



UTILIZATION OF CASSAVA SKIN WASTE (*Manihot utilissima*) IN AFFECTING FE LEVELS IN WATER

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG (*Manihot utilissima*) DALAM MEMPENGARUHI KADAR FE DALAM AIR

Indah Pratiwi^{1*}, Yusriani Sapta Dewi²

^{1*}Universitas Satya Negara Indonesia, Jakarta Selatan

¹indahpratiwi9477@gmail.com , ²yusrianisaptadewi@usni.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Submitted:
30-05-2023

Accepted:
22-08-2023

Published:
13-11-2023

Keywords:
Cassava Peel; Activated Carbon; Heavy Metals; Atomic Adsorption Spectrophotometric.

Kata Kunci:
Kulit Singkong; Karbon Aktif; Logam Berat; Spektrofotometer Serapan Atom.

ABSTRACT

This research is purposed to determine adsorption of activated carbon which is made from cassava peel to reduce heavy metals such as ion Fe in the water. The process is consist two main stages which is carbonisation and activation. The carbonization process was carried on different temperature such as 300, 400, 500, 550, 600 °C. Then a resulted 5 samples was soaked in 30% NaOH liquid for 1 hours. As the result the lowest water degree is 3,63% which is furnaceed by 500°C. Testing activated carbon absorption to heavy metals such as ion Fe using atomic adsorption spectrophotometric (AAS). The result showed that the most optimum adsorption is activated carbon that furnaceed by 600 °C with value Effectivity 51,97%

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyerapan karbon aktif yang terbuat dari limbah kulit singkong yang bertujuan untuk mengurangi kadar logam berat seperti ion Fe pada air. Proses terdiri dari dua tahapan yang sangat penting yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi. Tahap karbonisasi karbon aktif dilakukan dengan menggunakan alat furnace dengan variasi suhu yaitu 300, 400, 500, 550 dan 600 °C. Kemudian direndam selama 1 jam dengan larutan NaOH 30%. Adapun hasilnya yaitu kadar air terkecil sebesar 3,63% pada karbon kulit singkong yang dibuat pada suhu karbonisasi 500 °C. Pengujian daya serap karbon aktif terhadap logam berat seperti ion Fe menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan paling tinggi terhadap logam Fe sebesar 51,97% pada suhu karbonisasi 600 °C.

INTRODUKSI

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi makhluk hidup. Air yang dibutuhkan adalah air bersih. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak (Permenkes RI No. 416 1990). Salah satu sumber air bersih yang dimanfaatkan oleh manusia adalah air tanah. Air tanah berasal dari air hujan yang meresap kedalam tanah. Air tanah lebih jernih dibandingkan air permukaan. Air tanah memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi. Sifat dan kandungan mineral air tanah dipengaruhi oleh lapisan tanah yang dilaluinya. Kandungan mineral air tanah antara lain Na, Mg, Ca, Fe dan O_2 . Air yang kondisi tanah yang berkapur atau mengandung zat mineral dalam konsentrasi tinggi menyebabkan kesadahan (Parulian, Alwin. 2009).

Besi adalah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin dan alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum pada konsentrasi diatas $\pm 0,31$ mg/l (Permenkes No. 416 tahun 1990).

Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi sehingga terjadi pengembangan struktur pori yang bergantung pada metode aktivasi yang digunakan. Karbon aktif memiliki banyak fungsi, misalnya pada pengolahan air yaitu dapat menghilangkan polutan seperti seng, timbal, krom, besi dan uap amonia (Murti, 2008).

Karbon aktif biasa dibuat dari tongkol jagung, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, serbuk gerjaji, kayu keras dan batu bara. Luas

permukaan karbon aktif umumnya berkisar antara 300-3000 $m^2/gram$. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu dan sifat adsorbsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Sembiring, 2003).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Rahayu (2004), karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa efektif sebagai penyerap (absorben) logam besi dan mangan dalam air sumur gali di Kartasura, Sukoharjo. Menurut Jannati dalam Rajagukguk (2011), kulit singkong juga dapat dijadikan sebagai karbon aktif karena kulit singkong yang berwarna putih mengandung 59,31% karbon.

Daerah budidaya singkong di Indonesia telah banyak tersebar di berbagai daerah. Salah satunya industri keripik singkong di kabupaten Leuwiliang, Bogor. Keberadaan industri keripik singkong ini memberikan peluang lapangan kerja bagi penduduk di daerah sana sehingga meningkatkan taraf hidup masyarakat disana. Pengaruh keberadaan industri tersebut juga mempengaruhi lingkungan sekitar. Dampak adanya industri keripik singkong ini yaitu timbulnya limbah kulit singkong di sekitar industri tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk mengembangkan penggunaan karbon aktif yang terbuat dari kulit singkong sebagai adsorben dalam mempengaruhi kadar logam besi dalam air. Pada penelitian ini akan dilihat suhu yang efektif pada saat karbonisasi kulit singkong menjadi karbon aktif karena proses karbonisasi mempengaruhi kemampuan daya serap. Karbon aktif yang terbuat dari kulit singkong tersebut akan diaplikasikan dalam mempengaruhi kadar Fe dalam air dan dilihat seberapa besar pengaruhnya terhadap konsentrasi kadar besi nya.

b. Bahan : Limbah Kulit Singkong,
NaOH 30%, Aquades, Serat Kaca.

2. Prosedur Kerja

a. Persiapan sampel

Kulit Singkong dikupas dan diambil bagian kulitnya yang berwarna putih. Setelah itu dipotong kecil.

b. Dehidrasi

Mula-mula sebanyak 3 kg kulit singkong dibersihkan dari kotorannya, kemudian kulit singkong bagian yang berwarna putih dikecilkan

METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan :

- a. Alat : Spektrofotometri Serapan atom (SSA), Neraca Analitik, Desikator, Cawan porselin, Gunting, Gelas Piala 250 ml, Oven, Tanur, Batang Pengaduk, Kertas Saring, Tempat Kolom, Pipet Tetes, Corong Kaca, Gages Besi.

ukurannya dan direndam dengan air hingga

Suhu (°C)	Pengulangan	Massa yang hilang (%)	Rata-rata Massa yang hilang (%)
300	1	66,06	66,27
	2	66,47	
	3	66,30	
400	1	80,01	80,47
	2	80,37	
	3	81,03	
500	1	83,43	83,37
	2	83,29	
	3	83,39	
550	1	83,48	83,47
	2	83,33	
	3	83,60	
600	1	84,09	84,23
	2	84,25	
	3	84,35	

kotorannya terpisah. Setelah itu, diovenkan selama 1 jam pada suhu 100 °C.

c. Karbonisasi

30 gr Kulit singkong yang telah melalui proses dehidrasi selanjutnya dimasukkan kedalam tanur dengan variasi suhu 300, 400, 500, 550, 600 °C selama 1 jam. Bobot cawan petri dan kulit singkong yang akan di masukkan kedalam tanur ditimbang dengan neraca analitik. Setelah proses karbonisasi, cawan petri yang berisi kulit singkong dimasukkan

kedalam desikator dan ditimbang kembali untuk mengetahui bobot akhir.

d. Aktivasi

Karbon aktif yang telah terkarbonisasi kemudian di rendam dengan larutan NaOH 30% selama 1 jam. Karbon aktif dimasukan kedalam gelas piala berukuran 500ml kemudian ditambahkan larutan NaOH hingga terendam (100ml).

e. Pencucian

Karbon aktif yang telah diaktivasi dengan larutan NaOH 30% dicuci dengan aquades. Setelah itu disaring dengan kertas saring agar terpisah laruta dan karbon aktifnya. Kemudian di panaskan ke dalam oven pada suhu 110 °C selama 1 jam.

3. Metode Analisa

a. Penyerapan Fe oleh Karbon Aktif Kulit Singkong

Tabel 1. Proses Penguapan singkong

b. Kadar Air

Prosedur penetapan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Contoh uji arang sebanyak 1 gr dikeringkan dalam oven pada suhu (110)°C sampai beratnya konstan. Kemudian dimasukkan kedalam desikator sampai bobotnya tetap dan ditentukan kadar airnya dalam persen (%).

yang terbentuk terjadi karena selulosa, hemiselulosa dan lignin akan terurai sempurna pada suhu tinggi dan akan menghasilkan karbon yang menjadi unsur abu dalam proses tersebut. Dari literatur tersebut maka bisa disimpulkan semakin tinggi suhu maka semakin banyak kadar abu yang terbentuk.

Pada percobaan ini juga dilihat perubahan bobot massa kulit singkong setelah melalui tahap karbonisasi. Berikut hasil perhitungan massa yang hilang pada kulit singkong:

Berdasarkan tabel diatas didapatkan bahwa pada suhu 300°C massa kulit singkong yang hilang sebesar 66,27 %. Pada suhu 400°C massa kulit singkong yang hilang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbonisasi

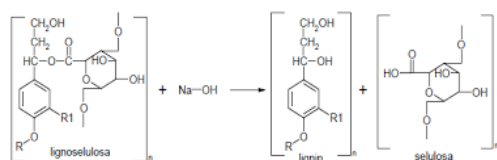
Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa warna kulit singkong pada setiap suhu berbeda-beda. Pada suhu 300°C warna kulit singkong setelah karbonisasi sangat hitam seperti arang. Pada suhu 400 °C warna kulit singkong berwarna hitam tetapi terdapat abu putih disekitarnya walaupun sedikit. Pada suhu 500, 550 dan 600 °C hampir seluruh kulit singkong tersebut diselimuti abu putih. Abu merupakan zat anorganik hasil sisa pembakaran suatu bahan organik (Anonim, 2010). Menurut (Prayitno, 1992), Abu

sebesar 80,47%. Pada suhu 500, 550 dan 600 °C massa kulit singkong yang hilang nilainya hampir sama yaitu secara berurutan sebesar 83,37 %, 83,47 % dan 84,23 %. Semakin tinggi suhu maka semakin banyak zat-zat yang terurai sehingga massa yang hilang semakin tinggi sebanding dengan naiknya suhu karbonisasi. Berdasarkan tahapan suhu karbonisasi menurut (Prabowo,2009) pada suhu 300-400 °C sedang terjadi pembentukan CH₄ dan hidrogen, lignin yang melapisi selulosa pada kulit singkong belum terurai. Pada suhu 500-600 °C terjadi pemurnian karbon dan zat-zat organik sebagian besar telah terurai salah satunya yaitu lignin yang terdapat pada kulit singkong.

Proses Aktivasi

Aktivasi merupakan proses membesarnya luas permukaan dalam pada karbon dengan pelepasan hidrokarbon, tar an senyawa organik yang melekat pada karbon tersebut sehingga daya serapnya bertambah. Aktivasi Kimia dilakukan dengan merendam karbon kulit singkong setelah proses karbonisasi dengan larutan NaOH 30% selama 1 jam.

Pada saat perendaman terlihat bahwa larutan NaOH hasil rendaman berwarna hitam. Hal ini dikarenakan larutan NaOH bersifat basa kuat yang korosif sehingga menghasilkan banyak abu yang terlepas dari arang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Iin safrianti tahun 2012 menjelaskan bahwa larutan NaOH juga berfungsi untuk memisahkan selulosa dan lignin. Ion OH⁻ dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sehingga lignin akan mudah larut. Keberadaan lignin dapat menghambat proses adsorpsi. Reaksi pemutusan lignin dan selulosa (Fengel dan Wegner, 1995) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

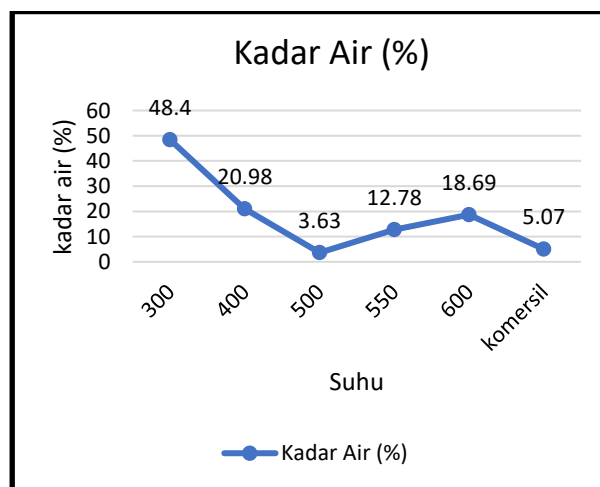


Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan (Winarno,1997). Pada penelitian ini

dilakukan metode pengeringan untuk mengetahui kandungan kadar air dalam kulit singkong.

Kadar air berpengaruh besar dalam proses pengarangan dan sifat arang terutama pengaruhnya terhadap nilai kalor arang yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar air dari suatu karbon aktif maka akan mengakibatkan nilai kalornya akan semakin rendah. Karbon aktif yang memiliki kualitas yang baik yaitu karbon aktif dengan nilai kalor atau panas pembakaran yang tinggi, sehingga tidak mengeluarkan asap pada saat pembakaran. Berikut adalah hasil kadar air dari karbon kulit singkong buatan dan komersil :



Dari hasil grafik diatas dapat dilihat bahwa Pada suhu karbonisasi 300 °C kandungan airnya sebesar 48,40%. Kandungan air pada suhu 300 °C sangatlah tinggi jika dibandingkan dengan ke empat suhu yang diujikan. Hal ini disebabkan karena pada suhu 300 °C belum mampu memutuskan ikatan kadar air, sehingga air masih tertahan didalam kulit singkong. Pada suhu karbonisasi 400 °C, nilai kandungan airnya sebesar 20,98%. Nilai kandungan pada suhu 400 °C setengah lebih kecil dibandingkan dengan suhu 300 °C, hal ini disebabkan energy panas pada suhu 400 mampu memecahkan ikatan hydrogen lebih baik sehingga air yang menguap lebih banyak. Pada suhu 500 °C , nilai kandungan kadar airnya sebesar 3,62%. Jika dilihat di grafik, kandungan air terkecil terjadi pada suhu 500 °C. Di duga pada suhu tersebut panas yang dihasilkan paling baik untuk memutuskan ikatan hydrogen, karena pada kondisi tersebut dihasilkan nilai kadar air yang paling kecil. Pada suhu 550 °C nilai kandungan airnya sebesar 12,78%. Nilai kandungan air nya menjadi lebih tinggi dibandingkan sebelumnya. Berdasarkan literature seharusnya

semakin tinggi suhu maka semakin berkurang kadar air yang terikat didalam bahan tersebut. Hal itu pun terjadi pada suhu 600 °C, nilai kandungan airnya sebesar 18,69%. Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian terhadap kadar air pada karbon aktif komersil. Nilai kandungan air nya sebesar 5,07%.

Pada suhu karbonisasi 550 °C dan 600 °C yang terjadi adalah nilai kadar air semakin meningkat. Hal ini diduga disebabkan karena pengaruh dari kelembaban suhu ruangan. Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara, kandungan uap air dapat berubah tergantung pada temperature, tekanan dan iklim (Rustam, 2008). Ketidakesuaian tersebut di duga karena pada saat setelah tahap karbonisasi, karbon aktif kulit singkong didiamkan pada suhu terbuka. Karena sifat kulit singkong yang sangat higroskopis, pori pori karbon aktif yang dihasilkan pada suhu 550 °C dan 600 °C lebih besar dikarenakan pemanasan yang tinggi sehingga ketika berkontak dengan kelembaban udara, karbon tersebut menyerap uap air sehingga ketika dilakukan pengujian kadar air yang terikat pada karbon aktif kulit singkong menjadi meningkat nilainya.

Menurut SNI-06-3730-1995, kadar air maksimum yang diperbolehkan pada karbon aktif yaitu 15%. Dari ke enam karbon aktif yang telah diukur nilai kadar airnya, didapatkan bahwa nilai kadar air yang memenuhi persyaratan SNI-06-3730-1995 adalah karbon aktif dengan suhu karbonisasi 500 °C, 550 °C dan komersil.

Daya Serap Logam Aktif terhadap Logam Fe

Pada penelitian kali ini, karbon aktif kulit singkong yang telah selesai melalui tahap pembuatan menjadi karbon aktif kemudian diaplikasikan untuk menyerap kadar Fe pada air. Air yang dijadikan sebagai sample adalah air di perumahan dikarenakan karbon aktif komersil tersebut diaplikasikan untuk filter air untuk skala perumahan bukan untuk skala industri. Berikut adalah hasil dari efektivitas peyerapan logam Fe dalam air.

Karbon Kulit singkong yang dibuat pada suhu karbonisasi	Kadar Fe awal	Kadar Fe setelah melalui Karbon aktif	Efektivitas (%)
300 °C	0,5692	0,6912	-8,78
400 °C		0,5918	-3,97
500 °C		0,4946	13,11
550 °C		0,3512	38,30
600 °C		0,2734	51,97

Berdasarkan tabel diatas didapatkan bahwa efektivitas karbon aktif kulit singkong pada pembuatan suhu karbonisasi 600 °C terhadap penyerapan Fe sebesar 51,97%. Nilai tersebut merupakan nilai tertinggi. Hal ini terjadi karena pada suhu 600 °C sudah terjadi proses pemurnian karbon. Zat organik dan pengotor lainnya telah terurai dengan energi panas yang dihasilkan di suhu 600 °C. Pori-pori yang terdapat di karbon aktif kulit singkong yang dibuat pada saat karbonisasi suhu 600 °C telah terbuka, diduga berdasarkan literature dengan adanya proses aktivasi pori-pori pada karbon aktif kulit singkong semakin terbuka lebar. Larutan NaOH berfungsi untuk menguraikan lignin. Pori-pori yang sebelumnya terhalang lignin menjadi hilang sehingga daya serap terhadap logam Fe semakin besar. Pada saat penyaringan air, air hasil penyaringan melalui kolom buatan berwarna jernih.

Pada karbon kulit singkong yang dibuat pada suhu karbonisasi 550 °C, efektivitas Fe sebesar 38,30%. Hasil yang didapatkan lebih kecil dibandingkan suhu 600 °C. Hal ini dapat disebabkan karena pada suhu 550 °C diduga masih terdapat zat organik atau pengotor yang menutupi pori-pori karbon aktif. Air yang didapatkan setelah penyaringan yang melewati kolom buatan yang berisi serabut kaca dan karbon aktif adalah berwarna jernih. Pada suhu karbonisasi 500 °C, karbon aktif yang dihasilkan memiliki efektivitas penyerapan terhadap Fe sebesar 13,11%. Hal ini juga disebabkan karena pada suhu tersebut zat pengotor masih belum terurai sebaik pada suhu karbonisasi 600 °C.

Pada penelitian ini juga terjadi ketidakesuaian yaitu pada suhu karbonisasi 300 °C dan 400 °C. Pada suhu

300 °C, efektivitas terhadap penyerapan Fe sebesar -8,78%. Tanda minus tersebut menandakan bahwa terdapat kenaikan kadar Fe setelah melalui kolom yang berisi karbon aktif yang dibuat pada suhu karbonisasi 300 °C. Hal yang sama pun terjadi pada suhu 400 °C, dimana nilai efektivitas yang didapatkan sebesar -3,97%. Kadar Fe yang terbaca pada Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) melebihi kadar awal Fe sebelum melalui karbon aktif kulit singkong. Kadar Fe awal sebelum melalui karbon aktif kulit singkong sebesar 0,5692 ppm, sedangkan setelah melewati kulit singkong pada suhu karbonisasi 300 °C dan 400 °C kadar Fe secara berurutan yang didapatkan sebesar 0,6192 ppm dan 0,5918 ppm.

Berdasarkan tabel diatas, karbon aktif yang dibuat pada suhu karbonisasi 300 dan 400 °C ketika dilalui sampel yang sudah terukur kadar Fe nya tidak menunjukkan penurunan yang nyata. Hasil dari sampel air yang melalui kedua karbon tersebut berwarna kecoklatan. Hal ini disebabkan karena karbon yang dihasilkan dari suhu 300 dan 400 °C masih banyak mengandung pengotor, sehingga pada saat pengecekan kadar Fe dengan SSA kadar Fe menjadi semakin bertambah. Kadar Fe sebelum dilalui karbon aktif yaitu 0,5716 ppm, sedangkan pada suhu 300 dan 400 °C didapatkan kadar Fe sebesar 0,6192 ppm dan 0,5918 ppm. Air yang dihasilkan dari hasil penyaringan dengan karbon aktif kulit singkong pada suhu 300 °C dan 400 °C sangatlah keruh. Warna yang dihasilkan setelah proses penyaringan pada suhu 300 °C lebih keruh dibandingkan dengan warna air hasil penyaringan dengan karbon aktif kulit singkong pada suhu karbonisasi 400 °C.

Pada pengukuran SSA, prinsip dasar yang digunakan adalah hukum Lambert-Beer yaitu $A = -\log T = a \cdot b \cdot c$ dimana A (Absorbansi), T(Transmitan), a(Absorbansi), b(panjang sel), c(konsentrasi zat penyerap). Syarat hukum Lambert-Beer : Larutan yang dianalisis encer, Adsorban tidak bereaksi dengan pelarut, sumber cahaya : monokromatis dan kejernihan (Kekeruhan larutan yang disebabkan oleh partikel-partikel dapat menyebabkan penyimpangan hukum Lambert-Beer).

Dari teori diatas, diduga bahwa kekeruhan air pada suhu karbonisasi 300 °C dan 400 °C mempengaruhi pengukuran kadar Fe pada Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Kekeruhan tersebut bisa menggambarkan banyak noise yang mengganggu

pada saat pengukuran. Hal ini dapat menyebabkan penyimpangan pengukuran kadar Fe yang terkandung dalam larutan yang diuji. Pada suhu 500 °C, 550 °C dan 600 °C air yang didapatkan setelah penyaringan dengan karbon aktif adalah larutan berwarna jernih. Larutan jernih diduga bahwa zat organik yang terkandung dalam air sudah terurai, sehingga pada saat pengukuran kadar Fe oleh Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) tidak ada noise yang mengganggu pengukuran. Berikut adalah hasil efektivitas karbon komersil:

Tabel efektivitas karbon aktif komersil terhadap penyerapan Fe

Kadar Fe awal	Kadar Fe setelah melalui karbon aktif	Efektivitas (%)
0,5692	-0,0051	100,90

Karbon aktif komersil didapatkan hasil bahwa mampu menyerap kadar air hingga 100,90%. Pembacaan kadar Fe oleh SSA rata-rata sebesar -0,0051ppm yang dengan kata lain adalah 0 ppm. Jika dibandingkan dengan karbon aktif kulit singkong, karbon aktif komersil lebih baik penyerapannya. Dari hasil karbon kulit singkong efektivitas tertinggi sebesar 51,97% yaitu pada suhu 600 °C sedangkan efektivitas karbon komersil terhadap penyerapan Fe didapatkan sebesar 100,90 %.

Daya serap terhadap kadar Fe dapat ditingkatkan dengan menambahkan waktu pada proses aktivasi, sehingga kerja aktivator dalam menguraikan lignin dan pengotor lainnya menjadi efektif. Kadar Fe dipengaruhi oleh beberapa hal salah satunya yaitu suhu dan pH. Pada percobaan ini, aktivator yang digunakan adalah NaOH 30%, pada saat setelah proses aktivasi sebaiknya ditambahkan larutan asam agar pH karbon aktif menjadi netral. Kemudian dilanjutkan dengan pencucian aquades.

KESIMPULAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa limbah kulit singkong dapat dimanfaatkan menjadi karbon aktif. Efektivitas karbon aktif kulit singkong mampu menyerap kadar Fe sebesar 51,97% pada suhu 600 °C. Efektivitas penyerapan karbon aktif komersil

terhadap logam Fe sebesar 100,90%. Kandungan kadar air terendah yaitu 3,62% pada suhu 500 °C.

Pada penelitian ini, hasil uji statistik menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ yang berarti terdapat perbedaan pada perlakuan suhu pada saat karbonisasi terhadap daya serap karbon aktif. F_{hitung} yang didapatkan sebesar 6,2099 sedangkan F_{tabel} pada tingkat kepercayaan 95% sebesar 3,47. Suhu yang paling optimum dalam menyerap Fe yaitu 600 °C.

b. Saran

Pada penelitian ini diperlukan modifikasi untuk mengoptimalkan penyerapan karbon aktif kulit singkong terhadap logam. Keadaan kelembaban suhu disekitar juga perlu diperhatikan karena bisa berpengaruh terhadap kadar air.

Southeast Asian Studies, 19(1), 218–230.
<https://doi.org/10.22452/jati.vol19no1.14>

Lin, B., & Wang, Y. (2025). Climate change and China's food security. *Energy*, 318, 134852.
<https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2025.134852>

Pérez-Lloréns, J. L., & Brun, F. G. (2023). "Sea rice": From traditional culinary customs to sustainable crop for high-end gastronomy? *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 34, 100814.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100814>

Serafin, Č., Dostál, J., & Havelka, M. (2015). Inquiry-Based Instruction in the Context of Constructivism. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 186, 592–599.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.050>

DAFTAR PUSTAKA

Bairagi, S., Gustafson, C. R., Custodio, M. C., Ynion, J., & Demont, M. (2021). What drives consumer demand for packaged rice? Evidence from South and Southeast Asia. *Food Control*, 129, 108261.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108261>

Custodio, M. C., Demont, M., Laborte, A., & Ynion, J. (2016). Improving food security in Asia through consumer-focused rice breeding. *Global Food Security*, 9, 19–28.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.05.005>

Fan, L., Aspy, N. N., Smrity, D. Y., Dewan, M. F., Kibria, M. G., Haseeb, M., Kamal, M., & Rahman, M. S. (2024). Moving towards food security in South Asian region: Assessing the role of agricultural trade openness, production and employment. *Heliyon*, 10(13), e33522.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33522>

Fang, Q., & Li, Z. (2022). Cultural ecology cognition and heritage value of huizhou traditional villages. *Heliyon*, 8(12), e12627.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12627>

Hussin, H. (2014). Bridging The Past and Present Through Food Heritage among Peranakan Chinese of the Straits of Malacca. *Journal of*