

Sintesa dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tembaku Terkativasi HCl dengan Modifikasi TiO₂ dengan Proses Sonikasi

Ahmad Sofwan Latif⁽¹⁾, Wiwin Nopiyanti⁽²⁾, Titi Susilowati⁽³⁾, Erwan Adi Saputro⁽⁴⁾

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, 60294, Indonesia

Email: ²wiwinnopiyanti2001@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima 15 Agustus 2024
Direvisi 19 Agustus 2024
Disetujui 20 Agustus 2024
Dipublikasikan 26 Mei 2025

Keywords:

*Adsorption; HCl-Activated
Charcoal; Tobacco Stems;
Sonication; Titanium Dioxide.*

Abstract: Activated carbon is an adsorbent commonly used in adsorption methods for waste treatment due to its high adsorption capacity and simple preparation. Nevertheless, activated carbon also has limitations, such as low adsorption efficiency, which necessitates the use of supporting materials to resolve these weaknesses. TiO₂ a semiconductor material used in photocatalysis for waste treatment, has the advantage of reducing contaminants through decomposition processes. Nevertheless, TiO₂ also has disadvantages, such as a low adsorption capacity and a tendency to agglomerate. To resolve the limitations of both activated carbon and TiO₂, a method of combining these materials is employed. The addition of TiO₂ to activated carbon through sonication disperses TiO₂ particles on the surface of the activated carbon particles, filling the pores inside the activated carbon structure and creating additional micro and mesopores. This process enhances the porosity and surface area of the activated carbon. This study is intended to determine the effect of TiO₂ addition ratio and HCl activator concentration on the quality of the activated carbon. The research methodology involves activating the carbon with HCl and addition of TiO₂ in specific ratios through sonication. The best results were obtained with a treatment using 1 M HCl concentration and 5% TiO₂ addition ratio, which resulted in activated carbon with a surface area of 4257 m²/g. The addition of TiO₂ to HCl-activated carbon significantly increases the surface area compared to activated carbon without TiO₂.

Kata Kunci:

Adsorpsi; Arang Teraktivasi
HCl; Batang Tembakau;
Sonikasi; Titanium Dioksida.

Corresponding Author:

Name:
Wiwin Nopiyanti
Email:
Wiwinnopiyanti2001@gmail.com

Abstrak: Arang aktif merupakan adsorben yang sering digunakan dalam metode adsorpsi untuk pengolahan limbah, disebabkan oleh kapasitas penyerapan yang tinggi dan preparasi yang sederhana. Namun, arang aktif juga memiliki kekurangan, seperti efektivitas adsorpsi yang rendah, sehingga memerlukan material pendukung untuk mengatasi kelemahan tersebut. TiO₂, yang merupakan material semikonduktor yang digunakan dalam fotokatalis pengolahan limbah, memiliki keuntungan dalam menurunkan kontaminan melalui proses dekomposisi. Namun, TiO₂ juga memiliki kelemahan, yaitu kapasitas adsorpsi yang rendah dan kecenderungan untuk teraglomerasi. Untuk mengatasi kekurangan arang aktif dan TiO₂, metode penggabungan

kedua bahan ini digunakan. Penambahan TiO₂ pada arang aktif melalui proses sonikasi menyebabkan partikel TiO₂ tersebar di permukaan partikel arang aktif, mengisi pori-pori dalam struktur arang aktif, dan menciptakan mikro dan mesopori tambahan. Proses ini meningkatkan porositas dan luas permukaan arang aktif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio penambahan TiO₂ dan konsentrasi aktivator HCl terhadap kualitas arang aktif. Metodologi penelitian mencakup aktivasi arang dengan HCl dan penambahan TiO₂ dengan rasio tertentu melalui proses sonikasi. Hasil penelitian terbaik diperoleh pada

perlakuan penggunaan konsentrasi HCl 1 M dan rasio penambahan TiO₂ 5% yang menghasilkan arang aktif dengan luas permukaan 4257 m²/g. Penambahan TiO₂ pada arang aktif yang diaktivasi dengan HCl secara signifikan meningkatkan luas permukaan arang aktif dibandingkan dengan arang aktif tanpa penambahan TiO₂

PENDAHULUAN

Selama ini, pemanfaatan tembakau hanya berfokus pada bagian daun yang digunakan sebagai bahan baku rokok. Batang tembakau masih dianggap sebagai produk samping pertanian yang belum diolah secara baik. Batang tembakau selama ini sebageian besar hanya dijadikan sebagai kayu bakar oleh para petani. Sehingga tidak ada nilai jual yang dihasilkan dari limbah batang tembakau tersebut (Arifah et al. 2018). Batang tembakau mengandung senyawa selulosa yang tinggi. Senyawa tersebut bila didegradasi akan menghasilkan senyawa turunan yang memiliki potensi lebih besar. Batang tembakau kering memiliki komposisi selulosa yang relative tinggi yaitu 35-40%. Kandungan selulosa ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk pembuatan arang aktif. Arang aktif adalah jenis arang yang telah melalui proses aktivasi, sehingga memiliki kemampuan tinggi untuk menyerap warna, bau, zat beracun, dan berbagai zat kimia lainnya yang tidak diinginkan (Udyani et al., 2019). Arang aktif dapat digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi untuk pengolahan limbah karena memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi, proses persiapan yang sederhana, biaya yang rendah, dan bahan baku yang mudah didapat. Meskipun arang aktif memiliki kemampuan penyerapan yang baik, efektivitas adsorpsinya masih tergolong rendah, sehingga diperlukan material pendukung untuk meningkatkan efisiensi arang aktif (Monika et al., 2021).

TiO₂ adalah material padat berwarna putih yang digunakan sebagai semikonduktor dalam aplikasi fotokatalis untuk pengolahan limbah. Penggunaan TiO₂ dalam fotokatalisis memiliki keunggulan, seperti kemampuannya untuk mengurangi kontaminan melalui proses dekomposisi dan oksidasi permukaan. Namun, TiO₂ juga memiliki beberapa kelemahan, terutama dalam proses oksidasi lanjutan, seperti kecenderungan untuk mengalami aglomerasi, rendahnya kapasitas adsorpsi, dan kesulitan dalam pemisahan dari larutan. Untuk mengatasi keterbatasan yang ada pada karbon aktif dan TiO₂, kedua material ini digabungkan (Monika et al., 2021). Penggabungan TiO₂ pada karbon aktif akan menghasilkan karbon aktif dengan daya adsorpsi yang besar, kemampuan untuk memecah berbagai senyawa organik dan dapat diregenerasi pada suhu ruang (Basuki, 2007). Sintesis komposit dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti hidrotermal, teknik sol-gel, deposisi uap kimia (CVD), deposisi uap fisik (PVD), dan sonikasi (Khataee & Mansoori, 2011).

Metode sonikasi memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk memicu proses kimia dalam cairan. Gelombang ultrasonik yang memiliki frekuensi di atas 20 kHz hingga 1 GHz, bergerak dengan kecepatan 1500 m/s dalam cairan dan memiliki panjang gelombang 3 mm hingga 30 μ m (Cheeke, 2002). Gelombang ini berinteraksi dengan gelembung gas kecil dalam cairan, menyebabkan fenomena kavitasi akustik, dimana gelembung gas terbentuk, tumbuh, dan akhirnya meledak atau runtuh, menghasilkan suhu tinggi dan energi yang dapat meningkatkan perpindahan massa yang dapat menghasilkan dispersi yang lebih merata (Ashokkumar, 2016). Penggunaan metode sonikasi yang dapat menghasilkan pendispersian terbaik bergantung pada pemilihan frekuensi yang digunakan. Proses sonikasi lebih banyak menggunakan frekuensi 20 kHz, karena frekuensi tersebut dianggap aman untuk banyak bahan sehingga dapat meminimalkan kerusakan atau perubahan sifat bahan yang diolah. Sementara itu, penggunaan frekuensi di bawah 20 kHz cenderung merugikan karena memiliki energi yang rendah dan resolusi yang kurang baik, sehingga menyebabkan kurangnya homogenitas dalam campuran yang menghasilkan komposit dengan kekuatan dan sifat mekanik yang buruk. Penggunaan frekuensi di atas 20 kHz dapat menghasilkan efek kavitasi yang terlalu kuat, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada partikel dalam komposit sehingga mengurangi kualitasnya (Cheeke, 2002).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan Dirga (Dirga n.d.) yang menganalisa daya serap arang aktif dari kulit durian yang ditambahkan TiO₂ terhadap gas karbon monoksida (CO), hasil yang diperoleh arang aktif yang ditambah titanium dioksida memiliki daya serap sebesar 97,8%

dengan konsentrasi rata-rata CO yang terserap 0,0135%. Selain itu, penyisipan TiO₂ pada arang telah dilakukan oleh (Basuki, 2007) yang menyisipkan TiO₂ pada arang aktif dari arang tempurung kelapa dengan konsentrasi konsentrasi TiO₂ sebesar 5%, 10% dan 15%, untuk penyerapan gas CO dan NO₂, diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi TiO₂ yang digunakan maka penurunan konsentrasi gas CO dan NO₂ yang terserap semakin besar sehingga tingkat efisiensinya semakin tinggi.

Penelitian ini penting dilakukan karena berupaya memaksimalkan pemanfaatan limbah batang tembakau yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal, dengan mengolahnya menjadi arang aktif yang lebih bernilai. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam pengolahan limbah melalui pengembangan arang aktif yang dipadukan dengan TiO₂, sehingga dapat menawarkan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Manfaat penelitian ini adalah meningkatkan nilai ekonomis batang tembakau, memberikan alternatif solusi pengolahan limbah yang lebih efektif, serta mendorong inovasi dalam pembuatan material komposit yang dapat diaplikasikan dalam berbagai industri, khususnya dalam pengolahan air dan gas.

METODE

Bahan-bahan yang digunakan adalah batang tembakau, asam klorida (HCl) 37%, titanium dioksida, dan aquadest sedangkan alat-alat yang digunakan adalah tanur, oven, sonikator, ayakan 100 mesh, desikator, timbangan analitik, cawan porselen, kertas saring, labu ukur, Erlenmeyer 250 ml, pipet tetes, labu ukur 100 ml, gelas ukur 50 ml, gelas ukur 10 ml, kaca arloji, dan gelas beker 250 ml, alat analisis luas permukaan (surface area analyzer/SAA) Quantachrome Novatouch Lx4.

Batang tembakau dipotong kecil-kecil kemudian dipotong kecil-kecil dengan air hingga bersih, selanjutnya batang tembakau dikeringkan dibawah sinar matahari dan dilanjutkan pengeringan dengan oven suhu 100°C selama 60 menit kemudian dimasukkan kedalam desikator selama 15 menit. Batang tembakau yang kering, kemudian dimasukkan kedalam cawan porselen untuk selanjutnya di lakukan proses karbonisasi dalam furnace dengan suhu 350°C selama 60 menit. Karbon yang dihasilkan didinginkan kemudian dihaluskan dan diayak dengan screening 100 mesh.

Arang dari batang tembakau ditimbang sebanyak 5 gram, lalu direndam dalam larutan HCl dengan konsentrasi 0,5 M, 1 M, 1,5 M, 2 M, dan 2,5 M selama 24 jam. Setelah perendaman, arang dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 60 menit. Selanjutnya, arang yang sudah kering dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.

Proses sonikasi TiO₂, dilakukan dengan penambahan TiO₂: arang aktif (5%:95%, 10%:90%, 15%:85% dan 20%: 80%). Selanjutnya campuran tersebut di suspensikan ke dalam air demineralisasi 150 ml, kemudian dimasukkan kedalam sonikator selama 30 menit dengan frekuensi 20 kHz, kemudian disaring, KA- TiO₂ yang dihasilkan dikeringkan dalam oven suhu 120 °C selama 60 menit kemudian dimasukkan kedalam desikator selama 15 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Batang Tembakau merupakan salah satu bagian yang kurang dimanfaatkan dari tumbuhan tembakau. Batang tembakau memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin tinggi, kandungan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif, hasil Analisa batang tembakau (Tabel 1) menghasilkan nilai kandungan selulosa dan lignin yang tinggi.

Tabel 1. Hasil Analisa kandungan batang tembakau

Parameter	Hasil (%)
Selulosa	43,91
Hemiselulosa	23,53
Lignin	21,88

Kandungan selulosa dan lignin yang tinggi menunjukkan tingkat kemurnian yang dihasilkan oleh rendemen (Nurauf & Cahyonugroho, 2023). Menurut (Bergna, n.d.) kandungan selulosa yang tinggi pada bahan arang aktif akan menghasilkan arang yang bersifat lebih porous dan reaktif, sedangkan kandungan lignin yang tinggi akan menghasilkan kandungan karbon yang lebih banyak pada arang yang dihasilkan (Rahayu & Dwityaningsih, 2022).

Karakteristik Arang Aktif

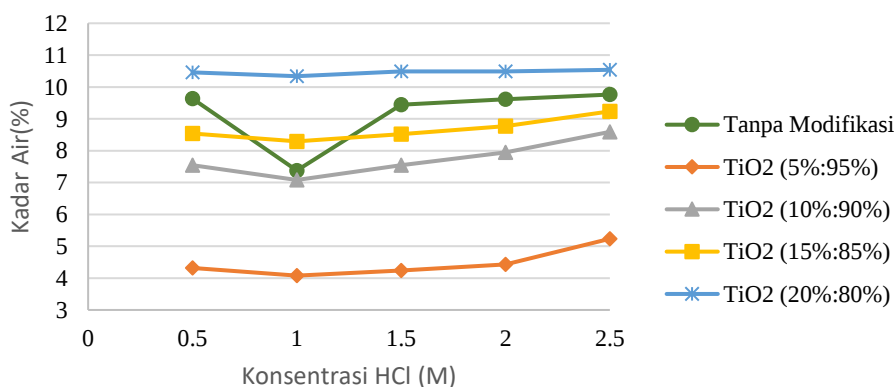
Arang aktif dari batang tembakau yang dihasilkan dilakukan uji untuk memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Dari hasil Analisa kadar air, kadar abu. Diketahui arang yang dihasilkan memenuhi standar yang telah ditentukan, Kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 4,0799% atau tidak melebihi batas baku mutu maksimum 15%. Menurut (Andarwati, 2023) kadar air yang rendah akan meningkatkan kapasitas adsorpsi adsorbat, karena kadar air dan aktivasi karbon mempengaruhi kesetimbangan. Nilai kadar abu yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 4,2276% atau tidak melebihi batas baku mutu maksimum 10%. Table 2. Menunjukkan hasil Analisa karakteristik arang aktif yang dihasilkan

Tabel 2. Karakteristik arang aktif batang tembakau

Parameter	Hasil (%)	SNI 06-3730-1995
Kadar air	43,91	Maks. 15
Kadar abu	23,53	Maks. 10

Pengaruh Perbandingan Penambahan TiO_2 : Arang Aktif Dan Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Kadar Air.

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kemampuan karbon aktif dalam menyerap kelembapan dari lingkungan, yang dikenal sebagai sifat higroskopis. Secara umum, karbon aktif memiliki afinitas yang tinggi terhadap air, yang artinya sangat mudah menarik dan menahan molekul air. Sifat higroskopis inilah yang membuat karbon aktif sangat efektif digunakan sebagai adsorben dalam berbagai aplikasi (Batu, 2022)



Gambar 1. Hubungan perbandingan penambahan TiO_2 :arang dengan Konsentrasi aktivator HCl terhadap Kadar Air

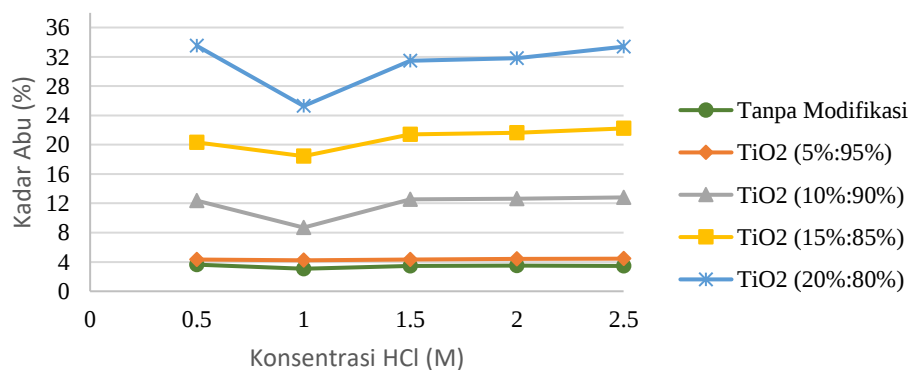
Berdasarkan gambar 1. Pengujian kadar air menunjukkan semakin besar konsentrasi HCl pada konsentrasi 0,5M hingga 1M pada arang aktif yang ditambahkan maupun tidak ditambahkan TiO_2 menghasilkan kadar air yang menurun. Menurut (Fiquriawan & Anas, 2023) terjadinya penurunan kadar air disebabkan penggunaan HCl sebagai aktivator akan bereaksi dengan komponen dalam arang seperti CO_2 dan H_2O yang menyebabkan peningkatan suhu, meningkatnya suhu akan menyebabkan penguapan air. HCl dengan konsentrasi 1,5M hingga 2,5

M pada arang aktif yang ditambahkan maupun tanpa penambahan TiO_2 menghasilkan kadar air yang meningkat, Menurut (Pambayun et al., 2013) semakin pekat aktivator yang digunakan akan menyebabkan pelarutan tar sisa karbonisasi dan mineral akan lebih maksimal sehingga menghasilkan banyak pori-pori arang aktif untuk menyerap air dan udara. Kontak arang dengan udara pada saat pendinginan dan kurang teruapnya air saat dioven akan meningkatkan kadar air arang yang dihasilkan (Susmanto et al., 2020).

Arang aktif yang dilakukan penambahan TiO_2 dengan perbandingan (5%:95%); (10%:90%); dan (15%:85%) pada arang aktif yang diaktivasi aktivator HCl dengan konsentrasi HCl 0,5 M hingga konsentrasi 2,5M dapat menghasilkan kadar air lebih rendah dibanding arang aktif yang tanpa penambahan TiO_2 , terjadinya penurunan kadar air ini disebabkan sifat dari TiO_2 , Menurut (Ahmad et al., 2023) TiO_2 merupakan semikonduktor yang memiliki luas permukaan dan porositas yang tinggi yang dapat menyerap air lebih banyak. Namun, pada gambar 1. menunjukkan bahwa seiring dengan besarnya perbandingan penambahan TiO_2 :Arang aktif maka kadar air yang didapatkan juga akan semakin besar, terjadinya kenaikan kadar air ini mulai terjadi pada arang aktif yang dilakukan penambahan TiO_2 dengan perbandingan (10%:90%) hingga yang terbesar pada penambahan TiO_2 dengan perbandingan (20%:80%) . menurut (Wang et al. 2018) sifat TiO_2 yang reaktif terhadap lingkungan, sifat ini yang menyebabkan kelembapan pada lingkungan akan terserap oleh karbon aktif yang dimodifikasi dengan TiO_2 secara berlebih. hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan TiO_2 diatas 10% akan meningkatkan kadar air dari arang aktif yang dihasilkan (Pujiono, 2020).

Pengaruh Perbandingan Penambahan TiO_2 : Arang Aktif Dan Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Kadar Abu.

Kadar abu mengacu pada jumlah oksida logam yang terdapat dalam suatu bahan, yang terdiri dari berbagai mineral yang tidak dapat menguap selama proses pembakaran. Kandungan abu dalam arang aktif sangat mempengaruhi kualitasnya. Jika kadar abu terlalu tinggi, hal ini dapat menyebabkan penyumbatan pada struktur pori-pori arang aktif, sehingga mengurangi luas permukaan efektifnya. Hal ini dapat berdampak negatif terhadap kemampuan arang aktif sebagai adsorben (Sirajuddin, 2020)



Gambar 2. Hubungan perbandingan penambahan TiO_2 :arang dengan Konsentrasi aktivator HCl terhadap Kadar Abu.

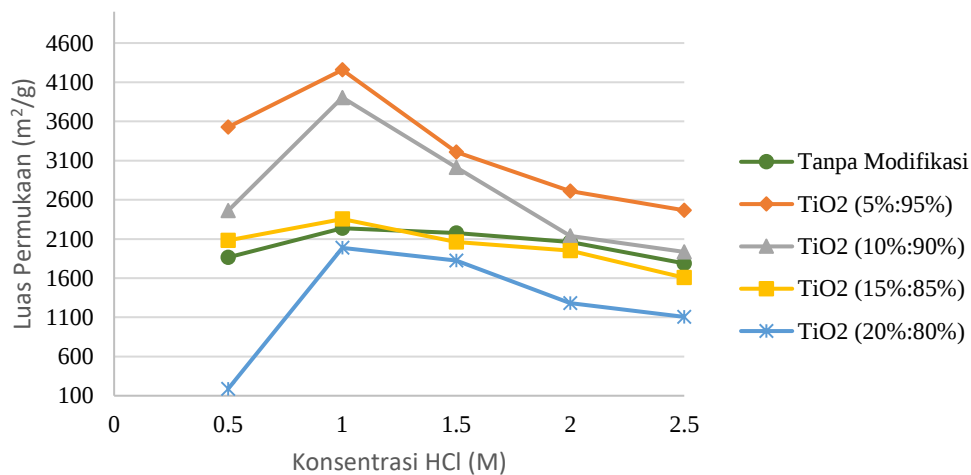
Berdasarkan gambar 2. Pengujian kadar abu menunjukkan penggunaan HCl pada konsentrasi 0,5M hingga 1M pada arang aktif yang tanpa penambahan maupun tanpa penambahan TiO_2 menghasilkan kadar abu yang menurun, hal tersebut disebabkan sifat dari aktivator HCl, Menurut (Oko et al. 2021) HCl yang bersifat misibel dengan air, atau mampu membentuk larutan homogen dalam berbagai perbandingan, memungkinkan zat ini melarutkan sisa-sisa residu yang terdapat pada arang aktif, sedangkan penggunaan aktivator HCl pada konsentrasi 1,5M hingga 2,5M pada arang aktif yang ditambahkan maupun tanpa penambahan TiO_2 menghasilkan kadar abu yang meningkat, Menurut (Maulina, 2020) peningkatan kadar abu disebabkan semakin tinggi HCl yang digunakan maka kadar air yang terkandung akan semakin berkurang sehingga mineral yang terbentuk menjadi garam tidak terlarut dan menempel pada pori-pori arang aktif. Penggunaan

konsentrasi aktivator yang tinggi akan memicu pembentukan oksida/mineral yang meningkatkan kadar abu. Konsentrasi aktivator yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan struktur karbon yang mengakibatkan peningkatan kadar abu, karena material karbon yang rusak akan bercampur dengan mineral dalam arang dan menyebabkan proses pengabuan (Maulina and Iriansyah 2018).

Arang aktif tanpa Penambahan TiO_2 yang diaktivasi HCl konsentrasi 0,5 M hingga 1M menghasilkan kadar abu yang lebih rendah daripada arang aktif yang dilakukan penambahan TiO_2 dengan konsentrasi HCl yang sama, penambahan TiO_2 dapat meningkatkan kadar abu. Hal tersebut disebabkan karena TiO_2 merupakan oksida logam yang memiliki ikatan ion titanium tetravalent dan ion oksigen (Pujiono et al. 2020). Menurut (Schröder et al. 2007) adanya oksida logam pada arang aktif akan meningkatkan kadar abu, kadar abu yang berlebihan dapat menyebabkan penyumbatan pori-pori pada arang aktif sehingga luas permukaan arang menjadi berkurang.

Pengaruh Perbandingan Penambahan TiO_2 : Arang Aktif Dan Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Luas Permukaan

Luas permukaan adalah salah satu sifat fisik utama dari arang aktif. Arang aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar, yang memungkinkan untuk menyerap sejumlah besar adsorbat. Semakin besar luas permukaan pori-pori pada arang aktif, semakin tinggi daya serapnya, sehingga membuatnya sangat efektif untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan penyerapan zat. (Teke et al. 2021).



Gambar 3. Hubungan perbandingan penambahan TiO_2 :arang dengan Konsentrasi aktivator HCl terhadap Luas permukaan arang

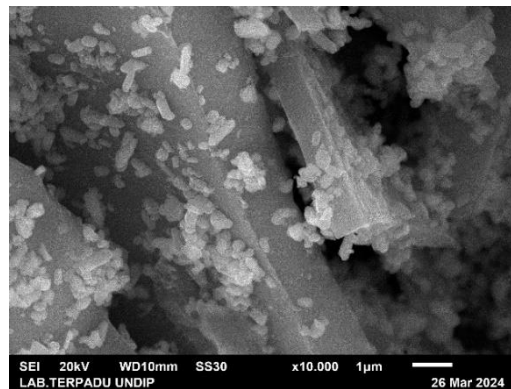
Berdasarkan gambar 3. Pengujian luas permukaan arang aktif. Arang aktif menggunakan HCl dengan konsentrasi 0,5M hingga 1M dengan penambahan maupun tanpa penambahan TiO_2 menghasilkan luas permukaan yang meningkat, hasil ini berkaitan dengan uji kadar abu dan kadar air yang menghasilkan nilai yang rendah sehingga komponen yang menutup pori arang aktif relatif rendah. Menurut (Rampe and Tiwow 2018) semakin rendah kadar air dan abu dalam arang maka akan semakin besar luas permukaan arang yang dihasilkan. Arang aktif memiliki sifat afinitas yang tinggi terhadap air,terikatnya molekul air saat aktivasi akan memperbesar pori-pori arang aktif (Laos 2016).

Arang aktif dengan penambahan TiO_2 dengan perbandingan (5%:95%) dan (10%:90%) menghasilkan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan penmbahan diatas (10%:90%) dan tanpa penambahan. Menurut Wang (2018) TiO_2 dapat memperbesar luas permukaan, karena TiO_2 akan menyerap molekul air disekitar arang. selain itu, TiO_2 memiliki

luas permukaan yang cukup besar sehingga penyisipan pada ruang antar lapis arang akan semakin memperbesar luas permukaan arang (Xiong et al. 2013). Pada arang aktif dengan penambahan TiO_2 sebesar (15%:85%) sampai (20%:80%) mengalami penurunan luas permukaan, hal tersebut disebabkan oleh sifat TiO_2 . Menurut Zain (2021) Ketika TiO_2 ditambahkan terlalu banyak ke arang akan menyebabkan pori- pori mengecil dan luas permukaan menurun yang menyebabkan daya serap karbon aktif menjadi kecil. Selain itu TiO_2 memiliki reaktivitas yang tinggi sehingga meningkatkan kadar air yang dapat mengurangi luas permukaan (Wang et al. 2018).

Analisa SEM-EDX

Sintesis komposit arang aktif – TiO_2 menggunakan proses sonikasi yang memiliki kelebihan berupa penggunaan alat yang sederhana, waktu yang relative cepat dan menghasilkan partikel dengan ukuran yang seragam, untuk mengetahui morfologi permukaan dan juga komponen yang terkandung dalam komposit pada (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil Analisa sem-edx dengan perbesaran 10.000 x

Komponen TiO_2 menyebar secara merata pada permukaan arang aktif, hal tersebut disebabkan oleh energi ultrasonic yang diberikan ke media cair akan memecah TiO_2 menjadi ukuran nano dan menyebar ke permukaan arang aktif, ultrasonikasi menghasilkan dispersi partikel yang homogen sehingga mencegah terjadinya aglomerasi TiO_2 (Putri 2023). Menurut (Arsita and Astuti 2016) TiO_2 yang menyebar secara merata pada permukaan arang aktif akan menyebabkan luas permukaan komposit akan semakin besar. Dari hasil Analisa diketahui arang aktif yang dihasilkan terdiri dari carbon (C) 68,42% massa, oksigen (O) 11,81% massa, aluminium (Al) 0,24% massa, silika (Si) 1,17 % massa, chlor (Cl) 0,57 % massa, kalsium (Ca) 0,15% massa, titanium (Ti) 16,12% massa, tembaga (Cu) 0,87% massa dan seng (Zn) 0,63% massa. Unsur dominan yang terdapat pada komposit merupakan unsur Arang (C) dan oksigen (O) yang merupakan unsur penyusun Arang aktif. Unsur Ti merupakan unsur yang tinggi dibandingkan dengan unsur yang lain, hal tersebut dikarenakan penambahan TiO_2 pada Arang sebesar 0,5 gram. Menurut (Setiawan et al. 2023) kandungan Ti yang tinggi pada suatu komposit dipengaruhi oleh penambahan Ti yang besar pada komposit. Presentasi atom C dengan atom Ti yang seimbang dapat mempengaruhi distribusi Ti pada permukaan arang. Semakin homogen penyebaran Ti, semakin kecil kemungkinan terjadinya aglomerasi partikel Ti (Arsita and Astuti 2016).

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan HCl dengan konsentrasi 1M dan rasio penambahan TiO_2 sebesar 5% terhadap arang aktif 95% menghasilkan arang aktif berkualitas tinggi dengan kadar air 4,0799%, kadar abu 4,2776%, luas permukaan 4257 m^2/g , dan kemurnian arang aktif mencapai 68,42%. Nilai-nilai ini telah memenuhi standar baku mutu SNI 06-3730-1995, menunjukkan efektivitas metode aktivasi yang digunakan dalam meningkatkan kualitas arang aktif.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, Shehzad, Muhammad Suleman Tahir, Ghulam Mustafa Kamal, Xu Zhang, Saima Nazir, Muhammad Bilal Tahir, Bin Jiang, and Muhammad Safdar. 2023. "TiO₂/Activated Carbon/2D Selenides Composite Photocatalysts for Industrial Wastewater Treatment." *Water* 15(9):1788.
- Andarwati, Sophia. 2023. "Penggunaan Arang Aktif Ampas Kopi Untuk Menurunkan Bilangan Peroksida Dan Asam Lemak Bebas (ALB) Pada Minyak Goreng Bekas." *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia* 9(3):250–57.
- Arsita, Yuliani, and Astuti Astuti. 2016. "Sintesis Komposit TiO₂/Karbon Aktif Berbasis Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Dengan Menggunakan Metode Solid State Reaction." *Jurnal Fisika Unand* 5(3):268–72.
- Ashokkumar, Muthupandian. 2016. "Advantages , Disadvantages and Challenges." *Ultrasonic Synthesis of Functional Materials* 41–42.
- Basuki, Kris Tri. 2007. "Penurunan Konsentrasi Co Dan No Pada Emisi Gas Buang Dengan Menggunakan Media Penyisipan Tio₂ Lokal Pada Karbon Aktif." Pp. 45–64 in *Jurnal Forum Nuklir*. Vol. 1.
- Batu, Matius Stefanus, Emerensiana Naes, and Maria Magdalena Kolo. 2022. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Sabut Pinang Asal Pulau Timor Sebagai Biosorben Logam ca Dan Mg Dalam Air Tanah." *Jurnal Integrasi Proses* 11(1):21–25.
- Bergna, Davide. n.d. "Activated Carbon from Renewable Resources : Carbonization, Activation and Use."
- Cheeke, J. David N. .. 2002. "Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves." 462.
- Dirga, Ayusti, Abd Wahid Wahab, and Maming Jurusan Kimia. n.d. "Analisis Kadar Emisi Gas Karbon Monoksida (Co) Dari Kendaraan Bermotor Yang Melalui Penyerap Karbon Aktif Dari Kulit Buah Durian (*Durio Zibethinus*)."
- Fiqriawan, M. Ridho, and Muhammad Anas. 2023. "Efek Variasi Konsentrasi H₃PO₄ Terhadap Kualitas Karbon Aktif Cangkang Kemiri Berdasarkan Analisis Proksimat." *Einstein's: Research Journal of Applied Physics* 1(2):42–47.
- Khataee, Alireza, and G. Ali Mansoori. 2011. "Nanostructured Titanium Dioxide Materials: Properties, Preparation and Applications." 1–196. doi: 10.1142/8325.
- Laos, Landiana Etni. 2016. "Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif." *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)* 1(1):32–36.
- Maulina, Seri, Gewa Handika, and Apri Heri Iswanto. 2020. "Quality Comparison of Activated Carbon Produced from Oil Palm Fronds by Chemical Activation Using Sodium Carbonate versus Sodium Chloride." *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 48(4):503–12.
- Maulina, Seri, and M. Iriansyah. 2018. "Characteristics of Activated Carbon Resulted from Pyrolysis of the Oil Palm Fronds Powder." P. 012072 in *IOP conference series: materials science and engineering*. Vol. 309. IOP Publishing.
- Monika, Ika, Datin Fatia Umar, Arie Hardian, Rina Astriana, and Fahmi Sulistyohadi. 2021. "Pengaruh Penambahan Katalis TiO₂ Terhadap Sifat Kimia Permukaan Komposit Karbon Aktif Untuk Penyerapan Gas SO₂." *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara* 17(3):153–65.
- Nurauf, Andriansyah, and Okik Hendriyanto Cahyonugroho. 2023. "Penggunaan Material Komposit Berbahan Dasar Serat Batang Tembakau Dan Serat Batang Tumbuhan Kenaf Dalam Meredam Kebisingan." *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi* 2(2):349–58.
- Oko, Syarifuddin, Mustafa Mustafa, Andri Kurniawan, and Ega Sthefani Bara Palulun. 2021. "Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Aktivator Hcl Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Dari Ampas Kopi." *METANA* 17(1):15–21.
- Pambayun, Gilar S., Remigius Y. E. Yulianto, M. Rachimoellah, and Endah M. M. Putri. 2013. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator ZnCl₂ Dan Na₂CO₃ Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah." *Jurnal Teknik ITS* 2(1):F116–20.

- Pujiono, Fery Eko, Tri Ana Mulyati, and Miftakhul Nor Fizakia. 2020. "Activated Carbon of Coconut Shell Modified TiO₂ as a Batik Waste Treatment." *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* 11(2):1–10.
- Putri, Dwi Kurnia. 2023. "Pengaruh Waktu Sonikasi Terhadap Ukuran Partikel, Indeks Polidispersitas Dan Zeta Potensial Pada Fitosom Ekstrak Teh Hijau." *Indonesian Journal of Health Science* 3(2a):403–8.
- Rahayu, Theresia Evila Purwanti Sri, and Rosita Dwityaningsih. 2022. "Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Kadar Air Dan Abu Serta Kemampuan Adsorpsi Arang Tempurung Nipah Teraktivasi Asam Klorida." *Infotekmesin* 13(1):124–30.
- Rampe, Meytij Jeanne, and Vistarani Arini Tiwow. 2018. "Fabrication and Characterization of Activated Carbon from Charcoal Coconut Shell Minahasa, Indonesia." P. 012033 in *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1028. IOP Publishing.
- Schröder, Elisabeth, Klaus Thomauske, Christine Weber, Andreas Hornung, and Vander Tumiatti. 2007. "Experiments on the Generation of Activated Carbon from Biomass." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 79(1–2):106–11.
- Setiawan, Adhi, Chelvin Sugianto, Novi Eka Mayangsari, Muhamad Ari, and Indri Santiasih. 2023. "Sintesis Dan Karakterisasi Komposit TiO₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Degradasi Amonia Di Dalam Air Limbah." *Jurnal Teknologi* 15(1):87–96.
- Sirajuddin, Sirajuddin, Harjanto Harjanto, and Amin Dwi Agustin. 2020. "Pengaruh Temperatur Karbonisasi Terhadap Karakteristik Arang Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule)." Pp. 60–64 in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*. Vol. 5.
- Susmanto, Prahady, Yandriani Yandriani, Arin Putri Dila, and Dela Regina Pratiwi. 2020. "Pengolahan Zat Warna Direk Limbah Cair Industri Jumpitan Menggunakan Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa Pada Kolom Adsorpsi." *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)* 4(2):77–87.
- Teke, Sosiawati, Wa Ode Nanang Trisna Dewi, Wa Jali, and Yumnawati Yumnawati. 2021. "Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (Arenga Pinnata) Sebagai Media Filtrasi Desalinasi Air Payau." *Berkala Fisika* 24(1):10–21.
- Udyani, Kartika, Dian Yanuarita Purwaningsih, Rio Setiawan, and Khalida Yahya. 2019. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia Dan Fisika Dengan Microwave." *Jurnal IPTEK* 23(1):39–46.
- Wang, Bin, Bo Liu, Xing-Xiang Ji, and Ming-Guo Ma. 2018a. "Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Properties of Bamboo Charcoal/TiO₂ Composites Using Four Sizes Powder." *Materials* 11(5):670.
- Wang, Bin, Bo Liu, Xing-Xiang Ji, and Ming-Guo Ma. 2018b. "Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Properties of Bamboo Charcoal/TiO₂ Composites Using Four Sizes Powder." *Materials* 11(5):670.
- Xiong, Sijing, Yuxin Tang, Huiyun Sheena Ng, Xinxin Zhao, Zhelong Jiang, Zhong Chen, Kee Woei Ng, and Say Chye Joachim Loo. 2013. "Specific Surface Area of Titanium Dioxide (TiO₂) Particles Influences Cyto-and Photo-Toxicity." *Toxicology* 304:132–40.