

# Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Bambu Swat (*Gigantochloa verticillata*)

Kadek Egy Adhiyatna Putra, Dewa Ngakan Ketut Putra Negara, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Kebutuhan karbon aktif meningkat dengan seiring perkembangan industri. Pengaplikasian karbon aktif di bidang perindustrian digunakan untuk pemurnian larutan, di bidang medis digunakan untuk mengobati keracunan, di bidang pertambangan digunakan untuk memaksimalkan kemurnian emas dengan melakukan filtrasi pada emas, dan di bidang lingkungan karbon aktif biasanya digunakan sebagai pemurnian air dan penyerapan gas beracun. Bahan baku karbon aktif komersial umumnya berasal dari batubara yang merupakan sumber bahan baku tak terbarukan dan akan habis sewaktu – waktu, mengakibatkan pengembangan pembuatan karbon aktif dengan bahan alternatif seperti biomassa dilakukan guna mengimbangi kebutuhan akan karbon aktif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik karbon aktif bambu swat dengan variasi waktu karbonisasi 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam dengan suhu 750 dan diaktivasi selama 1 jam dengan suhu 800 yang dialiri  $N_2$  sebagai aktivator. Pengujian karakteristik dengan uji proximate analysis, uji ultimate analysis, dan uji SEM dengan acuan persyaratan karbon aktif SNI 06-3730-1995. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang dikarbonisasi selama 2 jam memiliki karakteristik terbaik dan berpotensi menghasilkan daya serap tertinggi. Dari uji proximate karbon aktif ini memiliki kadar abu 14,91 %, dan kadar karbon terikat 75,44 %, sedangkan dari uji ultimate karbon aktif ini memiliki kadar karbon 79,35 %.

Kata kunci: karakteristik, bambu swat, karbon aktif.

## Abstract

Needs for activated carbon is increasing with along the development of the industry. The application of activated carbon in the industrial sector is used for purification of the solution, in the medical field is used to treat poisoning, in the field of mining is used to maximize the purity of gold by filtration of gold, and in the environmental field activated carbon is usually used as water purification and absorption of toxic gases. The material for commercial activated carbon generally comes from coal which is a source of non-renewable raw materials and will run out at any time, resulting in the development of making activated carbon with alternative materials such as biomass carried out to offset needs for activated carbon. The purpose of this study was to determine the characteristics of swat bamboo activated carbon with a variation of carbonization time of 1.5 hours, 2 hours, and 2.5 hours with a temperature of 750 and ctivated for 1 hour at 800 which is fed by  $N_2$  as activator. Characteristic testing with proximate analysis test, ultimate analysis test, and SEM test with reference to SNI 06-3730-1995 activated carbon requirements. The results showed that activated carbon which was carbonized for 2 hours had the best characteristics and could potentially produce the highest adsorption. From the proximate test this activated carbon has ash content of 14.91%, and fixed carbon content is 75.44%, while from the ultimate test this activated carbon has a carbon content of 79.35%.

Keywords: characteristics, swat bamboo, activated carbon.

## 1. Pendahuluan

Karbon aktif atau juga disebut arang aktif adalah suatu karbon yang mempunyai kemampuan daya serap yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas [1]. Syarat utama untuk membuat karbon aktif adalah bahan mengandung unsur karbon dan memiliki pori. Kemampuan menyerap karbon aktif sangat baik, oleh karena itu karbon aktif banyak digunakan untuk berbagai kebutuhan di dunia, salah satunya di bidang perindustrian karbon aktif digunakan untuk pemurnian larutan.

Kebutuhan karbon aktif semakin meningkat dengan seiring perkembangan industri. Bahan baku karbon aktif komersial umumnya berasal dari batubara yang merupakan sumber bahan baku tak

terbarukan dan akan habis sewaktu – waktu, mengakibatkan pengembangan pembuatan karbon aktif dengan bahan alternatif seperti biomassa dilakukan guna mengimbangi kebutuhan akan karbon aktif. Salah satu bahan yang berpotensi digunakan sebagai material karbon aktif yaitu bambu swat (*gigantochloa verticillata*).

Bambu swat memiliki komposisi kimia dengan kandungan silika 1,86%, lignin 22,99%, hemiselulosa 14,97% dan selulosa 44,22%; kandungan *moisture* 7,865%, *volatile* 88,32%, dan *ash* 1,83% (uji *proximate*), sedangkan pada uji *ultimate* dengan kandungan karbon 43,42%, hidrogen 6,14%, dan nitrogen 1,70% [2]. Secara umum dapat dikatakan bahwa bambu swat memiliki kandungan selulosa, *volatile* dan karbon yang cukup tinggi serta ash, silika, hidrogen dan nitrogen yang rendah

sehingga berpotensi digunakan sebagai material sumber karbon aktif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik karbon aktif dari bambu swat dengan variasi waktu karbonisasi.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Karbon aktif

Karbon aktif dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon yang diproses dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi, hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya [3].

### 2.2 Pembuatan Karbon Aktif

Karbon aktif dapat dibuat dari bahan baku yang memiliki kandungan karbon yang menghasilkan luas permukaan yang besar. Pemilihan bahan dasar untuk membuat karbon aktif harus memenuhi kriteria, yaitu unsur anorganik yang rendah, ketersediaan bahan (tidak mahal dan mudah di dapat) memiliki daya tahan yang baik, dan mudah untuk di aktivasi [4].

#### Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan air yang terdapat dalam bahan baku karbon aktif yang bertujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dengan cara menjemur bahan baku dibawah sinar matahari atau memanaskan didalam oven.

#### Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan merupakan suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan baku dengan jumlah oksigen yang terbatas. Tujuan karbonisasi adalah menghilangkan zat-zat menguap (*volatile matter*) yang terkandung pada bahan dasar. Proses ini terjadi penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk air, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon. Material padat yang tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori – pori yang sempit [4].

#### Aktivasi

Aktivasi adalah proses pembuatan karbon aktif yang memiliki tujuan untuk membuka, menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi, dengan proses aktivasi karbon aktif akan memiliki daya adsorpsi, karena pada hasil karbonisasi karbon aktif biasanya masih mengandung zat yang menutupi pori-pori permukaan karbon aktif. Pada proses aktivasi karbon aktif akan mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia sehingga dapat berpengaruh terhadap daya adsorpsi [4].

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Skematik Langkah Penelitian



Gambar 1. Skematik Langkah Penelitian

### 3.2 Langkah Penelitian

Tahap awal bahan baku dikeringkan atau dijemur di bawah sinar matahari hingga bahan baku kering dan dipotong berukuran 1 x 1 x 1 cm. Bahan baku yang sudah kering dipanaskan pada dapur listrik pada suhu 105 selama 2 jam lalu ditimbang sehingga perubahan massa kecil atau tidak terjadi perubahan massa. Bahan baku yang telah kering dikarbonisasi atau diarang menggunakan dapur listrik hingga mencapai suhu karbonisasi 750 , kemudian didiamkan selama 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam sampai tidak ada lagi asap yang keluar. Arang dengan variasi waktu karbonisasi 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam diberi kode berturut – turut, yaitu K1,5, K2, dan K2.5. Bahan baku yang sudah diarang akan dihancurkan dengan penggiling dan bila sudah hancur atau berbentuk powder maka disaring dengan mengayaknya menggunakan saringan dengan ukuran *mesh* 250  $\mu\text{m}$ . Proses ini dilakukan agar arang yang didapat berukuran seragam dan halus, lalu arang diaktivasi yang bertujuan untuk mengaktifkan karbon aktif, dimana pada proses aktivasi arang akan dipanaskan sampai 800 yang di alirkan  $\text{N}_2$  dengan rate 0,15 L/min, lalu ditahan selama 1 jam dan tetap dilairkan  $\text{N}_2$ . Kemudian didinginkan di dalam dapur selama kurang lebih 18 jam. Arang diambil dan dimasukkan atau di simpan ke dalam wadah kedap udara. Proses aktivasi ini hanya dilakukan pada aktivasi fisika saja. Arang aktif dengan variasi waktu karbonisasi 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam diberi kode berturut – turut, yaitu A1,5, A2, dan A2,5.

### 3.3 Langkah Pengujian

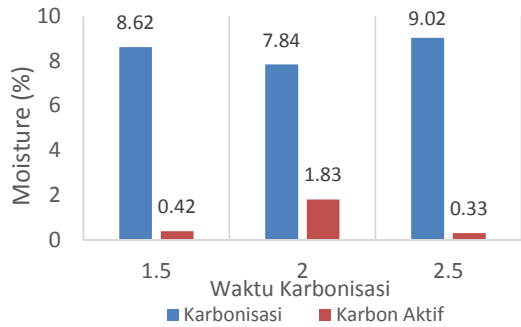
Karbon aktif yang sudah jadi selanjutnya dilakukan analisa tentang karakteristiknya, yaitu Uji *Proximate* (*Proximate Analysis*) untuk mengetahui kandungan *ash*, *fixed carbon*, *volatile*, dan *moisture*. Uji *Ultimate* (*Ultimate Analysis*) untuk mengetahui

kandungan Karbon (C), Hidrogen (H), Nitrogen (N). Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui morfologi struktur mikronya.

**4. Hasil dan Pembahasan**

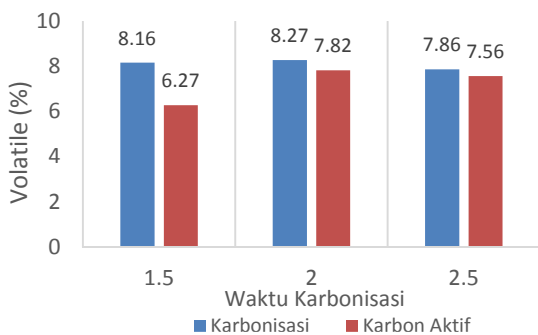
**4.1 Uji Proximate**

Pengujian *proximate* ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, dan kadar karbon terikat. Selanjutnya parameter karbon aktif dibandingkan dengan standar persyaratan arang aktif menurut standar nasional indonesia (SNI) 06-3730-1995 [5].



**Gambar 2. Grafik moisture**

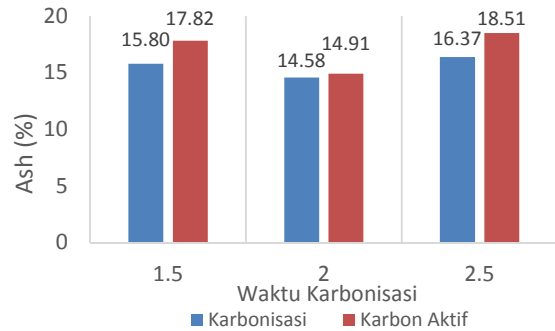
Hasil analisa kadar air yang diperoleh telah memenuhi standar persyaratan arang aktif menurut standar nasional indonesia (SNI) 06-3730-1995 [5], yaitu kadar air maksimum 15%. Semakin lama waktu karbonisasi seharusnya kadar air yang diperoleh semakin menurun, namun dalam hal ini yang terjadi sebaliknya. Pada gambar 2 kadar air pada karbon aktif dengan variasi waktu karbonisasi 2 jam semakin meningkat. Hasil penelitian ini juga pernah diperoleh yang dilakukan pada tempurung kelapa sawit [6]. Dengan dugaan semakin lama waktu karbonisasi, maka pori – pori dari arang akan makin terbuka, sehingga pada saat pemindahan arang dari reaktor ke tempat penyimpanan terjadi kontak langsung antara arang yang bersifat higroskopis dengan udara sehingga arang banyak menyerap uap air dan dengan dugaan masih adanya air yang terperangkap pada molekul karbon aktif yang tidak keluar pada saat proses pemanasan.



**Gambar 3. Grafik volatile**

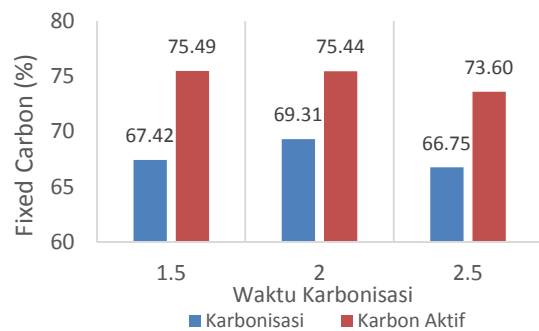
Hasil analisa kadar zat terbang yang diperoleh telah memenuhi standar persyaratan arang aktif menurut standar nasional indonesia (SNI) 06-3730-

1995 [5], yaitu kadar zat terbang maksimum 25%. Kadar zat terbang merupakan hasil dekomposisi zat-zat penyusun arang akibat proses karbonisasi. Proses karbonisasi akan menguapkan senyawa *volatile* yang masih tertinggal terutama tar, hal ini akan menyebabkan jumlah pori yang terbentuk bertambah banyak. Pada gambar 3 kadar zat terbang pada karbon aktif dengan variasi waktu karbonisasi 2 jam semakin meningkat, dengan dugaan adanya interaksi antara karbon dengan udara sehingga kadar zat mudah menguap yang diperoleh semakin meningkat.



**Gambar 4. Grafik ash**

Hasil analisa kadar abu yang diperoleh tidak memenuhi standar persyaratan arang aktif menurut standar nasional indonesia (SNI) 06-3730-1995 [5], yaitu kadar abu maksimum 10%. Kadar abu merupakan sisa dari pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon dan nilai kalor lagi. Nilai kadar abu menunjukkan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses karbonisasi. Peningkatan kadar abu terjadi karena terbentuknya garam-garam mineral pada saat proses karbonisasi yang bila proses tersebut berlanjut akan membentuk partikel-partikel halus dari garam-garam mineral tersebut. Kadar abu merupakan pengotor yang seharusnya seminimal mungkin jumlahnya dalam suatu karbon aktif karena semakin sedikit *ash content* maka semakin tinggi kapasitas adsorpsinya. Hasil kadar abu karbon aktif terendah terdapat pada karbon aktif dengan variasi waktu karbonisasi 2 jam.



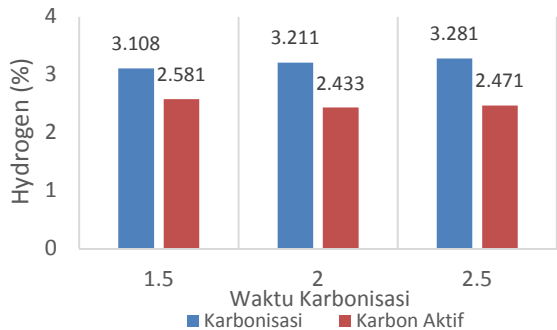
**Gambar 5. Grafik fixed carbon**

Hasil analisa kadar karbon terikat yang diperoleh telah memenuhi standar persyaratan arang aktif menurut standar nasional indonesia (SNI) 06-3730-

1995 [5], yaitu kadar karbon minimum 65%. Semakin besar nilai kadar karbon terikat suatu karbon aktif maka semakin besar molekul karbon yang dapat menyerap gas. Dalam penelitian ini, variasi waktu karbonisasi mempengaruhi hasil kadar karbon terikat. Hal ini disebabkan oleh waktu karbonisasi yang lama dan suhu karbonisasi yang tinggi sebesar 750 menghasilkan kadar abu tinggi yang akan mempengaruhi hasil kadar karbon terikat, selain itu kadar zat terbang juga akan mempengaruhi hasil kadar karbon terikat.

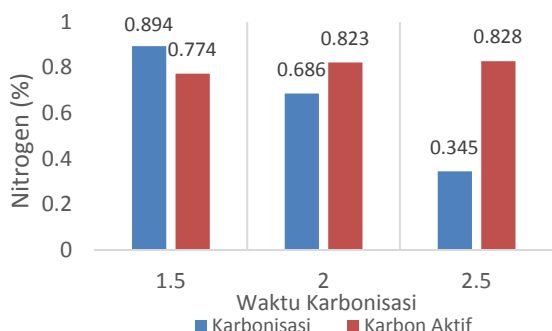
**4.2 Uji Ultimate**

Pengujian *ultimate* ini bertujuan untuk mengetahui unsur-unsur yang ada pada karbon aktif dari bambu swat yaitu, nitrogen, karbon, dan hidrogen. Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar persyaratan arang aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 [5].



**Gambar 6. Grafik kandungan hydrogen**

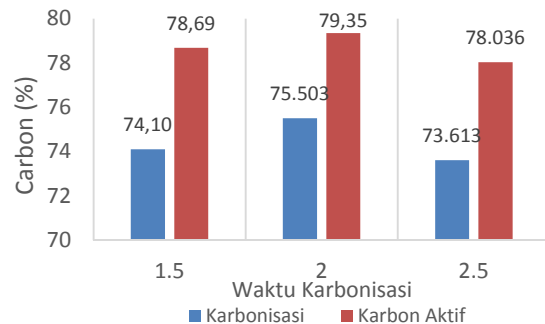
Berdasarkan hasil yang diperoleh pada grafik gambar 6, terlihat bahwa kadar unsur hidrogen sebelum diaktivasi masih tinggi, sedangkan karbon aktif setelah diaktivasi dengan aktivator terlihat semakin berkurang. Mengingat hidrogen sebagai unsur yang paling sederhana di alam dengan nomor atom 1 (satu). Ini mengindikasikan unsur hidrogen mudah terlepas oleh pemanasan dari pembentukan senyawa hidrokarbon pada permukaan karbon aktif.



**Gambar 7. Grafik kandungan nitrogen**

Untuk analisis unsur nitrogen, diperoleh hasil untuk kadar unsur nitrogen (N) berbeda dengan kadar unsur *hydrogen* (H). Dari hasil analisis data, grafik pada gambar 7 menunjukkan bahwa kadar unsur nitrogen pada tahap karbonisasi menurun secara signifikan dikarenakan lama waktu pemanasannya.

Unsur nitrogen merupakan hasil sampingan dari proses pembuatan karbon aktif dari bambu swat. Dengan dugaan, semakin lama waktu karbonisasi maka unsur nitrogen yang dihasilkan semakin kecil dan akan mempengaruhi hasil nitrogen pada tahap aktivasi.

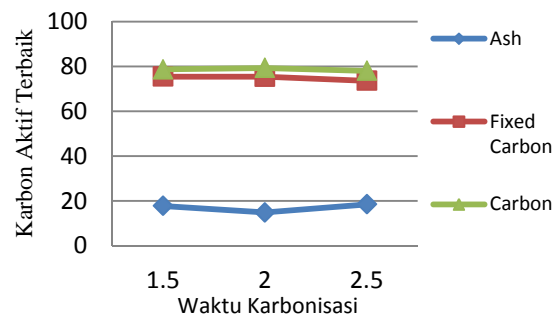


**Gambar 8. Grafik kandungan carbon**

Kadar karbon merupakan jumlah karbon murni yang terkandung di dalam arang. Waktu yang semakin lama pada proses karbonisasi sangat berpengaruh pada kualitas dari arang, termasuk kadar karbon. Penentuan kadar karbon bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon setelah karbonisasi. Pada gambar 8 kadar karbon pada karbon aktif dengan variasi waktu karbonisasi 2,5 jam semakin menurun. Hal ini disebabkan karena lama waktu karbonisasi sehingga terjadi kerusakan pelat - pelat karbon, dengan dugaan terjadi oksidasi yang berlebihan. Meningkatnya daya oksidasi akan menyebabkan kerusakan dinding pori, sehingga luas permukaan dinding pori akan menurun dan kadar karbon yang diperoleh lebih kecil.

**4.3 Evaluasi Karbon Aktif**

Pada gambar 9, terlihat bahwa trends terjadi naik turun yang dihasilkan berdasarkan data pengujian.



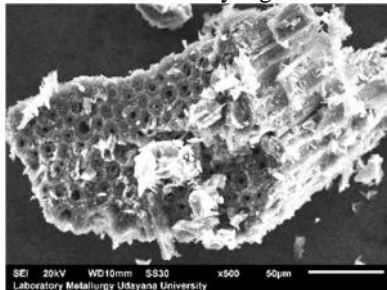
**Gambar 9. Trends evaluasi karbon aktif terbaik.**

Evaluasi karbon aktif terbaik dapat dilihat dari perbandingan kadar *fixed carbon*, *ash*, dan karbon, dimana *ash* (kadar abu) merupakan pengotor yang harus seminimal mungkin jumlahnya dalam karbon aktif karena semakin sedikit *ash* maka semakin tinggi kapasitas adsorpsinya, sedangkan semakin besar nilai *fixed carbon* (kadar karbon terikat) karbon aktif maka semakin besar molekul karbon yang dapat menyerap

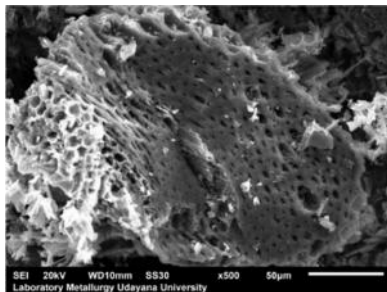
gas [7]. Perbandingan data pada trends dapat disimpulkan bahwa karbon aktif terbaik, yaitu dengan variasi waktu karbonisasi 2 jam yang berpotensi menghasilkan daya serap tertinggi.

#### 4.4 Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

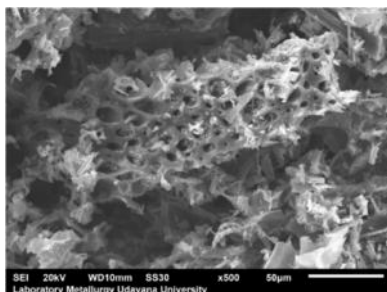
Uji SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dari karbon aktif yang dihasilkan.



(a)

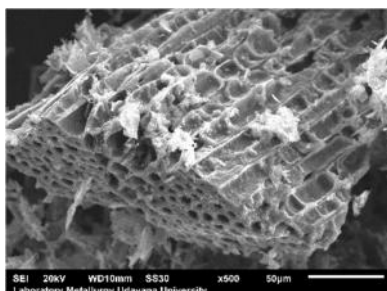


(b)

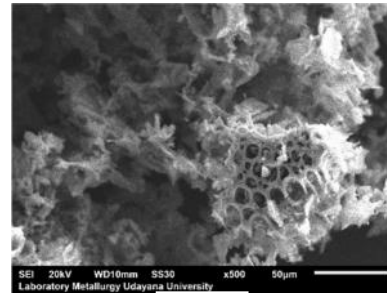


(c)

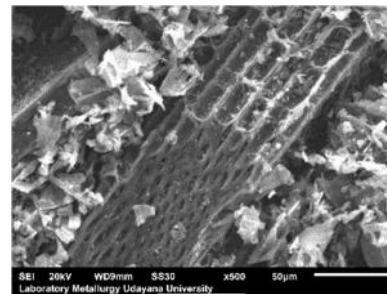
**Gambar 10. Morfologi struktur mikro arang dengan variasi waktu karbonisasi (a) 1,5 jam, (b) 2 jam, dan (c) 2,5 jam dengan perbesaran 500 kali.**



(a)



(b)



(c)

**Gambar 11. Morfologi struktur mikro karbon aktif dengan variasi waktu karbonisasi (a) 1,5 jam, (b) 2 jam, dan (c) 2,5 jam dengan perbesaran 500 kali.**

Hasil penelitian yang diperoleh pada karbon aktif dapat disimpulkan waktu karbonisasi berpengaruh pada morfologi permukaan, karena pada tahap karbonisasi akan menghilangkan zat-zat yang mudah menguap (*volatile*) yang terkandung pada bahan dasar. Kecepatan pemanasan juga memberikan pengaruh pada proses pembentukan pori-pori. Pada pemanasan lambat diameter pori-pori yang terbentuk akan kecil dengan sebaran diameter yang sempit, sedangkan pada proses pemanasan yang cepat akan menghasilkan pori-pori yang cenderung lebih besar dengan sebaran diameter yang lebih luas. Hal ini disebabkan pada proses pemanasan yang cepat, terjadi proses pelunakan yang cepat dengan disertai pembentukan gas dalam jumlah besar. Dengan terbentuknya gas yang besar ini, pori-pori akan terbentuk segera setelah gas meninggalkan bahan [8].

#### 5. Kesimpulan

Dari hasil analisa diatas didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin bertambahnya waktu karbonisasi pada karbon aktif maka kadar *fixed carbon* semakin menurun, sedangkan pada kadar nitrogen terjadi sebaliknya. Pada kadar *moisture*, *volatile*, dan *carbon* nilainya meningkat dari waktu karbonisasi 1,5 jam ke 2 jam dan menurun pada waktu karbonisasi 2,5 jam, sedangkan pada kadar ash, dan hydrogen terjadi sebaliknya. Hasil penelitian uji SEM terlihat adanya perubahan pori - pori antara proses karbonisasi dan proses aktivasi.

2. Dari ketiga pengujian di evaluasi karbon aktif terbaiknya dari hasil uji *proximate analysis* dan uji *ultimate analysis*, yang dimana sebagai acuannya adalah kadar *ash*, *fixed carbon*, dan *carbon*. Dari ketiga data tersebut maka karbon aktif yang terbaik adalah karbon aktif dengan variasi waktu karbonisasi 2 jam yang dimana berpotensi menghasilkan daya serap tertinggi.

#### Daftar Pustaka

- [1] Lempang, M., 2014, *Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif*. Info Teknis EBONI, 11(2), 65–80.
- [2] Negara, D. N. K. P., Nindhia, T. G. T., Surata, I. W., & Sucipta, M., 2016, *Potensi bambu swat (gigantochloa verticillata) sebagai material karbon aktif untuk adsorbed natural gas (ANG)*. Jurnal Energi Dan Manufaktur, 9(2), 174–179.
- [3] Melania, Maria S., 2012, *Produksi Karbon Aktif dari Bambu dengan Aktivasi Menggunakan Kalium Hidroksida*. Depok: Fakultas Teknik, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia.
- [4] Khuluk, Rifki Husnul, 2016, *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.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, 1995, *Arang aktif teknis*.
- [6] Hartanto, Singgih dan Ratnawati, *Pembuatan Karbon aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia*, Jurnal Sains Materi Indonesia Vol. 12, No. 1, hal : 12 – 16. ISSN : 1411-1098. Program Studi Teknik Kimia, FTI-ITI. Tangerang, 2010.
- [7] Irmayani, F., Taryono, & Widiastuti, P., 2013, *Rancang Bangun Adsorben Komponen Korosif Gas Bumi*. Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi, 47(1), 31–39.
- [8] Hasler, J.W., 1951, *Active Carbon*, Chemical Publishing Co., Inc., Brooklyn.



**Kadek Egy Adhiyatna Putra** memulai studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana tahun 2014 dan selesai di tahun 2018

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan karbon aktif.