafik perbandingan tegangan dengan beban saat ongkok singkong difermentasi selama 48 jam, 96 jam dan 144 jam. Penambahan bahan pengawet (formalin) pada ongkok singkong yang difermentasi selama 48 jam, 96 jam dan 144 jam, menghasilkan tegangan saat diberi beban yang cenderung stabil. tanpa ada perubahan tegangan yang terlalu jauh. Menurut Arisman (2009) pengawet adalah zat (biasanya bahan kimia) yang digunakan untuk mencegah pertumbuhan bakteri pembusuk. Grafik perbandingan I pada ongkok singkong yang diawetkan pada fermentasi 48 jam, 96 jam dan 144 jam dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 4.** Grafik perbandingan CCV pada ongkok singkong yang diawetkan pada fermentasi 48 Jam, 96 Jam dan 144 Jam

**Gambar 5.** merupakan grafik perbandingan arus saat ongkok singkong difermentasi selama 48 jam, 96 jam dan 144 jam. Pengukuran pada ongkok singkong yang difermentasi selama 144 jam dengan penambahan formalin menghasilkan arus yang lebih besar dibandingkan dengan ongkok singkong yang difermentasi selama 48 jam dan 96 jam dengan penambahan formalin. Penurunan arus tersebut terjadi karena adanya penurunan ionisasi, artinya ion-ion pada elektrolit sudah tidak mampu secara maksimal menghantarkan arus listrik (Irsan, 2016).



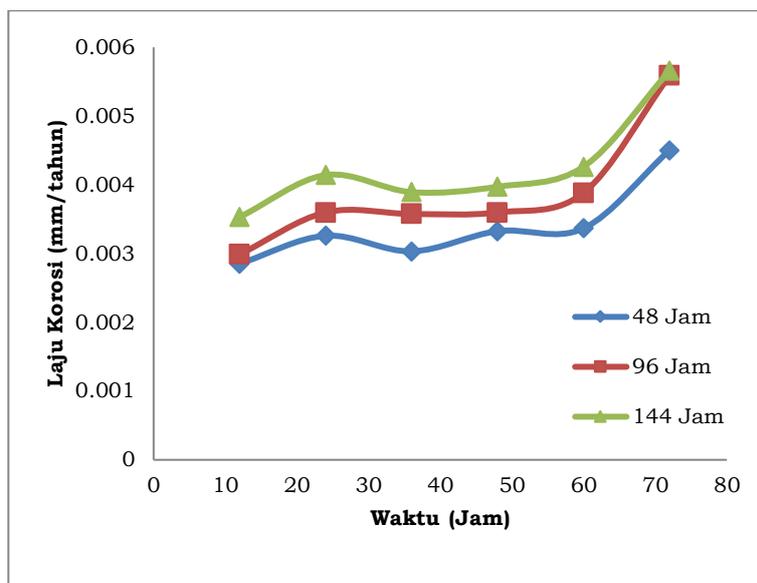
**Gambar 5.** Grafik perbandingan I pada ongkok singkong yang diawetkan pada fermentasi 48 jam, 96 jam dan 144 jam

### 3.3 Analisis Pengaruh Laju Korosi

Berdasarkan pengujian karakteristik elektrik yang dilakukan selama 72 jam, diperoleh hasil pengukuran laju korosi setiap 12 jam sekali, pada masing-masing waktu fermentasi. Laju korosi pada Zn yang digunakan sebagai elektroda untuk pengujian karakteristik elektrik ongkok singkong tidak terlalu terlihat, namun seiring berjalannya waktu, elektroda akan terus mengalami korosi. Rata-rata laju korosi Zn yang dihasilkan setiap 12 jam pada ongkok

Erviana Y, Supriyanto A, Suciwati SW, Pauzi GA, 2020, Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Fermentasi yang Diawetkan Sebagai Pasta Bio-Baterai, *Journal of Energy Material and Instrumentation Technology*, Vol 1. No. 1, 2020

singkong yang difermentasi selama 48 jam sebesar 0,0034 mm/tahun, fermentasi 96 jam sebesar 0,0039 mm/tahun, dan fermentasi selama 144 jam sebesar 0,0042 mm/tahun. Data tersebut menunjukkan bahwa waktu fermentasi memengaruhi laju korosi dimana semakin lama waktu fermentasi, maka laju korosi yang dihasilkan semakin besar. Karena onggok singkong yang difermentasi memiliki pH yang lebih asam. Grafik laju korosi dapat dilihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Grafik perubahan laju korosi selama 72 Jam

**Gambar 6.** menunjukkan grafik hubungan laju korosi terhadap waktu setiap 12 jam selama 72 jam pengamatan dengan tiga variasi waktu fermentasi. Laju korosi tertinggi diperoleh pada onggok singkong fermentasi 144 jam yaitu sebesar 0,0057 mm/tahun. Karena pada fermentasi 144 jam onggok singkong memiliki pH yang lebih rendah dan pada pengukuran selama 72 jam Zn lebih lama bereaksi dengan pasta onggok singkong yang terfermentasi. Menurut Ornelasari (2015) Laju korosi terbesar terjadi pada temperatur tinggi dan laju korosi menurun seiring dengan meningkatnya pH.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa semakin lama waktu fermentasi pada onggok singkong yang diawetkan dihasilkan karakteristik elektrik yang tinggi dan laju korosi yang lebih besar dan penambahan pengawet (formalin) pada pasta onggok singkong menghambat perkembangan bakteri sehingga karakteristik elektrik yang dihasilkan cenderung stabil.

#### 5. Daftar Pustaka

- Agung, A. I. 2013. Potensi Sumber Energi Alternatif dalam Mendukung Kelistrikan Nasional. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro* , 892-897.
- Antika, R., Hudaidah, S., & Santoso, L. 2014. Penggunaan Tepung Onggok Singkong yang Difermentasi dengan *Rhizopus sp.* sebagai Bahan Baku Pakan Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budaya Perairan* , 279-284.
- Arisman.M.B. 2009. *Keracunan Makanan Buku Ajar Ilmu Gizi*. Jakarta: EGC.
- Fadilah, S., Rahmawati, R., & Kim, M.P. 2015. Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca*) . *Prosiding Simposium Nasional dan Pembelajaran Sains*, (hal. 45-48 ). Bandung.
- Irsan, Supriyanto, A., & Surtono, A. 2017. Analisis Karakteristik Elektrik Limbah Kulit Singkong (*Manihot Esculenta Crantz*) sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Terbarukan untuk Mengisi Baterai Telepon Genggam. *Teori dan Aplikasi Fisika* , 9-18.
- Kiramang, K. 2011. Potensi Pemanfaatan Onggok dalam Ransum Unggas. *Jurnal Teknosains* , 155-165
- Muhlisin, M., Soedjarwanto, N., & Komarudin, M. 2015. Pemanfaatan Sampah Kulit Pisang dan Kulit Durian sebagai Bahan Alternatif Pengganti Pasta Batu Baterai. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* , 137-147.
- Ornelasari, Rizki. 2015. Analisa Laju Korosi pada Stainless Steel 304 Menggunakan Metode ASTM G31-72 pada Media Air Nira Aren. *JTM*, 112-117.
- Prihandana, R., Noerwijan, K., Adinurani, P. G., Setyaningsih, D., Setiadi, S., & Hendrako, R. 2011. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Pulungan, N., Febria, M. A., Desma, I., Ayuningsih, R. D., & Nila, Y. 2017. Pembuatan Bio Baterai Berbahan Dasar Kulit Pisang. *Hasanuddin Student Journal* , 96-101 .

- Rukmana, R. 1986. *Ubi Kayu, Budidaya, dan Pasca Panen*. Jakarta: Kanisius.
- Sumanzaya, T., Supriyanto, A., Pauzi, G, A. 2019. Analisis Karakteristik Elektrikongkok Singkong Sebagai Pastabio-Baterai. *Teori dan Aplikasi Fisika*. 231-138.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
JURUSAN FISIKA**

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung 35145 <http://fmipa.unila.ac.id> - Telp. 0721-704625 - Fax. 0721-704625

