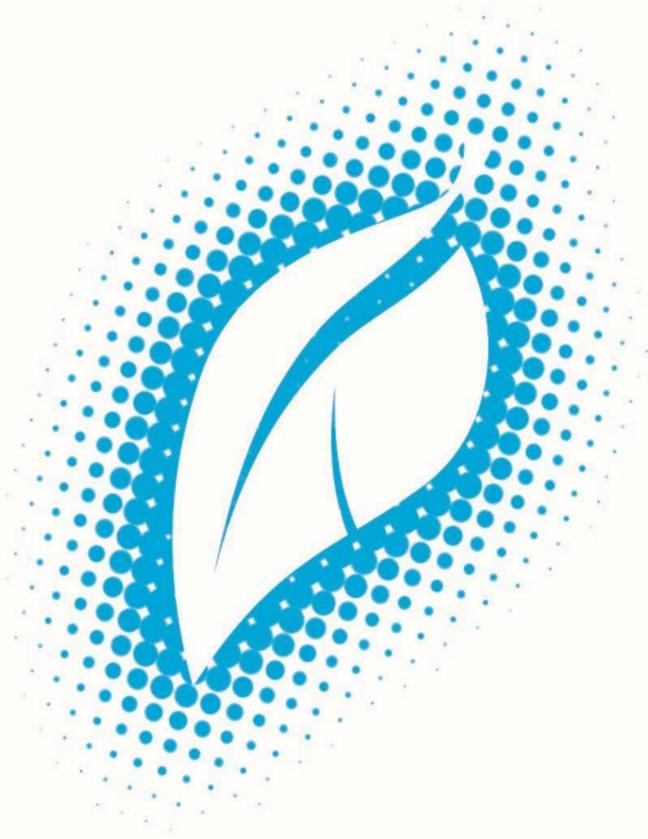




# JURNAL

Jurusan Teknik Lingkungan - Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



# SAINS & TEKNOLOGI LINGKUNGAN



Jurnal Sainstek  
Lingkungan UII

Vol. 11

No. 2

Hal.  
87 - 154

Yogyakarta  
Juni 2019

ISSN  
2085-1227



Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

## EDITORIAL TEAM

### EDITOR IN CHIEF

Eko Siswoyo, Ph.D., Universitas Islam Indonesia, Indonesia

### EDITORIAL BOARD/REVIEWER

Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Is Fatimah	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Ir. Kasam, MT	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Joni Aldilla Fajri	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Suphia Rahmawati	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Puji Lestari, M.Sc.	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Prof. Joni Hermana, Ph.D	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Arseto Yekti Bagastyo, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Ervin Nurhayati, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Bieby Voijant Tangahu, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Dr. Arie Dipareza Syafei	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Erik Prasetyo, Ph.D.	Indonesian Institute of Sciences, Indonesia
Prof. Shunitz Tanaka, Ph.D	Hokkaido University, Japan
Prof. Thomas Boving, Ph.D.	University of Rhode Island, USA
Prof. Tsair Fuh-Lin, Ph.D.	National Cheng Kung University, Taiwan



Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

## PUBLISHER

Department of Environmental Engineering, Universitas Islam Indonesia

## ABOUT JOURNAL

Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan (JSTL) published twice a year in January and June is a scientific journal that publishes scientific research papers and ideas in the field of science and technology related to environmental issues. JSTL only accepts original scientific works that have not been published by other medias. All incoming articles will be reviewed in advance by competent reviewers before being eligible for publication.

## SCOPE OF JOURNAL

The scope of the journal emphasis but not limited to **Environmental Science and Technology**, i.e., drinking water treatment, wastewater treatment, solid waste treatment, solid waste management, cleaner production, air pollution management, resource recovery, water pollution, soil contamination, and other relevant fields.

## PLAGIARISM CHECK

Plagiarism screening will be conducted by JSTL Editorial Board using Turnitin.

## REFERENCE MANAGEMENT

Every article submitted to JSTL shall use Mendeley as reference management software.

## ONLINE SUBMISSION

If you already have a Username/Password for JSTL, go to login at: <http://journal.uii.ac.id/JSTL/login>

Need a Username/Password? Go to registration at: <http://journal.uii.ac.id/JSTL/user/register>

Registration and login are required to submit items online and to check the current submission status.

## ARTICLE PROCESSING CHARGE

Every article submitted to JSTL will not have any Article Processing Charges. This

includes submission, peer-reviewing, editing, publishing, maintaining and archiving, and allows

immediate access to the full text versions of the articles.

Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

**TABLE OF CONTENT**

<b>PEMANFAATAN SERBUK KAYU MERANTI MENJADI KARBON AKTIF UNTUK PENURUNAN KADAR BESI (Fe), MANGAN (Mn) DAN KONDISI pH PADA AIR ASAM TAMBANG</b> Muhammad Busyairi, Firlina, Edhi Sarwono, Saryadi	87-101
<b>ANALISIS KARAKTERISTIK LIMBAH PABRIK GULA (BLOTONG) DALAM PRODUKSI BAHAN BAKAR GAS (BBG) DENGAN TEKNOLOGI ANAEROB BIODIGESTER SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF NASIONAL</b> Heni Dwi Kurniasari, Rahilla Apria Fatma, Janser Aldomoro S.R	102-113
<b>PENGARUH KONSENTRASI PEROKSIDA TERHADAP PRODUKSI BIOHIDROGEN DARI LIMBAH BUAH JERUK MELALUI METODE FERMENTASI GELAP</b> Atika Dwi Farini, Sarto, Suryo Purwono	114-121
<b>PENGOLAHAN AIR PAYAU DENGAN FILTER ZEOLIT DAN BENTONIT</b> Nur Afifah, Ekha Yogafanny, Andi Sungkowo	122-131
<b>KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA AIR GAMBUT KABUPATEN TANJUNG BARAT, PROVINSI JAMBI</b> Wahyudi Zahar, Yulia Morsa Said, Yudi Achnopa, Yudha Gusti Wibowo	132-142
<b>SINTESIS BIOSEMIKONDUKTOR MENGGUNAKAN SERAT NATA DE CASSAVA DARI LIMBAH CAIR TAPIOKA</b> Rizal Kartika Wardhana, Hikmatul Husna Dian Kharisma, Ainun Mardiah, Eko Siswoyo	143-154

## PEMANFAATAN SERBUK KAYU MERANTI MENJADI KARBON AKTIF UNTUK PENURUNAN KADAR BESI (Fe), MANGAN (Mn) DAN KONDISI pH PADA AIR ASAM TAMBANG

Muhammad Busyairi<sup>1</sup>, Firlina<sup>2</sup>, Edhi Sarwono<sup>3</sup>, Saryadi<sup>4</sup>

<sup>1)2)3)4)</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

Kampus Gunung Kelua, Jl. Sambaliung, No. 09, Samarinda, 75119

Email: [busyairi22@gmail.com](mailto:busyairi22@gmail.com)

### Abstrak

Air asam tambang atau acid mine drainage merupakan air yang terbentuk di lokasi penambangan batubara dengan nilai pH yang rendah ( $pH < 4$ ). Adsorben yang berasal dari serbuk kayu dapat digunakan untuk pengolahan air asam tambang dengan parameter Fe, Mn, dan pH. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas adsorpsi optimum dan efisiensi logam Fe dan Mn, serta perubahan kondisi pH limbah cair air asam tambang. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental deskriptif. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi waktu kontak 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan 40 menit serta variasi ukuran adsorben 80 mesh dan 100 mesh. Variabel terikat adalah air asam tambang dengan parameter logam berat Besi (Fe), Mangan (Mn), serta pH. Variabel Kontrol suhu karbonisasi  $600^{\circ}\text{C}$ , larutan KOH 1M, kecepatan pengadukan 100 rpm. Percobaan dengan menggunakan jar test secara batch. Konsentrasi awal limbah air asam tambang yaitu Fe=15,47 mg/L, Mn=10,72 mg/L dan pH=3,10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju penurunan kadar logam besi (Fe) optimum pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 3.091 mg/L dan penurunan kadar logam mangan (Mn) optimum pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 1.992 mg/L.

**Kata kunci:** adsorpsi, logam berat, serbuk kayu

### Abstract

Acid mine drainage is water formed in the mining area, characterized by a low pH value ( $< 4$ ). The adsorbent from wood powder can be used to treat acid mine drainage with parameters are Fe, Mn, and pH. The study of this research is to know the utilization of activated carbon of wood powder as adsorbent and to know the optimum adsorption capacity and efficiency of Fe and Mn metal, as well as changes in pH conditions of acid mine. The method used in this research is descriptive experimental. The independent variable in this study was the variation of contact time of 10 minutes, 20 minutes, 30 minutes, and 40 minutes and the variation of adsorbent size 80 mesh and 100 mesh. The dependent variable is acid mine water with heavy metal parameters Iron (Fe), Manganese (Mn), and pH. Variable Carbonization temperature control  $600^{\circ}\text{C}$ , 1M KOH, stirring speed 100 rpm. Concentration of acid mine waste water is Fe= 15.47 mg / L, Mn= 10.72 mg / L and pH = 3.10. The results of this study showed that the optimum contact time for iron (Fe) metal content to decrease was at 40 minutes contact time with 100 mesh adsorbent and size variation of 3,091 mg / L. Meanwhile, the decrease in Manganese (Mn) metal content at 40 minutes contact time with 100 mesh adsorbent and size variation is 1,992 mg / L.

**Keywords :** adsorption, heavy metal, wood powder

## 1. PENDAHULUAN

Pertambangan batubara, terdapat dua tipe sistem yaitu, pertambangan terbuka (*open pit mining*) dan pertambangan bawah tanah (*underground mining*) yang dapat menyebabkan terlepasnya unsur-unsur kimia tertentu yang menghasilkan air buangan bersifat asam (Afrianty dkk., 2012). Air asam tambang atau dalam bahasa asing disebut *Acid Mine Drainage* merupakan air yang terbentuk di lokasi penambangan dengan nilai pH yang rendah ( $\text{pH} < 4$ ). Nilai pH yang rendah pada air asam tambang menyebabkan mudahnya logam-logam tertentu larut dalam air seperti Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Jika dialirkan ke sungai akan berdampak terhadap masyarakat yang tinggal disepanjang aliran sungai serta akan mengganggu biota yang hidup di darat juga biota di perairan. Oleh karena itu perairan umum harus diselamatkan (Irawan dkk., 2016).

Banyak metode yang dikembangkan untuk mengurangi kadar logam berat dalam perairan, salah satunya adalah adsorpsi. Adsorben yang paling potensial adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon (Tandy dkk., 2012). Industri penggergajian kayu menghasilkan limbah berupa serbuk kayu dimana limbah serbuk kayu belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Limbah serbuk kayu meranti dapat dijadikan untuk bahan baku pembuatan karbon aktif karena kandungan karbon pada kayu meranti rata-rata lebih dari 60% (Sulistyo dan Fitriana, D, 2016).

Pengolahan air asam tambang saat ini menggunakan bahan kimia seperti kapur untuk menetralkan logam-logam air asam tambang. Metode ini kurang efisien karena membutuhkan biaya yang besar. Bahan alami seperti limbah organik serbuk kayu dapat dijadikan adsorben untuk penertal logam-logam pada air asam tambang. Keuntungan menggunakan adsorben alami pada proses adsorpsi yaitu selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis (Jalali dkk., 2002). Menurut penelitian terdahulu mengenai pengolahan pencemaran air metode adsorpsi banyak dilakukan dengan menggunakan adsorben karbon aktif, seperti penurunan ion Besi dan Mangan dengan serbuk kayu kamper (Mandasari dan Purnomo, 2016).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis melakukan penelitian menggunakan adsorben dari serbuk kayu meranti dengan variasi ukuran butir dan waktu kontak untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi logam Besi (Fe), Mangan (Mn) dan kondisi pH pada air asam tambang.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode experimental deskriptif. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi waktu kontak 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan 40 menit serta variasi ukuran adsorben 80 mesh dan 100 mesh. Variabel terikat adalah air asam tambang dengan parameter logam berat Besi (Fe), Mangan (Mn), serta pH. Variabel Kontrol suhu karbonisasi 600°C, larutan KOH 1M, kecepatan pengadukan 100 rpm.

### 2.1 Pembuatan Adsorben

Serbuk kayu dibersihkan dan dicuci menggunakan aquades lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 1 jam. Tujuan dari metode pengeringan yaitu selain untuk mengurangi kadar air tetapi juga dapat menghilangkan zat pengotor pada serbuk kayu. Selanjutnya serbuk kayu dikarbonisasi dengan suhu 600°C selama 2 jam menggunakan *furnace* dengan tujuan agar karbon tetap terjaga dan tidak menjadi abu. Setelah karbonisasi, diperoleh arang sebanyak sebanyak 500 gram dan dilanjutkan dengan tahap pengayakan arang dengan ukuran 80 mesh dan 100 mesh.

Arang yang diperoleh dengan ukuran yang diinginkan selanjutnya diaktivasi kimia menggunakan aktivator Kalium Hidroksida (KOH). Tujuannya yaitu untuk menghilangkan zat pengotor yang melapisi permukaan arang dengan ion OH<sup>-</sup> agar porositas dapat ditingkatkan. Ukuran arang dibagi dua yaitu 150 gram ukuran 80 mesh dan 150 gram ukuran 100 mesh. Aktivasi dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* dan *hot plate* selama 15 menit. Kemudian arang diendapkan selama 24 jam. Selanjutnya arang dicuci menggunakan aquadest agar mineral sisa karbonisasi terlarut. Untuk nilai pH awal dari karbon aktif serbuk kayu setelah diaktivasi kimia cenderung basa yaitu 14. Sehingga perlu pencucian hingga pH netral yaitu 7,5. Setelah pencucian karbon aktif dioven untuk mengurangi kadar air dengan suhu 110°C selama 2 jam.

### 2.2 Percobaan dengan *Jar Test secara Batch*

Percobaan dengan metode *batch* dilakukan dengan menggunakan variasi ukuran adsorben yaitu 80 mesh dan 100 mesh dan variasi waktu kontak 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan 40 menit. Air asam tambang sebanyak 200 ml dimasukkan ke dalam gelas beaker 500 ml, kemudian diaduk menggunakan *jar test* dengan pengadukan cepat 100 rpm. Diambil sample larutan menggunakan pipet tiap variasi kontak, sampel kemudian disaring dan selanjutnya dilakukan pengukuran parameter.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kualitas Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu

Dilakukan pengujian kualitas adsorben karbon aktif serbuk kayu aktivasi kimia dengan karbon aktif serbuk kayu non-aktivasi kimia sebagai pembandingan yang meliputi:

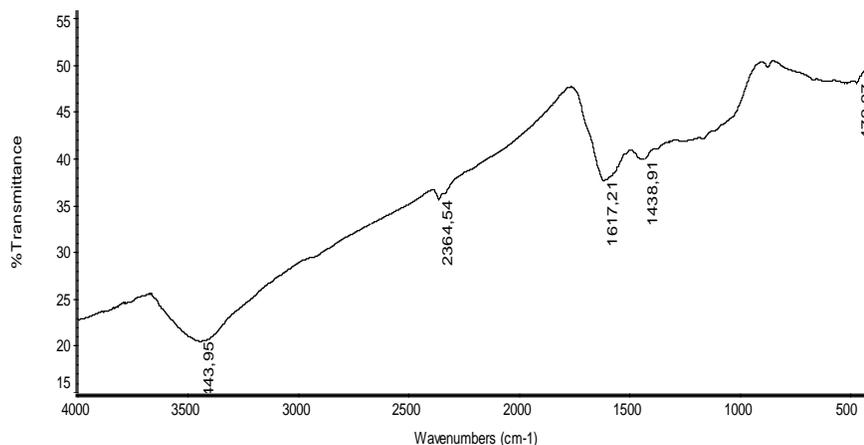
##### 3.1.1. Uji Proksimat Arang

Berdasarkan hasil uji proksimat arang untuk kadar air adsorben non-aktivasi kimia 11.4141% dan 9.8125%, aktivasi kimia 8.2465% dan 8.5146 sehingga memenuhi SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis. Untuk kadar karbon terikat (*Fixed Carbon*) non-aktivasi kimia 40.7066% dan 41.6801%, aktivasi kimia 44.6801% dan 45.1411% sehingga tidak memenuhi SNI 06-3730-1995, diperkirakan karena tingginya kadar zat terbang dalam karbon aktif serbuk kayu non-aktivasi kimia dan karbon aktif serbuk kayu aktivasi kimia.

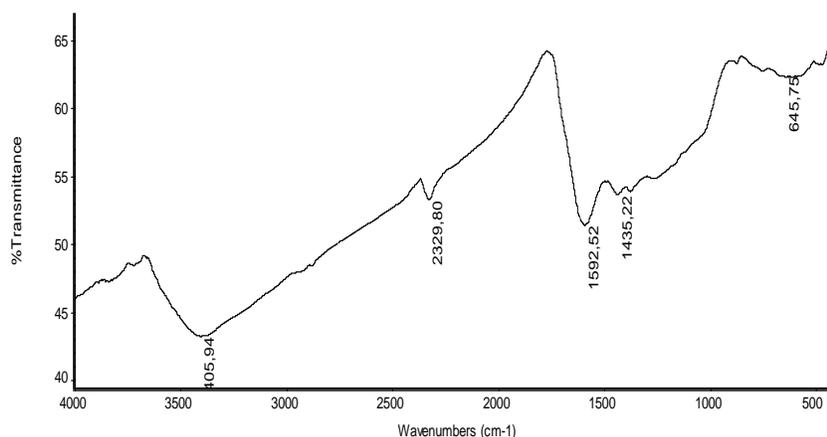
Setelah pengujian karbon terikat akan dilakukan pengujian luas permukaan dan gugus fungsi karena karbon terikat akan mempengaruhi kualitas karbon aktif. Makin tinggi nilai karbonnya, maka kualitas arang/material semakin meningkat Sedangkan luas permukaan dan gugus fungsi tidak mempengaruhi karbon terikat.

##### 3.1.2 Uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Analisis *fourier transform infra red* (FTIR) dilakukan terhadap karbon aktif dengan ukuran 80 mesh dan ukuran 100 mesh sebagai adsorben. Hasil dari analisis FTIR untuk karbon aktif ukuran 80 mesh dan 100 mesh dapat untuk dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 secara berurutan.



**Gambar 1.** Hasil uji spektrum infra merah adsorben 80 Mesh



**Gambar 2.** Hasil uji spektrum infra merah adsorben 100 Mesh

Pergeseran bilangan gelombang yang terjadi pada spektrum FTIR karbon aktif dengan ukuran 80 mesh dan karbon aktif ukuran 100 mesh mengindikasikan terjadinya proses degradasi senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam serbuk kayu selama proses karbonisasi dan aktivasi kimia menggunakan KOH. Pita serapan yang menunjukkan vibrasi ulur O-H (gugus hidroksil) mengalami pergeseran bilangan gelombang dari  $3424,68 \text{ cm}^{-1}$  menjadi  $3405,94 \text{ cm}^{-1}$  dan untuk pita serapan pada vibrasi C=C (gugus aromatik mengalami pergantian gugus fungsi menjadi vibrasi C≡N (nitril), serta untuk pita serapan yang menunjukkan vibrasi C-H (gugus alkil aromatik) mengalami pergantian gugus fungsi menjadi vibrasi C=C (gugus alkenil aromatik). Salah satunya yaitu muncul gugus C≡N (nitril) yang merupakan gugus basa lemah.

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa senyawa dari masing-masing jenis adsorben tersebut sesuai dengan struktur karbon aktif yang mengandung beberapa gugus fungsi yang dapat dijadikan sebagai gugus aktif untuk digunakan sebagai adsorben ion logam berat, khususnya gugus hidroksil.

### 3.1.3 Uji BET (Brunauer-Emmet-Teller) *Surface Area*

Berdasarkan hasil uji BET diperoleh luas permukaan area untuk karbon aktif serbuk kayu aktivasi kimia ukuran 80 mesh sebesar  $13.5034 \text{ m}^2/\text{g}$  dan karbon aktif serbuk kayu aktivasi kimia ukuran 100 mesh sebesar  $16.3763 \text{ m}^2/\text{g}$ . Hasil uji BET pada penelitian ini sesuai penelitian sebelumnya bahwa dengan menambah luas adsorben maka akan memperbesar luas permukaan.

### 3.2 Hasil Adsorpsi Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia

Proses adsorpsi logam Fe dan Mn dilakukan menggunakan adsorben karbon aktif serbuk kayu yang telah diaktivasi secara kimia. Variasi yang digunakan dalam proses adsorpsi yaitu variasi adsorben dan waktu kontak. Pengaruh variasi adsorben dan waktu kontak terhadap konsentrasi logam Fe dapat dilihat pada Tabel 1 dan pada logam Mn dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Pengaruh Variasi Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Logam Fe

Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Fe (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)
			Ulang 1	Ulang 2	
80 mesh	15.470	10	0.169	0.171	0.170
		20	0.178	0.172	0.175
		30	0.052	0.047	0.049
		40	0.049	0.035	0.042
100 mesh		10	0.156	0.122	0.139
		20	0.092	0.070	0.081
		30	0.045	0.022	0.033
		40	0.027	0.001	0.014

Penurunan konsentrasi logam Fe terbesar pada variasi ukuran adsorben 80 mesh adalah pada menit ke-40 dengan konsentrasi Fe sebesar 0,042 mg/L. Sedangkan, penurunan konsentrasi logam Fe terkecil pada variasi ukuran adsorben 80 mesh adalah pada waktu kontak 20 menit dengan konsentrasi Fe 0,175 mg/L. Terjadi peningkatan konsentrasi pada waktu kontak 20 menit dengan variasi ukuran adsorben 80 tersebut diperkirakan disebabkan oleh belum maksimalnya proses tumbukan antara partikel adsorbat dan adsorben sehingga menyebabkan molekul adsorbat terlepas kembali ke arus fluida.

Pada variasi ukuran adsorben 100 mesh penurunan konsentrasi logam Fe terbesar adalah pada menit ke-40 dengan konsentrasi Fe sebesar 0,014 mg/L. Sedangkan, penurunan konsentrasi logam Fe terkecil pada variasi ukuran adsorben 100 mesh adalah pada waktu kontak 10 menit dengan konsentrasi Fe 0,139 mg/L. Terjadi peningkatan konsentrasi setiap waktu kontak.

Penurunan terbesar pada variasi ukuran adsorben 80 mesh adalah pada menit ke-30 dengan konsentrasi mn sebesar 1.554 mg/l. Sedangkan, penurunan konsentrasi logam mn terkecil pada

variasi ukuran adsorben 80 mesh adalah pada waktu kontak 10 menit dengan konsentrasi mn 2.042 mg/l.

**Tabel 2.** Pengaruh Variasi Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Logam Mn

Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Mn (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)
			Ulang 1	Ulang 2	
80 mesh	10.720	10	2.063	2.021	2.042
		20	1.852	1.695	1.773
		30	1.575	1.534	1.554
		40	1.584	1.546	1.564
100 mesh	10.720	10	1.998	1.879	1.938
		20	1.466	1.298	1.382
		30	1.277	1.188	1.232
		40	0.834	0.685	0.759

Sumber: Data Primer, 2018

Pada ukuran adsorben variasi 100 mesh penurunan konsentrasi logam Mn terbesar terjadi pada menit ke-40 dengan konsentrasi Mn 0.759 mg/L. Sedangkan, penurunan konsentrasi logam Mn terkecil pada ukuran adsorben variasi 100 mesh terjadi pada waktu kontak 10 menit dengan konsentrasi Mn 1.938 mg/L.

Dalam Penelitian Wardhana dkk (2009) semakin kecil ukuran media karbon aktif, maka luas permukaan kontak antara karbon aktif dengan ion dalam logam berat semakin besar, sehingga makin banyak ion-ion yang tersisihkan. Selain itu menurut Syauqiyah dkk (2011) mengatakan Semakin lama waktu aduk, waktu kontak antara partikel logam dengan karbon aktif akan semakin lama. Sehingga kapasitas adsorpsi logam pada permukaan karbon aktif juga semakin meningkat.

### 3.3 Efisiensi Adsorpsi Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia

Proses adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif serbuk kayu yang telah diaktivasi secara kimia bertujuan untuk menurunkan konsentrasi logam besi (Fe) dan mangan (Mn). Efisiensi

adsorpsi logam Fe dapat dilihat pada Tabel 3 dan efisiensi adsorpsi logam Mn dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 3.** Efisiensi Adsorpsi Logam Fe

Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Fe (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi (%)
			Ulang 1	Ulang 2		
80 mesh	15.470	10	0.169	0.171	0.170	98.901
		20	0.178	0.172	0.175	98.886
		30	0.052	0.047	0.049	99.680
		40	0.049	0.035	0.042	99.728
100 mesh		10	0.156	0.122	0.139	99.101
		20	0.092	0.070	0.081	99.476
		30	0.045	0.022	0.033	99.789
		40	0.027	0.001	0.014	99.909

Sumber: Data Primer, 2018

**Tabel 4.** Efisiensi Adsorpsi Logam Mn

Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Mn (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adsorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi (%)
			Ulang 1	Ulang 2		
80 mesh	10.720	10	2.063	2.021	2.042	80.923
		20	1.852	1.695	1.773	83.460
		30	1.575	1.534	1.554	85.530
		40	1.584	1.546	1.564	85.401
100 mesh		10	1.998	1.879	1.938	81.921
		20	1.466	1.298	1.382	87.108
		30	1.277	1.188	1.232	88.507
		40	0.834	0.685	0.759	92.919

Sumber: Data Primer, 2018

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai efisiensi adsorpsi konsentrasi logam Fe terbesar yaitu 99.909% pada waktu kontak 40 menit variasi ukuran adsorben 100 mesh. Angka ini merupakan efisiensi adsorpsi optimum untuk konsentrasi logam Fe. Sedangkan nilai efisiensi

adsorpsi terkecil terjadi pada menit ke-20 dengan variasi ukuran adsorben 80 mesh yaitu dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 98.886%.

Terjadi peningkatan dan penurunan efisiensi adsorpsi logam Fe ini disebabkan oleh permukaan adsorben sudah jenuh atau mendekati jenuh terhadap adsorbat. Lemahnya ikatan antara adsorben dan adsorbat mengindikasikan bahwa jenis interaksi yang lebih dominan terjadi adalah interaksi secara fisik (adsorpsi fisika).

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai efisiensi adsorpsi konsentrasi logam Mn terbesar yaitu 92.919% pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh. Angka ini merupakan efisiensi adsorpsi optimum untuk konsentrasi logam Mn. Sedangkan nilai efisiensi adsorpsi terkecil terjadi pada menit ke-10 dengan variasi ukuran adsorben 80 mesh yaitu dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 80.923%.

Logam Fe lebih banyak yang teradsorpsi daripada logam Mn diperkirakan disebabkan karena afinitas dari logam Fe lebih besar jika dibandingkan dengan logam Mn. Daya afinitas merupakan kecenderungan suatu unsur atau senyawa untuk membentuk ikatan kimia dengan unsur atau senyawa lain. Hal ini diperkuat oleh deret afinitas logam menurut (Zakaria dkk., 2012).

### **3.4 Penentuan Isoterm dan Kapasitas Adsorpsi Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia**

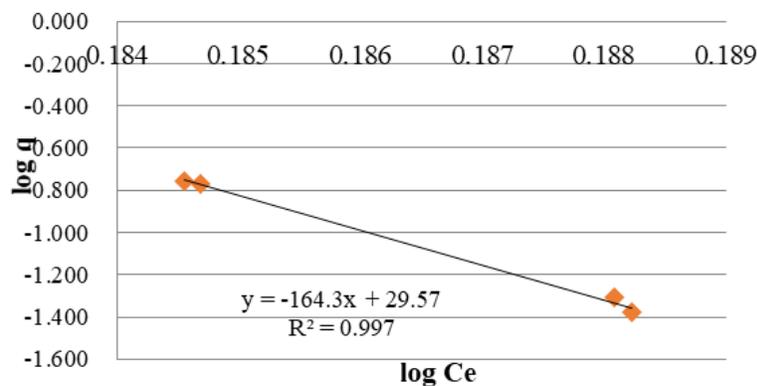
Pada proses adsorpsi telah banyak model adsorpsi dikembangkan, tetapi pengembangan model-model itu tidak lepas dari model adsorpsi yang umum digunakan yaitu model isoterm Freundlich dan Langmuir (Thcobanoglous dkk., 2003).

Model isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan *site* bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap *site* (Saadi dkk., 2015).

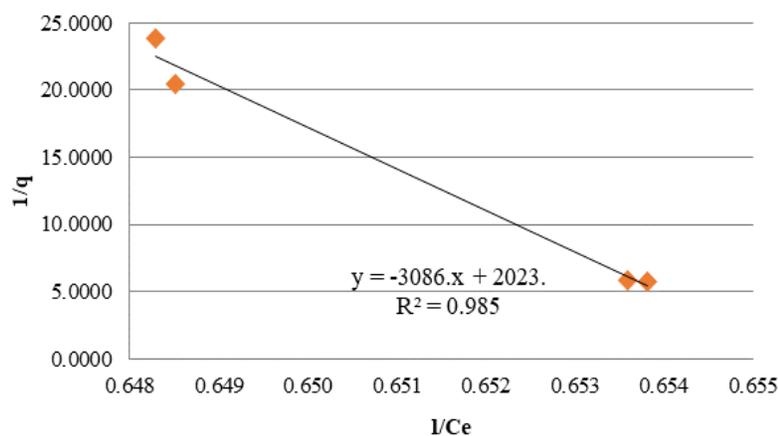
Model isoterm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben dan asumsi bahwa satu adsorbat berikatan dengan satu bagian pada adsorben dan seluruh bagian permukaan adsorben mempunyai daya tarik yang sama untuk adsorbat (Saadi dkk., 2015).

### 3.4.1 Isoterm Adsorpsi Logam Fe

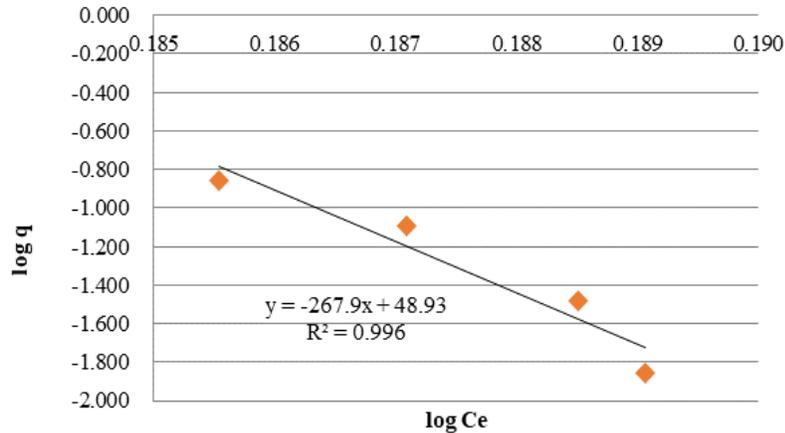
Model isoterm yang digunakan untuk mendeskripsikan proses adsorpsi logam Fe yaitu isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Dari kedua model isoterm tersebut kemudian ditentukan model isoterm yang lebih sesuai untuk bisa mendeskripsikan proses adsorpsi Fe. Grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk logam Fe dengan ukuran adsorben 80 mesh dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 secara berurutan. Sementara itu, grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk logam Fe dengan ukuran adsorben 100 mesh dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 secara berurutan.



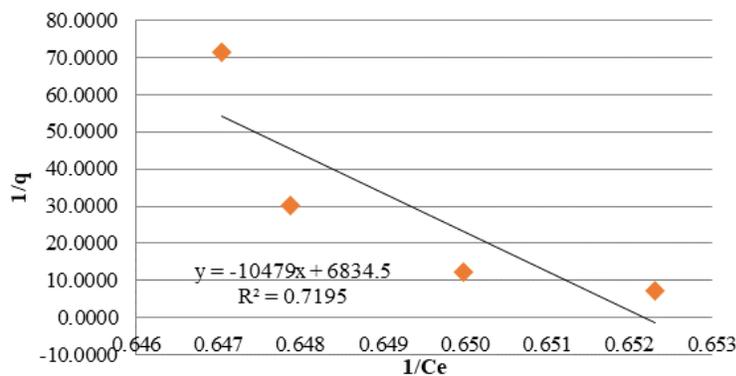
**Gambar 3.** Kurva Persamaan Freundlich Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 80 Mesh untuk logam Fe



**Gambar 4.** Kurva Persamaan Langmuir Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 80 Mesh untuk logam Fe



**Gambar 5.** Kurva Persamaan Freundlich Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsoben 100 Mesh untuk logam Fe



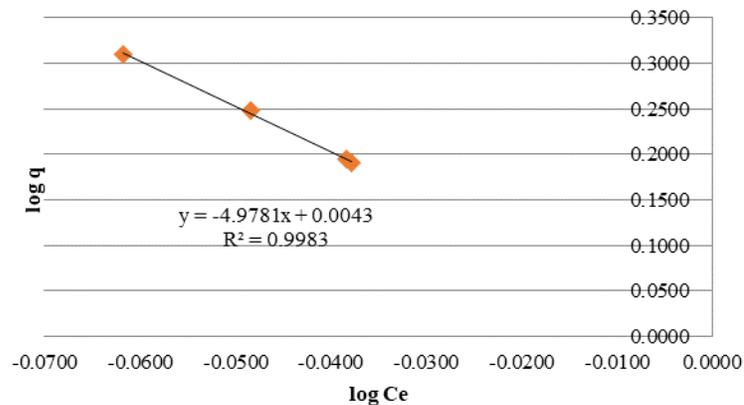
**Gambar 6.** Kurva Persamaan Langmuir Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsoben 100 Mesh untuk logam Fe

Berdasarkan penentuan isoterm pada adsorpsi logam Fe dengan variasi adsorben 80 mesh menggunakan model isoterm Freundlich dan Langmuir diperoleh nilai koefisien relasi ( $R^2$ ) untuk kedua model isoterm tersebut yaitu 0,997 dan 0,985 secara beurutan. Untuk variasi adsorben 100 mesh diperoleh nilai koefisien relasi ( $R^2$ ) untuk kedua model isoterm tersebut yaitu 0,926 dan 0,719 secara beurutan.

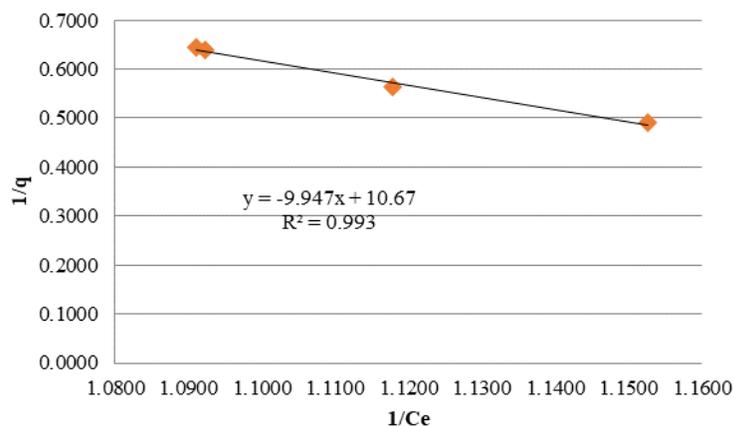
Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa nilai  $R^2$  pada adsorben memiliki nilai yang mendekati 1 dengan model isoterm Freundlich. Nilai  $R^2$  yang semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa proses adsorpsi dapat dimodelkan dengan isoterm adsorpsi (Mandasari, I dan Purnomo, A., 2016).

### 3.4.2 Isoterm Adsorpsi Logam Mn

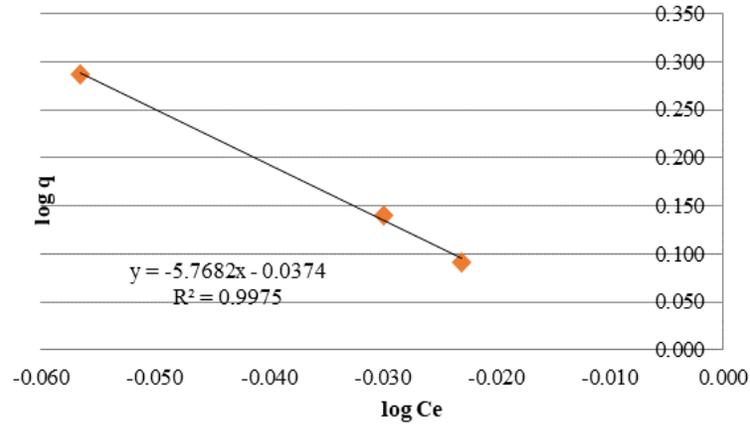
Model isoterm yang digunakan untuk mendeskripsikan proses adsorpsi logam Mn yaitu sama dengan proses adsorpsi logam Fe dengan menggunakan isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Dari kedua model isoterm tersebut kemudian ditentukan model isoterm yang lebih sesuai untuk bisa mendeskripsikan proses adsorpsi Mn. Grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk logam Mn dengan ukuran adsorben 80 mesh dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 secara berurutan. Sementara itu, grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk logam Mn dengan ukuran adsorben 100 mesh dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 secara berurutan.



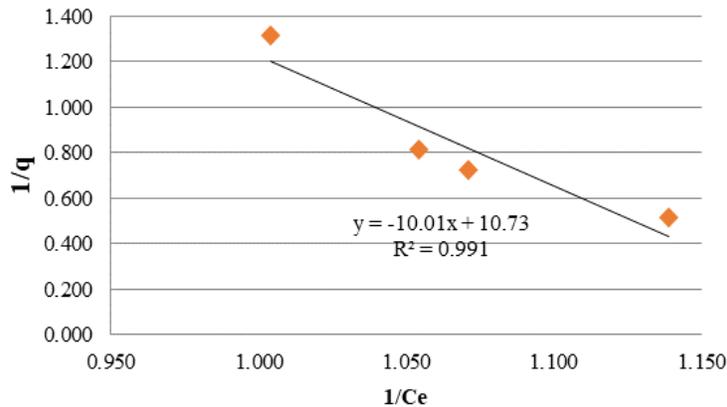
**Gambar 7.** Kurva Persamaan Freundlich Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 80 Mesh untuk logam Mn



**Gambar 8.** Kurva Persamaan Langmuir Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 80 Mesh untuk logam Mn



**Gambar 9.** Kurva Persamaan Freundlich Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 100 Mesh untuk logam Mn



**Gambar 10.** Kurva Persamaan Langmuir Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 100 Mesh untuk logam Mn

Berdasarkan penentuan isoterm pada adsorpsi logam Mn dengan variasi adsorben 80 mesh menggunakan model isoterm Freundlich dan Langmuir diperoleh nilai koefisien relasi ( $R^2$ ) untuk kedua model isoterm tersebut yaitu 0,998 dan 0,993. Untuk variasi adsorben 100 mesh diperoleh nilai koefisien relasi ( $R^2$ ) untuk kedua model isoterm tersebut yaitu 0,997 dan 0,991.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa nilai  $R^2$  pada adsorben memiliki nilai yang mendekati 1 dengan model isoterm Freundlich. Nilai  $R^2$  yang semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa proses adsorpsi dapat dimodelkan dengan isoterm adsorpsi (Mandasari, I dan Purnomo, A., 2016).

#### 4. KESIMPULAN

Waktu kontak optimum penurunan kadar logam Besi (Fe) pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 3.091 mg/L. Sedangkan penurunan kadar logam Mangan (Mn) pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 1.992 mg/L.

Efisiensi optimum adsorben serbuk kayu meranti dalam penurunan kadar logam besi (Fe) pada variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 99.909%. Sedangkan efisiensi optimum adsorben serbuk kayu meranti dalam penurunan kadar logam mangan (Mn) pada variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 92.919%. Dengan menggunakan perhitungan persamaan isoterm, proses adsorpsi logam Fe dan Mn dengan variasi adsorben 80 mesh dan 100 mesh dapat dimodelkan menggunakan isoterm Freundlich.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afrianty, C., Gustin, L., dan Dewi, T.K. (2012). Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Menggunakan Teknologi Membran Keramik. *Jurnal Teknik Kimia*, 18 (3)
- Irawan, SN., Mahyudin, I., Razie, F., dan Susilawati, S. (2016). Kajian Penanggulangan Air Asam Tambang Pada Salah Satu Perusahaan Pemegang Ijin Usaha Pertambangan Di Desa Lemo Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah., *EnviroScience* 12 (1) .
- Jalali, R., Ghafurian, H., Davarpanah, S.J., dan Sepehr, S. (2002). Removal and Recovery of Lead Using Non Living Biomass of Marine Algae. *Journal of Hazardous Material*, B92, 253-262
- Mandasari, I dan Purnomo, A. (2016). Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *Jurnal Teknik ITS* ,5 (1)
- Saadi, R., Saadi, Z., Fazeli, R., and Fard, N.E. (2015). Monolayer and multilayer adsorption isotherm models for sorption from aqueous media. *Korean J.Chem.Eng*, 32(5), pp. 787-799
- Standard Nasional Indonesia. (1995). SNI 06-3730-1995 : Arang Aktif Teknis. Badan Standarisasi Nasional.
- Sulistyo dan Fitriana, D. (2016). Aplikasi Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Jati Sebagai Adsorben Ion Logam Pb dan Analisis Menggunakan SPS. *Jurnal Kimia*, 1, (2).

- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, HA. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik*, 12, (1).
- Tandy, E., Hasibuan, IF., dan Harahap, H. (2012). Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2).
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. dan Stensel, H. D. (2003). Waste Water Engineering: Treatment and Reuse. *Metcalf & Eddy Inc., New York*
- Wardhana, I.W., Handayani, D.S dan Rahmawati, D.S. (2009). Penurunan Kandungan Phosphat Pada Limbah Cair Industri Pencucian Pakaian (Laundry) Menggunakan Karbon Aktif Dari Sampah Plastik Dengan Metode Batch Dan Kontinyu (Studi Kasus : Limbah Cair Industri Laundry Lumintu Tembalang, Semarang), 30 (2), pp. 119-127
- Zakaria, A., Rohaeti, E., Batubara, I., Sutisna dan Purwamargapratala, Y. (2012). Adsorpsi Cu (II) Menggunakan Zeolit Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2012*

# ANALISIS KARAKTERISTIK LIMBAH PABRIK GULA (BLOTONG) DALAM PRODUKSI BAHAN BAKAR GAS (BBG) DENGAN TEKNOLOGI ANAEROB BIODIGESTER SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF NASIONAL

**Heni Dwi Kurniasari, Rahilla Apria Fatma, Janser Aldomoro S. R.**

Teknik Lingkungan, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta

E-mail : henienvir17@gmail.com

## Abstrak

*Blotong adalah limbah padat yang dihasilkan dari stasiun pemurnian dengan mekanisme penapisan nira kotor pada vacuum filter dengan nira kotor yang terdapat pada door clarifier, yang telah diberi bahan-bahan tambahan. teknologi yang digunakan dalam mengolah limbah blotong yaitu teknologi digestion. Proses digestion dapat berjalan secara optimal, efektif dan efisien dengan memperhatikan kandungan C/N ratio, suhu, pH, dan faktor pendukung lainnya. Proses digestion memerlukan tabung reaktor untuk melakukannya, bahan yang dimasukkan dalam reaktor divariasikan dengan komposisi perbandingan blotong dan kotoran sapi sebagai bahan baku teknologi digestion yaitu : 100 % : 0%, 90% : 10%, 80% : 20 %, 70 % : 30 %, 60 % : 40 %, 50 % : 50 %. Sedangkan untuk inokulum sebagai starter dalam proses biogas dimasukkan sebanyak 30 % dari total volume bahan, hasil dari campuran tersebut akan menghasilkan bahan bakar alternatif bagi masyarakat untuk kedepannya. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh informasi karakteristik bahan yakni C/N Ratio, pH, Dry Content, Volatil Solid, BOD, COD tertinggi yaitu 44,2438; 5,1; 1,0936%; 0,2462%; 116,0000 ppm; 954,9120 ppm. Kadar metan tertinggi yakni 50882.94 ppm Komposisi yang terbaik untuk optimisasi pemanfaatan limbah blotong menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif yaitu pada variasi kedua dengan konsentrasi metan tertinggi.*

**Kata Kunci :** Blotong, Kotoran Sapi, Biogas, Energi Alternatif

## Abstract

*Blotong is a solid waste produced from a refining station with a filtering mechanism for dirty sap in a vacuum filter with dirty roomie on a door clarifier, which has been added with additional ingredients. Blotong waste processing with digestion technology in the manufacture of new renewable energi is a very effective and efficient solution. The digestion process can run optimally, effectively and efficiently with regard to the content of C / N ratio, temperature, pH, and other supporting factors. The raw materials used are blotong from PT. Madu Baru Madukismo Yogyakarta. The raw material is mixed with cow dung and inoculum as a starter in the process of breeding methane bacteria. After all the ingredients are mixed then put in a reaktor called a digester with a fermentation time of 50 days and an observation of the temperature, production, and content of methane in biogas is carried out. The materials put in the reaktor varied with the composition of the blotong and cow manure, namely: 100%: 0%, 90%: 10%, 80%: 20%, 70%: 30%, 60%: 40%, 50%: 50 %. As for the inoculum as a starter in the biogas process, 30% of the total volume of the material is included. The purpose of this study is expected to be able to produce biogas with the optimal amount and quality of gas as an alternative fuel for the community. Based on the results of the study obtained information on the characteristics of the ingredients namely C / N Ratio, pH, Dry Content, Volatile Solid, BOD, The highest COD is 44.2438; 5.1; 1.0936%; 0.2462%; 116,0000 ppm; 954.9120 ppm. The highest methane content is 50882.94 ppm. The best composition for optimizing the utilization of blotong waste into biogas as an alternative fuel is the second variation with the highest methane concentration.*

**Keywords :** Blotong, Cow Manure, Biogas, Alternative Energi

Dikirim/submitted: 9 April 2019

Diterima/accepted: 29 April 2019

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan bakar minyak dan bahan bakar gas setiap tahunnya meningkat. Hal ini disebabkan karena jumlah populasi meningkat sehingga menyebabkan kebutuhan sehari-hari juga meningkat. Pemerintah melakukan berbagai macam cara agar pemanfaatan bahan bakar gas (LPG) dapat berkurang dengan adanya energi baru dan terbarukan sebagai pengganti dari bahan bakar gas. Pengembangan serta inovasi dalam konversi energi ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN). Target pemerintah yang dituangkan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menunjukkan bahwa energi baru terbarukan pada tahun 2025 harus mencapai target 23 % sedangkan pada tahun 2017 baru mencapai 11,9 %. Oleh karena itu pemerintah dan instansi BUMN berusaha mencapai target tersebut dengan melakukan penelitian secara terus menerus dalam bidang energi baru terbarukan. Energi baru terbarukan dapat dihasilkan dari proses pemanfaatan berbagai jenis limbah biomassa dalam jumlah yang cukup banyak serta blm dimanfaatkan secara optimal. Salah satu jenis limbah yang dapat dimanfaatkan adalah limbah industri pabrik gula. Jumlah limbah yang terdapat pada pabrik gula di Indonesia sangat banyak karena dari berbagai wilayah Indonesia terdapat 62 unit industri gula dengan rincian 50 unit dibawah BUMN dan 12 dibawah swasta. Limbah yang dihasilkan dari industri gula tersebut salah satunya adalah limbah blotong.

Limbah blotong merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses penggilingan batang tebu untuk menjadi gula. Dalam masa satu proses penggilingan biasanya akan menghasilkan blotong sekitar 3,8% dari bobot tebu (Ismayana dkk., 2012). Selain dihasilkan dari proses penggilingan tebu, limbah blotong juga dihasilkan dari stasiun pemurnian, dengan penapisan nira kotor pada *vaccum filter* dengan nira kotor yang terdapat pada *door clarifier* yang telah diberi bahan tambahan (Supari dkk., 2015). Dalam satu proses produksi seperti pabrik Gula mampu menghasilkan blotong dalam jumlah 14000 ton dengan pemanfaatan blotong sebagai pupuk mencapai 50 % yaitu 8000 ton dan sisanya belum dimanfaatkan. Selama ini, limbah blotong hanya dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan belum dilakukan pemanfaatan secara optimal efektif dan efisien. Tumpukan blotong di musim hujan akan menjadi basah, sehingga menyebarkan bau busuk, dan mencemari lingkungan (Dharma dkk., 2017). Meninjau dari jumlah limbah blotong yang sangat banyak maka pemanfaatan limbah blotong menjadi salah satu bahan baku dalam pembuatan energi baru terbarukan merupakan solusi yang sangat efektif dan efisien. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah blotong sehingga mampu menjadi energi baru terbarukan yaitu *digestion*.

Blotong limbah pabrik gula memiliki karakteristik dasar yang menunjukkan potensi sebagai bahan baku produksi biogas karena merupakan limbah organik (Sasongko dan Tantal, 2018).

*Digestion* merupakan teknologi dengan proses pembusukan tanpa oksigen (anaerob) yang dapat menghasilkan biogas. *Digestion* yang digunakan skala laboratorium dengan design sederhana menggunakan sistem manometer air untuk penampung biogas (Dewani, 2010). Dalam proses biogas sangat ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu, temperatur, pH, volatile solid (VS), Rasio C/N bahan isian, kadar bahan kering, kebutuhan nutrisi, kondisi anaerob (Suyitno dkk., 2012). Jika kadar C semakin tinggi dalam bahan, maka akan memberikan suasana asam dan pH menjadi rendah. Kondisi tersebut merupakan kondisi yang ideal untuk menghasilkan biogas. Sebaliknya, jika total N semakin tinggi, maka akan menyebabkan terbentuknya gas ammonia dan akan membuat pH naik serta proses metanogenesis akan terhambat (Dioha dkk., 2013). Dari berbagai faktor tersebut dapat diketahui bahwa sebagian besar faktor berasal dari bahan isian atau material yang dimasukkan dalam digester yaitu blotong, kotoran sapi serta inokulum menggunakan reaktor biodigester sehingga menghasilkan biogas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimal dalam pemanfaatan blotong sebagai bahan baku teknologi *digestion* dengan bahan campuran berupa kotoran sapi dan inokulum sebagai starter bakteri metan. Inokulum yang digunakan yaitu *sludge* biodigester karena *sludge* biodigester masih banyak mengandung bahan organik serta bakteri metan (Kurniasari, 2010). Pengamatan yang dilakukan secara kontinyu setiap hari yaitu temperatur, serta volume biogas. Temperatur digester pada saat proses fermentasi substrat sangat mempengaruhi kuantitas produksi biogas (Dharma dan Bustomi, 2017). Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan biogas dalam jumlah dan kualitas yang optimal menjadi bahan bakar gas sebagai bahan bakar alternatif bagi masyarakat untuk kedepannya.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan pada enam tempat yaitu:

#### **2.1.1 Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Proklamasi 45**

Proses penyiapan bahan baku, proses pembuatan alat, proses pengamatan dan penelitian sampel.

#### **2.1.2 Laboratorium PIAT Universitas Gadjah Mada**

Pengambilan bahan baku berupa inokulum yaitu *sludge* dari proses biodigester limbah kotoran sapi.

### 2.1.3 PT. Madu Baru Madukismo

Pengambilan bahan baku berupa limbah blotong.

### 2.1.4 Laboratorium Teknologi Limbah, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada

Pengujian karakteristik awal bahan berupa pH, C/N Ratio

### 2.1.5 Laboratorium Chemix Yogyakarta

Pengujian karakteristik awal limbah serta komposisi setiap sampel yang terdiri dari pH, BOD, COD, kadar kering, Volatil solid, C/N Ratio

### 2.1.6 Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian

Pengujian kandungan biogas yang dihasilkan lebih spesifik kandungan metan pada biogas.

## 2.2 Bahan Penelitian

Bahan Penelitian Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah blotong, kotoran sapi, air, serta inokulum. Inokulum berfungsi sebagai starter dalam proses fermentasi. Air berfungsi sebagai pengencer substrat padatan.

## 2.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi komposisi campuran bahan perbandingan limbah blotong dan kotoran sapi yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

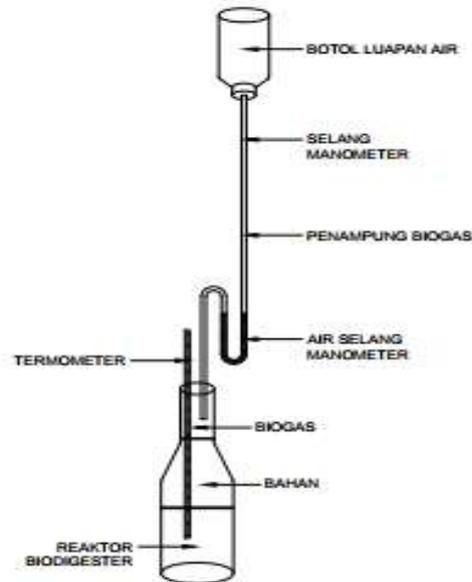
**Tabel 1.** Komposisi Campuran pada Penelitian

Variasi	Bahan Material	Persentase (%)
I	Blotong : Kotoran sapi	100 : 0
II	Blotong : Kotoran sapi	90 : 10
III	Blotong : Kotoran sapi	80 : 20
IV	Blotong : Kotoran sapi	70 : 30
V	Blotong : Kotoran sapi	60 : 40
VI	Blotong : Kotoran sapi	50 : 50

Variabel terikat berupa komposisi inokulum 30% dari total volume substrat, uji karakteristik awal bahan dan uji kandungan biogas. Uji karakteristik awal bahan meliputi uji pH, C/N ratio, VS (*Volatile Solid*), kadar kering (*Dry Content*), BOD, COD. Uji kandungan biogas yaitu uji kandungan metan.

## 2.4 Peralatan Penelitian

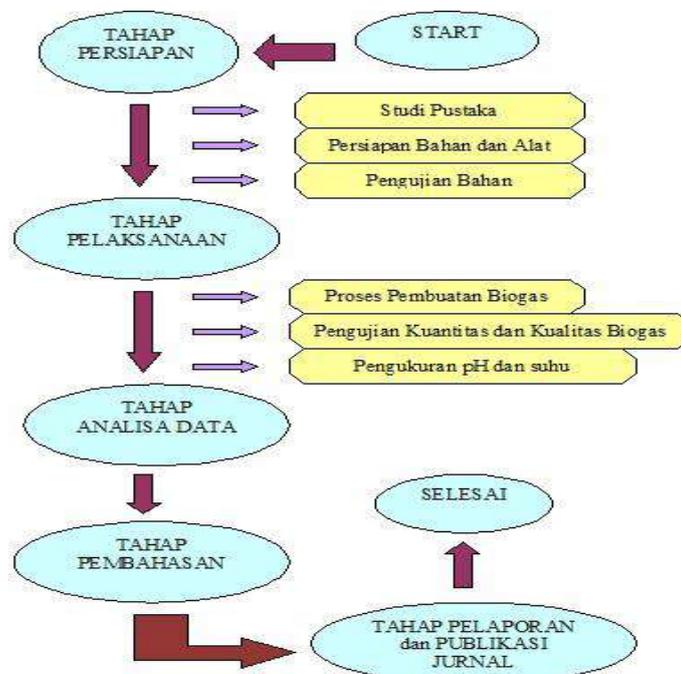
Skema alat penelitian biogas dari blotong dengan biodigester dan *gas holder* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Alat Biodigester dan Gas Holder skala laboratorium

## 2.5 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan penyiapan alat dan bahan, melakukan setting variabel, pengambilan data, pengujian laboratorium dan analisis data. Tahapan penelitian dilakukan seperti pada diagram dibawah ini (Gambar 2 dan Gambar 3):



**Gambar 2.** Diagram Jalannya penelitian



**Gambar 3.** Diagram Pembuatan Biogas

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Uji Karakteristik Awal

Berdasarkan hasil uji karakteristik awal bahan atau substrat enam variasi dengan campuran blotong, kotoran sapi serta inokulum menggunakan teknologi anaerobik digester maka diperoleh informasi data karakteristik berupa C/N Ratio, pH, *Dry Content*, *Volatil Solid*, BOD, dan COD. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat pengaruh variasi komposisi bahan biodigester terhadap karakteristik awal bahan atau substrat biodigester (Tabel 2).

**Tabel 2.** Uji Karakteristik Awal *Dry Content*, C/N Ratio, *Volatil Solid*, BOD, dan COD pada Blotong

Analisa	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
Dry content	68,1181%	68,4539%	68,286%
C/N Ratio	47,6033	47,5966	47,5999
Volatile Solid	19,9131%	19,5778%	19,7455%
BOD	145,662 ppm	144,096 ppm	144,879 ppm
COD	1997,403 ppm	2168,770 ppm	2083,0865 ppm

Tabel 2 menunjukkan pengujian karakteristik awal dari blotong. Nilai C/N Ratio dan *Volatile Solid* memenuhi untuk blotong dijadikan sebagai bahan biodigester. Untuk karakteristik BOD dan COD masih tinggi dikarenakan bahan organik yang terkandung dalam blotong masih banyak. Hal ini dapat menjadi faktor yang baik dalam pembentukan biogas.

Pada penelitian pengujian karakteristik awal bahan untuk enam variasi komposisi, inokulum dan kotoran sapi pada pengujian C/N Ratio dan pH ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Uji C/N Ratio dan pH untuk enam variasi bahan, inokulum (*sludge* biodigester), serta kotoran sapi.

No	Kode	C/N Ratio			pH		
		Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
1	1	14.7537	14.6547	14.7042	4.9000	4.9000	4.9000
2	2	28.9528	27.7164	28.3346	4.8000	4.8000	4.8000
3	3	25.9890	26.2106	26.0998	4.8000	4.8000	4.8000
4	4	29.3575	30.0511	29.7043	4.8000	4.8000	4.8000
5	5	37.5583	39.7711	38.6647	5.1000	5.1000	5.1000
6	6	42.4766	46.0109	44.2438	5.1000	5.1000	5.1000
7	Inokulum	24.1125	26.6454	25.3789	7.2000	7.2000	7.2000
8	Kotoran sapi	25.5131	25.3549	25.434	7.8000	7.8000	7.8000

Dari hasil analisis karakteristik awal yang telah dilakukan terhadap variasi komposisi bahan biodigester serta inokulum yang berupa *sludge* biodigester dan kotoran sapi ditunjukkan di Tabel 2 terlihat bahwa pada karakteristik awal C/N Ratio kode 1 (100% blotong) dengan campuran inokulum berupa *sludge* biodigester memiliki C/N Ratio paling rendah sedangkan kode 6 (50% blotong : 50% kotoran sapi) dengan campuran inokulum *sludge* biodigester memiliki C/N Ratio paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada tabel 2 terlihat sebagian hasil analisa C/N Ratio memiliki kecenderungan meningkat seiring dengan sedikitnya komposisi blotong dan banyaknya kotoran sapi. C/N Ratio menunjukkan bahan organik yang terdapat pada blotong belum sepenuhnya banyak dibandingkan dengan bahan organik dengan campuran persentase kotoran sapi yang lebih besar.

Hasil pengujian awal pada karakteristik pH menunjukkan bahwa nilai pH semakin meningkat seiring dengan sedikitnya komposisi blotong dan banyaknya kotoran sapi. pH dengan persentase 100 % blotong memiliki nilai yang kecil yang berarti pH asam. Hal ini karena blotong mengandung kadar asam yang masih tinggi sehingga walaupun sudah ditambahkan inokulum berupa *sludge* biodigester namun nilai pH masih kecil (asam). Berbeda dengan nilai pH pada variasi 6 yaitu 50 % blotong dan 50 % kotoran sapi memiliki nilai pH yang lebih tinggi disbanding variasi 1 (100% blotong). Hal ini menunjukkan bahwa campuran kotoran sapi serta inokulum (*sludge* biodigester) mampu menetralkan kandungan asam pada blotong. Hasil pengujian C/N Ratio memiliki kecenderungan yang sama dengan pengujian pH pada enam variasi komposisi bahan. Pengujian

C/N Ratio dan pH pada inokulum yang berupa sludge biodigester serta kotoran sapi memiliki nilai yang ideal untuk komposisi biogas.

*Volatil solid, dry content* merupakan pengujian kandungan solid atau padatan serta kadar pengenceran dalam *slurry* (input bahan digester berupa blotong dan kotoran sapi) dan *sludge* biodigester hasil fermentasi. Kedua pengujian tersebut saling berhubungan satu dengan yang lain. Hasil pengujian *volatil solid, dry content* dapat dilihat dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Uji *Dry Content* dan *Volatil Solid* untuk enam variasi bahan, inokulum (*sludge* biodigester), serta kotoran sapi.

No	Kode	Dry Content ( % )			TVS ( % )		
		Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
1	1	0.7934	0.6310	0.7122	0.1097	0.2896	0.1997
2	2	1.0365	0.9321	0.9843	0.0674	0.2405	0.1539
3	3	1.1538	0.7149	0.9344	0.1733	0.3194	0.2464
4	4	0.7894	0.7330	0.7612	0.0069	0.3295	0.1682
5	5	0.9231	0.6347	0.7789	0.1194	0.1942	0.1568
6	6	1.0902	1.0969	1.0936	0.2684	0.1020	0.1852
7	inokulum	0.2318	0.1497	0.1908	0.2035	0.0599	0.1317
8	Kotoran sapi	36.4035	36.3917	36.3976	14.7607	14.7738	14.7673

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai volatil solid pada enam komposisi tidak signifikan dan belum sesuai standar untuk mendukung proses biogas. Data hasil pengujian volatil solid yang didapat belum bisa diambil suatu korelasi antara nilai volatil solid dengan adanya komposisi bahan biodigester dalam proses produktivitas biogas. Pada tabel 4 hasil pengujian nilai dry content tertinggi terdapat pada kode 3 (80% blotong : 20% kotoran sapi), sedangkan nilai terendah dry content pada kode 1 (100% blotong). Secara matematis pada enam komposisi hasil tidak signifikan sehingga data yang didapat belum dapat diambil suatu korelasi antara nilai kadar kering dengan adanya komposisi bahan dalam proses produktivitas biogas. Pengujian parameter BOD dan COD dilakukan untuk mengetahui kandungan bahan organik yang terdapat dalam biodigester dan tingkat pencemaran yang terdapat pada blotong, kotoran sapi, serta inokulum yang berupa sludge biodigester hasil fermentasi kotoran sapi pada proses biogas.

*Chemical Oxygen Demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Sedangkan BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu

karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Tchobanoglous dkk., 1991). Hasil pengujian BOD dan COD pada masing-masing komposisi ditunjukkan dalam Tabel 5.

**Tabel 5.** Uji BOD dan COD untuk enam variasi bahan, inokulum (*sludge* biodigester), serta kotoran sapi.

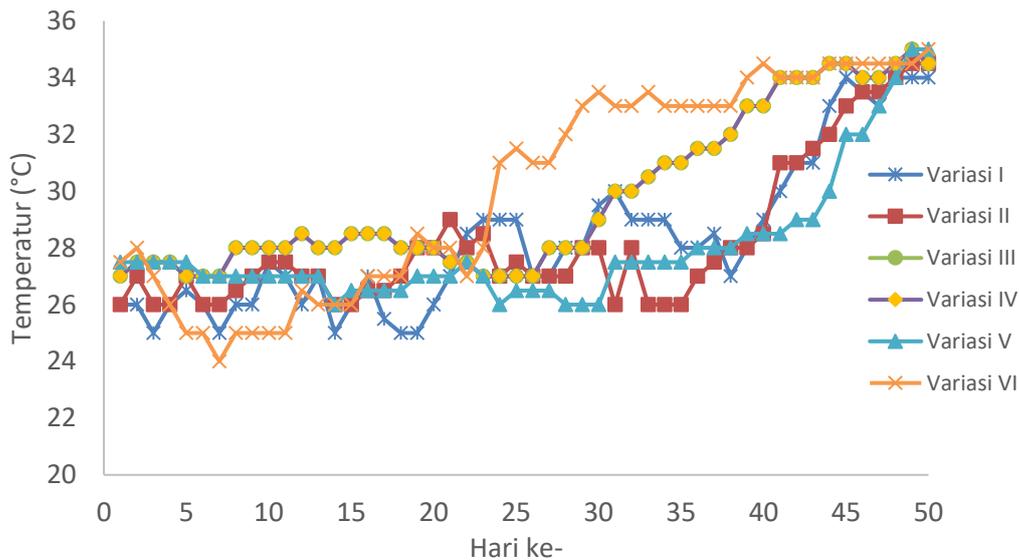
No	Kode	BOD ( ppm )			COD ( ppm )		
		Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
1	1	80.0000	88.0000	84.0000	823.2000	757.3440	790.2720
2	2	112.0000	96.0000	104.0000	987.8400	921.9840	954.9120
3	3	72.0000	84.0000	78.0000	757.3440	823.2000	790.2720
4	4	64.0000	60.0000	62.0000	658.5600	724.4160	691.4880
5	5	108.0000	100.0000	104.0000	889.0560	954.9120	921.9840
6	6	112.0000	120.0000	116.0000	987.8400	921.9840	954.9120
7	inokulum	36.0000	40.0000	38.0000	164.6400	197.5680	181.1040
8	Kotoran Sapi	124.0000	132.0000	128.0000	1152.4800	1086.6240	1119.5520

Pada tabel 5 didapat nilai BOD tertinggi pada kode 6 (50% blotong : 50% kotoran sapi) dengan nilai 116,000 ppm, sedangkan nilai COD tertinggi pada kode 2 (90% blotong : 10% kotoran sapi) serta kode 6 (50% blotong : 50% kotoran sapi) dengan nilai 954.9120 ppm. Nilai BOD dan COD terendah pada kode 4 (70% blotong : 30% kotoran sapi) dengan nilai BOD : 62,0000 ppm, COD : 691.4880 ppm.

Nilai BOD tertinggi dengan persentase limbah blotong yang paling sedikit yaitu 50% dengan kotoran sapi 50%, hal ini menunjukkan bahwa jumlah kotoran sapi lebih banyak mengandung bahan organik yang lebih banyak sehingga oksigen terlarut yang ada dalam komposisi tersebut juga lebih banyak. Pada komposisi tersebut jumlah mikroorganisme pengurai lebih banyak sehingga jumlah biogas yang dihasilkan akan lebih banyak.

### 3.2. Pengamatan Temperatur serta Karakteristik Biogas

Pengamatan temperatur merupakan pengamatan yang dilakukan setiap hari selama masa penelitian. Baik pra penelitian atau penelitian yang ke dua. Adapun hasil pengamatan temperatur selama masa penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Hasil Pengamatan Temperatur selama Proses Penelitian

Hasil pengamatan temperatur pada Gambar 4 menunjukkan bahwa temperatur biodigester pada masing-masing reaktor bervariasi dan berubah setiap harinya. Perubahan temperature tersebut dipengaruhi oleh proses yang terjadi pada setiap reaktor biodigester. Ketika awal proses temperature cenderung kecil kemudian meningkat seiring penambahan waktu fermentasi. Hal ini disebabkan pada biodigester terjadi proses pembentukan biogas sesuai dengan tahapan pembentukan biogas. Selain disebabkan oleh perubahan proses atau tahapan terbentuknya biogas, temperature juga dipengaruhi oleh temperature disekitar reaktor biodigester. Pada saat penelitian reaktor biodigester diletakkan didalam ruangan dengan asumsi tidak langsung terpapar sinar matahari sehingga diharapkan temperature lingkungan lebih stabil. Namun yang terjadi temperature lingkungan dalam ruangan meningkat sehingga mempengaruhi suhu yang terdapat pada reaktor biodigester. Hal ini ditunjukkan dengan adanya uap air yang terdapat pada botol penampung luapan air dari selang penampung gas.

Pengujian komposisi biogas merupakan pengujian yang dilakukan sebanyak dua kali selama masa penelitian 50 hari pada setiap digester. Pengujian karakteristik biogas untuk mengetahui kandungan gas yang terdapat dalam biogas, seberapa banyak kandungan murni metan. Hal ini bertujuan untuk menentukan efektifitas proses pengolahan limbah blotong dalam menghasilkan biogas dengan kualitas kandungan metan yang tinggi sehingga mampu menjadi bahan bakar gas alternatif yang optimal. Kandungan metan dalam biogas yang terbentuk akan dijelaskan dalam tabel 6. Pada tabel 6 menunjukkan kandungan metan tertinggi pada variasi ke 2 dengan komposisi bahan 90% blotong dan 10% kotoran sapi. Hal ini menunjukkan bahwa limbah blotong efektif untuk

dimanfaatkan sebagai bahan bakar gas alternatif dengan proses anaerobik menghasilkan biogas. Pada penelitian sebelumnya hasil produksi biogas dan gas metana dari limbah blotong menunjukkan hasil yang baik karena menggunakan bioreaktor atau fermentor dengan *Continous Stirrer Tank Reaktor System* atau CSTR (Janke dkk., 2015).

**Tabel 6.** Uji Konsentrasi Metan (CH<sub>4</sub>) (ppm) pada Biogas

Nomor/ <i>Number</i>	Kode Sampel/ <i>Sample code</i>	Kode Distribusi/ <i>Distribution code</i>	Konsentrasi Gas CH <sub>4</sub> * / <i>Concentration of CH<sub>4</sub></i>
			<i>GC-14A</i> ppm
1	V1	235.1.001	1134.82
2	V2	235.1.002	50882.94
3	V3	235.1.003	5953.38
4	V4	235.1.004	43779.78
5	V5	235.1.005	9913.90
6	V6	235.1.006	46508.08

#### 4. KESIMPULAN

Dalam penelitian pemanfaatan limbah blotong sebagai biogas ini, nilai C/N Ratio, pH, *Dry Content*, *Volatil Solid*, BOD, dan COD tertinggi pada enam variasi yaitu 44,2438; 5,1; 1,0936%; 0,2462%; 116,0000 ppm; dan 954,9120 ppm secara berurutan. Konsentrasi metan pada biogas yang dihasilkan yang tertinggi pada variasi ke dua dengan komposisi bahan 90% blotong dan 10% kotoran sapi yaitu 50882.94 ppm. Pada penelitian ini komposisi yang terbaik untuk optimaslisasi pemanfaatan limbah blotong menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif yaitu pada variasi kedua dengan konsentrasi metan tertinggi. Limbah blotong mampu menjadi sumber energi alternatif sebagai bahan bakar gas sehingga kedepannya limbah blotong tidak hanya dimanfaatkan sebagai pupuk namun dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan bakar gas alternatif yaitu biogas.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula Tahun 2019.

#### DAFTAR PUSTAKA

Dewani, Intan. (2010). *Teknologi Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah/Limbah Perkotaan*, Magister Sistem Teknik, UGM, Yogyakarta.

- Dharma, Untung Surya., Rajabiah, Nurlalila dan Setyadi, Chika. (2017). Pemanfaatan Limbah Blotong dan Bagase Menjadi Biobriket dengan Perikat Berbahan Baku Tetes Tebu dan Setilage. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 6(1).
- Dioha., I.J., Ikeme., C.H., Nafi'u, T., So., N.I. Soba, and Yusuf., M.B.S. (2013). Effect of Carbon to Nitrogen Ratio on Biogas production. *International research Journal of natural Sciences*, 1 (3):1-10.
- Harahap F., M. Apandi, dan S. Ginting. (1978). *Teknologi Biogas, Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi, Bandung.*
- Ismayana, Andes., Indrasti, Nastiti Siswi., Suprihatin., Maddu, Akhiruddin dan Fredy, Aris. (2012). Faktor Rasio C/N Awal dan Laju Aerasi pada Proses Co-Composting Bagasse dan Blotong. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 22 (3):173-179
- Janke, L., Leite, A., Nikolausz, M., Schimdt, T., Liebetrau, J., Nelles, M., and Stinner, W. (2015). Biogas Production from sugarcane waste: Assessment on Kinetic Challenges for Process Designing. *International Journal of Molecular Sciences*. ISSN 1422-0067. Vol 16, 20685-20703.
- Kurniasari Heni Dwi, (2010), Pemanfaatan Sludge Limbah Biodigester untuk Meningkatkan Kecepatan Produksi Biogas dan Konsentrasi Gas Metan dalam Biogas, UGM, Yogyakarta
- Sasongko Pramono, Tantalu Lorine, (2018), Fermentasi Blotong Limbah PG.Krebet dan Rumen Sapi Dalam Produksi Biogas, *Jurnal Buana Sains*, 18 (2): 131-138
- Supari.,Taufik dan Gunawan, Budi. (2015). Analisa Kandungan Kimia Pupuk Organik Dari Blotong Tebu Limbah Dari Pabrik Gula. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik universitas Wahid Hasyim Semarang*, 1(1) :10-13.
- Suyitno., Nizam, Muhammad dan Dharmanto. (2012). *Teknologi Biogas Pembuatan Operasional dan Pemanfaatan. Yogyakarta : Graha Ilmu*
- Tchobanoglous,G., Burton, F.L dan Stensel,H.D. (1991). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> ed, McGraw-Hill Book Company, New York.*
- Untung, Surya Dharma dan Hamim, Bustomi. (2017). Pengaruh Temperatur Digester Sistem Kontinyu Terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Blotong, *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 6 (2), ISSN : 2301-6663

## Pengaruh Konsentrasi Peroksida Terhadap Produksi Biohidrogen Dari Limbah Buah Jeruk Melalui Metode Fermentasi Gelap

Atika Dwi Farini<sup>1</sup>, Sarto<sup>2</sup>, Suryo Purwono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>)Magister Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan

<sup>2</sup>)<sup>3</sup>)Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada

E-mail: atikafarini@gmail.com

### Abstrak

*Proses fermentasi gelap (dark fermentation) memiliki beberapa kelebihan, yaitu dapat memproduksi gas hidrogen tanpa membutuhkan cahaya matahari, substrat yang digunakan bervariasi dan tidak membutuhkan biaya yang besar. Upaya untuk dapat menghasilkan gas hidrogen yang tinggi, salah satunya dengan merekayasa jalur metabolisme melalui penambahan agen radikal bebas yaitu hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan  $H_2O_2$  pada inokulum campuran dari digester biogas dengan limbah buah jeruk sebagai substrat terhadap produksi hidrogen. Hidrogen peroksida dengan konsentrasi berbeda (0 mM, 0,2 mM, 0,4mM, 0,6mM, 0,8 mM) ditambahkan ke dalam fermentor (100mL) yang telah berisi inokulum campuran dan limbah buah jeruk. Penelitian dilakukan selama 7 hari pada kondisi anaerob dengan suhu 37<sup>0</sup>C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan hidrogen peroksida memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap produksi hidrogen dibandingkan dengan tanpa penambahan hidrogen peroksida. Produksi tertinggi gas hidrogen dihasilkan pada penambahan  $H_2O_2$  0,6 Mm dengan yield 801,14 ml.g/Vs. Selama proses fermentasi, Volatile Fatty Acid (VFA) yang dihasilkan yaitu asam asetat, yang dapat mempengaruhi produksi gas hidrogen. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa apabila dihasilkan asam asetat yang tinggi, maka dapat menurunkan produksi hidrogen.*

**Kata kunci** : fermentasi gelap, hidrogen, hidrogen peroksida, VFA

### Abstract

*The process of dark fermentation (dark fermentation) has several advantages, including being able to produce hydrogen gas without the need for sunlight, the substrate used varies and does not require a large cost. Efforts to produce high hydrogen gas, one of which is by engineering metabolic pathways through the addition of free radical agents, namely hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ). This study aims to determine the effect of adding hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) to the mixed inoculum of the biogas digester with orange fruit waste as a substrate on hydrogen production. Hydrogen peroxide with different concentrations (0 mM, 0.2 mM, 0.4mM, 0.6mM, 0.8 mM) was added to the fermentor (100mL) which contained mixed inoculums and citrus fruit waste. The study was conducted for 7 days under anaerobic conditions at 37<sup>0</sup>C. The results showed that the addition of hydrogen peroxide had a significant effect on hydrogen production compared to without the addition of hydrogen peroxide, so the addition of hydrogen peroxide at certain concentrations indicated an increase in hydrogen production. The highest production of hydrogen gas is produced at the addition of 0.6 Mm  $H_2O_2$  with a yield of 801.14 ml.g / VS. During the fermentation process, Volatile Fatty Acid (VFA) produced is acetic acid that can affect the production of hydrogen gas. From the results of the study it can be seen that if high acetic acid is produced, it can reduce hydrogen production.*

**Keywords**: dark fermentation, hydrogen, hydrogen peroxide, VFA

Dikirim/submitted: 16 Mei 2019

Diterima/accepted: 24 Mei 2019

## 1. PENDAHULUAN

Berbagai bahan bakar alternatif telah diusulkan untuk dapat menggantikan bahan bakar fosil. Dalam hal ini, hidrogen diakui sebagai salah satu bahan bakar alternatif yang menjanjikan di masa depan. Hal ini dikarenakan hidrogen merupakan gas yang ramah lingkungan, dimana hanya menghasilkan air ketika dibakar dan memiliki nilai kalori yang lebih tinggi (122 kJ/g), 2,75 kali lipat lebih tinggi dari pada bahan bakar hidrokarbon (Chang dkk., 2004 dan Kim dkk., 2006). Produksi utama hidrogen yaitu berasal dari gas alam, elektrolisis air, *steam reforming hydrocarbon* dan proses auto-termal, akan tetapi metode ini memerlukan biaya yang cukup banyak dan membutuhkan energi yang tinggi.

Produksi hidrogen secara biologi dengan memanfaatkan limbah untuk menghasilkan energi bersih membuat produksi hidrogen dengan metode ini lebih menjanjikan karena memiliki keuntungan yang signifikan dibandingkan dengan metode kimia, salah satunya dengan menggunakan metode fermentasi gelap. Kelebihan yang dimiliki dalam proses ini misalnya dapat memproduksi H<sub>2</sub> tanpa membutuhkan cahaya matahari, substrat yang digunakan bervariasi dan tidak membutuhkan biaya besar (Das dkk., 2008). Selain itu, melalui proses fermentasi gelap *yield* hidrogen yang dihasilkan akan lebih tinggi dari yang dihasilkan oleh proses fermentasi terang dan operasinya juga lebih mudah (Elsharnouby dkk., 2013).

Dalam konversi bahan-bahan organik menjadi hidrogen melalui fermentasi gelap (*dark fermentation*), salah satu substrat yang dapat dimanfaatkan yaitu *sludge* dari hasil produksi biogas. Substrat berbasis karbohidrat merupakan substrat yang paling baik, karena dapat menghasilkan *yield hidrogen* yang tinggi (Kim dkk., 2010). Akan tetapi, dalam prakteknya, terdapat hambatan berupa *yield* hidrogen yang rendah (dikarenakan terbentuknya biomassa, asam organik, dan gas CO<sub>2</sub>) dan juga kecepatan pembentukan hidrogen yang rendah (Kapdan dkk., 2006). Keberhasilan dari proses fermentasi sangat bergantung pada karakteristik substrat bahan organik yang digunakan. Berbagai jenis komponen bahan organik termasuk lipid, protein dan karbohidrat dilaporkan dapat dicerna oleh bakteri penghasil H<sub>2</sub> (Husin dkk., 2014).

Untuk dapat menghilangkan hambatan di dalam produksi gas hidrogen, salah satunya dengan cara merekayasa jalur metabolisme melalui penambahan agen radikal bebas yaitu hidrogen peroksida.

Sehingga diharapkan dengan adanya penambahan hidrogen peroksida dapat meningkatkan produksi gas hidrogen.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsorsium alami yang diperoleh dari 3 digester biogas berbeda, yakni instalasi pengolahan limbah buah (Pasar Buah Gamping, Yogyakarta), digester biogas kotoran sapi (peternak sapi di daerah Umbulharjo, Cangkringan, Sleman), dan digester biogas limbah tahu (pengrajin tahu di desa Gunung Saren, Srandakan, Bantul). Limbah buah jeruk yang digunakan diperoleh dari Pasar Buah Gemah Ripah, Gamping, Yogyakarta.

### 2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan meliputi, botol vial, fermentor sistem *batch*, *chreamper*, pipet mikro dan tips, inkubator, botol serum 100 mL, *seal* aluminium, *syringe*, tabung *ependof* 5 ml, gas nitrogen, *autoclave*, *Gas Chromatography* (GC), serta peralatan gelas dan lainnya yang digunakan dalam laboratorium kimia.

### 2.3 Metode Penelitian

- **Pre-treatment Kultur Mikroba Campuran**

Kultur mikroba campuran (kotoran sapi, limbah buah dan limbah tahu) diambil dari digester biogas. Masing-masing kultur mikroba campuran terlebih dahulu masuk dalam tahap *pre-treatment* sebelum digunakan sebagai inokulum untuk fermentasi. Proses *pretreatment* berfungsi untuk menonaktifkan bakteri metanogenik yang bersifat menggunakan H<sub>2</sub> untuk membentuk gas metana.

Mikroba *methanogenik* tidak dapat tumbuh pada pH yang rendah dibawah pH 5. Metode yang digunakan adalah penambahan HCl 2 M ke dalam inokulum sampah buah hingga pH 3 selama 24 jam. Setelah proses tersebut selesai, selanjutnya pH dinaikkan kembali menjadi sekitar 4,5-5 dengan menambahkan NaOH 2 M.

- **Medium Pengkayaan Kultur Mikroba Campuran**

Pembuatan medium pengkayaan bertingkat bertujuan untuk mendapatkan kultur mikrobial campuran yang bersifat stabil. Fermentor yang digunakan ukuran 100ml dengan volume kerja 50

ml. Volume kerja terdiri dari 45 ml larutan nutrisi dan 5 ml inokulum mikroba campuran yang telah diberi perlakuan *pre-treatment*. Medium pengkayaan menggunakan PYG (*pepton-yeast-glucosa*) yang mengandung nutrisi 10 g/L peptone., 10 g/L yeast extract., 0,001 g/L resazurin., 0,5 g/L Lsisteine- HCl., 10 g/L glukosa. Medium dikondisikan pada pH 5 sebelum diinokulasikan dengan inokulum.

- **Prosedur Eksperimen**

Eksperimen dilakukan pada fermentor *batch* volume 100 mL dengan konsentrasi inokulum yang sudah diberi perlakuan (5 mL), substrat buah jeruk 15 mL, dan 30 mL larutan stok nutrisi (Gambar 1). Volume kerja yang digunakan sebanyak 50 ml dalam botol 100 ml fermentor. Fermentor di inkubasi pada suhu optimal 37°C dan pH dikondisikan pada pH 5.



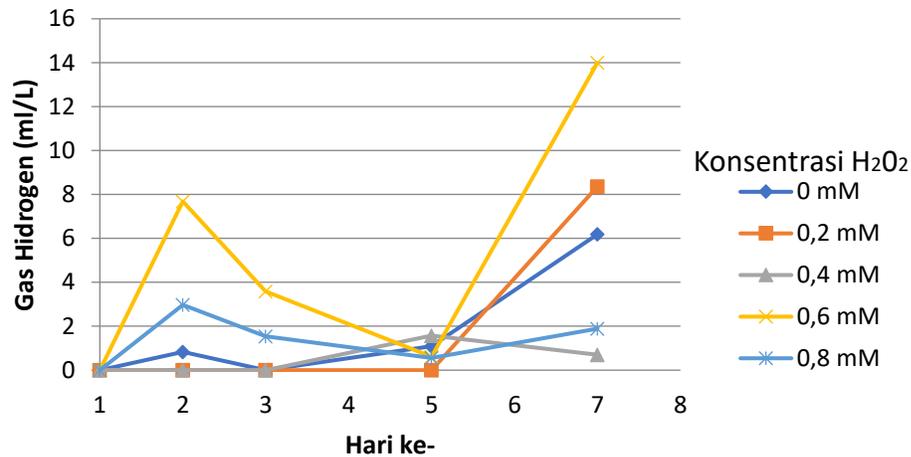
**Gambar 1.** Fermentor Berisi Limbah Buah Jeruk dan Mikrobia Campuran

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Produksi Gas Hidrogen

Dalam penelitian ini, dilakukan uji terhadap produksi gas hidrogen yang dihasilkan dari proses fermentasi gelap. Hasil dari produksi gas hidrogen dapat dilihat pada Gambar 2. Produksi gas hidrogen yang paling tinggi pada hari ke 7 yaitu 14 mL/L. Hal ini menunjukkan perbedaan pada penelitian yang dilakukan oleh Kharisma, 2015 yang menyatakan bahwa produksi hidrogen tertinggi dihasilkan pada hari pertama. Hal ini dikarenakan pada penelitian sebelumnya tidak menggunakan *buffer* untuk mempertahankan pH substrat, pada penelitian ini dilakukan penambahan *buffer* berupa kulit telur (Stefany, 2015) sehingga pH tiap fermentor tetap konstan yaitu berada pada rentang pH 4,5-5,5. Hal ini sesuai dengan derajat keasaman optimum untuk menghasilkan gas H<sub>2</sub> dari karbohidrat yaitu pada kisaran pH sekitar 4,5-6,0 (Wei dkk.,2010)

karena itu pada rentang pH tersebut bakteri penghasil hidrogen membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga produksi gas hidrogen mengalami perlambatan.



**Gambar 2.** Gas hidrogen yang dihasilkan selama proses fermentasi oleh mikroba campuran

### 3.2 Pengaruh Penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Pada Gas Hidrogen

Dalam penelitian ini, dilakukan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada gas hidrogen. Berdasarkan hasil analisa *Gas Chromatography* (GC), dapat diketahui produksi gas hidrogen selama 7 hari yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Produksi gas yang dihasilkan dalam proses fermentasi selama 7 hari menggunakan mikroba campuran

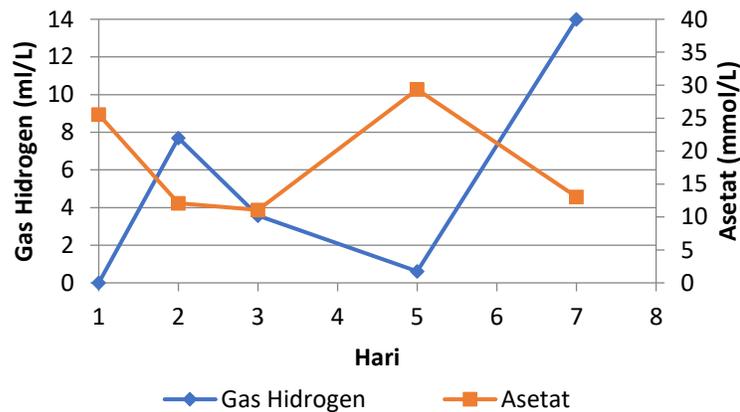
Konsentrasi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Total Gas (mL/L)	Yield H <sub>2</sub> (mL.g/VS)
0 mM	8,116	112,97
0,2 mM	8,363	160,83
0,4 mM	2,269	121,99
0,6 mM	<b>25,877</b>	<b>801,14</b>
0,8 mM	6,963	440,7

Dari hasil yang telah diperoleh, dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> cukup memberikan nilai yang signifikan terhadap produksi gas hidrogen yaitu pada konsentrasi 0,6 dan 0,8 mM yang menghasilkan *yield* hidrogen 801,14 dan 440,7 mL.g/VS. Hal ini menunjukkan bahwa pada pemberian H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada kadar tertentu dapat memberikan nilai yang baik dalam

pembentukan gas hidrogen, akan tetapi jika terlalu tinggi maka akan mengakibatkan penurunan jumlah gas hidrogen.

### 3.3 Pengaruh Penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Pada Asam Organik Terhadap Produksi Gas Hidrogen

Penyebab produksi gas hidrogen yang fluktuatif dapat diidentifikasi dari hubungan antara produksi gas hidrogen dan asam-asam organik. Pada penelitian ini asam organik yang memiliki perbedaan yang cukup signifikan yaitu antara produksi gas hidrogen dengan produksi asam asetat. Dari hasil yang didapat, diketahui bahwa produksi gas hidrogen yang tertinggi berasal dari pemberian konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi 0,6 mM yang memiliki hasil asam asetat yang rendah. Hubungan antara produksi gas hidrogen dan produksi asetat pada konsentrasi 0,6 mM dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hubungan antara produksi gas hidrogen dan produksi asetat pada konsentrasi 0,6 Mm

Dari Gambar 3 di atas, dapat diketahui bahwa asetat memiliki pengaruh terhadap produksi gas hidrogen yang mana produksi gas hidrogen akan meningkat jika produksi asetat kecil. Hal ini sesuai dengan penelitian Ren dkk (2006) yang menyatakan bahwa asetat merupakan salah satu senyawa yang dapat menghambat produksi gas hidrogen.

## 4. Kesimpulan

Penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada limbah buah jeruk oleh mikroba dari digester biogas dapat meningkatkan *yield* gas hidrogen yaitu sebesar 801,14 mL.g/VS dan konsentrasi optimum penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yaitu pada konsentrasi 0,6 mM (30 µl H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/15 ml limbah buah jeruk), sedangkan pada konsentrasi

0,8 mM (40 µl H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/15 ml limbah buah jeruk) terjadi penurunan produksi gas hidrogen, sehingga semakin tinggi penambahan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> akan menurunkan produksi gas hidrogen. Produksi gas hidrogen yang paling tinggi yaitu pada hari ke-7, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi hari yang lebih lama dan Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk dapat menghilangkan atau mengurangi kadar limonen yang dapat menghambat produksi gas hidrogen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chang, R.C dan Lin, Y.C. (2004). Fermentative Hydrogen Production at Ambient Temperature. *International Journal Hydrogen Energy*, 29: 715-720
- Husin, Amir., Sarto., Syamsiah, Siti dan Parasetyo, Imam. (2014). Produksi Biohidrogen dari Hidrolisat Ampas Tahu Secara Fermentasi Anaerob Menggunakan Kultur Campuran, *Reaktor*, 15(2) : 87-96.
- Kim, J.O., Kim, Y.H., Yeom, S. H., Song, B.K dan Kim, I.H. (2006). Enhancing Continuous Hydrogen Gas Production by the Addition of Nitrate Into an Anaerobic Reactor. *Process Biochem*, 41:1208-1212
- Das, Debratas dan T. Nejat Veziroglu. (2008). Advance in Biological Hydrogen Production Processes. *International Journal of Hydrogen Energy*, 33 : 6046-6057
- Elsharnouby, O., Hafez, H. Nakhla, G dan El Naggat, MH. (2013). A Critical Literature Review on Biohydrogen Production by Pure Cultures. *Internation Journal Hydrogen Energy* 38 : 4945-4966
- Kim, M.S dan Lee, D. Y. (2010). Fermentative Hydrogen Production from Tofu Processing Waste and Anaerobic Digester Sludge Using Microbial Consortium, *Bioresource Technology*, 101:S48-S52
- Kapdan, I. K dan F. Kargi. (2006). Bio-hydrogen Production from Waste Materials. *Enzyme and Microbial Technology*, 38:569-582
- Kharisma, Agung Dian. (2015). Pengaruh Hidrogen Peroksida terhadap Produksi Hidrogen Dari Limbah Buah Melon: Cucumis Melo L.) Oleh Mikroba Digester Biogas. *Tesis*, Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

- Stefany, Windy. (2015). Produksi Biogas Dari Campuran Sampah Buah Dengan Perlakuan Awal Distilasi Uap. *Tesis*, Pascasarjana Universitas Gadjah Mada
- Wei, Juan., Liu, Zuo-Tao dan Zhang, Xin. (2010). Biohydrogen Production from Starch Wastewater and Application in Fuel Cell. *Int J Hydrogen Energy*, 35(29): 49-52
- Ren, N dan Gong, M L.(2006). Characteristics and Operation of Enhanced Continuous Bio-Hydrogen Production Reactor Using Support Carrier, *NCBI Journal* 9

## PENGOLAHAN AIR PAYAU DENGAN FILTER ZEOLIT DAN BENTONIT

Nur Afifah<sup>1)</sup>, Ekha Yogafanny<sup>2)</sup>, Andi Sungkowo<sup>3)</sup>

<sup>1)2)3)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta  
Email: [afi.afifah.nur@gmail.com](mailto:afi.afifah.nur@gmail.com)

### Abstrak

Desa Sukoreno, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo memiliki kondisi air tanah dengan nilai TDS 1520 mg/L yang tergolong dalam air payau, sehingga penduduk tidak dapat mengonsumsinya. Air tanah dengan sifat payau dapat ditemukan pada beberapa sumur – sumur gali maupun sumur bor warga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui teknik pengolahan air payau. Metode pengolahan air tanah payau menggunakan metode adsorpsi dengan membandingkan material zeolit dan bentonit dengan Hydraulic Loading Rate (HLR) 0,25 m/jam. Filter zeolit yang digunakan sebagai adsorben memiliki efektivitas penurunan konsentrasi TDS mencapai 41,78%, salinitas 40%, natrium 72,51%, sulfat 43,36%, HCO<sub>3</sub> 53,14%, kalium 88,89% dan kesadahan 36,88%. Filter bentonit sebagai adsorben memiliki efektivitas penurunan konsentrasi TDS mencapai 49,4%, salinitas 46,67%, natrium 75,10%, sulfat 45,80%, HCO<sub>3</sub> 37,96%, kalium -11,11% dan kesadahan 41,87%. Sehingga filter zeolit lebih optimal dibandingkan filter bentonit.

**Kata kunci:** adsorpsi, air tanah payau, bentonit, zeolit

### Abstract

Sukoreno Village, Sentolo Sub District, Kulon Progo Regency has brackish groundwater, so the villagers can't consume it. The brackish groundwater can be found at some well. The aims of this research are to find out the water treatment, and the management of brackish water so it can be a source of clean water. The methods used are using zeolit and bentonite filter with Hydraulic Loading Rate (HLR) 0,25 m/hours. Zeolit filter as adsorben has efectivity to decrease TDS concentration up to 41,78%, salinity 40%, sodium 72,51%, sulphate 43,36%, HCO<sub>3</sub> 53,14%, potassium 88,89% and hardnesse 36,88%. Bentonite filter as adsorben has efectivity to decrease TDS concentration up to 49,4%, salinity 46,67%, sodium 75,10%, sulphate 45,80%, HCO<sub>3</sub> 37,96%, potassium -11,11% and hardnesse 41,87%, so zeolite filter is more optimal than bentonite filter.

**Keywords:** adsorption, bentonite, brackish groundwater, zeolite

## 1. PENDAHULUAN

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan bumi, menempati ruang –ruang antar butir dan atau celah – celah tanah / batuan (Bahagiarti dkk., 2008). Air tanah banyak dibutuhkan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari – hari. Air tanah tersebut harus memenuhi kriteria berdasarkan kuantitas maupun kualitasnya. Namun kondisi air tanah dapat berbeda – beda di setiap daerah. Banyak hal yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas air tanah, yaitu keadaan akuifer, topografi, batuan, atau dapat pula berasal dari kegiatan masyarakat di daerah tersebut.

Permasalahan yang terdapat pada Desa Sukoreno, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo adalah air sumur yang terasa payau. Air payau menurut Effendi (2003) adalah air dengan nilai TDS (*Total Dissolved Solid*) yaitu 1001 – 3000 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air tanah tersebut merupakan *connate water*. Menurut Bahagiarti dkk (2008), *connate water*

merupakan air yang secara genetis terbentuk bersamaan dengan pembentukan sedimen yang mengandungnya.

Pengujian sampel air tanah yang diambil dari salah satu sumur gali milik warga menunjukkan bahwa nilai TDS, salinitas, natrium (Na), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), kesadahan, bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), dan kalium ( $\text{K}^+$ ) berturut – turut adalah 1520 mg/L, 1,6 ‰, 482,41 mg/L, 774 mg/L, 445,3 mg/L, dan 11 mg/L. Parameter–parameter tersebut saling berkaitan, dimana salinitas air tanah dapat disebabkan oleh air fosil (*connate water*) (Iwaco dan Waseco, 1994). Ion utama, yaitu natrium, klorida, kalsium, magnesium, kalium, sulfat, dan bikarbonat dalam mempengaruhi salinitas (Damayanti, 2015).

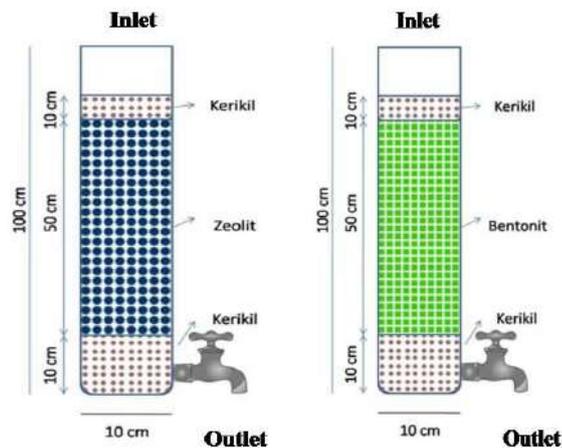
Pada penelitian ini, dilakukan proses adsorpsi untuk mengolah air payau yang ada di Desa Sukoreno, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo. Adsorben yang digunakan yaitu zeolit dan bentonit sebagai media untuk pengolahan air payau. Zeolit merupakan aluminosilikat dengan rumus umum  $(\text{MeI}, \text{MeI}_2) \text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot p \text{H}_2\text{O}$ . Zeolit dapat dianggap sebagai turunan silikat dimana Si sebagian tersubstitusi oleh Al. Penggunaan zeolit alam sebagai media adsorpsi dalam proses pengolahan air sudah sangat luas karena tingginya kemampuan zeolit dalam proses pertukaran kation (Wang dan Peng, 2010). Selain itu, zeolit juga banyak digunakan sebagai adsorben karena biaya yang dibutuhkan rendah serta dapat menyisihkan logam berat, ammonium, fosfor, material organik terlarut, kation serta zat radioaktif (Kotoulas dkk., 2019). Zeolit sangat tepat digunakan untuk proses pertukaran ion (misalnya pelunakan) tapi tidak untuk adsorpsi zat organik netral (Worch, 2012). Gustian dkk (2005) menyebutkan bahwa penggunaan zeolit dalam penurunan salinitas berfungsi sebagai adsorben dan sebagai penukar ion garam dalam air, maka semakin besar luas permukaan zeolit, semakin banyak ion – ion garam yang dapat dipertukarkan. Selain itu, pada penelitian ini juga digunakan bentonit sebagai adsorben. Penggunaan bentonit sebagai adsorben dalam proses pengolahan air, dilakukan karena sifat bentonit yaitu memiliki luas permukaan, berpori dan memiliki situs aktif sehingga bentonit dapat diaplikasikan dalam proses adsorpsi (Prasetyowati, dkk, 2014). Selain itu, bentonit memiliki dua lapisan interlayer yang berbeda sehingga mempunyai kemampuan tukar kation yang tinggi (Faizal dkk., 2014). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas filter zeolit dan bentonit dalam pengolahan air payau.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan baku zeolit dan bentonit yang digunakan untuk penelitian merupakan asli, zeolit diambil langsung di Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, dan bentonit di Kecamatan

Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kedua material tersebut dihancurkan sehingga diperoleh ukuran 0,3 cm atau 7 mesh. Aktivasi yang dilakukan adalah secara fisika, yaitu pengovenan selama 1 jam dengan suhu 110°C. Mahaddila dkk (2013) menyatakan bahwa pengovenan bertujuan untuk menghidrasi material sehingga memiliki tingkat efektivitas adsorpsi yang tinggi.

Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan 2 buah kolom yang masing – masing bervolume 10 L dengan metode *fixed bed/ semi batch column* (Gambar 1). Pengolahan dilakukan dengan HLR (*Hydraulic Loading Rate*) yaitu 0,25 m/jam, yang sama pada setiap kolom. Parameter yang digunakan adalah TDS, salinitas, natrium (Na), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), kesadahan, bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), dan kalium ( $\text{K}^+$ ). Penelitian dilakukan selama 7 hari (2 kali *running* per hari dalam waktu 75 menit setiap *running*).



**Gambar 1.** Rancangan Filter Pengolahan Air Payau

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Masing – Masing Parameter

Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah TDS, salinitas, natrium, sulfat, kesadahan, bikarbonat, dan kalium. Pengujian TDS dilakukan setiap hari menggunakan uji cepat dengan EC Meter ditunjukkan oleh Tabel 1.

Pengujian salinitas pada air yang ditunjukkan di Tabel 2 hanya dilakukan pada pengolahan pertama di hari ke 1, 3 dan 7 atau pengolahan ke 1, 5, dan 13. Pemilihan waktu – waktu tertentu ini didasarkan oleh pertimbangan saat adsorben masih segar, adsorben diperkirakan mulai jenuh, dan adsorben sudah sangat jenuh.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Efektivitas Parameter TDS

Pengujian		Zeolit		Bentonit	
		TDS (mg/L)	Efektivitas (%)	TDS (mg/L)	Efektivitas (%)
Hari	Waktu				
Konsentrasi Awal		1680		1680	
H 1	08.00	978	41,78%	849	49,46%
	12.00	1341	20,18%	1342	20,11%
H 2	08.00	1336	20,48%	1466	12,74%
	12.00	1423	15,30%	1565	6,85%
H 3	08.00	1403	16,49%	1546	7,97%
	12.00	1470	12,5%	1574	6,31%
H 4	08.00	1430	14,88%	1528	9,05%
	12.00	1490	11,31%	1595	5,06%
H 5	08.00	1386	17,5%	1569	6,61%
	12.00	1437	14,46%	1525	9,23%
H 6	08.00	1498	10,83%	1598	4,88%
	12.00	1553	7,56%	1531	8,86%
H 7	08.00	1525	9,23%	1570	6,55%
	12.00	1504	10,48%	1586	5,60%

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Efektivitas Parameter Salinitas

Pengujian		Zeolit		Bentonit	
		Salnitas (‰)	Efektivitas (%)	Salinitas (‰)	Efektivitas (%)
Hari	Waktu				
Konsentrasi Awal		1,5		1,5	
H 1	08.00	0,9	40%	0,8	46,67%
H 3	08.00	2,0	-33,3%	1,8	-20%
H 7	08.00	1,4	6,67%	1,4	6,67%

Sumber: Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta , 2018

Pengujian natrium pada air yang ditunjukkan pada Tabel 3 hanya dilakukan pada pengolahan pertama di hari ke 1, 3 dan 7 atau pengolahan ke 1, 5, dan 13. Pemilihan waktu – waktu tertentu ini didasarkan oleh pertimbangan saat adsorben masih segar, adsorben diperkirakan mulai jenuh, dan adsorben sudah sangat jenuh.

Pengujian sulfat pada air yang ditunjukkan pada Tabel 4 hanya dilakukan pada pengolahan pertama di hari ke 1, 3 dan 7 atau pengolahan ke 1, 5, dan 13. Pemilihan waktu – waktu tertentu ini didasarkan oleh pertimbangan saat adsorben masih segar, adsorben diperkirakan mulai jenuh, dan adsorben sudah sangat jenuh.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Efektivitas Parameter Natrium

Pengujian		Zeolit		Bentonit	
		Natrium	Efektivitas	Natrium	Efektivitas
Hari	Waktu	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Konsentrasi Awal		502		502	
H 1	08.00	138	72,51%	125	75,10%
H 3	08.00	320	36,25%	499	0,60%
H 7	08.00	459	8,57%	626	-24,70%

Sumber: Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta , 2018

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Efektivitas Parameter Sulfat

Pengujian		Zeolit		Bentonit	
		Sulfat	Efektivitas	Sulfat	Efektivitas
Hari	Waktu	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Konsentrasi Awal		1.107		1.107	
H 1	08.00	740	33,15%	600	45,80%
H 3	08.00	627	43,36%	643	41,92%
H 7	08.00	1.718	-55,19%	1.845	-66,67%

Sumber: Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta , 2018

Pengujian kesadahan pada air yang ditunjukkan pada Tabel 5 hanya dilakukan pada pengolahan pertama di hari ke 1, 3 dan 7 atau pengolahan ke 1, 5, dan 13. Pemilihan waktu – waktu tertentu ini didasarkan oleh pertimbangan saat adsorben masih segar, adsorben diperkirakan mulai jenuh, dan adsorben sudah sangat jenuh.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Efektivitas Parameter Kesadahan

Pengujian		Zeolit		Bentonit	
		Kesadahan	Efektivitas	Kesadahan	Efektivitas
Hari	Waktu	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Konsentrasi Awal		536		536	
H 1	08.00	832	-55,22%	656	-22,39%
H 3	08.00	1.115,58	-108,13%	582,91	-8,75%
H 7	08.00	733,67	-36,88%	311,56	41,87%

Sumber: Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta , 2018

Pengujian  $\text{HCO}_3$  pada air ditunjukkan pada Tabel 6 dan hanya dilakukan pada pengolahan pertama di hari ke 1, 3 dan 7 atau pengolahan ke 1, 5, dan 13. Pemilihan waktu – waktu tertentu

ini didasarkan oleh pertimbangan saat adsorben masih segar, adsorben diperkirakan mulai jenuh, dan adsorben sudah sangat jenuh.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Efektivitas Parameter Bikarbonat

Pengujian		Zeolit		Bentonit	
		HCO <sub>3</sub> (mg/L)	Efektivitas (%)	HCO <sub>3</sub> (mg/L)	Efektivitas (%)
Hari	Waktu				
Konsentrasi Awal		658,8		658,8	
H 1	08.00	308,7	53,14%	408,7	37,96%
H 3	08.00	451,4	31,48%	463,6	29,63%
H 7	08.00	610	7,41%	515,45	21,76%

Sumber: Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta , 2018

Pengujian kalium pada air yang ditunjukkan pada Tabel 7 hanya dilakukan pada pengolahan pertama di hari ke 1, 3 dan 7 atau pengolahan ke 1, 5, dan 13. Pemilihan waktu – waktu tertentu ini didasarkan oleh pertimbangan saat adsorben masih segar, adsorben diperkirakan mulai jenuh, dan adsorben sudah sangat jenuh.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Efektivitas Parameter Kalium

Pengujian		Zeolit		Bentonit	
		Kalium (mg/L)	Efektivitas (%)	Kalium (mg/L)	Efektivitas (%)
Hari	Waktu				
Konsentrasi Awal		9		9	
H 1	08.00	7	22,22%	12	-33,33%
H 3	08.00	1	88,89%	10	-11,11%
H 7	08.00	18	-100%	17	-88,89%

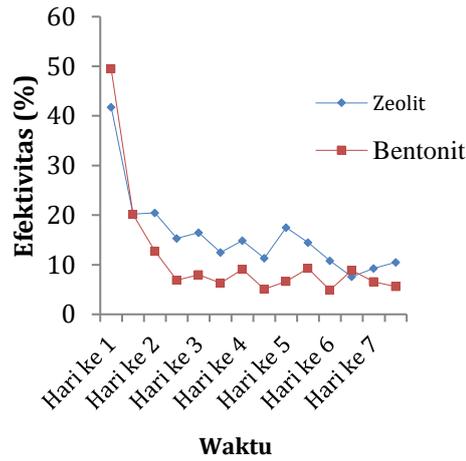
Sumber: Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta , 2018

### 3.2. Hubungan Antar Parameter

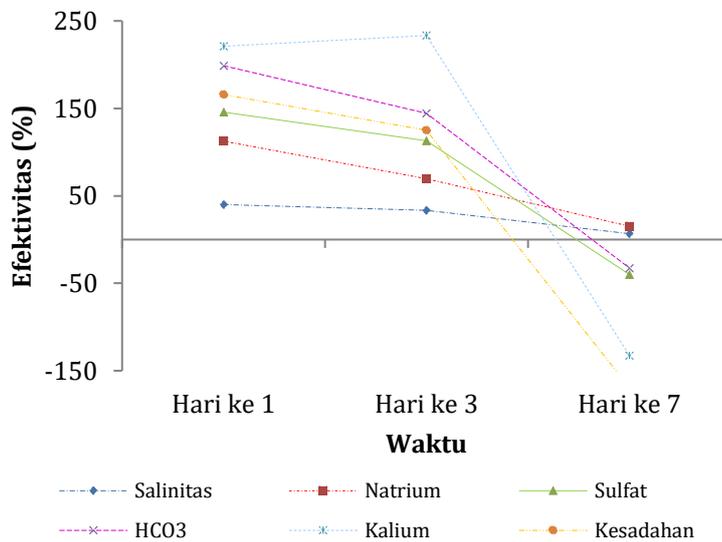
Masing – masing material adsorben memiliki daya adsorpsi dan kapasitas tukar kation. Daya adsorpsi disebabkan karena adanya struktur adsorben yang membentuk rongga – rongga. Sedangkan kapasitas tukar kation, disebabkan karena kandungan kation dalam adsorben tersebut (Mahaddila dkk, 2013 dan Prasetiowati dkk, 2014). Namun seperti terlihat pada Gambar 2, 3, dan 4, tidak semua parameter memiliki pola perubahan efektivitas yang sama, terdapat parameter yang memiliki anomali sehingga tampak berbeda dengan parameter lainnya.

Grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 2 merupakan parameter TDS pada masing – masing adsorben. Tampak bahwa ektivitas pengolahan dengan kedua material tersebut memiliki pola yang semakin menurun. Namun terlihat perbedaannya yaitu tingkat efektivitas penurunan TDS

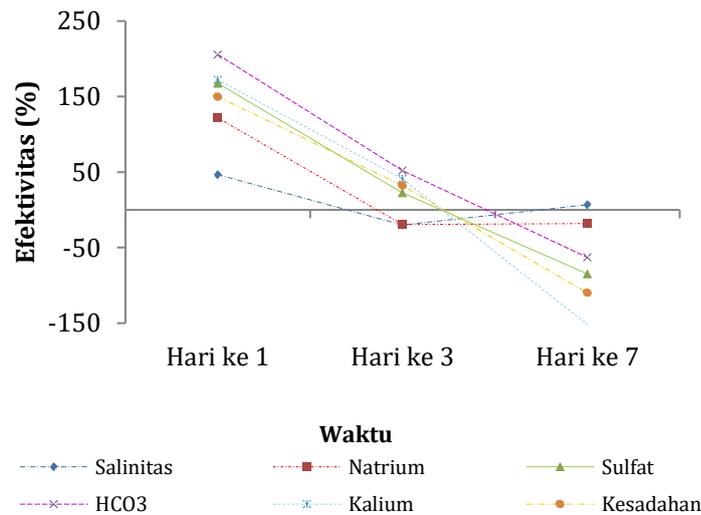
zeolit masih lebih tinggi dibandingkan dengan efektivitas bentonit. Selain itu, zeolit terlihat memiliki fluktuasi, sedangkan bentonit cenderung lebih datar. Hal tersebut menunjukkan bahwa bentonit lebih cepat jenuh dibanding dengan zeolit, karena bentonit memiliki sifat kembang kerut yang tinggi seperti mineral lempung lainnya. Grafik tiga dan keempat membandingkan antara parameter salinitas, natrium, sulfat, HCO<sub>3</sub>, kalium dan kesadahan pada masing – masing adsorben.



**Gambar 2.** Efektivitas Penurunan TDS dengan Zeolit dan Bentonit



**Gambar 3.** Efektivitas Penurunan Parameter Kimia dengan Zeolit



**Gambar 4.** Efektivitas Penurunan Parameter Kimia dengan Bentonit

Efektivitas setiap parameter menunjukkan pola yang cenderung sama, yaitu menurun meskipun penurunan masing – masing parameter berbeda. Parameter natrium, sulfat, kesadahan, dan kalium mencapai tingkat efektivitas minus pada hari ketujuh yang berarti konsentrasi parameter – parameter tersebut dalam air mengalami peningkatan hingga melebihi konsentrasi awal. Sedangkan pada Gambar 4, grafik juga menunjukkan pola yang mirip, yaitu mengalami penurunan hingga hari ketujuh, hanya saja terdapat perbedaan pada parameter salinitas, yang cenderung stabil mulai hari ketiga pengolahan. Parameter – parameter yang lainnya mengalami penurunan efektivitas hingga mencapai minus, yang berarti konsentrasi hingga hari ketujuh mengalami peningkatan melebihi konsentrasi awal.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Atikah (2017) menunjukkan bahwa zeolit yang telah diaktivasi secara fisika dan kimia terbukti mampu melakukan adsorpsi dan pertukaran kation. Kemampuan tukar kation yang dimiliki zeolit turut didukung dengan adanya kandungan aluminium silikat. Efektivitas yang tidak maksimal karena terdapat kandungan – kandungan oksida bebas di permukaan adsorben seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  dapat menutupi pori – pori atau situs aktif sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalis (Mahaddila dkk , 2013). Kandungan ini seharusnya dapat terlebih dahulu dihilangkan dengan aktivasi kimiawi. Aktivasi secara kimiawi dilakukan dengan asam atau basa dengan tujuan membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipergunakan. Pengaktifan dengan asam mineral akan melarutkan logam alkali seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang menutup sebagian rongga pori

dan pengaktifan dengan  $H^+$  dalam ruang interlamier sehingga lebih porous dan permukaan lebih aktif (Atikah, 2017)

#### 4. Kesimpulan

Pemanfaatan zeolit dan bentonit sebagai adsorben dalam pengolahan air payau kurang maksimal, karena tingkat efektivitas yang diberikan kedua adsorben tidak stabil. Namun secara keseluruhan, kemampuan adsorpsi zeolit lebih tinggi dibandingkan dengan bentonit. Hal ini disebabkan oleh aktivasi yang tidak optimal, sehingga fungsi kedua material tersebut tidak berjalan dengan baik. Berdasarkan penelitian lain yang telah dilakukan, aktivasi secara kimia dengan asam kuat perlu dicoba untuk dilakukan, karena lebih efektif dibandingkan dengan aktivasi fisik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Assegaf, Abdurrachman, dkk. (2017). Salinitas Airtanah Akifer Tertekan Kedalaman 10 – 20m Daerah Kalideres, Cengkareng, Jakarta Barat. *Ris. Geo. Tam*, 27 (1):15-25
- Atikah, Wulan Safrihatini. (2017). Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. Politeknik STTT Bandung
- Bahagiarti, Sari dan Bambang Sutedjo. (2008). *Proses – Proses Hidrogeologi*. UPN Veteran Yogyakarta, Yogyakarta.
- Damayanti, Annisa Dwi. (2015). Studi Salinitas Air Tanah Dangkal di Daerah Pesisir Bagian Utara Kota Makassar. Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin.
- Effendi, Hefni. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Sleman: Kanisius
- Faizal, M., Hariyani dan Fitri, Rindy Mutia. (2014). Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cd Menggunakan Komposit Adsorbent dengan Bentonit dan  $Fe_3O_4$ . *Jurnal Teknik Kimia*, 20 (3): 66-72.
- Gustian, Irfan dan Totok E. Suharto. (2005). Studi Penurunan Salinitas Air dengan Menggunakan Zeolit Alam yang Berasal dari Bengkulu. *Jurnal Gradien*, 1(1) : 38 – 42
- Iwaco dan Waseco. DHV Consultants, Delft Hydraulics, TNO, Persero PT. Indah Karya, PT.Kwarsa Hexagon, and PT. Wiratman & Associates. (1994). Jabotabek Water Resources Management Study, Final Report, Ministry of Public Works, Directorate

General of Water Resources Development, Jakarta.

- Katoulas, A., Agathou, D., Triantaphyllidou, IE., Tatolius, T., Ajratos, CS., Takerlekopolou, AG dan Vayenas, DV. (2019). Zeolite as a Potential Medium for Ammonium Recovery and Second Cheese Whey Treatment. *Water*, 11(1) : 136
- Mahaddila, Febri Putra dan Putra, Ardian. (2013). Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Sumber Silika dalam Pembuatan Zeolit Sintesis. *Jurnal Fisika Unsoed*, 2(4): 262-268
- Prasetiowati, Yuni dan Toeti Koestiari. (2014). Kapasitas Bentonit Teknis sebagai Adsorben Ion  $Cd^{2+}$ . *Journal of Chemistry*, 3 (3): 194-200
- Wang, Shaobin dan Peng, Yuelian. (2010). Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, 156(1): 11-24
- Worch, Eckhard.(2012). *Adsorption Technology in Water Treatment*. Germany: Dresden University of Technology

## KARAKTERISTIK FISIKA DAN KIMIA AIR GAMBUT KABUPATEN TANJUNG JABUNG BARAT, PROVINSI JAMBI

Wahyudi Zahar<sup>1</sup>, Yulia Morsa Said<sup>1</sup>, Yudi Achnopa<sup>2</sup>, Yudha Gusti Wibowo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

<sup>3</sup>Program Pascasarjana, Universitas Jambi

Email : wahyudizahar@unja.ac.id, yudhagustiwibowo26@gmail.com

### Abstrak

*Air bersih menjadi permasalahan pada daerah rawa gambut. Kualitas air pada wilayah rawa gambut memiliki karakteristik berwarna kecokelatan hingga hitam pekat, memiliki nilai pH yang rendah serta mengandung logam berat yang tinggi sehingga tidak layak digunakan untuk memenuhi kebutuhan seperti mandi, cuci kakus dan minum. Tungkal Ilir, Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi merupakan salah satu daerah dengan kualitas air yang buruk. Tungkal Ilir merupakan daerah rawa gambut dengan kualitas air berwarna kecokelatan, bersifat asam, memiliki kandungan Total Suspended Solid (TSS), Total Dissolve Solid (TDS), Daya Hantar Listrik (DHL), Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) yang tinggi sehingga tidak layak digunakan untuk kebutuhan masyarakat. Makalah ini akan membahas parameter fisika dan kimia air gambut Tungkal Ilir secara jelas dan sistematis serta memberikan solusi untuk meningkatkan kualitas air gambut Tungkal Ilir agar dapat layak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.*

**Kata kunci:** air bersih, air gambut, air tercemar, kualitas air, tungkal ilir

### Abstract

*Clean water becomes a problem in the peat area. Water quality in peatland area has characteristics brown till black, low pH, high heavy metals content be used for daily activities. Tungkal Ilir, Tanjung Jabung in Jambi Province is a place that has low quality water resources caused by peat. The high of total suspended solids (TSS), total dissolved solid (TDS), conductivity (DHL), biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), low pH, and high heavy metals are the characteristics of this peat water. This paper will describes physical and chemical parameters on peat water clearly, systematic and give alternatives solution to solve this problem.*

**Keywords:** clean water, peat water, Tungkal ilir, water quality, wastewater

## 1. PENDAHULUAN

Jumlah air bersih terus berkurang seiring terjadinya pencemaran lingkungan yang di akibatkan oleh sampah (Ramadan dkk., 2013), aktivitas industri (Wibowo dkk., 2018 dan Winarno dkk., 2019) serta kondisi yang disebabkan oleh alam seperti daerah rawa gambut. Daerah rawa gambut menyebabkan kondisi air menjadi tercemar. Air gambut memiliki pH yang rendah, tinggi kandungan logam berat, serta memiliki nilai TSS, TDS, BOD dan COD yang tinggi (Naswir dkk., 2014). Kondisi wilayah rawa gambut yang memiliki sumberdaya air dengan kualitas yang rendah akan menyebabkan lingkungan yang tidak sehat (Wibowo dkk., 2019) dan berdampak pada kesehatan. Logam berat pada air dapat menyebabkan keracunan, alergi dan sakit pada kulit,

*Dikirim/submitted: 10 Februari 2019*

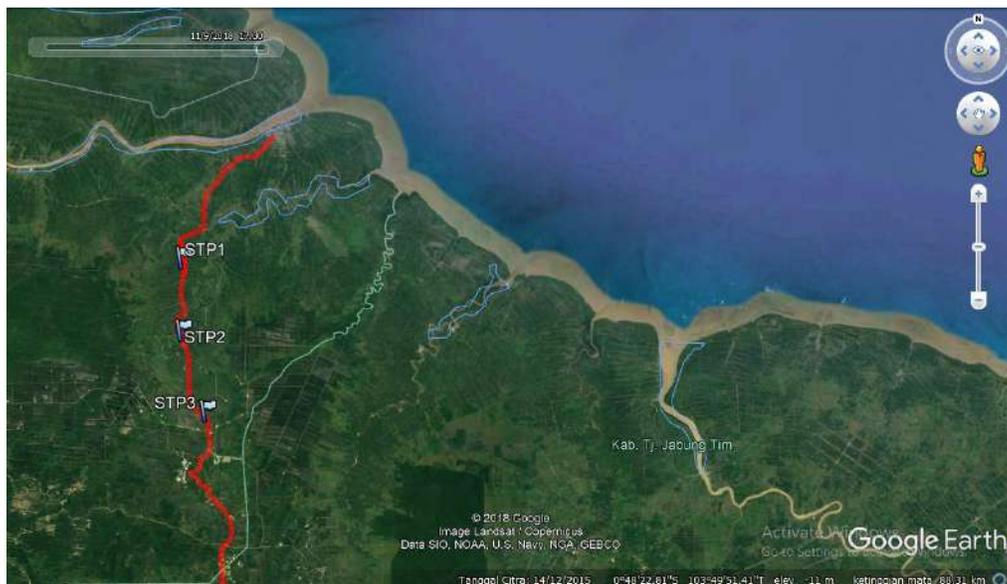
*Diterima/accepted: 31 Mei 2019*

muntah-muntah, pusing, kanker hingga kematian (Kim dkk., 2007; Liao dkk., 2016; Nzediegwu dkk., 2019; Tepanosyan dkk., 2018). *Paper* ini akan membahas mengenai kualitas air gambut daerah Tungkal Ilir dengan sistematis dan terperinci berdasarkan aspek fisika dan kimia air serta memberikan rekomendasi agar permasalahan air gambut Tungkal Ilir dapat diselesaikan.

## 2. METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan di Sungai Pabunga, Sungai Serdang Jaya dan Sungai Mahang di Tungkal Ilir Kabupaten Tanjung Jabung Barat menggunakan metode *random sampling*. Ketiga sungai dipilih karena representatif dalam mewakili kondisi air gambut daerah Tungkal Ilir.

Titik pengambilan sampel pertama (STP1) dilakukan pada  $00^{\circ}56'66,9''$  LS dan  $103^{\circ}22'71,3''$  BT, sampel kedua (STP2) diambil pada  $01^{\circ}00'61,8''$  LS dan  $103^{\circ}22'68,8''$  BT dan sampel ketiga (STP3) diambil pada lokasi  $01^{\circ}04'99,4''$  LS dan  $103^{\circ}24'0,25''$  BT. Ketiga lokasi tersebut terlihat pada Gambar 1. Parameter fisika yang diamati pada ketiga sampel air gambut adalah suhu, TSS, TDS, DHL, warna, kekeruhan, pH, BOD, COD, Fe dan Mn.



**Gambar 1.** Lokasi titik pengambilan sampel

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Parameter Air Gambut

Air gambut pada daerah Tungkal Ilir, Kabupaten Tanjung Jabung Barat memiliki parameter fisika dan kimia air tercemar sehingga menyebabkan air berwarna coklat kehitaman, tinggi kandungan

logam berat yang disebabkan oleh kontaminasi rawa gambut, DHL yang tinggi, serta memiliki nilai pH yang sangat rendah (Tabel 1).

Suhu pada air gambut di tiga lokasi berbeda tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, suhu pada ketiga lokasi masih normal dan tidak berbahaya bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. TSS pada STP 1 lebih tinggi apabila di bandingkan dengan 2 lokasi lainnya, hal ini disebabkan karena STP 3 yang semakin dekat dengan laut sehingga terjadi kontaminasi air laut dan menurunkan kadar TSS pada air gambut. Kandungan TSS yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas air sehingga tidak layak dikonsumsi, semakin tinggi kandungan TSS pada air maka air akan mengandung gumpalan partikel mikro yang sebelumnya belum menggumpal. Beberapa penelitian menginformasikan bahwa TSS merupakan parameter air tercemar yang harus di hilangkan, upaya penyaringan menjadi salah satu cara dalam menurunkan kadar TSS pada air tercemar (Petala dkk., 2006). TSS dapat ditemukan pada seluruh air tercemar akibat industri (Irfan dkk., 2013) maupun yang diakibatkan oleh alam seperti air gambut.

**Tabel 1.** Parameter air gambut

Parameter	Lokasi Pengambilan Sampel		
	STP 1	STP 2	STP 3
Suhu (°C)	28,0	28,4	27,5
TSS (mg/L)	12	9	7
TDS (mg/L)	567	81,8	107,9
DHL ( $\mu$ s/cm)	853	123,2	162,5
Warna (Pt.Co)	56	58	206
Kekeruhan (NTU)	4,26	3,36	10,58
pH (mg/L)	2,35	3,67	3,1
BOD (mg/L)	5,70	9,30	25,80
COD (mg/L)	16	19	81
Fe (mg/L)	0,068	0,129	0,239
Mn (mg/L)	<0,0034	<0,0034	<0,0034

TDS merupakan salah satu indikator air tercemar. TDS dapat disebabkan oleh senyawa organik maupun non-organik, namun pada air gambut TDS berasal dari bahan organik yaitu gambut yang terkontaminasi air. TDS memiliki ukuran kurang dari satu nanometer dengan satuan ppm atau mg/l. TDS dapat ditemukan di seluruh air tercemar seperti limbah aktivitas industri dan air gambut.

DHL juga disebut konduktivitas air, air tercemar memiliki nilai konduktivitas tinggi. Nilai konduktivitas yang tinggi menyebabkan air mudah menghantarkan listrik dan mengindikasikan

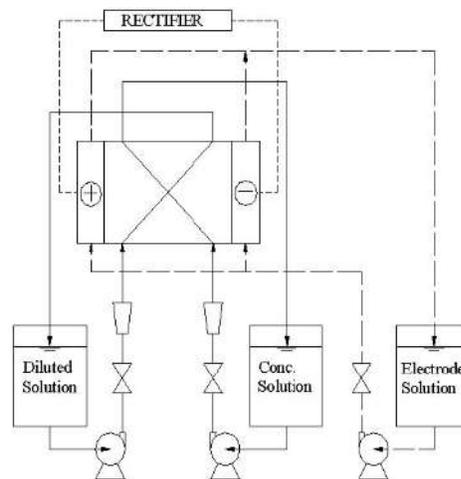
adanya kandungan garam yang tinggi. Kandungan garam yang tinggi pada air gambut akan menyebabkan air memiliki rasa asin sehingga tidak layak untuk di konsumsi. Konduktivitas air gambut menjadi permasalahan di setiap negara dengan kondisi memiliki lahan gambut, Netherlands adalah salah satu negara dengan permasalahan air gambut. Model matematis hubungan kadar air dengan konduktivitas air gambut pernah dilakukan di Netherlands. Penelitian ini menginformasikan bahwa kadar air dan konduktivitas air gambut memiliki hubungan yang signifikan berdasarkan model matematis. Sampel air gambut diambil pada tiga lokasi air gambut yang berbeda, Model ini mengasumsikan bahwa konduktivitas elektrolitik bersifat paralel: konduktivitas elektrolitik ditemukan secara linear tergantung pada konduktivitas pori gambut, konduktivitas permukaan dimodelkan dengan hukum daya konduktivitas fluida pori, di mana parameter model memperhitungkan sifat porositas dan permukaan. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa suhu berpengaruh terhadap konduktivitas air gambut, riset ini menjelaskan bahwa suhu tinggi memberikan dampak konduktivitas cairan pori menjadi independen terhadap salinitas (Ponziani dan Slob, 2012).

Air gambut memiliki warna coklat hingga hitam pekat yang disebabkan oleh material organik tumbuhan yang berubah menjadi gambut, selain warna air gambut memiliki kekeruhan cukup tinggi, nilai pH yang rendah (kurang dari tujuh) dan kadar BOD serta COD yang tinggi. Warna air gambut yang coklat hingga hitam di akibatkan dari tingginya kandungan zat organik (bahan humus) terlarut dalam bentuk asam humus dan turunannya. Asam humus tersebut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon, atau kayu dengan berbagai tingkat dekomposisi. pH air gambut yang rendah menyebabkan air terasa asam yang dapat menimbulkan kerusakan gigi dan sakit perut, pH air gambut yang rendah disebabkan oleh asam fulvat, humin dan asam humat. Kadar BOD dan COD yang tinggi diakibatkan oleh tumbuhan yang terdekomposisi dan berasosiasi dengan air sehingga menyebabkan kadar BOD yang tinggi, sementara kadar COD yang tinggi disebabkan oleh limbah buangan rumah tangga yang tidak di kelola dengan baik sebelum di buang ke aliran sungai pada daerah penelitian. Berdasarkan hasil penelitian, kadar COD yang tinggi dapat disebabkan oleh limbah deterjen dan bahan-bahan kimia yang digunakan pada aktivitas rumah tangga lainnya, berbagai upaya telah dilakukan untuk menurunkan kadar parameter air tercemar dengan berbagai inovasi seperti penggunaan bubuk MgO (Oladipo dkk., 2017)

Kandungan logam berat yang tinggi pada air gambut akan menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan dan kesehatan seperti pencemaran tanah, air dan berbagai penyakit pada manusia (Candeias dkk., 2011; Handayani dan Sulistyono., 2009; Nzediegwu dkk., 2019 dan Sun dkk., 2018). Kandungan Fe dan Mn pada tiga lokasi pengambilan sampel dikategorikan rendah. Khusus untuk Fe, konsentrasinya terus meningkat pada wilayah yang semakin dekat dengan laut yang mungkin disebabkan oleh pencemaran logam berat yang tinggi pada laut sehingga STP 3 memiliki nilai Fe lebih tinggi dibandingkan STP 1 dan STP 2. Namun, analisis konsentrasi logam berat di laut perlu dilakukan sebelum membuat kesimpulan tersebut. Nilai konsentrasi Fe di muara serupa terjadi pada penelitian Sagala dkk. (2014) dimana massa air yang mengandung Fe terbawa dari dan ke muara sungai sehingga cenderung lebih tinggi Sementara kadar Mn masih di bawah standar baku mutu yaitu lebih rendah dari 0,00034, hal ini di sebabkan oleh limit deteksi instrumen *atomic absorption spectrophotometry* yang digunakan.

### 3.2 Solusi Permasalahan Kualitas Air Gambut

Suhu air gambut masih termasuk dalam kategori normal dan tidak berbahaya bagi kesehatan manusia maupun lingkungan. Beberapa penelitian menginformasikan upaya penurunan TDS pada air tercemar dengan menggunakan elektrodialisis. Studi penurunan TDS pada limbah polimer yang dihasilkan industri memiliki konsep yang sama dan dapat di terapkan pada air gambut (Gambar 2).

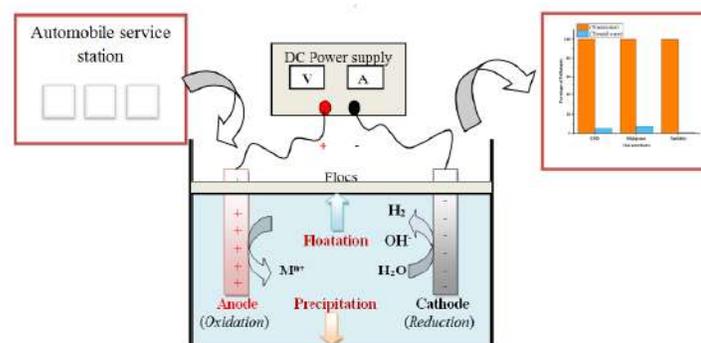


**Gambar 1.** Metode Elektrodialisis dalam menurunkan TDS

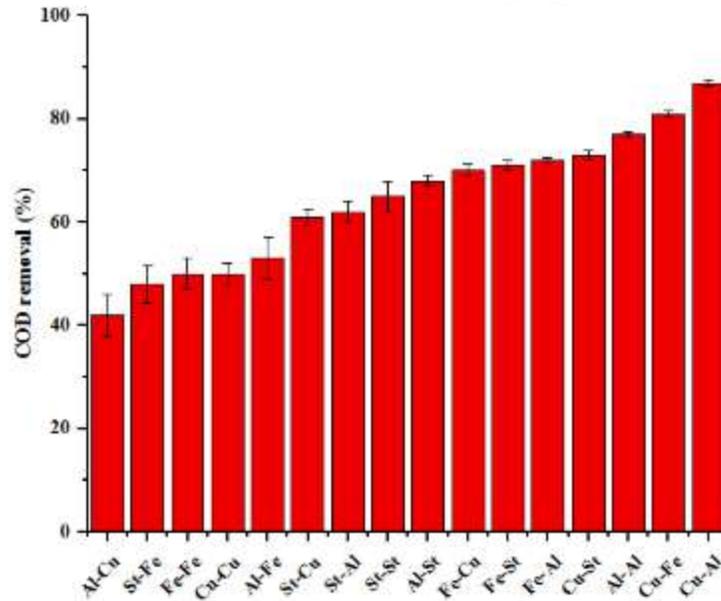
Kandungan TDS pada air tercemar juga dapat dikurangi menggunakan adsorben. Adsorben tersebut dapat dibuat dengan menggunakan kombinasi material alam (organik) seperti *bead* dan

membrane bio-komposit. Membran nano bio-komposit memiliki luas area dan ukuran pori yang baik sebagai adsorben untuk mengurangi TDS. Adsorben yang dibuat tidak hanya mampu mengurangi kandungan TDS namun juga dapat mereduksi kandungan logam berat pada air tercemar, kombinasi nano-komposit ini mampu menurunkan kadar TDS pada air tercemar sebesar 93.4.8% sampai dengan 99.8% (Das dkk., 2015), TSS, DHL dan warna pada air gambut dapat di reduksi dengan menggunakan karbon aktif dan *biochar* yang dibuat dari limbah batok kelapa (Wibowo dan Naswir, 2019; Wibowo dkk., 2019), bentonite (Naswir dkk., 2019) dan limbah cangkang kerang darah untuk menetralkan pH pada air gambut. Limbah cangkang kerang diketahui memiliki kandungan  $\text{CaCO}_3$  yang tinggi dan dapat di sintesis menjadi  $\text{CaO}$  menggunakan metode kalsinasi (Naswir dan Lestari, 2014). Cangkang kerang yang telah di kalsinasi mampu meningkatkan nilai pH air gambut dari dua menjadi tujuh.

Karbon aktif juga dapat memperbaiki warna dan kekeruhan air gambut menjadi lebih jernih, hal ini disebabkan oleh zat organik pada air gambut masuk ke dalam pori karbon aktif sebagai adsorben. BOD dan COD pada air gambut dapat di reduksi dengan menggunakan bioreaktor, COD juga dapat mempengaruhi nutrisi pada tanah (Neculita, 2007) sehingga diperlukan adanya upaya dalam mengurangi jumlah COD pada air tercemar. Kandungan COD pada air tercemar juga dapat di hilangkan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi (Gambar 3) dengan menggunakan elektroda Al, Fe, St, dan Cu dengan panjang elektroda 10 cm, 5 cm, dan 2.5 cm, kuat arus  $5 \text{ A/m}^2$  sampai dengan  $30 \text{ A/m}^2$  dan waktu kontak 10 sampai dengan 60 menit. Hasil penggunaan elektroda Al, Fe, St, dan Cu yang digunakan secara variasi menghasilkan persen penurunan COD bervariasi hingga mencapai 80% (Gambar 4) (Priya dan Jeyanthi, 2019).



**Gambar 2.** Metode elektrokoagulasi untuk mengurangi kandungan COD pada air gambut (Priya dan Jeyanthi, 2019)



**Gambar 3.** Efek penggunaan katoda pada metode elektrokoagulasi terhadap penurunan COD (Priya dan Jeyanthi, 2019)

Fe dan Mn menjadi permasalahan bagi lingkungan dan kesehatan manusia, permasalahan logam berat dapat terjadi pada tanah (Deng dkk., 2018), air (Hao dkk., 2018; Safaei Khorram dkk., 2016 dan Xu dkk., 2018), bahkan bahan pangan utama seperti padi (Mao dkk., 2019). Distribusi logam berat yang masuk ke dalam seluruh aspek kehidupan manusia semakin mengkhawatirkan seiring tumbuhnya berbagai industri yang menyebabkan pencemaran di seluruh aspek lingkungan. Teknologi filtrasi menggunakan membran, karbon aktif dan elektrokoagulasi dapat diterapkan untuk menurunkan kontaminasi logam berat di perairan (Wang dkk., 2019).

Teknologi yang dipaparkan sebelumnya merupakan pilihan-pilihan solusi dalam menyelesaikan permasalahan air gambut guna memenuhi kebutuhan air bersih di Indonesia. Teknologi tersebut diharapkan dapat diterapkan dan digunakan secara kontinu dengan produktivitas tinggi agar permasalahan air khususnya di kawasan gambut marginal dapat diminimalisir.

#### 4. KESIMPULAN

Air gambut merupakan salah satu air tercemar yang ditandai dengan tingginya kandungan logam berat, DHL, BOD, COD, warna yang cokelat kehitaman, nilai pH yang rendah. Berdasarkan parameter fisika dan kimia air gambut, air gambut Tungkal Ilir, Kabupaten Tanjung Jabung Barat

sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Solusi permasalahan air gambut Tanjung Jabung Barat dapat diselesaikan dengan memanfaatkan karbon aktif, bentonit, biochar, filtrasi, elektrokoagulasi, dan bioteknologi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Candeias, C., Ávila, P., Coelho, P., dan P.Teixeira, J. (2011). Mining Activities : Health Impacts. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 1–15
- Das, D., Varghese, L. R., & Das, N. (2015). Enhanced TDS removal using cyclodextrinated , sulfonated and aminated forms of bead – membrane duo nanobiocomposite via sophorolipid mediated complexation. *Desalination*, 360, 35–44
- Deng, H., Ge, C., Yu, H., Huang, P., Xu, W., Luo, J., & Li, X. (2018). Effect of cassava waste biochar on sorption and release behavior of atrazine in soil. *Science of The Total Environment*, 644, 1617–1624
- Handayani, M., & Sulistyono, E. (2009). Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir PTNBR - BATAN*, (Vi), 130–136
- Hao, Z., Wang, C., Yan, Z., Jiang, H., & Xu, H. (2018). Magnetic particles modification of coconut shell-derived activated carbon and biochar for effective removal of phenol from water. *Chemosphere*, 211, 962–969
- Irfan, M., Butt, T., Imtiaz, N., Abbas, N., Ahmad, R., & Shafique, A. (2013). The removal of COD , TSS and colour of black liquor by coagulation – flocculation process at optimized pH , settling and dosing rate. *ARABIAN JOURNAL OF CHEMISTRY*, 10(2), 2307-S2318
- Kim, J. Y., Lee, B. T., Shin, K. H., Lee, K. Y., Kim, K. W., An, K. G., Kwon, Y. H. (2007). Ecological health assessment and remediation of the stream impacted by acid mine drainage of the Gwangyang mine area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 129(1–3), 79–85
- Liao, J., Wen, Z., Ru, X., Chen, J., Wu, H., & Wei, C. (2016). Ecotoxicology and Environmental Safety Distribution and migration of heavy metals in soil and crops affected by acid mine drainage: Public health implications in Guangdong. *Ecotoxicology and Environmental*

*Safety*, 124, 460–469

- Mao, C., Song, Y., Chen, L., Ji, J., Li, J., Yuan, X., ... Theiss, F. (2019). Catena Human health risks of heavy metals in paddy rice based on transfer characteristics of heavy metals from soil to rice. *Catena*, 175(November 2018), 339–348
- Naswir, M., Arita, S., Hartati, W., Septiarini, L., & Wibowo, Y. G. (2019). Activated Bentonite : Low Cost Adsorbent to Reduce Phosphor in Waste Palm Oil. *International Journal of Chemistry*, 11(2), 67–76
- Naswir, M., Arita, S., Marsi, & Sani. (2014). Activation of Bentonite and Application for Reduction pH, Color, Organik Substance, and Iron (Fe) in the Peat Water. *Science Journal of Chemistry*, 1(5), 74
- Naswir, M., & Lestari, I. (2014). Characterization Active Carbon and Clum Shell In Reducing pH , Color , COD , Fe and Organik Matter On Peat Water. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)*, 1(11), 137–146.
- Neculita, C. (2007). Passive Treatment of Acid Mine Drainage in Bioreactors using Sulfate-Reducing Bacteria: Critical Review and Research Needs. *Journal of Environmental Quality*, 36(1), 1–16
- Nzediegwu, C., Prasher, S., Elsayed, E., Dhiman, J., Mawof, A., & Patel, R. (2019). Effect of biochar on heavy metal accumulation in potatoes from wastewater irrigation. *Journal of Environmental Management*, 232(October 2018), 153–164
- Oladipo, A. A., Adeleye, O. J., Oladipo, A. S., & Aleshinloye, A. O. (2017). Bio-derived MgO nanopowders for BOD and COD reduction from tannery wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 16, 142–148
- Petala, M., Tsiridis, V., Samaras, P., Zouboulis, A., & Sakellaropoulos, G. P. (2006). Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents. *Desalination*, 195, 109–118
- Ponziani, M., & Slob, E. C. (2012). Experimental validation of a model relating water content to the electrical conductivity of peat. *Engineering Geology*, 129–130, 48–55

- Priya, M., & Jeyanthi, J. (2019). Removal Of Cod, Oil And Grease From Automobile Wash Water Effluent Using Electrocoagulation Technique. *Microchemical Journal*, 150, 1–25
- Ramadan, B. S., Safitri, R. P., Cahyo, M. R. D., & Wibowo, Y. G. (2013). Optimasi sistem pengangkutan sampah kecamatan jati, kabupaten kodus, jawa tengah. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(1), 8–15
- Safaei Khorram, M., Zhang, Q., Lin, D., Zheng, Y., Fang, H., & Yu, Y. (2016). Biochar: A review of its impact on pesticide behavior in soil environments and its potential applications. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 44, 269–279
- Sagala, S.L., Bramawanto, R., Kuswardani, A.R.T.D. & Pranowo, W.S. (2014). Distribusi Logam Berat di Perairan Natuna. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2), 297-310.
- Sun, D., Zhang, D.-X., Wu, W., Wu, P., Zhou, Y.-K., & Yang, F. (2018). Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility. *Science of The Total Environment*, 630, 53–61
- Tepanosyan, G., Sahakyan, L., Belyaeva, O., Asmaryan, S., & Saghatelyan, A. (2018). Continuous impact of mining activities on soil heavy metals levels and human health. *Science of the Total Environment*, 639, 900–909
- Wang, F., Wang, J., Han, M., Jia, C., & Zhou, Y. (2019). Heavy metal characteristics and health risk assessment of PM 2.5 in students' dormitories in a university in Nanjing, China. *Building and Environment*, 160(February), 106206
- Wibowo, Y. G. (2019). Managing Sport for Healthy Lifestyle: A Brief Review and Future Research Directions. *Indonesian Journal of Sport Science and Coaching*, 1(2), 49–57.
- Wibowo, Y. G., Maryani, A. T., Rosanti, D., Rosarina, D., Program, P., Jambi, U., & Tangerang, U. M. (2019). Microplastic in Marine Environment and Its Impact. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(1), 81–87
- Wibowo, Y. G., & Naswir, M. (2019). A Review of Biochar as a Low - cost Adsorbent for Acid Mine Drainage Treatment. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2019*, 1–10.

- Wibowo, Y. G., Ramadan, B. S., Anurogo, D., & Illiandri, O. (2019). *Qualitative Analysis To Reduce Unhealthy Houses on Kerinci District*
- Wibowo, Y. G., Rosarina, D., Fardillah, F., & Gusva, D. W. (2019). An Overview ; Wastewater Treatment Using Biochar to Reduce Heavy Metals. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2019*, 11–16.
- Wibowo, Y. G., Zahar, W., & Maryani, A. T. (2018). Case Study of Pump Planning at PIT Donggang Utara Blok 32 Open Mining, PT Buana Bara Ekapratama. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 10(2), 115–124.
- Wibowo, Y. G., Zahar, W., Syarifuddin, H., Asyifah, S., & Ananda, R. (2019). Pengembangan Eco-Geotourism Geopark Merangin Jambi. *Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 4(1), 23–43.
- Winarno, H., Muhammad, D., Ashyar, R., & Wibowo, Y. G. (2019). Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash dari PLT SUMSEL-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknik*, 11(1), 1067–1070.
- Xu, H., Li, L., Wang, C., Xie, Y., Liu, H., Zhang, A., & Xu, F. (2018). Effect of modified coconut shell biochar on availability of heavy metals and biochemical characteristics of soil in multiple heavy metals contaminated soil. *Science of The Total Environment*, 645, 702–709

## SINTESIS BIOSEMIKONDUKTOR MENGGUNAKAN SERAT NATA DE CASSAVA DARI LIMBAH CAIR TAPIOKA

Rizal Kartika Wardhana<sup>1</sup>, Hikmatul Husna Dian Kharisma<sup>1</sup>, Ainun Mardiah<sup>1</sup>, Eko Siswoyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas TSP, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang KM. 14,5, Yogyakarta  
E-mail: eko\_siswoyo@uii.ac.id

### Abstract

*Fiber of nata de cassava, one of biodegradable materials, has a fiber crystallinity formation and a good physical structure which is suitable to be developed as a super strong material. The purpose of the current study was to investigate the quality of biosemiconductor prepared from nata de cassava. In this study, filler Zink Oxide (ZnO) and catalyst resin were introduced into nata de cassava fibers by using handly up method. Tensile strength testing was carried out following the ASTM D-883 method. The results of the tensile strength test that has been carried out showed an elastic modulus of 2.68 Gpa, while the results of the largest tensile strength test were obtained from a mixture of fiber, ZnO, and also a resin of 316 MPa. The advantage of biocomposite made from nata de cassava fiber is that it has a low density compared to fiber products in the market that is equal to 0.108 g / cm<sup>3</sup>. One important component in electronic technology is made of a material known as semicoductor. Therefore, it is very important to develop environmentally friendly semiconductor materials. Semiconductor materials can be made from polymers doped with ZnO. This biocomposite can be classified as a semiconductor material because it has a conductivity value in the range of 10<sup>-8</sup>-10<sup>3</sup> S / cm.*

**Keywords:** Biosemiconductor, conductivity, nata de cassava, tapioca waste.

### Abstrak

Serat *nata de cassava* memiliki karakteristik *biodegradable*, formasi kristalinitas serat, dan struktur fisik yang baik, sehingga cocok untuk dikembangkan menjadi material superkuat. Pada penelitian ini dilakukan penambahan *filler Zink Oxide* (ZnO) dan resin katalis ke dalam serat *nata de cassava* dengan menggunakan metode *handly up*. Untuk mengetahui kualitas dari produk semikonduktor, maka dilakukan pengujian kuat tarik dengan menggunakan metode ASTM D-883. Hasil uji kuat tarik yang telah dilakukan didapatkan modulus elastisitas sebesar 2,68 Gpa, sedangkan hasil uji kuat tarik terbesar didapatkan dari komposisi campuran serat, ZnO, dan juga resin sebesar 316 MPa. Keunggulan biokomposit berbahan serat nata de cassava ini yaitu memiliki densitas yang rendah dibandingkan dengan produk serat yang ada dipasaran yaitu sebesar 0,108 g/cm<sup>3</sup>. Salah satu komponen penting di dalam teknologi elektronika terbuat dari suatu material yang dikenal sebagai semikoduktor. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan bahan semikonduktor ramah lingkungan. Bahan semikonduktor dapat dibuat dari polimer yang didoping dengan ZnO. Biokomposit ini dapat diklasifikasikan sebagai bahan semikonduktor karena memiliki nilai konduktivitas dalam kisaran 10<sup>-8</sup>-10<sup>3</sup> S / cm.

**Kata kunci:** Biosemikonduktor, konduktivitas, limbah Tapioka, nata de cassava.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan bidang teknologi informasi di dunia yang sangat pesat saat ini menuntut adanya ketersediaan material penunjang, seperti semikonduktor yang sangat diperlukan dalam pembuatan perangkat lunak seperti komputer, laptop, *hand phone* dan peralatan elektronik sejenisnya. Hingga saat ini, sebagian besar bahan semikonduktor tersebut dibuat dengan menggunakan material silikon yang merupakan zat mineral. Besarnya kebutuhan bahan

*Dikirim/submitted: 13 Mei 2019*

*Diterima/accepted: 31 Mei 2019*

pembuat semikonduktor ini menuntut adanya terobosan baru yang mampu menghasilkan material pembuat semikonduktor yang ramah lingkungan dan mempunyai kemampuan baik. Salah satu komponen penting di dalam teknologi elektronika terbuat dari suatu material yang dikenal sebagai semikonduktor. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan bahan semikonduktor yang ramah lingkungan. Bahan semikonduktor dapat dibuat dari polimer yang didoping dengan ZnO. Biokomposit ini dapat diklasifikasikan sebagai bahan semikonduktor karena memiliki nilai konduktivitas dalam kisaran  $10^{-8}$ - $10^3$  S/cm (Saputra dan Anindita, 2015).

Serat selulosa dari bakteri diketahui mempunyai susunan struktur fisik yang baik, sehingga mampu menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih dibandingkan serat selulosa tumbuhan. Susunan struktur fisik yang didapatkan dari serat selulosa bakteri *Acetobacter Xylinum* memiliki *modulus young* yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat selulosa tumbuhan. Serat selulosa bakteri yang dihasilkan memiliki nilai *modulus young* sebesar 30 Gpa, sementara serat selulosa tumbuhan berupa *Micro Fibrillated Cellulose* (MFC) hanya dapat mencapai nilai *modulus young* sebesar 29-36 Gpa (Tanpichai et al., 2012). Banyak serat alam yang digunakan dalam pembuatan bahan komposit ramah lingkungan diantaranya serat bagasse (Clareyna dan Marwani, 2013), sabut kelapa (Astika et al., 2013), serat aren (Fatkhurrohman dan Irfa'i, 2016), serat bambu (Sujito, 2014), serat lidah mertua (Fajri et al., 2013), serat pelepah pisang (Nopriantina dan Astuti, 2013), dan serat nanas (Firman et al., 2015).

Menurut Mardiyati et al (2016) Penggunaan serat alam sebagai penguat komposit mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan serat sintetis, diantaranya lebih ramah lingkungan, dapat diperbarui, murah, serta memiliki densitas yang rendah. Disamping itu material alami tidak akan habis, karena dapat diperbarui dengan pengembangbiakan sesuai dengan keadaan alam di Indonesia. Atas dasar itulah, kini bahan organik hadir dan mulai menggantikan bahan anorganik yang telah lama dipakai oleh sebagian besar industri. Bahan yang demikian dapat diperoleh dengan membuat bahan komposit yang terdiri dari polimer *biodegradeble* dengan penguat berupa serat alam sehingga didapatkan perpaduan bahan yang lebih ramah lingkungan.

Salah satu partikel yang bisa digunakan sebagai filler untuk penguat biokomposit adalah Zink Oksida (ZnO) yang terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik. Hal ini dikarenakan ZnO terdispersi ke dalam sela-sela rantai polymer. Biokomposit mempunyai kelebihan akan daya tahan terhadap lingkungan korosif, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, sifat mekanik, serta dapat dibuat dalam berbagai bentuk. Namun biokomposit memiliki kekurangan yaitu

tidak dapat digunakan pada temperature  $>400^{\circ}\text{F}$  dan kekakuan tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan logam (Yano et al., 2008).

Teknik *handly up* merupakan salah satu proses pembuatan biokomposit yang dapat dilakukan, dimana serat bahan biokomposit ditata sedemikian rupa mengikuti bentuk cetakan, yang kemudian dituangkan resin katalis sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain. Demikian seterusnya, sehingga sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan.

Resin atau matriks yang dikombinasikan dengan penguat, dalam hal ini selulosa akan menghasilkan kekuatan (sifat fisik dan mekanik) yang lebih baik dibandingkan dengan resin murni. Hal ini akan meningkatkan nilai guna dari material biokomposit yang dihasilkan. Resin katalis yang diaplikasikan untuk *coating*, memiliki beberapa keunggulan yaitu memiliki ketahanan terhadap asam, alkali, dan berbagai jenis pelarut (Yano et al., 2008). Resin katalis mempunyai gugus O, N, dan H yang memungkinkan terjadinya *crosslink* ikatan hidrogen diantara resin dan biokomposit. Dilihat dari karakteristik pada kedua resin tersebut juga berbeda, dimana resin memiliki karakteristik yang keras, sedangkan katalis *acrylic* cenderung memiliki karakteristik yang lentur. Diharapkan penggabungan resin katalis ini memiliki kekuatan mekanik yang tinggi.

Nata de cassava memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan semikonduktor, namun demikian pemanfaatan limbah nata de cassava sebagai salah satu bahan pembuat semikonduktor tersebut masih sangat jarang dilakukan. Penelitian ini diharapkan akan menjadi salah satu pelopor dalam pemanfaatan limbah Nata de Casava sebagai material semikonduktor. Dalam penelitian ini, sifat mekanik yang akan diuji adalah *Tensile Strength*, dimana dapat diketahui puncak kurva tegangan-regangan yang akan menunjukkan kapan terjadinya regangan itu tertarik. Nilai dari besaran ini tidak bergantung pada ukuran bahan, akan tetapi bergantung pada preparasi bahan yang dilakukan beserta suhu pengujian. *Ultimate Tensile Strength* menunjukkan hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Sintesis semikonduktor dari Nata De Casava

Serat nata de Cassava dibuat dengan kondisi yang telah ditentukan yang meliputi beberapa variasi seperti pH atau komposisi asam asetat, komposisi sukrosa dan komposisi urea. Pada

penelitian ini, kondisi-kondisi tersebut dibuat pada kondisi optimum pada merupakan hasil dari penelitian sebelumnya. Lembaran nata de cassava yang sudah jadi, dikeringkan dibawah sinar matahari hingga kadar air nya berkurang hingga 85%. Tahap pengeringan juga dilakukan dengan oven untuk melanjutkan kembali pengeringan yang sudah dilakukan secara manual di bawah sinar matahari tersebut dengan suhu 110°C. Serat nata de Cassava yang sudah kering dan berbnetuk seperti lembaran, diblender dan diayak dengan *shieve shaker* ukuran 50 mesh. Serat nata de cassava dibagi menjadi 3 komponen campuran yaitu ZnO dan resin, ZnO, resin, serat nata, dan yang terakhir resin. Biokomposit dengan 3 variasi tersebut menggunakan teknik *handly up* dengan pengeringan selama 3 hari. Sintesis komposit dimulai dengan mengukur kerapatan material. Densitas akrilik adalah 0,83 g/ml, ZnO adalah 0,88 g/ml, dan bubuk nata de cassava adalah 0,27 g/ml. Langkah selanjutnya adalah menimbang bahan berdasarkan komposisi pengisi yang diperlukan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Resin dan pengisi kemudian dicampur dan ditambahkan dengan 1% berat katalis resin. Campuran ini kemudian dicampur selama 10 detik sebelum dituangkan ke dalam cetakan dan biarkan polimerisasi selama 12 jam.

**Tabel 1.** Variasi komposisi filler

No	Sample	% Volume ZnO	% Volume Resin
1	Z0	0	100
2	Z1	10	90
3	Z2	20	80
4	Z3	30	70
5	N0	0	100
6	N1	10	90
7	N2	20	80
8	N3	30	70

## 2.2 Uji konduktivitas

Resistivitas listrik suatu material dapat diuji menggunakan metode Van Der Pouw yaitu mengukur besar arus listrik yang mengalir dalam suatu material dengan cara memberikan harga beda potensial berbeda-beda. Dengan menggunakan hukum Ohm akan didapatkan nilai hambatan listrik material yang nilainya tergantung pada geometri dan resistivitas listrik material. Rangkaian Four Point Probe (metode Van Der Pouw) ditunjukkan pada Gambar 1.

$$V = iR = i\rho \frac{l}{A}$$

Dimana:

$V$  = beda potensial (volt)

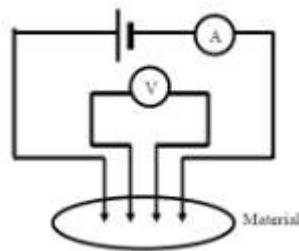
$R$  = hambatan bahan (ohm)

$i$  = arus listrik (amper)

$\rho$  = resistivitas listrik (ohm-m)

$l$  = panjang (m)

$A$  = luas penampang kerja (m<sup>2</sup>)



**Gambar 1.** Rangkaian Four Point Probe metode Van Der Pouw

Jajaran empat probe berjarak masing masing  $S$  dipasang diatas semikonduktor. Sumber tegangan dipasang pada dua probe terluar untuk menghasilkan arus  $I$  dan voltmeter dihubungkan pada dua probe yang ditengah untuk mengukur tegangan jatuh  $V$ .

$$\rho = 2 \pi S V / I S = 0.5 \text{ mm atau } 1 \text{ mm}$$

Dimana:

$V$  = beda potensial (volt)

$I$  = arus listrik (amper)

$S$  = jarak antara dua jarum (probe) (meter)

$\rho$  = resistivitas listrik Ohm meter ( $\Omega$ -m)

Dari nilai resistivitas listrik ini dapat dihitung nilai koefisien konduktivitas listrik material karena nilai resistivitas listrik ( $\rho$ ) berbanding terbalik dengan nilai koefisien konduktivitas listrik ( $\sigma$ ).

$$\sigma = 1 / \rho$$

Dimana:

$\sigma$  = konduktivitas listrik

$\rho$  = resistivitas listrik Ohm meter ( $\Omega$ -m)

Pada sifat mekanik ini dilakukan untuk melihat performa serat nata de cassava murni dan resin, serat nata de cassava dengan campuran ZnO, serta resin yang dicampurkan dengan ZnO. Biokomposit ini diuji dengan menggunakan tensile strength. Uji sifat mekanik ini perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan mekanik serat nata de cassava dengan resin. Hal ini untuk mengetahui interaksi yang terjadi diantara serat dengan masing-masing resin.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

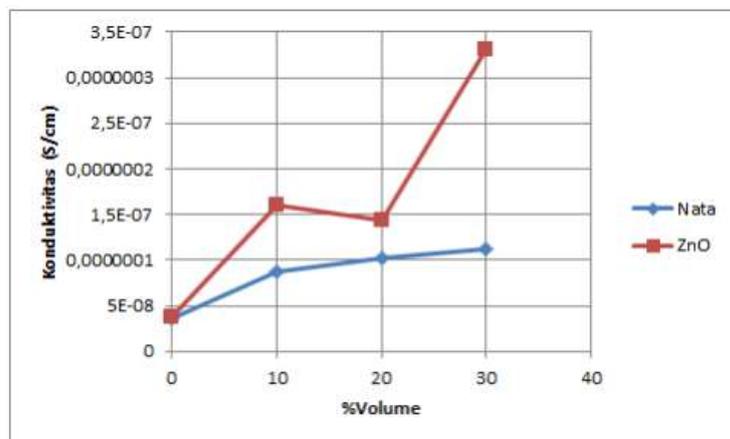
#### 3.1. Analisis Konduktivitas

Material semikonduktor yang banyak dikembangkan saat ini adalah senyawa semikonduktor oksida logam. Salah satu dari material semikonduktor logam adalah Seng oksida (ZnO), oleh karena itu pengujian konduktivitas pada penelitian ini menggunakan 2 filler utama, yaitu ZnO dan Nata De Cassava. Penggunaan filler ZnO dilakukan untuk melakukan perbandingan, dikarenakan ZnO merupakan filler utama dalam pembuatan semikonduktor. Produk semikonduktor yang dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 2.



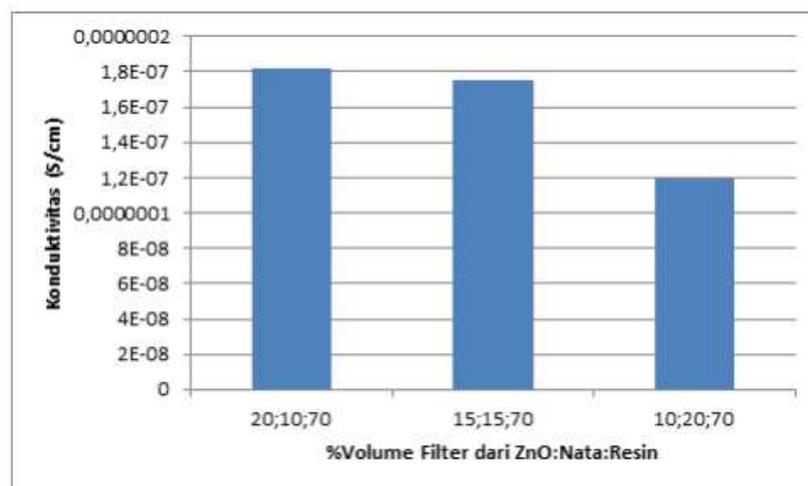
**Gambar 2.** Sampel Serat Nata+ZnO+Resin

Hasil pengujian konduktivitas dengan filler ZnO menjadi standar dalam membandingkan kualitas kelistrikan yang dihasilkan oleh semikonduktor dengan filler Nata De Cassava. Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian konduktivitas berbahan Nata De Cassava dan ZnO yang didapatkan pada penelitian ini.



**Gambar 3.** Hasil Konduktivitas Komposit ZnO dengan Nata De Cassava

Pada hasil konduktivitas komposit dengan pengisi tunggal, dapat dilihat bahwa untuk kedua jenis pengisi konduktivitas tertinggi diperoleh dari komposit dengan 30% volume pengisi. Dari hasil konduktivitas, dapat dilihat bahwa penurunan konduktivitas dengan penurunan ZnO filler. Hasil konduktivitas tertinggi masih dicapai oleh komposit berfiller ZnO dan terendah dicapai oleh komposit berfiller Nata De Cassava. ZnO filler lebih semikonduktif daripada Nata De Cassava filler. Oleh karena itu dilakukan percobaan dan pengujian dengan menggabungkan filler ZnO dan Nata De Cassava dengan perbandingan yang divariasikan untuk melihat dampak dari filler yang lebih semikonduktif. Berikut hasil pengujian konduktivitas komposit dengan perbandingan tertentu yang didapatkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil Konduktivitas Komposit ZnO: Nata: Resin Akrilik

Dari hasil pengujian didapatkan hasil konduktivitas tergantung pada komposisi ZnO filler. Namun, hasil konduktivitas dari komposit hibrida lebih tinggi daripada konduktivitas berfiller Nata De Cassava karena kehadiran ZnO meskipun dalam jumlah kecil dapat memberikan karakteristik semikonduktor yang baik terhadap komposit.

Semua komposit yang telah dibuat dalam penelitian ini dapat diklasifikasikan sebagai bahan semikonduktor karena konduktivitas dalam kisaran  $10^{-8}$ - $10^3$ S/cm. Hasil konduktivitas tertinggi yaitu  $2,7 \times 10^{-7}$ S/cm dicapai oleh komposit akrilik / ZnO dengan 30% volume pengisi. Konduktivitas komposit ini 3 kali lebih tinggi dari komposit akrilik / Nata De Cassava dan 9 kali lebih tinggi dari akrilik.

### 3.2. Pengaruh Penambahan Filler Resin dan Katalis Terhadap Material Komposit Ditinjau dari Kelenturan Elastisitas

Keterkaitan antara pemberian filler resin terhadap ZnO dan Nata dapat dilihat pada Gambar 4. Nata De Cassava dengan campuran filler memberikan hasil modulus elastisitas yang lebih tinggi yaitu sebesar 2,68 Gpa, dibandingkan dengan komposit ZnO filler sebesar 1,7 Gpa. Hal tersebut dikarenakan penggunaan resin akrilik mempunyai tingkat kelenturan hingga 240 Mpa. Sampel yang digunakan yaitu berjumlah 3 yaitu terdiri dari seperti terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Komposisi Material Komposit

Volume (%)			
Sampel	ZnO	Nata de Cassava	Acrylic Resin
A	20	10	70
B	15	15	70
C	10	20	70

Menurut Sujito et al. (2014) Regangan maksimum menunjukkan nilai keuletan atau besarnya deformasi plastis yang dimiliki bahan pada saat bahan tersebut patah. Semakin besar nilai regangan bahan komposit maka bahan komposit dikatakan semakin ulet, sehingga bahan komposit hasil sintesis tidak mudah putus saat dilakukan pengujian tarik. Hal ini menunjukkan bahwa bahan komposit hasil sintesis dengan arah serat longitudinal memiliki tingkat keuletan yang baik dibandingkan dengan bahan komposit hasil sintesis arah serat acak. Hal ini dikarenakan adanya beberapa variasi fraksi massa yang digunakan, pada fraksi massa serat tertentu bahan komposit akan lebih kuat, menurut Firman et al (2015) semakin besar fraksi massa serat yang digunakan mampu meningkatkan sifat mekanik dari komposit tersebut, namun setelah melampaui nilai optimum maka akan cenderung menurun, ini disebabkan karena ikatan antar matriks dan serat yang rendah, hal ini dapat diketahui dengan melakukan uji SEM.

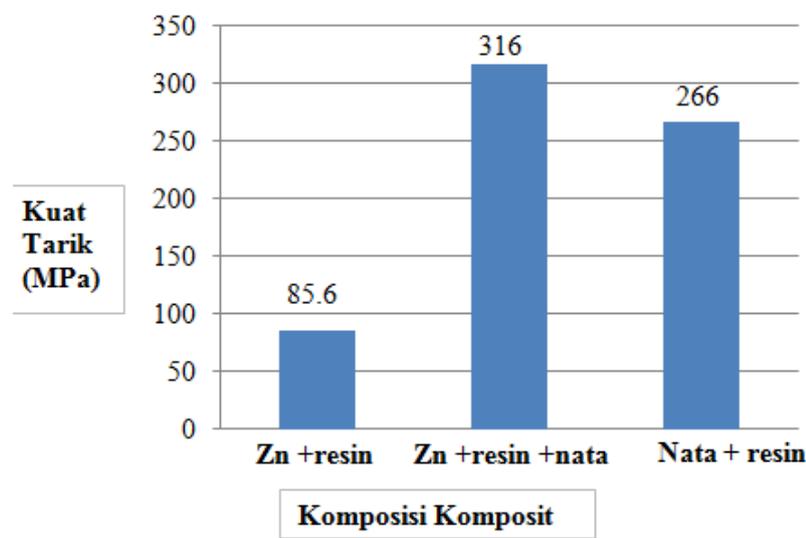
### 3.3 Hasil Uji Kuat Tarik Material

Untuk mengetahui dan membandingkan kekuatan mekanik dari sampel serat Nata De Cassava dan komposit serat Nata De Cassava dengan resin, maka dilakukan pengujian kuat tarik untuk mengetahui kekuatan tarik dari masing-masing sampel tersebut. Kekuatan tarik ini umum dijadikan acuan untuk mengetahui kekuatan mekanik dari suatu material. Pengujian kekuatan

tarik menggunakan alat *Ultimate Tensile Strength* (UTS) sesuai dengan ASTM D 882. Uji ini digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari lembaran serat Nata De Cassava sebelum dan setelah menjadi komposit. Pengujian kuat tarik ini dilakukan sesuai dengan ASTM-D 882. Tabel 3 berikut merupakan hasil pengujian kekuatan tarik pada sampel serat Nata De Cassava maupun komposit serat Nata De Cassava dengan resin.

**Tabel 4.** Hasil Uji Kuat Tarik

Sampel	Kuat tarik N/cm <sup>2</sup> .10 <sup>-2</sup>	Berat Akhir (gr)	Dimensi					Kuat Tarik Spesifik
			Ketebalan Akhir (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	
Zn+resin	85.6	1.21	0.19	10	2.5	4.75	0.298	1615.58
Zn+resin+nata	316	2.07	0.22	10	2.5	5.5	0.108	2888.17
Nata+resin	266	2.64	0.22	10	2.5	5.5	0.121	2456.31



**Gambar 7.** Hasil Uji Kuat Tarik Material Komposit

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa hasil uji tarik lembaran serat Nata De Cassava maupun komposit serat Nata De Cassava dengan resin memiliki kekuatan tarik yang berbeda satu sama lain. Untuk sampel dengan kekuatan tarik terbesar adalah sampel Zn+nata+resin dimana kekuatan tariknya mencapai 316 MPa. Sementara untuk sampel yang memiliki kekuatan tarik terkecil adalah sampel Zn+resin yaitu sebesar 85,5 MPa. Dari Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa terjadi interaksi yang baik antar serat Nata De Cassava, zink oksida, dan resin yang dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit tersebut sebesar 18.79% dari kekuatan tarik serat Nata De Cassava murni. Interaksi antara serat Nata De Cassava dan resin yang baik tersebut terjadi karena adanya ikatan crosslink antara struktur serat Nata De Cassava dengan struktur dari resin.

Ikatan crosslink menghubungkan dan mengikat kedua lapisan (Serat Nata De Cassava dan resin) (Mikrajuddin, 2008). Salah satu jenis ikatan crosslink yang kuat dan terjadi antara serat Nata De Cassava dengan resin katalis adalah ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen dapat terjadi karena unsur memiliki O, dan H yang terdapat pada ujung-ujung struktur Nata De Cassava. Pada lain sisi struktur resin katalis juga terdapat unsur O, H, dan N yang terdapat pada strukturnya. Banyaknya jumlah unsur-unsur tersebut memungkinkan terjadinya banyak ikatan hidrogen antara lapisan serat Nata De Cassava dengan resin yang disebut dengan crosslink.

Sementara itu, dari Gambar 4 juga terlihat bahwa interaksi yang terjadi antara resin katalis dengan Zink Oxide terlihat interaksi yang tidak baik. Hal ini terlihat dari kekuatan tarik komposit sebesar 85,6 MPa. Apabila dibandingkan dengan kekuatan tarik Nata De Cassava, resin, dan Zn, mengalami penurunan sebesar 72,9%. Hal ini diakibatkan oleh 2 faktor. Faktor yang pertama yaitu tidak terjadi atau terjadi sedikit crosslink antara lapisan resin katalis dengan lapisan zink oxide tersebut. Faktor yang kedua adalah karena lapisan resin yang melapisi permukaan zink oxide tidak menyebar secara merata. Hal ini menyebabkan ketika dilakukan pengujian tarik lapisan resin terlepas dengan mudahnya dari lapisan permukaan zink oxide yang menyebabkan pembacaan nilai kuat tarik komposit tersebut menjadi rendah.

Pada Tabel 5 dapat dilihat perbandingan kekuatan tarik material komposit yang dihasilkan pada penelitian ini dibandingkan dengan berbagai jenis material kuat yang sudah ada di pasaran.

**Tabel 5.** Kuat Tarik Material di Pasaran

No	Material	Tensile Strength (Gpa)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	Spesific Strength (Gpa/g.cm <sup>-3</sup> )
1	Jute	0.39 - 0.77	1.3	0.3 - 0.59
2	Ramie	0.4 - 0.94	1.5	0.27 - 0.63
3	HM Carbon	2.4	1.95	1.23
4	HS Carbon	3.4	1.75	1.94
5	E-Glass	2	2.56	0.78
6	Kevlar 49	3	1.45	2.07

Dari Tabel 5 diatas didapat bahwa kekuatan tarik dari material komposit yang dihasilkan dari penelitian ini nilainya masih lebih rendah dibandingkan dengan beberapa material kuat yang sudah ada dipasaran. Hal tersebut dapat dilihat dengan cara membandingkan sampel serat Nata De Cassava, resin katalis, serta ZnO yang memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 316 MPa, dibandingkan dengan kekuatan tarik Kevlar yang dapat mencapai 3000 MPa (10x lipat).

Namun disisi lain terdapat keunggulan yang dimiliki oleh material komposit yang dihasilkan dari serat Nata De Cassava yaitu material yang dihasilkan memiliki berat yang ringan. Hal ini terlihat perbandingan densitas dari material komposit yang dihasilkan jauh lebih rendah dibandingkan dengan material kuat lainnya. Jika membandingkan kekuatan tarik dengan memperhitungkan densitas didapatkan kekuatan tarik spesifik. Kekuatan tarik spesifik material komposit yang dihasilkan ternyata memiliki nilai yang dapat bersaing dengan material kuat lainnya.

Untuk pengembangan penelitian kedepannya, dari hasil yang didapat bahwa material komposit serat Nata De Cassava yang dihasilkan memiliki kekuatan tarik spesifik yang tinggi dengan keunggulan memiliki berat yang ringan, maka untuk meningkatkan kekuatan tarik dari material komposit serat Nata De Cassava dilakukan lebih dari satu lapisan yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatannya. Hal tersebut tidak menutup kemungkinan bahwa nantinya material komposit yang dihasilkan memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari Kevlar, Carbon Fiber.

#### **4. KESIMPULAN**

Semua komposit yang telah dibuat dalam penelitian ini dapat diklasifikasikan sebagai bahan semikonduktor karena konduktivitas dalam kisaran  $10^{-8}$ - $10^3$ S/cm. Biokomposit serat Nata De Cassava dengan campuran resin katalis dan ZnO memiliki hasil kuat tarik yang paling tinggi dibandingkan dengan sampel nata+ resin, dan ZnO+resin yaitu sebesar 316 MPa. Nata de cassava dengan campuran filler memberikan hasil modulus elastisitas yang lebih tinggi yaitu sebesar 2,68 Gpa, dibandingkan dengan komposit ZnO filler sebesar 1,7 Gpa. Apabila dibandingkan dengan material yang ada dipasaran keunggulan biokomposit ini memiliki densitas yang rendah yaitu sebesar  $0,108 \text{ g/cm}^3$ .

#### **ACKNOWLEDGEMENT**

Terima kasih kepada Ristekdikti yang sudah memberikan grant melalui Program PKM dan kepada Laboratorium Teknik Lingkungan UII atas semua fasilitas yang diberikan dalam pelaksanaan kegiatan PKM.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Asitika, I. M., Lokantara, I. P., dan Karohika, I. M. G. (2013). Sifat Mekanis Komposit Poliester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, **6**: 95-202.

- Clareyna, E.D., dan Marwani, L. J. (2013). Pembuatan dan Karakteristik Berpenguat Bagasse. *Jurnal Teknik POMITS*, **2** : F208-F213.
- Fajri, R. I., Tarkono, dan Sugiyanto. (2013). Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sanseveira Cylindrica dengan Variasi Fraksi Volume Bermatriks Polyester. *Jurnal Fema*, **1**: 85-93.
- Fatkhurrohman, dan Irfa'i, M.A. (2016). Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Pohon Aren. *Jurnal Teknik Mesin*, **4** : 161- 168.
- Firman, S. H., Muris, dan Subaer. (2015). Studi Sifat Mekanik dan Morfologi Komposit Serat Daun Nanas- Epoxy Ditinjau dari Fraksi Massa dengan Orientasi Serat Acak. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, **11** : 185- 191.
- Mardiyati, Steven, Rizkiyansyah, R.R., dan Purnomo, I. (2016). Sifat Mekanik Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Sanseviera Unidirectional. *Jurnal Mesin*, **25**:63-82.
- Mikrajuddin. (2008). Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan, dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, **1**.
- Nopriantina, N., dan Astuti. (2013). Pengaruh Ketebalan Serat Pelepah Pisang Kepok (Mussa Paradisiaca) Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Poliester- Serat Alam. *Jurnal Fisika UNAD*, **2** : 195- 203.
- Piao. (2006). Microbial Derived Cellulose Reinforced Biocomposite. New Zealand: Departement of Mechanical Engineering School University of Canterbury.
- Saputra A.H. (2001). Diklat Kuliah Komposit. Jakarta: Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Saputra A.H. (2015). Synthesis and Characterization of Polymer Matrix Composite Material with Combination of ZnO Filler and Nata De Cassava Fiber as A Candidate of Semiconductor Material. *International Journal of Technology*, **7**: 1198-1204.
- Sujito. (2014). Fabrication and Characterization of Short Single Bamboo Fibers Reinforced PolyLatic Acid (PLA) Green Composites (GC). *Internasional Jurnal of Basic & Applied Sciences IJBAS- IJENS*, **14** (2): 33-36.
- Tanpichai S., Quero F., Nogi M., Yano H., Young R. J., Lindstrom T., Samson W. W., and Eichhorn S. J. (2012). Effective Young's Modulus of Bacterial and Microfibrillated Cellulose Fibrils in Fibrous Networks. *Biomacromolecules* 2012, **13** (5): 1340-1349
- Yano S., Maeda H., Nakajima M., Hagiwara T., Sawaguchi T., (2008). Preparation and Mechanical Properties of Bacterial Cellulose Nanocomposite Loaded with Silica Nanoparticles. *Cellulose*, **15** (1):111-120.