

# Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Dari Bambu Swat (*Gigantochloa verticillata*)

Wayan Adikusuma Sila Windusara, D N K Putra Negara, Ketut Astawa  
*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali*

## Abstrak

Kebutuhan karbon aktif di berbagai kehidupan seperti di bidang industri, lingkungan, kesehatan dan pertanian semakin meningkat. Umumnya karbon aktif komersial bersumber dari batu bara dan tidak bisa diperbaharui, maka dari ini banyak yang mengembangkan karbon aktif dari biomassa dan salah satunya yaitu bambu swat (*Gigantochloa verticillata*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik karbon aktif dari bambu swat dengan variasi suhu karbonisasi : 600°C, 700°C, dan 800°C dengan aktivasi 800°C selama 1 jam yang di aliri gas inert N<sub>2</sub> dengan aju aliran 150 ml/min. Selanjutnya akan di uji karekeristiknya dengan uji proximate analysis, uji ultimate analysis, dengan acuan persyaratan karbon aktif SNI 06 – 3730 – 1995 dan untuk morfologi sruktur mikro dengan uji SEM. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karbon aktif dengan suhu karbonisasi 700°C yang terbaik, ini dilihat dari kadar ash yang terendah (15.28%), kadar fixed carbon yang tertinggi (76.47%), dan kadar karbon yang tertinggi (80.521%). Untuk uji SEM terlihat adanya perubahan pori – pori antara proses karbonisasi dan proses aktivasi.

*Kata kunci: Bambu swat, Variasi suhu karbonisasi, Ash, Fixed carbon, Karbon.*

## Abstract

Carbon needs in various fields such as industry, environment, health and agriculture are increasing. Generally commercial activated carbon is sourced from coal and cannot be renewed, so many of these are developing activated carbon from biomass and one of them is swat bamboo (*Gigantochloa verticillata*). The purpose of this study was to determine the characteristics of activated carbon from swat bamboo with carbonization temperature variations : 600 ° C, 700 ° C, and 800 ° C with 800 ° C activation for 1 hour which is flowed by N<sub>2</sub> inert gas with a flow of 150 ml / min. Furthermore, the characteristics will be tested by proximate analysis test, ultimate analysis test, with reference to the requirements of activated carbon SNI 06 - 3730 - 1995 and for microstructure microstructure by SEM test. The results of this study indicate that the activated carbon with a carbonization temperature of 700 ° C is the best, this is seen from the lowest ash level (15.28%), the highest fixed carbon level (76.47%), and the highest carbon content (80,521%). The SEM test shows changes in pores between the carbonization process and the activation process.

*Keywords: Bamboo swat, Carbonization temperature variations, Ash, Fixed carbon, Carbon*

## 1. Pendahuluan

Karbon aktif merupakan suatu karbon yang mempunyai daya serap atau adsorpsi yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Dimana seiring dengan perkembangan jaman kebutuhan karbon aktif semakin meningkat. Saat ini karbon aktif banyak digunakan di berbagai bidang kehidupan seperti di bidang industri, lingkungan, kesehatan dan pertanian. Sederhananya karbon aktif merupakan material yang telah di proses sehingga memiliki pori – pori yang banyak dan luas permukaan yang besar. Proses pembuatan karbon aktif dibagi menjadi tiga proses yaitu: pertama proses dehidrasi yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam bahan baku. Kedua proses karbonisasi yang bertujuan untuk menghilangkan zat – zat yang mudah menguap yang terkandung dalam bahan baku [1]. Ketiga proses aktivasi yang bertujuan untuk membuka, menambah atau mengembangkan volume dan diameter pori yang telah terbentuk [2]. Pada dasarnya

karbon aktif komersial bersumber dari batu bara yang tidak dapat diperbaharui dan harganya relatif mahal, oleh karena itu banyak yang mengembangkan karbon aktif dari biomassa [3] yaitu : bambu, tempurung kelapa, sekam padi, kayu, dll

Bambu yang salah satu biomassa yang banyak diteliti sebagai sumber karbon aktif karena keunggulan karakteristik yang dimiliki. Bambu juga dikenal oleh masyarakat memiliki sifat – sifat yang baik untuk dimanfaatkan antara lain, batangnya ulet, keras, lurus, rata, mudah dibelah, mudah di bentuk, serta ringan, dan mudah untuk di angkut [4]. Dari bermacam jenis bambu, penelitian ini menggunakan jenis bambu swat (*Gigantochloa verticillata*). Bambu swat memiliki komposisi kandungannya yaitu uji proximate analysis : moisture 7,86%, volatile 88,32%, ash 1,83% dan fixed carbon 1,99%. Uji ultimate analysis: carbon 43,42%, hydrogen 6,14 %, dan nitrogen 1,70%. Uji komposisi kimia: lignin 22,9920%, selulosa 44,2247%, silica 1, 8664%. Secara umum bambu swat sangat berpotensi digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif [3]. Maka dari itu penulis melakukan

penelitian mengenai pengaruh variasi variasi suhu karbonisasi 600°C, 700°C, dan 800°C terhadap karakteristik karbon aktif dari bambu swat (*Gigantochloa verticillata*).

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan secara umum dibagi menjadi 3, yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi.

#### 2.1.1 Dehidrasi

Proses dehidrasi bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan kadar air yang terkandung dalam bahan baku. Bahan baku akan di jemur dibawah sinar matahari atau di panaskan dalam tanur listrik dengan suhu sekitar 105°C.

#### 2.1.2 Proses Karbonisasi

Karbonisasi bertujuan untuk menghilangkan zat – zat yang mudah menguap yang terkandung dalam bahan baku. Proses karbonisasi atau pengarangan biasanya dilakukan di dalam dapur listrik dengan suhu yang diturunkan. Pada proses ini banyak terjadinya penguraian senyawa organik [1]

#### 2.1.3 Proses Aktivasi

Aktivasi bertujuan untuk membuka, mengembangkan volume pori dan memperbesar volume pori yang telah terbentuk pada saat proses karbonisasi [1]. Melalui proses aktivasi ini akan meningkatkan daya adsorpsi suatu karbon aktif untuk dijadikan suatu adsorben.

## 2.2 Proximate Analysis

### 2.2.1 Moisture

*Moisture* terbagi menjadi dua yaitu *free moisture* (FM) dan *inherent moisture* (IM). Maka jumlah keduanya disebut *total moisture* (TM) [5]. Umumnya *moisture* merupakan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam karbon aktif.

### 2.2.2 Volatile Matter

*Volatile matter* merupakan suatu zat terbang yang terkandung dalam suatu karbon aktif, kandungan *volatile* biasanya terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti Hidrogen, Karbon Monoksida (CO) dan Metan (CH<sub>4</sub>) [6]

### 2.2.3 Ash

*Ash* merupakan suatu parameter dimana setelah material dibakar dengan sempurna. *Ash* merupakan kotoran yang tidak bisa terbakar, tidak dapat menguap atau hilang dan akan tetap tertinggal selama proses pengabuan [6].

### 2.2.4 Fixed Carbon

*Fixed carbon* merupakan fraksi karbon yang terdapat dalam karbon aktif yang berupa zat padat atau karbon yang tertinggal sesudah penentuan kadar *moisture*, *ash*, dan *volatile*. Melalui pengeluaran zat terbang dan kadar air, maka karbon tertambat secara otomatis sehingga akan naik [6]

## 3 Metode Penelitian

### 3.1 Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif dimulai dengan melakukan prepsi bahan dasar karbon aktif yaitu karbon yang berasal dari bambu swat (*Gigantochloa verticillata*) yang di dapat di daerah Payangan Gianyar. Bambu lalu di potong kecil – kecil berkisaran 100 cm agar mudah membawanya dan mencari tempat untuk menjemurnya atau proses pengeringan. Umumnya pembuatan karbon aktif melalui tiga proses, yaitu : dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Untuk karakteristiknya dilakukan dengan *uji proximate analysis*, *ultimate analysis*, dan untuk melihat *morfologi struktur mikro* dilakukan dengan uji SEM

1. Proses dehidrasi dilakukan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam bahan baku, bahan baku di cacah kecil – kecil dengan ukuran 1 x 1 x 1 agar pada saat proses penjemurannya bahan baku kering dengan merata dan memudahkan untuk melakukan proses selanjutnya.
2. Proses karbonisasi dilakukan dengan metode pembakaran di dalam dapur listrik selama selang waktu yang di tentukan dan suhu yang digunakan yaitu 600°C, 700°C, 800°C, ditingkatkan selama 1 jam. Proses ini dimana bertujuan untuk menghilangkan zat – zat yang mudah menguap.
3. Setelah proses karbonisasi selesai maka arang akan dihaluskan dengan menggunakan penggiling sampai arang benar – benar halus. Apabila proses penggilingan sudah selesai selanjutnya arang akan di ayak menggunakan mesh dengan ukuran 250µm. Proses ini dilakukan agar partikel – partikel arang yang didapat seragam dan lebih kecil.
4. Pada penelitian aktivasi yang digunakan yaitu aktivasi fisika. Proses aktivasi dilakukan didalam dapur listrik, suhu yang digunakan yaitu 800°C selama 1 jam tanpa kehadiran oksigen, karena oksigen dapat membakar ataupun merusak struktur pori dalam karbon aktif [4]. Maka dari itu, untuk mencegah reaksi pembakaran dengan oksigen, maka dengan dialiri gas inert (N<sub>2</sub>), laju aliran yang digunakan yaitu 150ml/min.
5. Karakteristik karbon aktif dilakukan dengan Uji *proximate analysis* digunakan untuk mengetahui kandungan *moisture*, *volatile*, *ash*, dan *fixed karbon*. Uji *proximate* ini menggunakan alat yaitu TGA (*Thermogravimetric Analysis*). Pengujian ini beracuan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06 – 3730-1995

**Tabel 1. Standar Nasional Indonesia (SNI) 06 – 3730-1995 [2]**

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air ( <i>Moisture</i> )	Maksimum 15 %
Kadar Abu ( <i>Ash</i> )	Maksimum 10 %
Kadar Zat Menguap ( <i>Volatile</i> )	Maksimum 25 %
Kadar Karbon Terikat ( <i>Fixed Carbon</i> )	Minimum 65 %

Uji *ultimate analysis* dilakukan untuk mengetahui atau menganalisa jumlah Karbon (C), Hidrogen (H), dan Nitrogen (N). Kedua pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM D7582. Selanjutnya untuk melihat morfologi struktur mikro maka akan dilakukan dengan uji SEM (*Scanning Electron Microscope*). Uji mikrostuktur dilakukan menggunakan *microscope optidengan optical zoom*10 sampai 1200 % di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana. Pada uji SEM ini menggunakan zoom 500x.

**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1 Hasil Uji Proximate Analysis**

Hasil uji proximate analysis untuk masing – masing variasi suhu karbonisasi dan proses aktivasi bisa dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Hasil uji proximate analysis**

	Moisture (%)	Volatile (%)	Ash (%)	Fixed Carbon (%)
K. 600°C	5,18	12,12	14,09	68,61
K. 700°C	5,67	9,73	14,03	70,57
K. 800°C	7,12	7,22	17,76	67,90
KA. 600°C	2,13	7,95	15,39	74,54
KA. 700°C	1,62	6,63	15,28	76,47
KA. 800°C	1,06	6,52	19,51	72,91
<b>Standar Mutu SNI</b>	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Min 65

Keterangan tabel 2 dan 3:

- K : Karbonisasi
- KA. 600°C : Karbon Aktif ( yang telah di karbonisasi 600°C dan di aktivasi 800°C)
- KA. 700°C : Karbon Aktif ( yang telah di karbonisasi 700°C dan di aktivasi 800°C)
- KA. 800°C : Karbon Aktif ( yang telah di karbonisasi 800°C dan di aktivasi 800°C)

Dilihat pada tabel 2, dimana kadar *moisture* yang terbaik yaitu kadar *moisture* yang terendah,

karena menurut standar SNI kadar *moisture* maks 15% dan yang terbaik yaitu pada karbon aktif dengan suhu 800°C (1,06%).

Untuk kadar *volatile* menurut standar SNI yaitu maks 25%. Dilihat pada tabel 2, bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi kada *volatile* semakin menurun, itu berpengaruh juga terhadap pembuatan karbon aktif. Kadar *volatile* yang terbaik yaitu pada karbon aktif 800°C (6,52%).

Dapat dilihat pada tabel 2, Untuk kadar *ash* yang diperoleh pada penelitian ini sangat tinggi dan tidak memenuhi sandar SNI yaitu maks 10%, itu disebabkan karena masih banyak zat - zat pengotor yang terdapat dalam karbon aktif [7]. Maka dari itu pada penelitian ini hanya dipilih kadar *ash* yang paling rendah, yaitu pada suhu 700°C (15,28%).

Sedangkan kadar *fixed carbon* dapat dilihat pada tabel 2. *Fixed carbon* yang diperoleh untuk semua sampel sangat tinggi. Menurut standar SNI untuk kandungan *fixed carbon* yang terdapat dalam karbon aktif yaitu min 65%. Tigginya kadar *fixed carbon* dipengaruhi oleh kadar *volatile* dan kadar *ash* [7]. Kadar *fixed carbon* yang terbaik yaitu pada karbon aktif dengan suhu 700°C (76,47%).

**4.2 Hasil Uji Ultimate Analysis**

Hasil uji proximate analysis untuk masing – masing variasi suhu karbonisasi dan proses aktivasi bisa dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Hasil uji ultimate analysis**

	Carbon (%)	Hydrogen (%)	Nitrogen (%)
K. 600°C	75,77	4,73	1,98
K. 700°C	76,76	3,05	0,84
K. 800°C	73,84	3,35	0,62
KA. 600°C	79,55	2,86	1,15
KA. 700°C	80,52	2,82	1,02
KA. 800°C	77,59	2,53	0,71

Tabel 3 menunjukkan hasil *ultimate analysis*, pada pengujian ini yang di cari yaitu jumlah karbon, hidrogen, dan nitrogen.

Untuk kadar karbon pada uji *ultimate analysis* bisa dilihat pada tabel 3. Kandungan karbon yang terdapat pada semua sampel sangat tinggi. Hal ini dipengaruhi karena pada dasarnya bahan baku karbon aktif mengandung *selulosa* dan *lignin* yang tinggi [8]. Kadar karbon yang terbaik yaitu kadar karbon yang paling tinggi, diperoleh pada suhu 700°C. (80,52%).

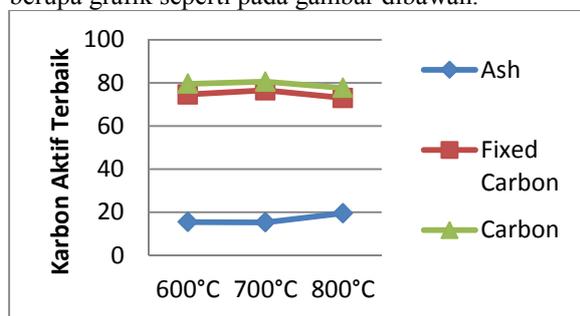
Dilihat pada tabel 3. Untuk kadar hidrogen yang terkandung dalam karbon aktif harus seminimal mungkin. Pada pengujian ini semakin tinggi suhu karbonisasi pembuatan karbon aktif, kadar hidrogen semakin turun. Mengingat hidrogen merupakan yang

paling sederhana pada alam dengan nomor atom 1 [8]. Kadar hidrogen yang terbaik yaitu pada karbon aktif dengan suhu 800°C (2,53%).

Sedangkan kadar nitrogen bisa dilihat pada tabel 3. Kadar nitrogen yang diperoleh yaitu semakin tinggi suhu karbonisasi pembuatan karbon aktif, hasil yang didapat untuk kadar nitrogen semakin turun. Hasil yang terbaik pada kandungan nitrogen yaitu pada karbon aktif dengan suhu 800°C (0,71%).

#### 4.3 Evaluasi Karbon Aktif Terbaik

Dari kedua hasil pengujian karakteristik dalam uji *proximate analysis* dan uji *ultimate analysis*, maka di evaluasi karbon aktif terbaik dengan acuan kadar *fixed carbon*, *ash*, dan karbon yang pada saat proses aktivasi atau pembentukan karbon aktif. Hasil dari evaluasi karbon aktif terbaik akan di tampilkan berupa grafik seperti pada gambar dibawah.

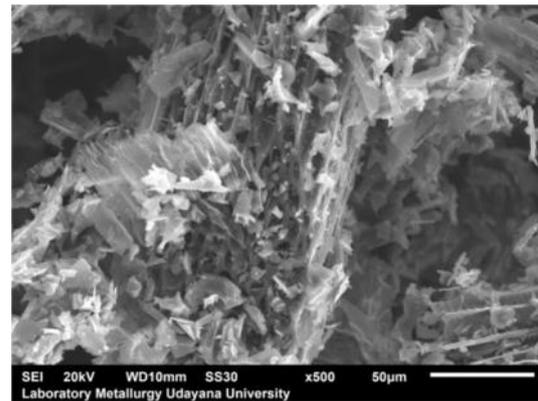


Gambar 1. Evaluasi karbon aktif terbaik

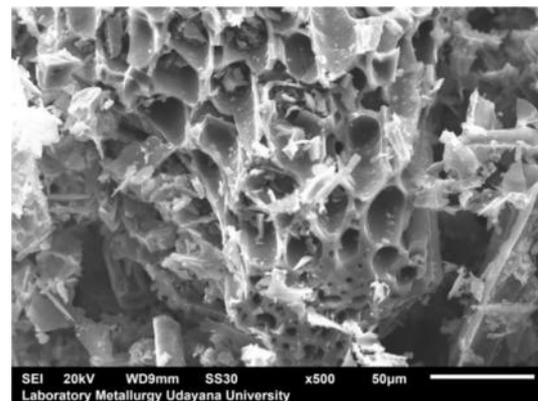
Dari gambar 1. terlihat bahwa grafik yang dihasilkan naik turun, Karbon aktif yang baik untuk daya serapnya bisa dilihat dari kadar *ash*, *fixed carbon* dan karbon. Kadar *ash* merupakan suatu zat pengotor yang seharusnya seminimal mungkin dalam suatu karbon aktif, karena semakin sedikit kadar *ash* nya maka semakin tinggi kapasitas adsorpsinya [9]. Sedangkan *fixed carbon* malah sebaliknya. *Fixed carbon* merupakan kadar karbon yang pada temperature penetapan *volatile* tidak menguap, sedangkan semakin banyak kadar *fixed carbon* dan kadar karbon suatu karbon aktif maka semakin besar juga daya adsorpsinya [9]. Untuk hasil yang didapat pada kadar *ash* yang terendah yaitu pada suhu 700°C dan bisa dilihat juga bawah kadar carbon dan *fixed carbon* karbon aktif dengan suhu 700°C merupakan yang tertinggi. Dari ketiga sampel tersebut, maka karbon aktif yang terbaik adalah karbon aktif dengan suhu 700°C.

#### 4.4 Uji SEM (Scanning Electron Microscope)

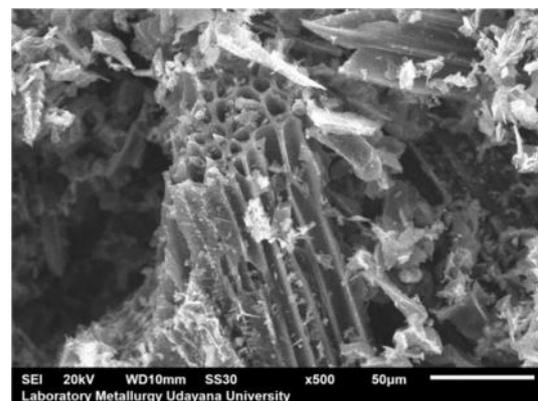
Uji mikrostruktur dilakukan menggunakan *microscope optic* dengan *optical zoom* 10 sampai 1200 % di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana. Pada uji SEM ini menggunakan zoom 500x.



(a)

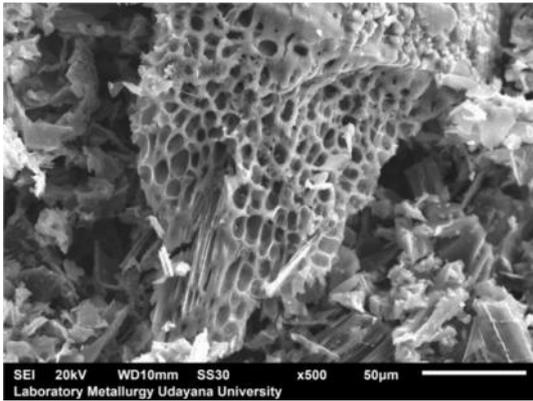


(b)

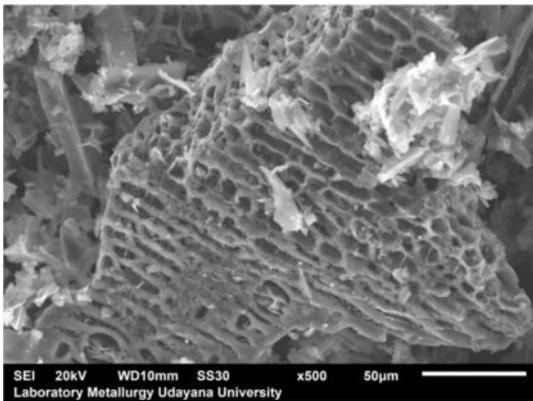


(c)

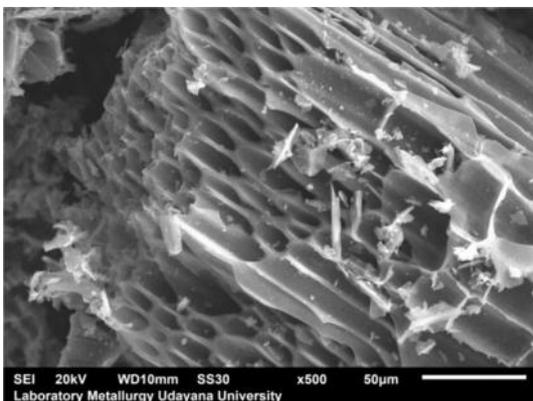
Gambar 2. Morfologi Struktur Mikro dari proses karbonisasi (a). Suhu Karbonisasi 600°C, (b). Suhu Karbonisasi 700°C, (c). Suhu Karbonisasi 800°C



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3. Morfologi Struktur Mikro dari proses aktivasi atau karbon aktif (a). Karbon aktif 600°C, (b). Karbon aktif 700°C, (c). Karbon aktif 800°C**

Dapat dilihat pada gambar 3 di atas bahwa dalam proses karbonisasi, untuk struktur pori – porinya masih sedikit dan banyak kotoran atau zat – zat pengotor, ada juga pori – pori yang belum terbuka secara sempurna. Dari ketiga hasil tersebut dimana pada proses karbonisasi dengan suhu 600°C yang paling banyak memiliki pori – pori sedangkan yang paling banyak zat – zat pengotor atau pori – pori

yang masih banyak tertutup pada proses karbonisasi 700°C.

Sedangkan pada gambar 3, bisa dilihat bahwa proses aktivasi lebih baik, dimana struktur pori – porinya sudah terbuka, bertambah, dan diameternya sudah semakin besar. Untuk zat – zat pengotor yang pada proses karbonisasi masih banyak, sedangkan pada proses aktivasi sudah mulai sedikit dan hampir tidak ada yang menutupi pori - porinya. Dari hasil uji SEM di atas dimana bahwa proses aktivasi memang berpengaruh terhadap pembentukan suatu pori – pori atau struktur dari karbon aktif.

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan tentang pengaruh variasi suhu karbonisasi terhadap karakteristik karbon aktif dari bambu swat (*Gigantocholoa verticillata*), dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin tinggi suhu karbonisasi maka pada saat aktivasi atau pembentukan karbon aktif kadar *moisture*, *volatile*, hidrogen, dan nitrogen semakin turun, untuk kadar *fixed carbon* dan karbon grafik yang dihasilkan yaitu meningkat sampai dengan suhu 700°C dan kembali turun pada suhu 800°C, sedangkan pada kadar *ash* terjadi sebaliknya yaitu turun pada suhu 700°C. Dari semua kadar syarat pembuatan karbon aktif, hanya kadar *ash* yang tidak memenuhi syarat mutu SNI dan bisa dibilang kadar *ash* nya cukup tinggi. Untuk melihat morfologi struktur mikro karbon aktif dari bambu swat maka dilakukan juga uji SEM. Hasil didapat yaitu terlihat adanya perubahan pori - pori antara proses karbonisasi dan proses aktivasi. Akan tetapi sangat sulit membedakan sampel variasi yang satu dengan yang lainnya.
2. Dari ketiga pengujian tersebut maka di evaluasi karbon aktif terbaiknya dari hasil uji *proximate analysis* dan uji *ultimate analysis*, yang dimana sebagai acuannya adalah kadar *ash*, *fixed carbon*, dan karbon. Dari ketiga data tersebut maka karbon aktif yang terbaik adalah karbon aktif dengan variasi suhu karbonisasi 700°C.

### Daftar Pustaka

- [1] Khuluk, Rifki Husnul, 2106, *Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa (Cocous Nucifera L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru*, Bandar Lampung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung
- [2] Fauziah, Nailul, 2009, *Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung Dari Kulit Acacia Mangium Wild Dengan Aktivasi Fisika Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben*, Bogor: Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

- [3] Negara, Dewa Ngakan Ketut Putra. Gde Tirta Nindhia, Tjokorda. Surata, I Wayan. Sucipta, Made. 2016, *Potensi Bambu Swat (Gigantochloa Verticillata) Sebagai Material Karbon Aktif Untuk Adsorbed Natural Gas (ANG)*, Denpasar Bali : Mahasiswa Program Doktor Ilmu Teknik, Pasca Sarjana Universitas Udayana,
- [4] Miranti, Siti Tias, 2012, *Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol menggunakan Activating Agent H3PO4 dan KOH*, Depok: Fakultas Teknik, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia
- [5] *Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Design*, 2016
- [6] Putro, Sartono,et.al., 2015, *Variasi Temperatur Dan Waktu Karbonisasi Untuk Meningkatkan Nilai Kalor Dan Memperbaiki Sifat Proximate Biomassa Sebagai Bahan Pembuat Briket Yang Berkualitas*, Simposium Nasional RAPI XIV - 2015 FT UMS
- [7] Febryanti, A., W. Wahab, A., dan Maming, *Potensi Arang Aktif Sekam Padi Sebagai Adsorben Emisi Gas Co, No, Dan Nox Pada Kendaraan Bermotor*, Skripsi Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Hasanuddin Makassar, Sulawesi Selatan 90245
- [8] Iskandar, 2012, *Analisis Unsur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Metode Analisis Ultimat (Ultimate Analysis)*, Bandung: Program Magister Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung
- [9] Irmayani, Festi. Taryono. Widiastuti, Paramita. 2013, *Rancang Bangun Adsorben Kompenen Korosif Gas Bumi*, Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan : Lembaran Publikasi Minyak dan Gas



**Wayan Adikusuma Sila Windusara** Menyelesaikan studi S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2018

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan biomassa dan material – material untuk adsorpsi