



Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Berdasarkan Variasi Konsentrasi H_3PO_4 dan Lama Waktu Aktivasi

Fahmi Puteri Perdani ^a, Cucun Alep Riyanto ^{a,*}, Yohanes Martono ^a

^aProgram Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana

* corresponding author: cucun.riyanto@uksw.edu

DOI: [10.20885/ijca.vol4.iss2.art4](https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss2.art4)

ARTIKEL INFO

Diterima : 23 Agustus 2021
 Direvisi : 10 September 2021
 Diterbitkan: 18 September 2021
 Kata kunci : karbon aktif, konsentrasi H_3PO_4 , kulit singkong, waktu aktivasi, permukaan berpori

ABSTRAK

Unsur karbon yang cukup tinggi pada kulit singkong membuat peneliti memanfaatkannya sebagai karbon aktif. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik karbon aktif kulit singkong (KASP) berdasarkan konsentrasi H_3PO_4 dan lama waktu aktivasi pada suhu 600 °C. Sintesis KASP menggunakan tahap karbonisasi pada suhu 500 °C, impregnasi menggunakan karbon: H_3PO_4 1:5 (b/b) dengan variasi konsentrasi yaitu pada 10-50%, aktivasi pada suhu 600 °C selama 2 jam. KASP dengan konsentrasi optimal kemudian diaktivasi menggunakan variasi waktu 1-3 jam pada suhu 600 °C. Selanjutnya KASP dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan SEM-EDX. KASP optimum didapatkan pada konsentrasi H_3PO_4 30% selama 1 jam pada suhu 600 °C mengandung gugus fungsional O-H, C-H, C-O, C≡C, dan C=C, dengan kristalinitas bersifat *amorf* yang ditandai dengan tidak adanya puncak runcing atau tajam pada $2\theta = \sim 24^\circ$ dan $\sim 43^\circ$. Morfologi permukaan KASP menunjukkan permukaan yang berongga yang didominasi oleh unsur C(55,20%), O(28,86%), N(8,00%), P(6,22%), dan Na(1,72%).

ARTICLE INFO

Received : 23 August 2021
 Revised : 10 September 2021
 Published : 18 September 2021
 Keywords : activated carbon, activation time, cassava peel, H_3PO_4 concentration, porous surface

ABSTRACT

The high carbon element in cassava peel makes researchers use it as activated carbon. This study aims to determine the characteristics of activated carbon from cassava peel (CPAC) based on the concentration of H_3PO_4 and activation time at 600 °C. Synthesis of CPAC using carbonization step at 500 °C, impregnation using carbon: H_3PO_4 1:5 (w/w) with concentration variations at 10-50%, activation at 600 °C for 2 hours. Activated carbon with optimal concentration then activated using a time variation of 1-3 hours at a temperature of 600 °C. Furthermore, the CPAC was characterized using FTIR, XRD, and SEM-EDX. The optimum CPAC was obtained at the concentration of H_3PO_4 30% for 1 hour at 600 °C contains functional groups O-H, C-H, C-O, C≡C, and C=C, with amorphous crystallinity characterized by the absence of sharp or sharp peaks at $2\theta = \sim 24^\circ$ and $\sim 43^\circ$. The surface morphology of CPAC showed a hollow surface dominated by C(55.20%), O(28.86%), N(8.00%), P(6.22%), and Na(1.72%).



1. PENDAHULUAN

Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan tanaman yang dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis serta merupakan komoditas penting di Indonesia yang dapat dimanfaatkan dalam aplikasi industri sebagai bahan baku makanan tradisional, *snack*, dan tepung tapioka [1]. Banyaknya produksi singkong yang digunakan mengakibatkan dihasilkannya limbah utama yaitu kulit singkong [2].

Menurut Artiyani dan Soedjono [3] serta Ikawati dan Melati [4], kulit singkong ini dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif karena terdapat unsur karbon yang cukup tinggi, yaitu sebesar 59,31% dan memiliki kandungan hemiselulosa sebesar 10,384%. Karbon aktif merupakan salah satu bahan berpori yang mengandung 85 – 95% karbon dengan luas permukaan besar [5] dan berbentuk heksagonal datar dengan sebuah atom C pada setiap sudutnya serta mempunyai permukaan yang luas dan jumlah pori yang sangat banyak [6].

Luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh berbagai macam parameter seperti aktivasi, biomassa, suhu, dan waktu karbonisasi [7]. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan larutan kimia sebagai aktivator. Senyawa H_3PO_4 adalah salah satu bahan kimia yang paling banyak digunakan dalam persiapan karbon aktif karena lebih ramah lingkungan dan hemat biaya ekonominya [8] serta menghasilkan karbon aktif yang baik ditinjau dari luas permukaan maupun volume pori karbon aktif yang besar jika dibandingkan dengan aktivator $ZnCl_2$ dan KOH [9] karena H_3PO_4 dapat mereduksi O-H dan C-O yang masih tersisa pada saat karbonisasi dengan maksimal dan membentuk luas permukaan yang besar. Pada penelitian Ip *et al.* [10] luas permukaan karbon aktif bambu yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 memiliki luas sebesar $2131\text{ m}^2/\text{g}$, hal ini lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian Hameed *et al.* [11] yang diaktivasi menggunakan KOH memiliki luas sebesar $1896\text{ m}^2/\text{g}$ dan pada penelitian Manurung *et al.* [12] yang diaktivasi menggunakan $ZnCl_2$ menghasilkan luas sebesar $737,74\text{ m}^2/\text{g}$.

Berdasarkan kajian di atas, belum ada penelitian yang mengkaji tentang pengaruh konsentrasi H_3PO_4 dan waktu aktivasi pada proses pembuatan karbon aktif kulit singkong. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi H_3PO_4 dan waktu aktivasi terhadap karakteristik karbon aktif kulit singkong. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan konsentrasi H_3PO_4 dan lama waktu aktivasi optimal dalam pembuatan karbon aktif kulit singkong serta menentukan karakteristik karbon aktif dari kulit singkong.

2. METODE

2.1. Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit singkong yang diperoleh dari salah satu industri olahan makanan di Salatiga. Bahan kimia yang digunakan antara lain H_3PO_4 dan $NaOH$ berderajat PA (*Pro-Analysis*) diperoleh dari E-Merck Germany serta akuades.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca dengan ketelitian 0,01 g (Ohaus TAJ601), neraca analitis dengan ketelitian 0,1 mg (Ohaus PA214), *moisture analyzer* (Ohaus MB 25), pH meter (Hanna HI 9812), *furnace* (Vulcan A-550), desikator, cawan petri dan *vakum Buchner*.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer Inframerah (FT-IR, Shimadzu Prestige 21 - Universitas Gadjah Mada; FT-IR, Nicolet Avatar 360 IR - Universitas Islam Indonesia), Difraktometer Sinar-X (XRD, Bruker D2 Phaser - Universitas Islam Indonesia) dan Mikroskop Pemindai Elektron (SEM, Phenom Desktop ProXL - Universitas Islam Indonesia).

2.2. Prosedur kerja

2.2.1. Preparasi sampel yang dimodifikasi

Kulit singkong yang berwarna putih dipisahkan dari kotoran dan tanah yang menempel, kemudian dicuci menggunakan air bersih dan dipotong-potong menjadi ukuran yang lebih kecil. Kulit singkong dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari selama 2 hari. Kemudian kulit singkong dikeringkan kembali dalam oven pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam dan didiamkan pada

suhu kamar. Kulit singkong yang sudah kering dihaluskan dengan *grinder* dan diayak (30 *mesh*) [13].

2.2.2. Karbonisasi sampel yang dimodifikasi

Karbonisasi sampel dilakukan dengan variasi suhu pemanasan. Sampel dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada suhu 500 °C selama 1 jam. Karbon aktif lalu didinginkan dalam desikator dan dipisahkan karbon dengan abunya. Kemudian karbon diayak menggunakan ayakan (30 *mesh*) [14].

2.2.3. Aktivasi sampel yang dimodifikasi

Karbon diaktivasi menggunakan H₃PO₄ dengan variasi konsentrasi sebesar 10, 20, 30, 40, dan 50% dengan rasio impregnasi 1:5 (b/b) selama 24 jam. Selanjutnya karbon di oven (T=110 °C) selama 24 jam kemudian dipisahkan antara abu dengan karbon. Karbon yang diperoleh lalu diaktivasi dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam. Karbon aktif dinetralkan dengan NaOH 1M dan dibilas dengan akuades sampai pH 7. Karbon aktif dikeringkan dengan oven (T=110°C) selama 24 jam lalu diayak menggunakan ayakan (60 *mesh*) .

Karbon diaktivasi menggunakan H₃PO₄ 30% dengan rasio impregnasi 1:5 (b/b) selama 24 jam. Selanjutnya karbon dimasukkan dalam oven (T=110 °C) selama 24 jam kemudian dipisahkan antara abu dengan karbon. Karbon yang diperoleh lalu diaktivasi dengan *furnace* pada suhu 600°C dengan variasi waktu selama 1; 1,5; 2; 2,5 dan 3 jam. Karbon aktif dinetralkan dengan NaOH 1M dan dibilas dengan akuades sampai pH 7. Karbon aktif dikeringkan dengan oven (T=110°C) selama 24 jam lalu diayak menggunakan ayakan (60 *mesh*) [15]–[17].

2.2.4. Karakterisasi Karbon Aktif

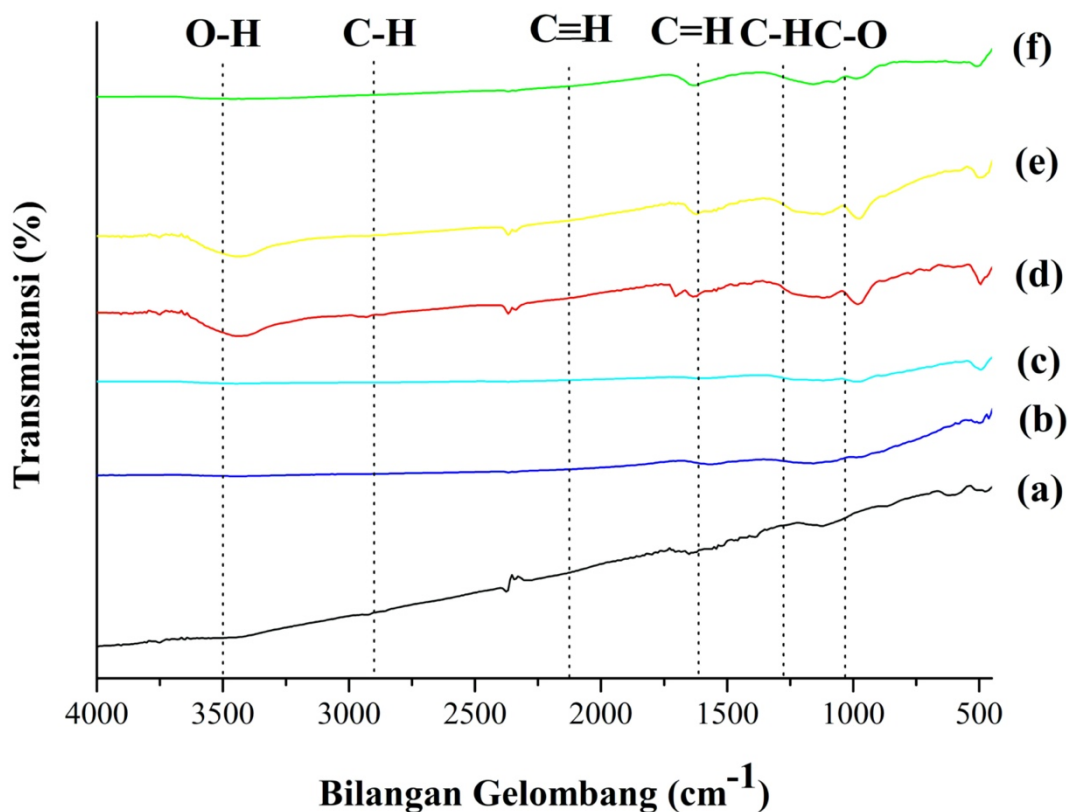
Analisa gugus fungsional karbon aktif kulit singkong diamati menggunakan spektrofotometer FT-IR pada bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹. Hasil karakterisasi sampel menggunakan FTIR dipakai untuk menentukan perlakuan variasi konsentrasi H₃PO₄ dan lama waktu aktivasi pembuatan karbon aktif kulit singkong yang optimal. Hasil optimal selanjutnya dikarakterisasi menggunakan Difraktometer Sinar X untuk analisa sifat kristal dari karbon aktif kulit singkong serta Mikroskop Pemindai Elektron (SEM-EDX) untuk analisa permukaan dan kadar unsur karbon aktif kulit singkong.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Gugus Fungsional (FTIR)

Karakteristik karbon aktif kulit singkong diidentifikasi dengan menggunakan Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) untuk dapat mengetahui komponen kimia yang berupa gugus fungsi penyusun karbon aktif. Gugus fungsi merupakan karakteristik yang sangat penting dari karbon aktif, karena dapat menentukan sifat dari permukaan karbon yang terbentuk [18]. Analisis gugus fungsional karbon aktif kulit singkong dapat diamati pada rentang bilangan gelombang 4000 – 400 cm⁻¹, seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Spektra FTIR karbon aktif kulit singkong yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1, perbandingan dari karbon aktif standard dengan karbon aktif kulit singkong pada variasi konsentrasi H₃PO₄ menunjukkan pergeseran pita serapan gugus fungsi. Beberapa pita serapan pada karbon aktif standard terdeteksi pada bilangan gelombang 3510,45 cm⁻¹ yang menunjukkan serapan gugus O–H [19], pada bilangan gelombang 2931,80 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus vibrasi C–H *stretching*, pada bilangan gelombang 2291,43 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus asetilen (C≡C) [20], pada bilangan gelombang 1635,64 cm⁻¹ menunjukkan serapan ikatan C=C *stretching* [8], pada bilangan gelombang 1388,75 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C–H *bending*, dan pada bilangan gelombang 1126,43 cm⁻¹ terdapat gugus C–O *stretching* [18].



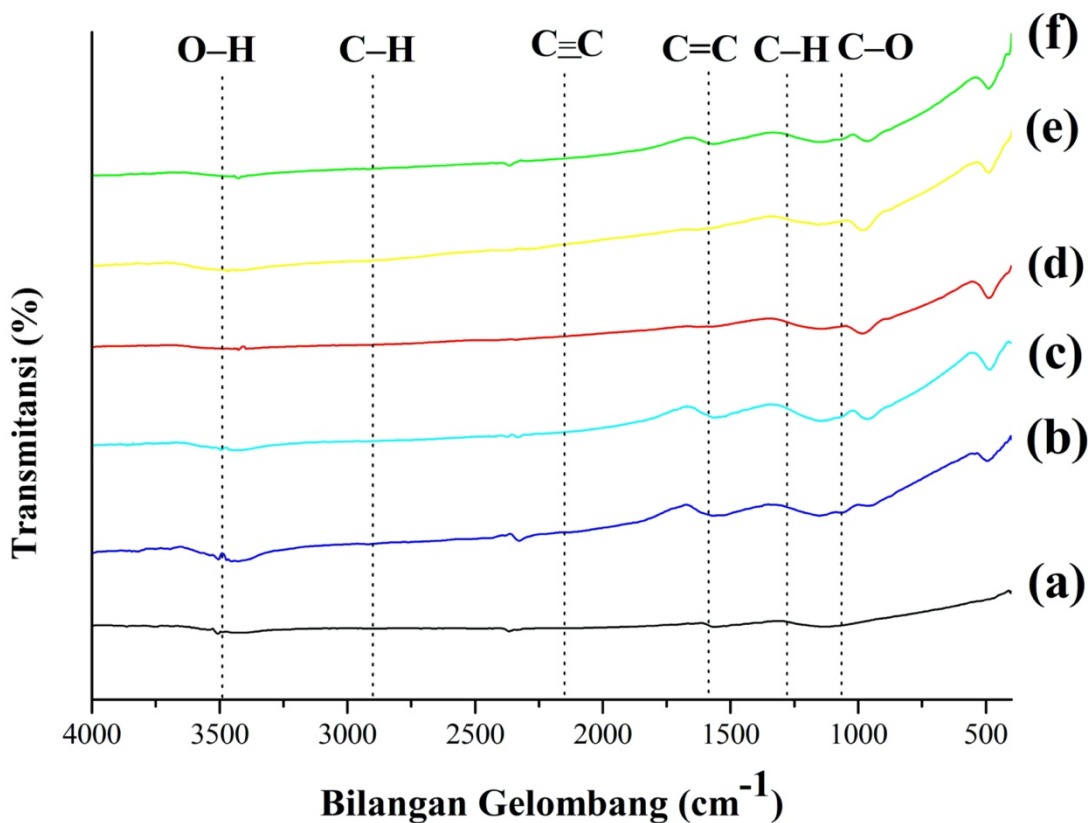
Gambar 1. Spektra FTIR: a) karbon aktif standard; karbon aktif kulit singkong pada variasi konsentrasi H_3PO_4 b) 10%; c) 20%; d) 30%; e) 40%; dan f) 50% rasio impregnasi karbon: H_3PO_4 (1:5, b/b) pada suhu aktivasi $600\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam.

TABEL I. Gugus fungsional karbon aktif kulit singkong variasi konsentrasi H_3PO_4 rasio impregnasi karbon: H_3PO_4 (1:5, b/b) pada suhu aktivasi $600\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam

No.	Gugus fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})					
		Karbon Aktif Standard	Konsentrasi H_3PO_4				
			10%	20%	30%	40%	50%
1.	O-H	3510,45	3387,00	3448,72	3425,58	3448,72	3464,15
2.	C-H	2931,80	2924,09	2931,80	2931,80	2931,80	-
3.	C≡C	2291,43	2337,72	2337,72	2337,72	2337,72	2337,72
4.	C=C	1635,64	1556,20	1620,21	1635,64	1620,21	1627,92
5.	C-H	1388,75	1404,18	-	1404,18	1404,18	1404,18
6.	C-O	1126,43	1157,29	1118,71	1118,71	1118,71	1157,29

Hasil FTIR yang diperoleh pada Tabel 1 menunjukkan bahwa karbon aktif kulit singkong dengan berbagai variasi konsentrasi H_3PO_4 memiliki komponen gugus fungsi yang sama dengan karbon aktif standard. Pada konsentrasi 20% tidak muncul pita serapan C-H dikarenakan puncak yang sangat lemah dan gugus C-H terurai, dimana unsur H akan menguap pada saat aktivasi dan unsur C bergabung dan membentuk ikatan C=C yang lebih stabil [21][22]. Ikatan C=C yang terbentuk juga mengindikasikan semakin murninya unsur C yang dihasilkan pada karbon aktif [23]. Pita serapan pada bilangan gelombang $3550 - 3230\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan O-H (hidroksil) pada molekul selulosa, hemiselulosa, dan lignin dengan intensitas puncak yang kuat pada konsentrasi H_3PO_4 30% [24], [25]. Karbon aktif kulit singkong konsentrasi H_3PO_4 30% memiliki pita serapan yang paling mendekati karbon aktif standard. Gugus fungsional C-H dan C=C yang muncul pada konsentrasi H_3PO_4 30% sama persis dengan bilangan gelombang karbon aktif

standard yaitu 2931,80 dan 1635,64 cm^{-1} . Di sisi lain, gugus lain seperti O–H, $\text{C}\equiv\text{C}$, C–H *bending*, dan C–O teramati pada bilangan gelombang yang paling mendekati karbon standard dibandingkan dengan konsentrasi yang lain. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 1 dan Tabel 1, pita serapan karbon aktif kulit singkong pada konsentrasi H_3PO_4 30% (Gambar 1d) memiliki pola spektra dan bilangan gelombang yang mirip dengan karbon aktif standard dibandingkan dengan variasi konsentrasi lain. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi H_3PO_4 30% merupakan hasil terbaik pada perlakuan tersebut.



Gambar 2. Spektra FTIR: a) karbon aktif standard; karbon aktif kulit singkong pada variasi lama waktu aktivasi b) 1 jam; c) 1,5 jam; d) 2 jam; e) 2,5 jam; dan f) 3 jam dengan konsentrasi H_3PO_4 30% rasio impregnasi 1:5 (b/b) suhu aktivasi 600 °C.

TABEL II. Gugus fungsional karbon aktif kulit singkong variasi lama waktu aktivasi dengan konsentrasi H_3PO_4 30% rasio impregnasi 1:5 (b/b) suhu aktivasi 600 °C.

No.	Gugus fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})					
		Karbon Aktif Standard	Lama Waktu Aktivasi				
			1 jam	1,5 jam	2 jam	2,5 jam	3 jam
1.	O–H	3507,68	3504,73	3444,15	3425,67	3466,94	3428,47
2.	C–H	2931,41	2931,41	2931,41	2931,41	2931,41	2931,41
3.	$\text{C}\equiv\text{C}$	2365,95	2328,26	2291,13	2291,13	2291,13	2291,13
4.	C=C	1565,36	1569,04	1552,77	1635,42	1635,42	1566,40
5.	C–H	1388,56	1388,56	1388,56	1388,56	1388,56	1388,56
6.	C–O	1125,42	1151,81	1147,80	1126,28	1126,28	1154,66

Spektra FTIR karbon aktif kulit singkong untuk rasio impregnasi karbon: H_3PO_4 30% (1:5, b/b) pada suhu aktivasi 600 °C dengan variasi lama waktu aktivasi dari 1 – 3 jam dapat dilihat pada

Gambar 2b-f. Karbon aktif kulit singkong (Gambar 2) memiliki pita serapan kuat pada gugus C=C yaitu pada bilangan gelombang 1552,77 – 1635,42 cm^{-1} yang menunjukkan adanya senyawa aromatik. Senyawa tersebut merupakan penyusun struktur heksagonal karbon aktif [26]. Selain itu, pada karbon aktif kulit singkong muncul puncak baru di daerah bilangan gelombang 1373 – 1435,04 cm^{-1} yang dapat diperkirakan serapan ikatan O–H dari gugus fenolik [27], [28]. Pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 1057,11 cm^{-1} menunjukkan vibrasi *stretching* dari P = O dari grup aromatik P–O–C [29]. Pada umumnya karbon aktif hanya memiliki gugus fungsi berbasis oksigen pada permukaan karbon, sedangkan dengan aktivasi asam fosfat, ikatan P–O–C dapat terhubung dengan permukaan karbon [30]. Oleh karena itu, pita serapan tersebut dapat menjadi karakteristik karbon aktif yang mengandung fosfat karena pengaruh dari aktivasi asam fosfat.

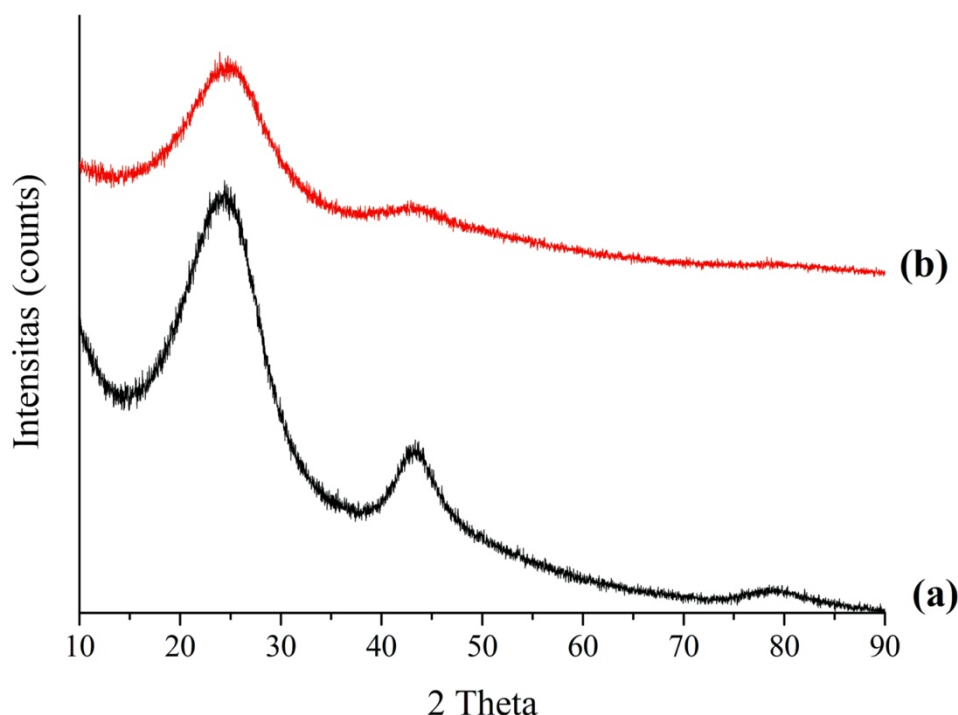
Karbon aktif kulit singkong yang dihasilkan pada penelitian ini sesuai dengan karbon aktif standard dengan konsentrasi H_3PO_4 terbaik pada konsentrasi 30% (rasio impregnasi 1:5 (b/b) dan waktu aktivasi terbaik menurut pita serapan pada Tabel 2 menunjukkan pada waktu 1 jam (suhu 600 °C), dimana bilangan puncak yang dihasilkan berada dalam rentang bilangan gelombang secara teoritis seperti disajikan dalam Tabel 3.

TABEL III. Gugus fungsional karbon hasil aktivasi [18], [24], [31], [32]

No.	Gugus fungsi	Bilangan Gelombang Karbon Aktif (cm^{-1})		
		Teoritis	Standard	Karbon aktif kulit singkong impregnasi 1:5 (b/b) konsentrasi H_3PO_4 30%, aktivasi 1 jam pada suhu 600 °C
1	O–H	3570 - 3450	3507,68	3504,73
2	C–H	3000 - 2800	2931,41	2931,41
3	$\text{C}\equiv\text{C}$	2400 - 2250	2365,95	2328,26
4	C=C	1660 - 1580	1565,36	1569,04
5	C–H	1475 - 1300	1388,56	1388,56
6	C–O	1200 - 1050	1125,42	1151,81

3.2 Karakteristik Sifat Kristal (XRD)

Hasil analisa XRD pada Gambar 3 menunjukkan pola difraktogram yang relatif sama antara karbon aktif standard dengan karbon aktif kulit singkong dilihat dari intensitas difraksinya yang relatif kecil dan tidak memiliki puncak runcing atau tajam yang menunjukkan struktur karbon aktif yang bersifat *amorf* [17], [33]. Pada pola difraktogram hasil analisa XRD terdapat dua puncak difraksi yang muncul pada karbon aktif standard yaitu pada $2\theta = \sim 25,031^\circ$ dan $\sim 43^\circ$ (Gambar 3a) sedangkan pada karbon aktif kulit singkong (Gambar 3b) puncak difraksi muncul pada $2\theta = \sim 24^\circ$ dan puncak yang lain tidak begitu terlihat jelas karena dimungkinkan masih ada pengotor pada sampel sehingga diperlukan proses pemurnian lebih lanjut. Kedua puncak yang muncul merupakan penciri grafit pada bidang datar (planar, L) sedangkan sudut $25\text{-}26^\circ$ merupakan struktur kristal grafit pada bidang vertikal (C-axis, L) [34]. Difraktogram yang dihasilkan pada analisa XRD yang berbentuk *amorf* mengindikasikan bahwa struktur yang dihasilkan karbon aktif adalah model turbostatik. Model turbostratik ini mengasumsikan bahwa sampel terbuat dari mikrokristalin mirip grafit, dibatasi oleh jaringan *cross linking*, terdiri dari beberapa lapisan mirip grafit, ditumpuk hampir sejajar dan berjarak sama, dengan setiap lapisan memiliki orientasi acak [35].

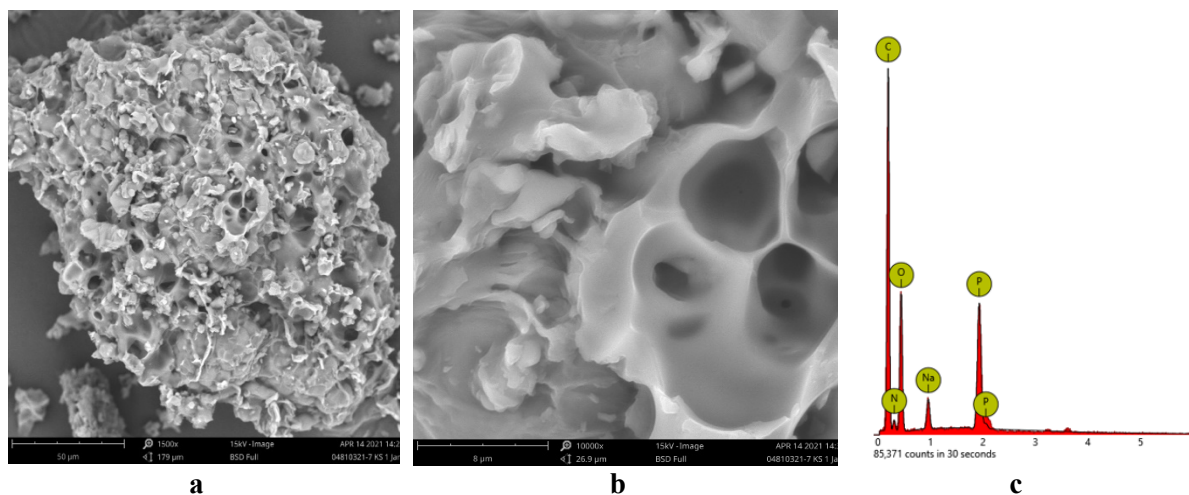


Gambar 3. Difraktogram XRD: a) karbon aktif standard, b) karbon aktif kulit singkong impregnasi 1:5 (b/b) konsentrasi H_3PO_4 30%, aktivasi 1 jam pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$.

3.3 Karakteristik Permukaan (SEM-EDX)

Hasil analisa SEM karbon aktif kulit singkong pada Gambar 4a-b menunjukkan permukaan karbon aktif yang berongga. Rongga dan luas pori yang terbentuk pada permukaan karbon aktif dipengaruhi oleh pemanasan yang terjadi dan zat pengaktivasi karbon aktif yang mengakibatkan berkurangnya pengotor-pengotor pada permukaan karbon [29]. Dalam penelitian Esterlita dan Herlina [9] menggunakan aktivator H_3PO_4 menyampaikan bahwa mekanisme pengaktifan karbon dengan asam posfat akan bereaksi dan membentuk mikropori pada permukaan karbon. Distribusi partikel yang hampir seragam pada permukaan karbon serta permukaan karbon yang halus dan terlihat porinya dikarenakan kotoran yang ada pada karbon telah hilang selama proses aktivasi. Pada proses aktivasi, aktivator akan bereaksi dengan karbon yang akan mengoksidasi dan mengikis hidrokarbon, tar, dan senyawa lain yang menempel pada permukaan arang sehingga permukaan arang menjadi halus dan membentuk pori-pori baru [36]. Komposisi unsur yang terdeteksi dalam karbon aktif kulit singkong dapat dilihat pada Gambar 4c.

Komposisi unsur terdapat pada karbon aktif kulit singkong ditunjukkan pada Gambar 4c. dengan dominasi komponen penyusun unsur berturut-turut C (55,20%), O (28,86%), N (8,00%), P (6,22%), dan Na (1,72%). Kadar unsur yang paling tinggi adalah karbon (C) dan oksigen (O), besarnya komposisi unsur yang diperoleh tidak berbeda jauh dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Sulaiman *et al.* [37] dengan besar konsentrasi karbon (C) sebesar 59,31% dan konsentrasi oksigen (O) sebesar 28,7%. Tingginya unsur tersebut menunjukkan bahwa kulit singkong berpotensi sangat baik untuk digunakan sebagai bahan pembuatan karbon aktif. Kandungan unsur P yang diperoleh dimungkinkan karena adanya interaksi H_3PO_4 dengan karbon kulit singkong yang disebabkan pada proses aktivasi menggunakan H_3PO_4 30% [38].



Gambar 4. Morfologi permukaan a) karbon aktif kulit singkong impregnasi 1:5 (b/b) konsentrasi H_3PO_4 30%, aktivasi 1 jam pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$ perbesaran 1500x dan b) karbon aktif kulit singkong perbesaran 10.000x serta c) Komposisi unsur karbon aktif kulit singkong impregnasi 1:5 (b/b) konsentrasi H_3PO_4 30%, aktivasi 1 jam pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pembuatan karbon aktif kulit singkong dapat dilakukan pada rasio impregnasi 1:5 (b/b) dan suhu aktivasi $600\text{ }^\circ\text{C}$ dengan hasil optimal adalah pada konsentrasi 30% H_3PO_4 dengan waktu aktivasi selama 1 jam. Hasil karakterisasi karbon aktif kulit singkong (*Manihot esculenta* Crantz) yang dihasilkan dengan proses aktivasi menggunakan aktivator H_3PO_4 mengandung gugus fungsional O–H, C–H, C–O, C≡C, dan C=C, serta menunjukkan struktur karbon aktif yang bersifat *amorf* yang ditandai dengan tidak adanya puncak runcing atau tajam dengan puncak difraksi yang muncul pada $2\theta = \sim 24^\circ$ dan $\sim 34^\circ$. Hasil analisa SEM-EDX menunjukkan karakter permukaan karbon aktif yang berongga dengan dengan dominasi komponen penyusun unsur berturut-turut adalah C (55,20%), O (28,86%), N (8,00%), P (6,22%), dan Na (1,72%).

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga atas dukungan dana untuk analisis/karakterisasi material karbon aktif dan pembelian beberapa bahan kimia (*reagent grade pro-analysis*) melalui Skema Hibah Penelitian Internal Skim Penelitian Fundamental Tahun Anggaran 2020 Periode Juli – Desember 2020.

Daftar Pustaka

- [1] H. Irawati, N. H. Aprilita, and E. Sugiharto, “Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*),” *Bimipa*, vol. 25, no. 1, pp. 17–31, 2018.
- [2] R. Widaningsih, *Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan Ubi Kayu*, vol. 2, no. 4. 2015.
- [3] A. Artiyani and E. S. Soedjono, “Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae*,” no. Re 092314, p. 92314, 2011.
- [4] I. Ikawati and M. Melati, “Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati,” pp. 1–8, 2010.
- [5] A. R. Permatasari, L. U. Khasanah, and E. Widowati, “Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot utilisima*) dengan Variasi Jenis Aktivator,” *J. Teknol. Has. Pertan.*, vol. 7, no. 2, pp. 70–75, 2014.
- [6] E. Sahara, W. . Sulihiningtyas, and I. P. A. . Mahardika, “Pembuatan dan Karakterisasi Arang

- Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H_3PO_4 ,” *J. Kim.*, p. 174, 2017.
- [7] H. Kristianto, “Review: Sintesis Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivasi Kimia $ZnCl_2$,” *J. Integr. Proses*, vol. 6, no. 3, pp. 104–111, 2017.
- [8] I. Demiral and C. A. Samdan, “Preparation and Characterisation of Activated Carbon from Pumpkin Seed Shell Using H_3PO_4 ,” *Anadolu Univ. J. Sci. Technol. Appl. Sci. Eng.*, vol. 17, no. 1, pp. 125–138, 2016.
- [9] M. O. Esterlita and N. Herlina, “Pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH , dan H_3PO_4 dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*),” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 4, no. 1, pp. 47–52, 2015.
- [10] A. W. M. Ip, J. P. Barford, and G. McKay, “Bioresource Technology Production and Comparison of High Surface Area Bamboo Derived Active Carbons,” *Bioresour. Technol.*, vol. 99, pp. 8909–8916, 2008.
- [11] B. H. Hameed, A. T. M. Din, and A. L. Ahmad, “Adsorption of Methylene Blue onto Bamboo-based Activated Carbon : Kinetics and Equilibrium Studies,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 141, pp. 819–825, 2007.
- [12] M. Manurung, O. Ratnayani, and R. A. Prawira, “Sintesis dan Karakterisasi Arang dari Limbah Bambu,” *Cakra Kim.*, vol. 7, pp. 69–77, 2019.
- [13] C. A. Maghfirana, “Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu,” 2019.
- [14] A. Suprabawati, H. N.W, and J. Jasmansyah, “Activated Carbon from Cassava Peel as Adsorbent of Lead Metal (Pb^{2+}) in the Water,” *J. Kartika Kim.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–28, 2018.
- [15] L. Maulinda, N. ZA, and D. N. Sari, “Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif,” *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 4, no. 2, p. 11, 2017.
- [16] O. A. Omotosho and A. Y. Sangodoyin, “Production and Utilization of Cassava Peel Activated Carbon in Treatment of Effluent from Cassava Processing Industry,” *Water Pract. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 215–224, 2013.
- [17] M. S. Shamsuddin, N. R. N. Yusoff, and M. A. Sulaiman, “Synthesis and Characterization of Activated Carbon Produced from Kenaf Core Fiber Using H_3PO_4 Activation,” *Procedia Chem.*, vol. 19, pp. 558–565, 2016.
- [18] E. Pehlivan, “Production and Characterization of Activated Carbon from Pomegranate Pulp by Phosphoric Acid,” *J. turkish Chem. Soc. Chem.*, vol. 5, pp. 1–8, 2018.
- [19] A. Şencan and M. Kiliç, “Investigation of the Changes in Surface Area and FT-IR Spectra of Activated Carbons Obtained from Hazelnut Shells by Physicochemical Treatment Methods,” *J. Chem.*, vol. 2015, 2015.
- [20] D. R. P. Wijaya, Y. Martono, and C. A. Riyanto, “Synthesis and Characterization of Nano Activated Carbon Tea Waste (*Camellia sinensis* L.) Viewed from the Content and Ratio of Orthophosphoric Acid,” *Indones. J. Chem. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 49–58, 2019.
- [21] S. Mopoung, P. Moonsri, W. Palas, and S. Khumpai, “Characterization and Properties of Activated Carbon Prepared from Tamarind Seeds by KOH Activation for $Fe(III)$ Adsorption from Aqueous Solution,” 2015.
- [22] N. N. Hijrah, M. Anas, and Erniwati, “Analisis Variasi Temperatur Aktivasi terhadap Gugus Fungsi Arang Aktif Tandan Aren (*Arenga Pinnata* Merr.) dengan Agen Aktivasi Potassium Silicate (K_2SiO_3),” *J. Penelit. Pendidik. Fis.*, vol. 5, no. 4, pp. 295–299, 2020.
- [23] Z. A. Nasution and S. M. Rambe, “Karakterisasi dan Identifikasi Gugus Fungsi Dari Karbon Cangkang Kelapa Sawit Dengan Metode METHANO-PYROLYSIS,” *J. Din. Penelit. Ind.*, vol. 24, no. 2, pp. 108–113, 2013.

- [24] Dachriyanus, *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas, 2004.
- [25] J. R. Pangau, H. F. Sangian, and B. M. Lumi, "Karakterisasi Bahan Selulosa dengan Iradiasi Pretreatment Gelombang Mikro Terhadap Serbuk Kayu Cempaka Wasian (*Elmerillia Ovalis*) di Sulawesi Utara," *J. MIPA*, vol. 6, no. 1, p. 53, 2017.
- [26] S. Wibowo, W. Syafi, and G. Pari, "Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung," *makara, Teknol.*, vol. 15, no. 1, pp. 17–24, 2011.
- [27] P. Sugumaran, V. P. Susan, P. Ravichandran, and S. Seshadri, "Production and Characterization of Activated Carbon from Banana Empty Fruit Bunch and *Delonix regia* Fruit Pod," *J. Sustain. Energy Environ.*, vol. 3, pp. 125–132, 2012.
- [28] P. Sun, C. Hui, S. Wang, L. Wan, X. Zhang, and Y. Zhao, "Bacillus Amyloliquefaciens Biofilm as a Novel Biosorbent for The Removal of Crystal Violet from Solution," *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, vol. 139, pp. 164–170, 2016.
- [29] E. A. Khan, Shahjahan, and T. A. Khan, "Adsorption of Methyl Red on Activated Carbon Derived from Custard Apple (*Annona squamosa*) fruit shell: Equilibrium Isotherm and Kinetic Studies," *J. Mol. Liq.*, vol. 249, pp. 1195–1211, 2018.
- [30] L. Efriyanti, S. A. Wati, and M. Maslahat, "Pembuatan dan Analisis Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet dengan Proses Kimia dan Fisika," *J. Ilmu Kehutan.*, vol. 14, no. 1, p. 94, 2020.
- [31] B. . Mistry, *A Handbook of Spectroscopic Data*, vol. 50, no. 3. 2009.
- [32] F. Koyuncu, F. Güzel, and H. Saygılı, "Role of Optimization Parameters in The Production of Nanoporous Carbon from Mandarin Shells by Microwave-assisted Chemical Activation and Utilization as Dye Adsorbent," *Adv. Powder Technol.*, vol. 29, no. 9, pp. 2108–2118, 2018.
- [33] N. Nurlia, M. Anas, and E. Erniwati, "Analisis Variasi Temperatur Aktivasi Terhadap Struktur Kristalin Arang Aktif dari Tandan Aren (*Arenga Pinnata Merr*) dengan Agen Aktivasi Potassium Silicate (K_2SiO_3)," *J. Penelit. Pendidik. Fis.*, vol. 5, no. 4, p. 300, 2020.
- [34] S. Darmawan, W. Syafii, N. J. Wistara, A. Maddu, and G. Pari, "Kajian Struktur Arang-Pirolisis, Arang-Hidro dan Karbon Aktif dari Kayu *Acacia mangium Willd.* Menggunakan Difraksi Sinar-X," *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 33, no. 2, pp. 81–92, 2015.
- [35] S. Hashemian, K. Salari, and Z. A. Yazdi, "Preparation of Activated Carbon from Agricultural Wastes (Almond Shell and Orange Peel) for Adsorption of 2-Pic from Aqueous Solution," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 20, no. 4, pp. 1892–1900, 2014.
- [36] M. J. Rampe and V. A. Tiwow, "Fabrication and Characterization of Activated Carbon from Charcoal Coconut Shell Minahasa, Indonesia," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1028, no. 1, pp. 0–6, 2018.
- [37] F. Sulaiman, M. Septiani, S. Aliyasih, and N. Huda, "Effectiveness of a Cassava Peel Adsorbent on The Absorption of Copper (Cu^{2+}) and Zinc (Zn^{2+}) Metal Ions," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 1296–1301, 2019.
- [38] G. K. Ndongo, N. J. Nsami, and K. J. Mbadcam, "Ferromagnetic Activated Carbon from Cassava (*Manihot dulcis*) Peels Activated by Iron(III) Chloride: Synthesis and Characterization," *BioResources*, vol. 15, no. 2, pp. 2133–2146, 2020.