

**VARIASI KONSENTRASI SENG KLORIDA ($ZnCl_2$) SEBAGAI
AKTIVATOR ARANG AKTIF BERBAHAN BAKU KULIT BUAH
SALAK PADANGSIDIMPUAN**

***VARIATION OF ZINC CHLORIDE ($ZnCl_2$) CONCENTRATION AS AN
ACTIVATOR OF ACTIVATED CARBON MADE FROM
PADANGSIDIMPUAN SNAKE FRUIT PEEL***

Vonny Setiaries Johan*, Yossie Kharisma Dewi, dan Juli Patimah

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

*Email korespondensi: vonny.setiaries@lecturer.unri.ac.id

Diterima 25-11-2023, diperbaiki 07-10-2025, disetujui 08-11-2025

ABSTRACT

*Snake fruit (*Salacca zalacca*) peel has the potential to be used as a raw material for activated carbon production because it contains cellulose, hemicellulose, and lignin compounds that serve as excellent carbon sources. Utilizing snake fruit peel waste as a precursor for activated carbon not only helps reduce agro-industrial waste but also increases its economic value through value-added conversion. The production of activated carbon from snake fruit peel involves two main stages, including carbonization and activation. Chemical activation using zinc chloride ($ZnCl_2$) as an activating agent is known to produce higher-quality activated carbon compared to physical activation. This study aimed to determine the optimal concentration of $ZnCl_2$ activator for producing activated carbon from Padangsidempuan snake fruit peel. The research was conducted experimentally using a completely randomized design (CRD) with six concentrations of $ZnCl_2$ (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, and 30%) and three replications. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% significance level. The results showed that different $ZnCl_2$ concentrations significantly affected yield, moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, and iodine adsorption. Activation using 30% $ZnCl_2$ produced the best results with a yield of 62.29% and an iodine adsorption value of 960.25 mg/g. These findings indicate that snake fruit peel has great potential as a sustainable raw material for producing high-quality activated carbon.*

Keywords: *activated carbon, chemical activation, snake fruit peel, $ZnCl_2$*

ABSTRAK

Kulit buah salak dapat menjadi bahan dasar pembuatan arang aktif karena mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berpotensi tinggi sebagai sumber karbon. Pemanfaatan limbah kulit buah salak sebagai bahan baku arang aktif juga merupakan upaya dalam mengurangi limbah agroindustri sekaligus meningkatkan nilai tambahnya. Pembuatan arang aktif dari kulit buah salak dilakukan melalui dua tahap utama, yaitu proses karbonisasi dan aktivasi. Aktivasi kimia menggunakan bahan kimia $ZnCl_2$ sebagai aktivator diketahui dapat menghasilkan mutu arang aktif yang lebih baik dibandingkan aktivasi fisika. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi aktivator seng klorida ($ZnCl_2$) terbaik dalam pembuatan arang aktif kulit buah salak asal Padangsidempuan. Penelitian dilaksanakan secara eksperimental menggunakan

rancangan acak lengkap (RAL) dengan enam perlakuan konsentrasi ZnCl_2 (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%) dan tiga ulangan. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 5%. Hasil menunjukkan bahwa variasi konsentrasi aktivator berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, kadar karbon terikat, dan daya serap iodium. Aktivasi dengan ZnCl_2 30% memberikan hasil terbaik dengan rendemen 62,29% dan serapan iodium 960,25 mg/g, serta kadar air, abu, zat volatil, dan karbon terikat masing-masing 7,15%, 8,32%, 3,96%, dan 80,56%.

Kata kunci: aktivasi kimia, arang aktif, kulit buah salak, ZnCl_2

PENDAHULUAN

Tanaman salak merupakan tanaman komoditas asli Indonesia. Tanaman salak berbentuk pohon yang termasuk ke dalam kelompok *palmae* yang dikenal sebagai *snake fruit*, karena kulit buah salak yang menyerupai sisik ular. Jenis buah salak umumnya adalah jenis salak madu, salak gading, salak pondoh, dan salak Padangsidimpuan.

Tahun 2022, Indonesia menghasilkan 1.147.473 ton buah salak, dengan Sumatera Utara merupakan salah satu daerah penghasil terbanyak yakni mencapai 265.180 ton tahun 2022 (Badan Pusat Statistik, 2023). Jenis buah salak yang dihasilkan adalah salak Padangsidimpuan. Salak Padangsidimpuan memiliki ciri khas dibandingkan jenis salak lainnya sehingga banyak digemari masyarakat. Ciri khas buah salak Padangsidimpuan diantaranya memiliki ukuran buah lebih besar, memiliki rasa kelat, dan warna daging buahnya terdapat warna putih dan warna merah yang tidak dimiliki oleh jenis buah salak lainnya (Ilyas, 2019).

Selain dimakan secara langsung, buah salak juga dapat diolah menjadi berbagai macam olahan, seperti dodol, keripik, kurma, kecap, dan kopi biji salak sehingga menghasilkan limbah kulit buah salak yang cukup banyak jumlahnya. Kulit buah salak mengandung selulosa sebesar 25,76% (Wijayanti, 2016). Unsur kimia penyusun kulit buah salak antara lain adalah karbon (C) sebesar 58,9%, oksigen (O) sebesar 28,87%, silikon (Si) sebesar

5,71%, dan elemen lainnya sebesar 6,52% (Triawan et al., 2021). Kulit buah salak yang mengandung selulosa dan unsur karbon dapat digunakan untuk membuat arang aktif.

Arang aktif adalah karbon yang dibuat dari pengolahan bahan baku pada reaksi suhu tinggi dan memiliki permukaan dalam yang besar dan struktur berpori yang kompleks (Turmuzi et al., 2015). Karbonisasi dan aktivasi merupakan dua tahap fundamental dalam produksi arang aktif. Proses aktivasi menghasilkan senyawa hidrokarbon yang berpotensi menyebabkan okklusi pori-pori, sekaligus meningkatkan luas permukaan spesifik arang (Permana et al., 2019). Aktivasi ini dapat dilakukan baik secara kimia maupun fisika.

Aktivasi fisika menggunakan pemanasan suhu tinggi, sedangkan aktivasi kimia menggunakan zat kimia. Umumnya zat kimia yang digunakan adalah H_3PO_4 , KOH , H_2SO_4 , NaOH , HCl , dan ZnCl_2 . Aktivasi kimia menggunakan ZnCl_2 memiliki beberapa kelebihan, diantaranya mampu meningkatkan rendemen arang aktif, memaksimalkan pembentukan pori-pori mikro pada suhu di bawah 500°C , memperluas luas permukaan spesifik, serta mempercepat proses dehidrasi dan dekomposisi bahan karbon (Esterlita & Herlina, 2015).

Studi arang aktif menggunakan aktivator ZnCl_2 telah banyak dilakukan. Menurut Turmuzi et al. (2015), arang aktif yang dibuat dari kulit buah salak (*Salacca sumatrana*) dengan aktivator ZnCl_2 dan variasi suhu aktivasi menunjukkan hasil

terbaik pada dua parameter berbeda. Rendemen tertinggi sebesar 30,93% diperoleh pada suhu aktivasi 400°C, sedangkan nilai bilangan iodin tertinggi, yaitu 694 mg/g, diperoleh pada suhu aktivasi 600°C. Anggraeni & Yuliana (2015) melaporkan bahwa arang aktif yang dibuat dari limbah tempurung siwalan dengan variasi konsentrasi aktivator $ZnCl_2$ menghasilkan kadar karbon terikat tertinggi sebesar 88,85% dan nilai bilangan iodin terbaik, yaitu 982,3 mg/g pada arang aktif yang diaktivasi dengan $ZnCl_2$ pada konsentrasi 30%. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami secara lebih mendalam karakteristik arang aktif yang dihasilkan dari kulit buah salak Padangsidimpuan menggunakan aktivator seng klorida ($ZnCl_2$). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi optimum seng klorida ($ZnCl_2$) yang efektif dalam sintesis arang aktif berbasis kulit buah salak yang berasal dari Padangsidimpuan.

BAHAN DAN METODE

Peralatan dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini ialah tanur, nampan, *magnetic stirrer*, Erlenmeyer, spatula, gelas kimia 100 mL, oven, gelas ukur, kertas saring, ayakan 100 *mesh*, mortar, blender, labu ukur 50 mL, sendok, cawan krusibel, alat titrasi, desikator, neraca analitik, aluminium foil, dan sarung tangan.

Kulit buah salak dari Padangsidimpuan sebagai bahan baku dalam produksi arang aktif. Aktivator yang digunakan adalah $ZnCl_2$ (*merek pudak, Rofa Laboratorium Centre, Bandung*). Larutan iodin 0,1 N, larutan HCl 32%, natrium tio-sulfat ($Na_2S_2O_3$) 0,1 N dan indikator amilum 1%, dan akuades.

Rancangan dan Analisis Penelitian

Penelitian ini mengaplikasikan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari tiga ulangan dan 18 satuan

percobaan. Terdapat enam taraf perlakuan yang diberikan, yaitu konsentrasi aktivator $ZnCl_2$ sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Formulasi bahan dalam pembuatan arang aktif kulit buah salak pada penelitian ini mengacu pada Anggraeni & Yuliana (2015), yakni dengan mencampurkan arang kulit buah salak sebanyak 15 g dengan 50 mL aktivator $ZnCl_2$ dengan berbagai konsentrasi.

Parameter yang diukur meliputi rendemen (Pane & Hamzah, 2018), kadar air dan kadar abu (Harini et al., 2019), kadar zat menguap dan kadar karbon terikat (Badan Standar Nasional, 1995), dan daya serap iodin (ASTM, 2006). Data yang didapat dari penelitian dianalisis secara statistik menggunakan *software* IBM SPSS versi 26 dengan *Analysis of variance* (ANOVA), dan dilanjutkan dengan uji *Duncan's multiple range test* (DMRT) pada taraf 5%.

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Bahan

Persiapan bahan mengacu pada Anugrahwati et al. (2020). Sampel kulit buah salak Padangsidimpuan dipisahkan dari buahnya. Selanjutnya, kulit buah salak Padangsidimpuan dipotong kecil-kecil, dan dikeringkan dengan sinar matahari selama tiga hari.

Karbonisasi

Proses karbonisasi mengacu pada Sa'diyah & Lusiana (2022). Kulit buah salak Padangsidimpuan dihaluskan menggunakan mortar untuk mempercepat proses karbonisasi. Sebelum dimasukkan ke dalam tanur, kulit buah salak yang telah dihaluskan diletakkan dalam cawan krusibel berukuran 30 mL. Proses karbonisasi dilakukan selama 90 menit pada suhu 400°C di dalam tanur. Setelah proses karbonisasi selesai, arang yang dihasilkan dihancurkan menggunakan blender dan kemudian disaring dengan ayakan 100 *mesh* untuk memperoleh bubuk arang.

Proses Pembuatan Larutan ZnCl₂

Proses pembuatan larutan ZnCl₂ mengacu pada Anggraeni dan Yuliana (2015). Pembuatan larutan ZnCl₂ 5% dilakukan dengan cara ditimbang ZnCl₂ 2,5 g dengan akurat dan diletakkan di labu ukur berukuran 50 mL. Akuades ditambahkan hingga mencapai batas tera, setelah itu larutan dihomogenisasi dengan pengadukan menyeluruh hingga terbentuk kondisi homogen.

Untuk sintesis larutan ZnCl₂ 10%, dilakukan penimbangan 5 g ZnCl₂ yang kemudian ditempatkan pada labu ukur berkapasitas 50 mL. Selanjutnya, akuades digabungkan secara bertahap sampai mencapai batas tanda tera pada labu ukur. Selanjutnya, diaduk hingga larutan homogen. Dilakukan perlakuan yang sama terhadap larutan ZnCl₂ 15%, 20%, 25%, dan 30% yang membedakannya adalah jumlah konsentrasi ZnCl₂ yang ditambahkan.

Aktivasi dengan ZnCl₂

Proses aktivasi arang kulit buah salak Padangsidempuan mengacu pada Anggraeni & Yuliana (2015). Ditimbang 15 g arang kulit buah salak Padangsidempuan untuk masing-masing perlakuan. Arang kulit buah salak Padangsidempuan direndam selama 24 jam dalam larutan aktivator ZnCl₂ dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Perbandingan antara massa arang dan volume larutan adalah 15 g : 50 mL. Setelah proses perendaman, arang disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya, arang kulit buah salak Padangsidempuan dicuci dengan akuades hingga tidak berwarna, kemudian dikeringkan selama empat jam pada suhu 105°C menggunakan oven.

Pengamatan

Rendemen

Penentuan nilai rendemen berdasarkan Pane & Hamzah (2018) dilakukan dengan membandingkan jumlah

karbon aktif yang dihasilkan dengan berat karbon awal (massa sebelum proses aktivasi). Rendemen kemudian dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat karbon aktif}}{\text{Berat karbon awal}} \times 100$$

Kadar Air

Penentuan kandungan air dalam penelitian ini menggunakan metode dari Sudarmadji et al. (1997). Prosedur diawali dengan penimbangan cawan porselen kosong yang telah diketahui bobotnya dengan presisi ± 2 g. Sampel kemudian dipindahkan ke dalam cawan, dan bobot totalnya dicatat. Selanjutnya, cawan porselen yang berisi sampel mengalami pengeringan awal dalam oven pada suhu 105°C selama 15 menit. Setelah itu, cawan beserta sampel dikeringkan kembali dalam oven pada suhu yang sama selama 3 jam. Cawan tersebut kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit sebelum dilakukan penimbangan. Proses pengeringan, pendinginan, dan penimbangan ini diulangi dengan durasi pengeringan 1 jam hingga tercapai bobot konstan, yang ditandai dengan perbedaan Penimbangan dilakukan berulang kali hingga diperoleh berat konstan, dengan toleransi perbedaan kurang dari 0,2 mg. Kadar air kemudian dihitung dari selisih berat sampel dan bobot konstan. Nilai ini dinyatakan dalam persentase (%).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Ket:

A = Berat bahan awal (g)

B = Berat bahan akhir (g)

Kadar Abu

Penentuan kadar abu mengacu pada Sudarmadji et al. (1997). Proses dimulai dengan pengeringan cawan porselen selama sepuluh menit pada suhu 100 °C untuk menghilangkan kelembaban. Setelah pengeringan, cawan didinginkan selama sepuluh menit dalam desikator guna

mencegah penyerapan kembali uap air dari lingkungan sekitar. Selanjutnya, sampel dengan berat yang bervariasi, baik melebihi maupun kurang dari 2 g, dimasukkan ke dalam cawan yang telah dipersiapkan. Cawan yang berisi sampel kemudian ditempatkan dalam tanur dan dipanaskan pada suhu 600 °C selama dua jam, dengan tujuan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik sehingga hanya tersisa abu anorganik yang umumnya berwarna keputihan. Sebelum dilakukan penimbangan akhir, cawan didinginkan kembali dalam desikator selama tiga puluh menit untuk menghindari penyerapan uap air setelah proses pemanasan. Akhirnya, kadar abu sampel dihitung menggunakan persamaan yang telah ditetapkan.:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100$$

Kadar Zat Mudah Menguap

Penentuan kadar zat mudah menguap mengacu pada metode yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 1995 mengenai arang aktif. Prosedur ini melibatkan penimbangan sampel kering oven seberat ± 2 g dan penempatannya dalam cawan porselen yang telah ditentukan bobotnya, dan selanjutnya dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 950°C selama 10 menit. Setelah didinginkan dalam desikator ditimbang sampai beratnya tetap.

$$\text{Zat mudah menguap (\%)} = \frac{A}{B} \times 100$$

Ket:

A = Selisih berat sampel (g)

B = Berat sampel kering oven (g)

Kadar Karbon Terikat

Penentuan kadar karbon terikat mengacu pada Badan Standar Nasional (1995) mengenai arang aktif. Kadar karbon terikat dihitung dengan cara pengurangan dari kadar abu dan kadar zat

mudah menguapnya. Kadar karbon terikat dihitung dengan rumus:

$$\text{Karbon terikat (\%)} = 100 - (A + B + C)$$

Ket:

A = Kadar zat mudah menguap (%)

B = Kadar abu (%)

C = Kadar air (%)

Daya Serap Iodin

Penelitian ini mengadopsi metode penentuan daya serap iodin yang termodifikasi dari ASTM (2006) mengenai arang aktif. Prosedur diawali dengan penimbangan 0,5 g arang aktif yang sebelumnya telah dikeringkan pada suhu 110°C selama 3 jam dan didinginkan dalam desikator. Sampel arang aktif tersebut kemudian dipindahkan ke dalam labu Erlenmeyer. Penambahan 5 mL asam klorida (HCl) pekat diikuti dengan pemanasan hingga mencapai titik didih. Selanjutnya, 50 mL larutan iodin ditambahkan ke dalam labu, dan campuran diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama ± 15 menit. Larutan yang telah diaduk kemudian disaring menggunakan kertas saring. Sebanyak 25 mL filtrat kemudian dipipet dan dititrasi dengan larutan standar natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) hingga terjadi perubahan warna dari biru menjadi kuning pucat. Indikator amilum 1% (1 mL) ditambahkan, menghasilkan warna biru. Titrasi dilanjutkan hingga warna biru hilang dan larutan menjadi bening. Besarnya daya serap arang aktif terhadap iodin menurut Suhendarwati et al. (2012) dapat dihitung dengan rumus:

Daya serap iodin (mg/g)

$$= \frac{\text{mL sampel} - \frac{T \times C_1}{C_2} \times 12,693 \times \text{DF}}{W}$$

Dengan rumus faktor pengenceran menurut ASTM (2006) sebagai berikut:

$$\text{DF} = \frac{(I + H)}{F}$$

Ket:

T = Volume natrium tio-sulfat yang terpakai saat titrasi arang aktif (mL)

C1 = Normalitas larutan natrium tio-sulfat (N)

C2 = Normalitas iodin (N)

W = Berat sampel (g)

12, 693 = Jumlah iod sesuai dengan 1 mL larutan natrium tio-sulfat 0,1 N

I = Iodin (mL)

H = Asam klorida yang dipakai (mL)

F = Filtrat (mL)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Rendemen ialah persentase jumlah arang aktif dengan arang semula. Uji ANOVA memperlihatkan bahwa variasi konsentrasi aktivator ZnCl_2 memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen arang aktif (Tabel 1). Rendemen arang aktif semakin menurun seiring semakin tinggi konsentrasi aktivator ZnCl_2 . Penurunan rendemen menunjukkan semakin banyak pengotor hasil karbonisasi yakni hidrokarbon, air, senyawa tar, dan mineral yang dapat larut oleh aktivator ZnCl_2 .

Tabel 1. Rendemen Arang Aktif Kulit Buah Salak Padangsidempuan

Perlakuan	Rendemen (%)
AK ₁ = aktivator ZnCl_2 5%	76,94 ^d
AK ₂ = aktivator ZnCl_2 10%	74,77 ^d
AK ₃ = aktivator ZnCl_2 15%	70,21 ^c
AK ₄ = aktivator ZnCl_2 20%	67,14 ^b
AK ₅ = aktivator ZnCl_2 25%	65,02 ^b
AK ₆ = aktivator ZnCl_2 30%	62,29 ^a

Ket: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata dalam tes DMRT taraf 5%.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Tani & Lumingkewas (2022), rendemen arang aktif menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi aktivator karena semakin banyak pengotor seperti hidrokarbon, air, tar, dan oksida logam yang dapat larut oleh aktivator. Abdi et al. (2015) menjelaskan bahwa proses aktivasi mengakibatkan penurunan berat arang karena pori-pori semakin banyak dan bersih karena aktivator dapat melarutkan pengotor. Pencucian dan penyaringan

arang berulang juga menyebabkan rendemen arang aktif menurun (Aryani et al., 2019). Rendemen arang aktif pada penelitian ini berkisar antara 62,29–76,94%. Rendemen arang aktif pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Turmuzi et al. (2015) sebesar 30,93%.

Kadar Air

Jumlah air dalam arang aktif disebut persentase kadar air. Sifat higroskopis arang aktif ditentukan dengan menganalisis kandungan air (Sahara et al., 2017). Uji ANOVA memperlihatkan bahwa variasi konsentrasi aktivator ZnCl_2 memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air.

Tabel 2 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi aktivator ZnCl_2 , kadar air yang dihasilkan semakin menurun. Penyebabnya adalah karena kemampuan aktivator ZnCl_2 mengikat molekul air. Konsentrasi aktivator yang tinggi menyebabkan luas permukaan arang aktif meningkat. Akibatnya, lebih banyak air akan lepas dan menguap dari pori-pori arang aktif, sehingga semakin sedikit air yang tertinggal.

Tani (2023) menyatakan konsentrasi aktivator mempengaruhi proses aktivasi, semakin tinggi konsentrasi aktivator maka semakin mempengaruhi pengikatan zat pengotor seperti air, hidrokarbon, senyawa tar, dan mineral dan mengeluarkannya melalui pori-pori arang sehingga volume pori bertambah. Kandungan air arang aktif meningkat pada aktivator konsentrasi rendah, disebabkan karena sedikitnya molekul air yang dapat didehidrasi aktivator. Sisa molekul air terperangkap di dalam pori-pori yang mengakibatkan kadar air arang aktif meningkat. Jumlah air yang didehidrasi oleh aktivator ZnCl_2 meningkat seiring meningkatnya konsentrasi aktivator karena ZnCl_2 berperan sebagai *dehydrating agent* (Anggraeni & Yuliana, 2015).

Tabel 2. Kadar Air Arang Aktif Kulit Buah Salak Padangsidimpuan

Perlakuan	Kadar Air (%)
AK ₁ = aktivator ZnCl ₂ 5%	11,31 ^c
AK ₂ = aktivator ZnCl ₂ 10%	9,75 ^d
AK ₃ = aktivator ZnCl ₂ 15%	8,83 ^c
AK ₄ = aktivator ZnCl ₂ 20%	8,64 ^c
AK ₅ = aktivator ZnCl ₂ 25%	7,83 ^b
AK ₆ = aktivator ZnCl ₂ 30%	7,15 ^a

Ket: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata dalam tes DMRT taraf 5%.

Penelitian ini memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan Verlina (2014), yaitu 6,62% pada konsentrasi aktivator ZnCl₂ 10%. Tingginya kadar air juga dapat disebabkan karena aktivator ZnCl₂ masih melekat pada pori-pori arang yang mengakibatkan pori-pori arang tersumbat dan kandungan air dalam pori arang terperangkap. Aktivator ZnCl₂ melekat pada arang disebabkan karena pencucian arang kurang baik. Menurut baku mutu SNI, kadar air pada penelitian ini sudah memenuhi syarat, maksimum sebesar 15%.

Kadar Abu

Abu adalah oksida logam atau residu mineral yang tersisa pada arang aktif setelah melewati proses pengabuan. Abu dapat berupa magnesium, kalium, dan natrium. Hasil analisis ANOVA memperlihatkan bahwa variasi konsentrasi aktivator ZnCl₂ memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan abu arang aktif.

Peningkatan konsentrasi aktivator ZnCl₂ diikuti peningkatan kadar abu. Selama perendaman konsentrasi aktivator ZnCl₂ yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan mineral pada permukaan arang, ditambah mineral yang terkandung dalam arang masih menempel pada pori-pori arang aktif sehingga abu yang dihasilkan meningkat. Akibat peningkatan abu tersebut, pori-pori arang menjadi tersumbat.

Esterlita & Herlina (2015) menjelaskan kandungan mineral dalam abu akan bereaksi dengan aktivator kimia. Hasil reaksi tersebut akan terbakar

sebagian dan sisanya menjadi abu selama proses analisis kadar abu. Hasil penelitian ini sejalan dengan Hendrawan et al. (2017), yang menyimpulkan bahwa konsentrasi aktivator yang tinggi menyebabkan peningkatan kandungan mineral/oksida logam pada arang aktif. Mineral di dalam pori-pori arang aktif semakin banyak terperangkap sehingga meningkatkan kadar oksidanya, akibatnya kadar abu meningkat.

Tabel 3. Kadar Abu Arang Aktif Kulit Buah Salak Padangsidimpuan

Perlakuan	Kadar Abu (%)
AK ₁ = aktivator ZnCl ₂ 5%	6,05 ^a
AK ₂ = aktivator ZnCl ₂ 10%	7,05 ^{ab}
AK ₃ = aktivator ZnCl ₂ 15%	7,19 ^b
AK ₄ = aktivator ZnCl ₂ 20%	7,22 ^b
AK ₅ = aktivator ZnCl ₂ 25%	8,30 ^c
AK ₆ = aktivator ZnCl ₂ 30%	8,32 ^c

Ket: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata dalam tes DMRT taraf 5%.

Kadar abu penelitian ini sejalan dengan Yunus et al. (2021), pada konsentrasi aktivator ZnCl₂ 5%, kadar abu terendah sebesar 6,60%. Kadar abu untuk semua perlakuan arang aktif yang diteliti berkisar antara 6,05-8,32% dan telah memenuhi syarat SNI, maksimal 10%.

Kadar Zat Mudah Menguap

Penelitian ini mengkaji kadar zat mudah menguap arang aktif sebagai indikator keberhasilan proses karbonisasi dan aktivasi dalam menghilangkan senyawa volatil. Berdasarkan analisis ANOVA, ditemukan bahwa variasi konsentrasi ZnCl₂ sebagai aktivator memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar zat mudah menguap yang dihasilkan.

Semakin meningkatnya konsentrasi aktivator ZnCl₂ yang digunakan, maka kadar zat mudah menguap arang aktif semakin menurun. Selama aktivasi terjadi interaksi antara aktivator ZnCl₂ dengan zat mudah menguap seperti hidrokarbon sehingga semakin tinggi konsentrasi aktivator ZnCl₂, zat mudah menguap

semakin banyak dapat lepas selama proses aktivasi sehingga zat mudah menguap berkurang jumlahnya.

Tabel 4. Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Kulit Buah Salak Padangsidempuan

Perlakuan	Kadar Zat Mudah Menguap (%)
AK ₁ = aktivator ZnCl ₂ 5%	5,55 ^b
AK ₂ = aktivator ZnCl ₂ 10%	5,52 ^b
AK ₃ = aktivator ZnCl ₂ 15%	5,05 ^b
AK ₄ = aktivator ZnCl ₂ 20%	4,88 ^{ab}
AK ₅ = aktivator ZnCl ₂ 25%	4,75 ^{ab}
AK ₆ = aktivator ZnCl ₂ 30%	3,96 ^a

Ket: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata dalam tes DMRT taraf 5%.

Menurut Sadir et al. (2022) unsur C membentuk struktur heksagonal selama proses aktivasi, melepaskan senyawa yang mudah menguap dalam bentuk gas CO, CO₂, dan CH₄. Dewi et al. (2021), menyatakan bahwa aktivasi arang menyebabkan terlepasnya zat mudah menguap pada pori-pori arang karena aktivator dapat melarutkan zat mudah menguap sehingga terbukanya struktur pori arang.

Proses aktivasi dapat membuka pori-pori arang sehingga senyawa tar, mineral, air, dan senyawa hidrokarbon pada pori-pori arang larut dan menguap. Akibatnya, pori-pori arang semakin banyak dan luas permukaannya meningkat yang menghasilkan daya adsorpsi yang lebih besar. Kadar zat mudah menguap dalam penelitian ini cukup tinggi, berkisar antara 10,12-11,93%, lebih rendah dari Anggraeni & Yuliana (2015). Selain itu, hasil kadar zat mudah menguap pada penelitian ini sudah sesuai dengan SNI, yakni maksimal 25%.

Kadar Karbon Terikat

Penelitian ini mengkaji kadar karbon terikat sebagai indikator kualitas arang aktif (Maulana et al., 2017). Penggunaan ZnCl₂ sebagai aktivator dievaluasi pengaruhnya terhadap kadar karbon

terikat. Berdasarkan analisis ANOVA, ditemukan bahwa variasi konsentrasi ZnCl₂ memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar karbon terikat yang dihasilkan (Tabel 5).

Tabel 5. Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Kulit Buah Salak Padangsidempuan

Perlakuan	Kadar Karbon Terikat (%)
AK ₁ = aktivator ZnCl ₂ 5%	76,99 ^a
AK ₂ = aktivator ZnCl ₂ 10%	77,69 ^a _{ab}
AK ₃ = aktivator ZnCl ₂ 15%	78,93 ^{bc}
AK ₄ = aktivator ZnCl ₂ 20%	79,26 ^{cd}
AK ₅ = aktivator ZnCl ₂ 25%	79,80 ^{cd}
AK ₆ = aktivator ZnCl ₂ 30%	80,56 ^d

Ket: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata dalam tes DMRT taraf 5%.

Tabel 5 memperlihatkan seiring bertambahnya konsentrasi aktivator ZnCl₂ kadar karbon terikat arang aktif semakin meningkat. Konsentrasi aktivator ZnCl₂ yang tinggi membuat pengotor seperti hidrokarbon, air, senyawa tar, mineral, air yang hilang pada pori-pori arang semakin banyak dan pori yang terbentuk di antara lapisan kristalit meningkat seiring semakin banyak atom karbon kristalit heksagonal yang terbentuk (Ghafarunnisa et al., 2017).

Menurut Kusdarini et al. (2017) Kadar karbon terikat pada arang aktif tidak hanya ditentukan oleh kandungan zat mudah menguap, air, dan abu, tetapi juga dipengaruhi oleh komposisi selulosa dan lignin dalam bahan prekursor. Dalam penelitian ini, peningkatan konsentrasi aktivator ZnCl₂ berkorelasi positif dengan peningkatan kadar karbon terikat, yang disebabkan oleh penurunan kadar air dan zat mudah menguap. Hasil penelitian Yunus et al. (2021) menunjukkan bahwa pada konsentrasi aktivator ZnCl₂ 10%, kadar karbon terikat yang dihasilkan adalah 73,71%, nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian ini pada konsentrasi yang sama. Kadar karbon terikat arang aktif yang diperoleh dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan minimum SNI sebesar 65%.

Daya Serap Iodin

Analisis ini dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi arang aktif. Hasil analisis ANOVA memperlihatkan konsentrasi aktivator ZnCl_2 memberikan pengaruh nyata terhadap kemampuan arang aktif menyerap iodin (Tabel 6).

Tabel 6. Daya Serap Iodin Arang Aktif Kulit Buah Salak Padangsidimpuan

Perlakuan	Daya serap iod (mg/g)
AK ₁ = aktivator ZnCl_2 5%	692,38 ^a
AK ₂ = aktivator ZnCl_2 10%	772,15 ^b
AK ₃ = aktivator ZnCl_2 15%	813,93 ^c
AK ₄ = aktivator ZnCl_2 20%	852,68 ^d
AK ₅ = aktivator ZnCl_2 25%	898,75 ^e
AK ₆ = aktivator ZnCl_2 30%	960,25 ^f

Ket: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata dalam tes DMRT taraf 5%.

Semakin tinggi konsentrasi aktivator ZnCl_2 maka pengotor seperti senyawa tar, air, hidrokarbon, dan mineral pada arang semakin sedikit karena larut oleh aktivator ZnCl_2 yang bersifat garam asam, yang berperan mengikis permukaan arang dan membersihkan pori arang selama proses aktivasi kimia. Akibatnya pori-pori arang yang pada awalnya tersumbat/tertutupi zat pengotor seperti senyawa tar, air, hidrokarbon, mineral menjadi terbuka dan semakin besar sehingga permukaan arang aktif bertambah luas, dan daya serap iodin meningkat.

Ghafarunnisa et al. (2017) bahwa daya serap iodin arang aktif meningkat seiring dengan peningkatan porositas. Porositas ini diduga ditingkatkan oleh bertambahnya jumlah atom karbon yang berpartisipasi dalam pembentukan kristalit heksagonal dan peningkatan luas permukaan arang aktif. Konsentrasi aktivator ZnCl_2 5% menghasilkan nilai daya serap iodin terendah, yaitu 692,38 mg/g. Hal ini diduga disebabkan oleh tingginya kadar air yang terukur pada perlakuan dengan konsentrasi aktivator tersebut. Kadar air tinggi disebabkan karena sedikitnya molekul air yang dapat

didehidrasi oleh aktivator dan sebagian air masih tertinggal di dalam pori-pori arang.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Anggraeni dan Yuliana (2015), daya serap iodin tertinggi, yaitu sebesar 982,3 mg/g, tercapai pada konsentrasi aktivator ZnCl_2 30%. Berdasarkan persyaratan kualitas arang aktif menurut SNI 06–3730–1995, nilai daya serap iodin minimal yang dipersyaratkan adalah 750 mg/g. Dalam penelitian ini, seluruh perlakuan, kecuali pada konsentrasi aktivator ZnCl_2 5% yang menghasilkan daya serap iodin sebesar 692,38 mg/g, telah memenuhi standar mutu yang ditetapkan.

KESIMPULAN

Konsentrasi aktivator ZnCl_2 memengaruhi karakteristik arang aktif dari kulit buah salak Padangsidimpuan. Perlakuan optimal, berdasarkan SNI 06-373-1995, adalah aktivasi dengan ZnCl_2 30% (AK₆), menghasilkan rendemen 62,29%, kadar air 7,15%, kadar abu 8,32%, kadar zat menguap 3,96%, kadar karbon terikat 80,56%, dan daya serap iodin 960,25 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., Khair, R. M., & Saputra, M. W. (2015). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.) sebagai Karbon Aktif Untuk Pengolahan Air Sumur Kota Banjarbaru: Fe dan Mn. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 1(1).
- Anggraeni, I. S., & Yuliana, L. E. (2015). Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan menggunakan Aktivator Seng Klorida (ZnCl_2) dan Natrium Karbonat (Na_2CO_3). Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Anugrahwati, M., Fajarwati, F. I., & Safitri, R. A. (2020). Studi Adsorpsi Komposit Karbon Magnetik dari Kulit Buah Salak dan Besi Oksida Sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar *chemical oxygen demand* (COD) pada limbah laundry. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 5(2), 20–27.
- Aryani, F., Mardiana, F., & Wartono. (2019). Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L). *Indonesian Journal of Laboratory*. 1(2):16.
- ASTM. (2006). Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon 1. ASTM International. USA.
- Badan Standardisasi Nasional. (1995).. Arang Aktif Teknis. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. (2023). Produksi Tanaman Buah-buahan 2022. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Dewi, R., Azhari, A., & Nofriadi, I. (2021). Aktivasi Karbon dari Kulit Pinang dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 12–22.
- Esterlita M. O., & Herlina, N. (2015).. Pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH, dan H_3PO_4 dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(1): 47–52.
- Ghafarunnisa, D., Rauf, A., & Rukmana, B. T. S. (2017). Pemanfaatan Batubara Menjadi Karbon Aktif dengan Proses Karbonisasi dan Aktivasi Menggunakan Reagen Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Ammonium Bikarbonat (NH_4HCO_3). *Prosiding Seminar Nasional XII Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, 1(1): 36–41.
- Harini, N., Marianty, R., & Wahyudi, V. A. (2019). *Analisa Pangan*. Zifatama Jawara. Sidoarjo.
- Hendrawan, Y., Sutan, S. M., dan Kreatif, R. (2017). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Dari Ampas Tebu (*bagasse*) Menggunakan *Activating Agent* NaCl. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 5(3): 200–207.
- Ilyas, M. J. (2019). Identifikasi Karakter Morfologis Buah Salak (*Salacca sumatera*) di Kota Padangsidempuan Provinsi Sumatera Utara. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi Karbon Aktif Dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal H_3PO_4 , kombinasi H_3PO_4 - NH_4HCO_3 , dan termal. *Reaktor*, 17(2), 74–80.
- Maulana, G. G. R., Agustina, L., & Susi. (2017). Proses Aktivasi Arang Aktif dari Cangkang Kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Aktivator Kimia. *Ziraa'ah*. 42(3): 247–256.

- Pane, G. C., & Hamzah, F. (2018). Pemanfaatan Kulit Buah Durian Pada Pembuatan Arang Aktif dengan Metode Aktivasi Fisika-Kimia Menggunakan Asam Fosfat. *Jom Faperta*. 5:1–14.
- Permana, E., Tarigan, I. L., Gusti, D. R., & Lestari, I. (2019). Analisis Mutu Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Larutan Aktifator $ZnCl_2$. *Jurnal Teknologi*. 12(2):170–175.
- Sa'diyah, K., & Lusiani, C. E. (2022).. Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. 6(1): 9–19.
- Sadir, M., Hermawan, D., Budiman, I., Pari, G., & Sutiawan, J. (2022). Karakteristik dan Daya Jerap Polutan Arang Aktif dari Batang Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 40(1):7–18.
- Sahara, E., Dahliani, N. K., & Manuaba, I. B. P. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gunitir (*Tagetes erecta*) dengan aktivator NaOH. *Jurnal Kimia*. 174–180.
- Suhendarwati, L., Suharto, B., & Susanawati, L. D. (2012). Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 1(1): 19–25.
- Tani, D. (2023). *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif*. PT. Nasya Expanding Management. Jawa Tengah.
- Tani, D., & Lumingkewas, S. (2022). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa dengan Kombinasi Aktivasi Kimia dan Fisika. *Fullerene Journ. of Chemistry*. 7(2):120–132.
- Triawan, D. A., & Falahudin, A. (2021). Electron Microscope and Diffraction Study of Snake Fruit (*Salacca zalacca* (Gaert.) Voss) Peels. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1940, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.
- Turmuzi, M., Tua, A. O. S., & Fatimah. (2015). Pengaruh Temperatur dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Buah Salak (*Salacca sumatrana*) dengan Aktivator Seng Klorida ($ZnCl_2$). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(2):59–64.
- Verlina, W. O. B. (2014). Potensi Arang Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Emisi Gas CO, NO dan NOx pada Kendaraan Bermotor. *Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar*.
- Wijayanti. (2016). Modifikasi Kulit Buah Salak (*Salacca zalacca*) sebagai Adsorben Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit. *Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta*.
- Yunus, Mikrianto R. E., Abdurrahman H., & Jaya. A. K. (2021). Karakteristik Arang Aktif Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Aktivator H_3PO_4 , $ZnCl_2$, dan KOH. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*.