

SINTESIS DAN KARAKTERISASI ARANG AKTIF DARI KULIT JENGKOL SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP KADAR BOD, COD, TSS PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CHARCOAL FROM JENGKOL PEEL AS AN ADSORBANT ON THE LEVELS OF BOD, COD, TSS IN TOFU INDUSTRIAL LIQUID WASTE

Hestina^{1*}, Erdiana Gultom², Salomo Sijabat³, Barita Aritonang⁴

^{1,2}Program Studi Kimia, Fakultas Sain, Teknologi & Informasi, Universitas Sari Mutiara Indonesia Medan, Medan 20124, Indonesia

³Program Studi Teknologi Elektro Medis, Fakultas Vokasi, Universitas Sari Mutiara Indonesia Medan, Medan 20124, Indonesia

⁴Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi dan Ilmu Kesehatan, Institut Kesehatan Medistra, Lubuk Pakam 20512, Indonesia

*Corresponding Author: hestiginting@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair tahu menggunakan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi dengan H₃PO₄ konsentrasi 7%. Pembuatan arang aktif dari kulit jengkol telah berhasil dibuat dan sudah memenuhi persyaratan yang ditetapkan SNI 06-3730-1995, diperoleh kadar air sebesar 3,03 %, kadar abu sebesar 2,87 % dan daya serap iodine sebesar 543 mg/L. Analisis spektrum FT-IR arang aktif kulit jengkol memiliki gugus O-H hidroksil, C=O karbonil dan C-O eter. Analisis morfologi permukaan arang aktif memiliki pori-pori dan luas area permukaan yang besar. Limbah cair industri tahu sebelum diadsorpsi dengan arang aktif memiliki kadar yang melebihi nilai ambang batas yaitu, BOD 768 mg/L, COD 745 mg/L dan TSS 752 mg/L. Setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan arang aktif sebagai adsorben kadar BOD, COD dan TSS menjadi turun. Penambahan arang aktif yang tidak diaktivasi dengan H₃PO₄, kedalam limbah cair tahu diperoleh kadar BOD 100 mg/L, setelah diaktivasi turun menjadi 50 mg/L, kadar COD 200 mg/L, setelah diaktivasi turun menjadi 100 mg/L, kadar TSS 100 mg/L, setelah diaktivasi turun menjadi 65 mg/L. Kesimpulan hasil penelitian kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair industri tahu pasca penambahan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi memenuhi peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Nilai ambang batas yang diizinkan untuk kadar BOD 150 mg/L, COD 300 mg/L, dan TSS 200 mg/L.

Kata kunci : adsorpsi; arang aktif; limbah cair tahu, kulit jengkol

ABSTRACT

The research aims to reduce the level of BOD, COD, and TSS in thofu liquid waste with activated charcoal before and after activated by H₃PO₄ 7%. Activated charcoal from jengkol peel is qualify with SNI 06-3730-1995, water content 0.03%, ash content 2,87%, iodine absorption 543 mg/L. Spectrum analysis FT-IR of Activated charcoal from jengkol peel has O-H hidroksil, C=O karbonil, and C-O eter. Morphological analysis surface of Activated charcoal has large pores and large area surface. Before

being adsorbed with activated charcoal have levels that exceed the threshold, such as: BOD 768mg/l, COD 745 mg/L dan TSS 752 mg/L. After being adsorbed with activated charcoal level of BOD, COD and TSS be decreased. Addition of inactive charcoal with H₃PO₄ in to the thofu waste obtained BOD 100mg/L, but if use activated charcoal decreased to be 50mg/L, COD 200mg/L decreased to be 100 mg/L, TSS 100 mg/L decreased to be 65mg/L. The conclusion of the research that level of BOD, COD and TSS of thofu waste after addition Activated charcoal before and after activated complies with regulations number 5 year of 2014. The safe value of BOD 150mg/L, COD 300mg/L and TSS 200mg/L.

Keywords: *adsorption; activated charcoal; thofu waste; jengkol skin*

1. PENDAHULUAN

Tahu merupakan salah satu jenis makanan tradisional yang sangat digemari oleh sebagian besar masyarakat dikarenakan nilai gizinya sangat tinggi, rasanya gurih dan enak, dimana dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah cair. Limbah cair tahu banyak mengandung zat pencemar berupa senyawa organik dan padatan tersuspensi seperti, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solid (TSS)(Rohman dkk,2018)(Pangestu dkk,2021).

Selama ini, sebagian besar industri tahu tidak memiliki unit pengolahan limbah, sehingga sering kali pelaku industri membuang limbahnya langsung ke selokan dan sungai, akibatnya kadar oksigen pada air semakin berkurang dan menyebabkan air menjadi kotor, keruh dan bau serta dapat menimbulkan berbagai macam penyakit yang merusak kesehatan tubuh. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rosmala dkk,(2019) dan Komala dkk,(2021) melaporkan bahwa limbah cair tahu yang dibuang ke selokan maupun ke sungai mengandung kadar BOD, TSS dan COD melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Kadar BOD, TSS dan COD pada limbah cair tahu berturut-turut adalah 5.000, 6.000 dan 7.000 mg/L. Adapun nilai ambang batas kadar BOD, TSS dan COD yang diperbolehkan adalah 100, 200 dan 300 mg/L.

Upaya yang harus dilakukan untuk mengatasi masalah limbah cair tahu yang memiliki kadar BOD, TSS dan COD melebihi nilai ambang batas adalah mengolah kembali limbah cair tahu melalui proses adsorpsi menggunakan arang aktif sebagai adsorben. Arang aktif merupakan suatu bahan berupa karbon amorf dihasilkan melalui proses karbonisasi dan proses aktivasi secara kimia yang memiliki daya adsorpsi yang besar. Arang aktif banyak digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi limbah cair tahu karena memiliki luas permukaan, porositas dan daya adsorpsi yang besar. Arang aktif dapat dibuat dari limbah hasil pertanian dan perkebunan yang mengandung karbon dengan syarat bahan tersebut strukturnya berpori(Pradana dkk,2018)(Mantong dkk,2019)(Lapailaka et al. 2019).

Kulit jengkol merupakan salah satu limbah hasil pertanian selama ini dibuang begitu saja dan tidak dikelola dengan baik akibatnya menjadi timbunan sampah organik yang sukar terurai sehingga dapat menyebabkan terjadinya banjir, menimbulkan bau aroma yang tidak sedap, mengganggu estetika lingkungan, menimbulkan berbagai macam penyakit seperti, gangguan pernafasan, diare, kulit dan lain sebagainya. Untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat timbunan sampah kulit jengkol maka diambil suatu solusi dengan cara memanfaatkan limbah kulit jengkol sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Kulit jengkol digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif, karena mengandung selulosa sebesar 44% dan memiliki gugus hidroksil, karboksil dan eter yang dapat mengikat polutan limbah cair tahu(Lempang 2014)(Pandia dkk,2016)(Asra et al. n.d.)(LOGAM n.d.).

Penelitian pendahuluan pembuatan arang aktif sebagai adsorben untuk pengolahan limbah cair industri tahu telah dilakukan oleh Mantong dkk,(2019); pembuatan arang aktif dari limbah tongkol jagung; Komala dkk,(2021) pembuatan arang aktif dari limbah kulit kacang tanah Budiman dkk,(2015) pembuatan arang aktif dari limbah sekam padi melaporkan bahwa arang aktif yang dibuat dapat menurunkan kadar BOD, COD dan TSS.

Untuk meningkatkan daya adsorpsi arang aktif agar memiliki luas permukaan yang besar maka dilakukan proses aktivasi secara kimia menggunakan zat pengaktifator. Tujuan dilakukan proses aktivasi adalah untuk memperbesar porositas arang dengan cara memecah ikatan hidrokarbon dan mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat fisika maupun kimia dan memiliki daya adsorpsi yang besar (Maulana dkk, 2017) (Aryani 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar BOD, TSS dan COD pada limbah cair industri tahu menggunakan arang aktif dari kombinasi limbah kulit jengkol dan durian berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, dimana nilai ambang batas yang diperbolehkan untuk kandungan BOD, TSS dan COD berturut turut adalah 100, 200 dan 300 mg/L.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen skala laboratorium. Sintesis arang aktif dari limbah kulit jengkol yang digunakan sebagai adsorben pada limbah cair industri tahu.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli hingga Oktober 2022 di laboratorium Universitas Sari Mutiara Indonesia Medan

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, kulit jengkol, limbah cair tahu, H_3PO_4 variasi 3,5,7 %, $HgSO_4$, H_2SO_4 , I_2 (Iodium), $Na_2S_2O_3$, $K_2Cr_2O_7$, $MnSO_4$, Ferro Ammonium Sulfat, Ferroin, akuadest, kertas saring, FT-IR Shimadzu, SEM Shimadzu, furnace, oven, pH meter, cawan porselin, blender, ayakan 200 mesh, desikator, neraca analitik, magnetic stirrer, corong, gelas beker, erlenmeyer, buret, klem dan statif.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Preparasi sampel

Sampel kulit jengkol terlebih dahulu dibersihkan dari pengotor, setelah itu dicuci dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 24 jam, lalu dipotong-potong ukuran kecil setelah itu dimasukkan kedalam oven dipanaskan pada temperatur 105 °C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air.

2.4.2 Pembuatan arang aktif

Sebanyak 1000 g kulit jengkol yang sudah dipotong-potong kecil, dimasukkan ke dalam furnace pada temperatur 600-800 °C selama 2 jam. Arang yang terbentuk diblender sampai halus lalu diayak hingga lolos 100 mesh dan dikarakterisasi berdasarkan SNI 06-3730-1995 (kadar air, abu, daya serap terhadap iodium).

2.4.3 Proses aktivasi arang aktif

Sebanyak 100 g arang kulit jengkol dimasukkan kedalam beker gelas 250 ml lalu dilarutkan dengan H_3PO_4 konsentrasi 3, 5 dan 7 %, kemudian diaduk menggunakan magnetik stirrer selama 24 jam, setelah itu arang dicuci berulang kali dengan akuades sampai pH menjadi netral, agar asam pospat yang ada pada arang hilang semua. Arang aktif yang sudah bebas asam pospat dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105 °C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air, lalu dimasukkan dalam desikator dan ditimbang berat konstan. Arang aktif yang diperoleh di uji standard mutunya mengacu pada SNI 06-37301995(kadar air, abu, daya serap terhadap iodium) dan FT-IR, SEM.

2.4.4 Proses adsorpsi limbah cair tahu dengan dan tanpa menggunakan arang aktif

Proses pengolahan limbah cair industri tahu dilakukan dengan dan tanpa menggunakan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi, dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan kadar BOD, COD dan TSS.

2.4.5 Penentuan kadar COD tanpa menggunakan arang aktif

Sebanyak 10 mL limbah cair tahu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, lalu ditambahkan serbuk HgSO_4 sebanyak 0,2 gram dan 5 mL larutan kalium dikromat 0,25N kemudian 15 mL pereaksi asam sulfat-perak sulfat ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HgSO}_4$) secara perlahan-lahan, setelah itu dipanaskan selama 2 jam pada suhu 150 °C, lalu dinginkan dan ditambahkan indikator ferroin 2-3 tetes, selanjutnya dititrasi dengan larutan FAS (Ferro Ammonium Sulfat) 0,1 N sampai warna merah kecoklatan (SNI 06-6989.15-2004).

2.4.6 Penentuan kadar BOD tanpa menggunakan arang aktif

Sebanyak 250 mL limbah cair tahu dimasukkan ke dalam botol Winkler, lalu ditutup rapat agar tidak ada gelembung udara di dalam botol, kemudian ditambahkan larutan MnSO_4 dan alkali iodide-azide masing-masing 1 mL, lalu dikocok selama 10 menit, kemudian larutan dibiarkan sampai terbentuk endapan coklat kekuningan setelah itu ditambahkan 1 mL H_2SO_4 pekat kemudian diaduk sampai endapan larut sempurna. Sampel dipipet sebanyak 50 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL lalu dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai terjadi perubahan warna menjadi kuning muda dan ditambahkan indikator amilum sebanyak 2-3 tetes sampai warna menjadi biru dan dititrasi kembali sampai warna biru tepat hilang (BSN, 2004).

2.4.7 Penentuan kadar TSS tanpa menggunakan arang aktif.

Kertas saring dimasukkan ke dalam oven dipanaskan pada temperatur 105 °C selama 60 menit, setelah itu dinginkan dalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang sampai beratnya konstan. Apabila beratnya belum konstan maka diulang lagi pemanasan dengan cara yang sama seperti prosedur diatas. Sebanyak 50 ml sampel limbah cair tahu yang sudah dikocok merata di dalam gelas piala, dipindahkan ke dalam cawan penguapan dengan hati-hati menggunakan pipet volum, yang sudah ada filter kertas di dalamnya setelah itu disaring. Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati-hati lalu ditempatkan di atas jaring-jaring yang terletak pada cawan kemudian dimasukkan ke dalam oven untuk dipanaskan pada temperatur 105°C, selama 60 menit, selanjutnya dinginkan dalam desikator dan timbang sampai diperoleh berat konstan (BSN, 2004).

2.4.8 Penentuan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair tahu dengan menggunakan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi.

Sebanyak 100 ml limbah cair tahu dimasukkan ke dalam gelas beker 250 ml, lalu ditambahkan ke dalamnya arang aktif sebanyak 10 g yang sudah diaktivasi dengan larutan H_3PO_4 konsentrasi 7 %, diaduk menggunakan magnetic stirrer sampai homogen dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam, dibiarkan selama 30 menit hingga mengendap lalu disaring untuk memisahkan residu dan filtratnya, selanjutnya dilakukan analisa kadar BOD, COD dan TSS menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Arang Aktif

Arang yang dibuat dari limbah kulit jengkol sebelum dan sesudah diaktivasi dengan H_3PO_4 variasi konsentrasi 3, 5 dan 7 % dikarakterisasi berdasarkan SNI No.06-3730-1995 (meliputi kadar air, abu, daya serap iodin), FT-IR dan SEM. Untuk mengetahui karakteristik arang kulit jengkol sebelum dan sesudah diaktivasi dengan pelarut H_3PO_4 variasi konsentrasi 3, 5 dan 7 %, dapat dilihat pada Tabel 1-2.

Tabel 1. Karakterisasi Arang Kulit Jengkol Sebelum Diaktivasi

Parameter Uji	Sampel Arang Kulit Jengkol Sebelum Diaktivasi	Syarat mutu arang aktif SNI 06-3730-1995
Kadar Air (%)	22 %	Maksimal 15 %
Kadar Abu (%)	18 %	Maksimal 10 %
Daya serap iodin (mg/g)	770 %	Minimal 750 mg/g

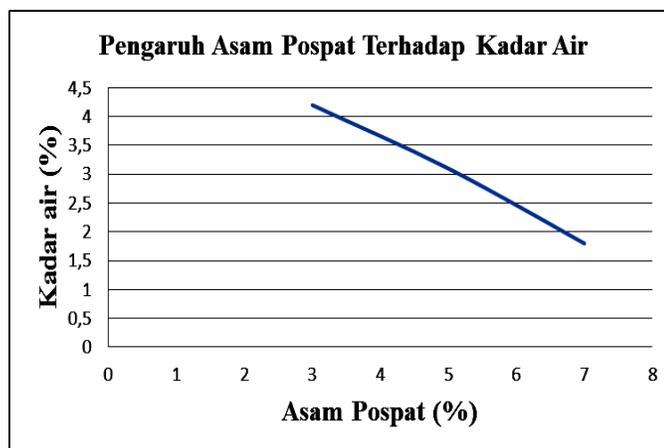
Tabel 2. Karakterisasi Arang Kulit Jengkol Sesudah Diaktivasi

Sampel Arang Kulit Jengkol Sesudah Diaktivasi	Parameter Uji		
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Daya serap iodin (mg/g)
Asam Pospat 3 %	4,2	4,7	658
Asam Pospat 5 %	3,1	2,5	526
Asam Pospat 7 %	1,8	1,4	445
Rata-rata	3,03	2,87	543

3.2 Analisa Kadar Air

Proses aktivasi dilakukan bertujuan untuk membuka dan memperbesar ukuran pori-pori arang sehingga daya adsorpsinya semakin meningkat, serta untuk menghilangkan hidrokarbon dan air yang terjebak dalam pori-pori arang. Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif kulit jengkol. Sifat higroskopis dapat menyebabkan arang aktif pada kondisi dan kelembaban tertentu akan mencapai suatu keseimbangan kadar air. Kadar air berpengaruh besar dalam proses pengarangan terutama pengaruhnya terhadap nilai kalor arang yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar air maka semakin rendah nilai kalornya, semakin rendah nilai kalor maka proses pembakaran semakin sulit terjadi (Meilianti 2022).

Untuk mengetahui pengaruh asam pospat terhadap kadar air, abu dan daya serap iodin dapat dilihat pada Gambar 1-3.



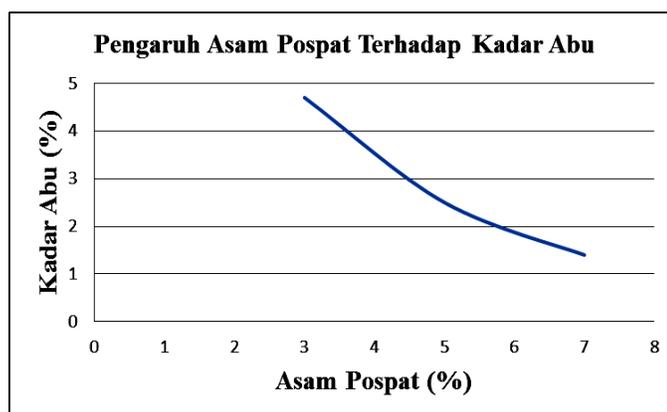
Gambar 1. Kadar air arang aktif setelah diaktivasi

Gambar 1 merupakan arang aktif kulit jengkol yang sudah diaktivasi dengan H_3PO_4 variasi konsentrasi 3, 5 dan 7 %. Gambar 1 menunjukkan bahwa kadar air semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi H_3PO_4 . Konsentrasi H_3PO_4 3% diperoleh kadar air sebesar 4,2 %, pada

konsentrasi H_3PO_4 5% turun menjadi 3,1 %, kemudian pada konsentrasi H_3PO_4 7 % semakin turun menjadi 1,8 %. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Masyithah dkk (2018) melaporkan bahwa kadar air semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam pospat. Kadar air yang diperoleh sudah memenuhi syarat SNI 06-3730-1995, maksimum adalah 15%.

3.3 Analisa Kadar Abu

Kadar abu merupakan banyaknya kandungan oksida logam yang terdiri dari mineral-mineral seperti K, Na, Mg yang tidak dapat menguap pada saat proses pengabuan. Semakin banyak oksida pada arang aktif maka semakin meningkat kadar abunya. Kadar abu yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori arang aktif, sehingga luas permukaannya menjadi kecil.

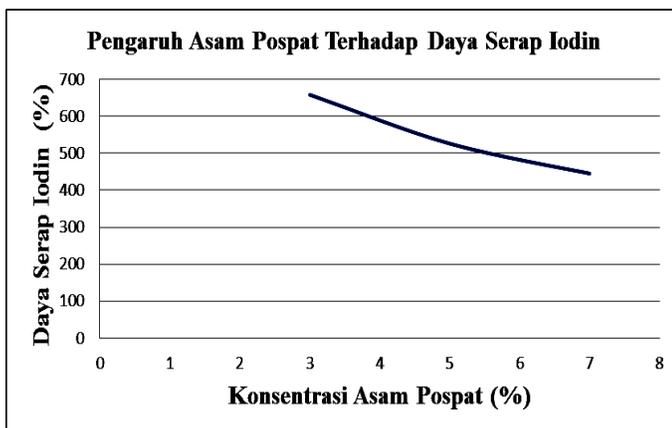


Gambar 2. Kadar abu arang aktif setelah diaktivasi

Gambar 2 menunjukkan kadar abu semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi H_3PO_4 . Kadar abu yang maksimum diperoleh pada konsentrasi H_3PO_4 3 % sebesar 4,7 %. Konsentrasi H_3PO_4 5 %, diperoleh kadar abu sebesar 2,5 %. Kadar abu semakin turun seiring dengan bertambahnya konsentrasi H_3PO_4 . Kadar abu yang minimum diperoleh pada konsentrasi H_3PO_4 7 %, sebesar 1,4 %. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Efiyanti dkk (2020) melaporkan bahwa kadar abu menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam pospat. Penurunan kadar abu dapat terjadi dikarenakan zat pengaktivator H_3PO_4 bercampur dengan air menghasilkan campuran yang homogen sehingga dapat melarutkan zat-zat residu tersebut. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh persen kadar abu yang sudah memenuhi SNI 06-3730-1995, dimana batas maksimum kadar abu pada arang aktif sebesar 10 % (Wahyuni 2019).

3.4 Analisa Uji Daya Serap Iodium

Daya adsorpsi arang aktif terhadap iodium memiliki hubungan dengan luas area permukaan arang aktif. Luas area permukaan pori arang aktif merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas arang aktif yang berfungsi sebagai adsorben.

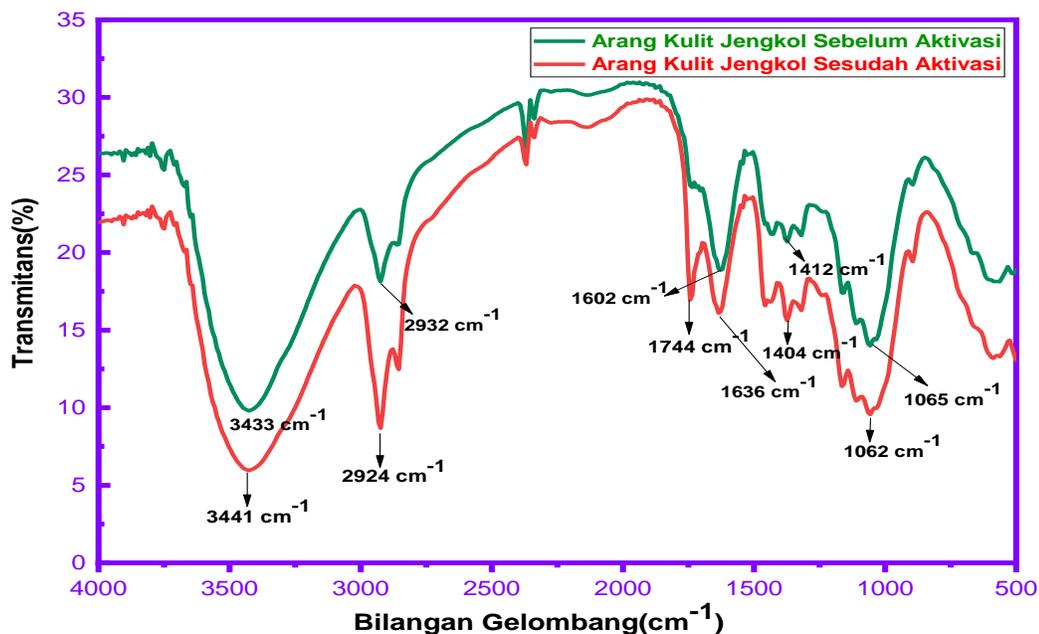


Gambar 3. Daya serap iodin arang aktif setelah diaktivasi

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai daya serap iodium semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam pospat setelah dilakukan proses aktivasi. Pada konsentrasi asam pospat 3%, diperoleh nilai daya serap iodium sebesar 658 mg/g, kemudian pada konsentrasi asam pospat 5 % diperoleh nilai daya serap iodium sebesar 526 mg/g, selanjutnya pada konsentrasi asam pospat 7 % diperoleh nilai daya serap iodin sebesar 445 mg/g. Daya serap iodium semakin meningkat hal ini dikarenakan luas area permukaan pori arang aktif semakin besar sehingga setelah diaktivasi dengan asam pospat. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka iod yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iodium. Semakin besar bilangan iodiumnya maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Semakin tinggi daya serap iodium maka semakin baik kualitas arang aktif. Salah satu metode yang digunakan dalam analisis daya adsorpsi arang aktif terhadap larutan iodium adalah dengan metode titrasi iodometri. Penambahan larutan iodium 0,1 N berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserap oleh arang aktif sebagai adsorbennya. Pengukuran konsentrasi iodium sisa dapat dilakukan dengan menitrasi larutan iodium dengan natrium triosulfat 0,1 N dan indikator amilum (Putri dkk, 2019) (Husin dkk, 2020).

3.5 Analisis *Fourier Transform Infrared* (FT-IR)

Analisis spektrum FT-IR dilakukan untuk melihat perbedaan gugus fungsi arang kulit jengkol sebelum dan sesudah diaktivasi dengan menggunakan pelarut H_3PO_4 konsentrasi 7 %. Perbedaan kedua spektrum tersebut dapat dilihat dari perubahan bentuk spektra, pergeseran bilangan gelombang dan perubahan intensitas serta munculnya puncak baru (Irnameria 2020). Untuk mengetahui spektrum FT-IR arang aktif kulit jengkol sebelum dan sesudah diaktivasi dengan H_3PO_4 dapat dilihat pada Gambar 4.

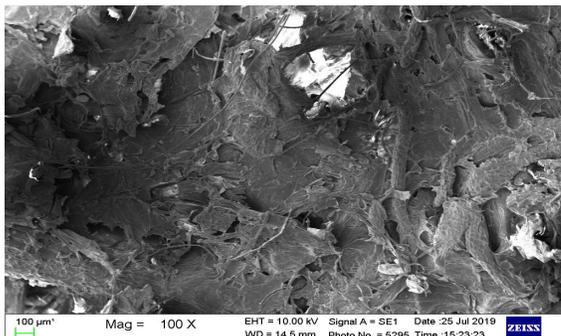


Gambar 4. Spektrum FT-IR Arang Aktif Kulit Jengkol Dengan Dan Sebelum aktivasi

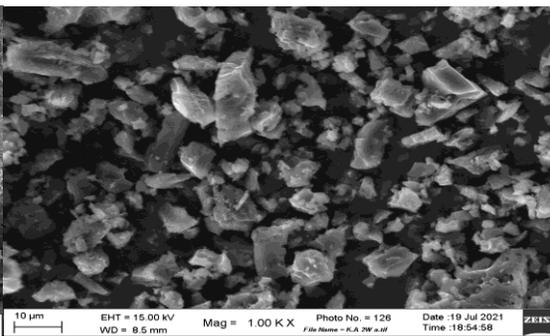
Spektrum FT-IR arang kulit jengkol sebelum diaktivasi dengan H_3PO_4 menunjukkan adanya puncak serapan yang lebar dan tajam dengan intensitas kuat teramati pada bilangan gelombang 3433 cm^{-1} mengidentifikasi adanya gugus O-H hidrosil, setelah arang kulit jengkol diaktivasi dengan H_3PO_4 diperoleh puncak serapan yang semakin lebar dan tajam dengan intensitas kuat teramati pada bilangan gelombang 3441 cm^{-1} mengidentifikasikan adanya gugus O-H hidrosil. Spektrum FT-IR arang kulit jengkol sebelum diaktivasi menunjukkan adanya puncak serapan yang tajam dengan intensitas lemah pada bilangan gelombang 2932 cm^{-1} mengidentifikasi adanya vibrasi gugus C-H aromatis, setelah diaktivasi terjadi pergeseran bilangan gelombang dan perubahan intensitas pada daerah 2924 cm^{-1} (Eso 2021).

Analisis spektrum FT-IR arang kulit jengkol sebelum diaktivasi diperoleh puncak serapan yang tajam dengan intensitas kuat pada bilangan gelombang 1602 cm^{-1} mengidentifikasi adanya gugus C=C, sesudah diaktivasi muncul puncak serapan baru yang lebar dan tajam dengan intensitas kuat pada bilangan gelombang 1744 cm^{-1} dan 1636 cm^{-1} mengidentifikasi adanya gugus karbonil C=O dan C=C. Gugus karbonil C=O merupakan ciri khas pada arang aktif kulit jengkol, sedangkan gugus C=C menunjukkan adanya peningkatan kadar karbon. Spektrum arang kulit jengkol sebelum diaktivasi diperoleh puncak serapan dengan intensitas rendah pada bilangan gelombang 1412 cm^{-1} , setelah diaktivasi bergeser pada daerah 1404 cm^{-1} mengidentifikasi adanya gugus alkena CH_2 . Analisa spektra FT-IR arang kulit jengkol sebelum diaktivasi diperoleh puncak serapan yang lemah dengan intensitas rendah teramati pada bilangan gelombang 1065 cm^{-1} , setelah diaktivasi terjadi pergeseran bilangan gelombang dan perubahan intensitas, pada daerah 1062 cm^{-1} mengidentifikasi adanya gugus C-O. Ciri khas arang aktif dari kulit jengkol adalah memiliki gugus hidrosil O-H, gugus karbonil C=O, dan gugus eter C-O. Adanya ikatan O-H dan C-O menunjukkan bahwa arang aktif kulit jengkol bersifat polar sehingga dapat digunakan sebagai adsorben untuk memurnikan limbah cair tahu (Mentari dkk, 2018) (Riyanto dkk, 2021).

3.6 Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)



Gambar 5. SEM Arang Kulit Jengkol Sebelum aktivasi



Gambar 6. SEM Arang Kulit Jengkol Sesudah Aktivasi

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan salah satu tipe mikroskop elektron yang mampu melihat topografi permukaan dan ukuran suatu sampel. Analisis morfologi dilakukan pada sampel arang kulit jengkol dengan dan sebelum aktivasi menggunakan pelarut H_3PO_4 konsentrasi 7 %. Untuk mengetahui permukaan morfologi arang kulit jengkol dengan dan sebelum aktivasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

Gambar 5 dan 6 merupakan morfologi permukaan arang kulit jengkol sebelum dan sesudah aktivasi menggunakan pelarut H_3PO_4 . Pada Gambar 5 dan 6 dapat dilihat perbedaan bentuk morfologi permukaan, jumlah dan ukuran pori arang kulit jengkol sebelum dan sesudah diaktivasi. Gambar 5 merupakan morfologi permukaan arang kulit jengkol sebelum diaktivasi, memiliki morfologi permukaan pori-pori yang kecil dan kasar dan tidak teratur, terlihat adanya partikel-partikel kasar yang menggumpal dan berlubang-lubang menunjukkan ukuran pori-pori sangat kecil. Gambar 5 menunjukkan ukuran pori yang dihasilkan arang kulit jengkol sangat kecil, hal ini dikarenakan energi panas yang dibutuhkan pada saat proses karbonasi sangat rendah, artinya semakin kecil kalor atau panas yang dikeluarkan maka semakin lambat partikel bergerak sehingga mengakibatkan terjadinya tumbukan satu sama lain, dan akibat dari tumbukan ini partikel terpecah menjadi lebih kecil sehingga menghasilkan pori yang lebih kecil (Farikhin dkk, 2016) (Verayana dkk, 2018).

Adapun tujuan analisa morfologi permukaan dengan SEM adalah untuk mengetahui besarnya pori yang terbentuk setelah dilakukan proses aktivasi, karena sebelum dilakukan proses aktivasi rongga pada permukaan arang masih tertutup. Gambar 6 menunjukkan morfologi permukaan arang aktif lebih homogen, strukturnya merata dan pori-pori arang aktif terbuka, ini menunjukkan bahwa fungsi perendaman arang dengan H_3PO_4 memberikan efek yang baik, karena fungsi perendaman dengan H_3PO_4 bertujuan untuk membuka pori-pori arang. Konsentrasi zat aktivator H_3PO_4 sangat berpengaruh terhadap ukuran dan struktur pori arang. Larutan H_3PO_4 sebagai aktivator yang juga merupakan basa kuat mampu mengangkat senyawa hidrokarbon atau zat pengotor yang dapat menyebabkan terjadinya pembentukan pori pada permukaan arang. Selain komposisi dan polaritas, struktur ini penting diperhatikan karena struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Semakin besar pori-pori arang aktif, maka semakin besar luas permukaan area dan semakin meningkat daya adsorpsi arang aktif (Aritonang 2018) (Agustina dkk, 2018) (Eso 2021).

3.7 Hasil Analisa Kadar BOD, TSS, dan COD Limbah Cair Industri Tahu Dengan dan Tanpa Menggunakan Arang Aktif Sebelum dan Sesudah Diaktivasi

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penurunan kadar BOD, TSS, dan COD pada limbah cair tahu dengan dan tanpa menggunakan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi menggunakan H_3PO_4 konsentrasi 7 %. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan adapun kadar BOD, TSS dan COD

pada limbah cair tahu dengan dan tanpa menggunakan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi dapat dilihat pada Tabel 3-5.

Tabel 3. Kadar BOD, TSS, COD Limbah Cair Tahu Tanpa Menggunakan Arang Aktif

Parameter Uji	Sampel Limbah Cair Tahu	Nilai ambang batas Menteri Lingkungan Hidup R.I Nomor 5 Tahun 2014
BOD (mg/L)	768 mg/L	150 mg/L
COD (mg/L)	745 mg/L	300 mg/L
TSS (mg/L)	752 mg/L	200 mg/L

Tabel 4. Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Limbah Cair Tahu Pasca Penambahan Arang Aktif Sebelum dan Sesudah Diaktivasi

Parameter Uji	Limbah Cair Tahu Pasca Penambahan Arang Aktif Sebelum Diaktivasi	Limbah Cair Tahu Pasca Penambahan Arang Aktif Sesudah Diaktivasi	Nilai ambang batas Menteri Lingkungan Hidup R.I Nomor 5 Tahun 2014
BOD (mg/L)	100 mg/L	50 mg/L	150 mg/L
COD (mg/L)	200 mg/L	100 mg/L	300 mg/L
TSS (mg/L)	100 mg/L	65 mg/L	200 mg/L

Tabel 3 menunjukkan bahwa sampel limbah cair industri tahu sebelum diadsorpsi menggunakan arang aktif kulit jengkol memiliki kadar BOD sebesar 768 mg/L, COD 745 mg/L dan TSS 752 mg/L, kadar limbah tersebut sangat tinggi melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Nilai ambang batas kadar BOD, COD dan TSS yang diizinkan oleh peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 untuk kadar BOD 150 mg/L, COD 300 mg/L, dan TSS 200 mg/L. Tabel 4, menunjukkan adanya persen penurunan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair tahu pasca penambahan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi dengan H_3PO_4 . Pada Tabel 4, pasca penambahan arang aktif sebelum diaktivasi dengan H_3PO_4 kedalam limbah cair tahu diperoleh kadar BOD sebesar 100 mg/L, setelah diaktivasi kadar BOD turun menjadi 50 mg/L. Pasca penambahan arang aktif sebelum diaktivasi kedalam limbah cair tahu diperoleh kadar COD sebesar 200 mg/L, setelah diaktivasi turun menjadi 100 mg/L. Pasca penambahan arang aktif sebelum diaktivasi kedalam limbah cair tahu diperoleh kadar TSS sebesar 100 mg/L, setelah diaktivasi turun menjadi 65 mg/L. Semua kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair industri tahu pasca penambahan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi sudah memenuhi peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Nilai ambang batas yang diizinkan untuk kadar BOD 150 mg/L, COD 300 mg/L, dan TSS 200 mg/L.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil suatu kesimpulan, pembuatan arang aktif dari limbah kulit jengkol sebelum dan sesudah diaktivasi sudah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI 06-3730-1995, diperoleh kadar air sebesar 3,03 %, kadar abu sebesar 2,87 % dan daya serap iodin sebesar 543 mg/L. Berdasarkan analisis spektrum FT-IR arang aktif kulit jengkol yang sudah diaktivasi dengan H_3PO_4 , memiliki gugus O-H hidroksil, gugus C=O karbonil, gugus C-O eter.

Analisis morfologi permukaan arang aktif kulit jengkol yang sudah diaktivasi memiliki pori-pori dan luas area permukaan yang besar serta daya adsorpsi yang cepat. Analisis kandungan limbah cair industri tahu tanpa menggunakan arang aktif memiliki kadar BOD sebesar 768 mg/L, COD 745 mg/L dan TSS 752 mg/L, dimana kadar yang dihasilkan melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, Tentang Baku Mutu Air Limbah. Pasca penambahan arang aktif kulit jengkol sebelum diaktivasi kedalam limbah cair tahu diperoleh kadar BOD sebesar 100 mg/L, setelah diaktivasi kadar BOD turun menjadi 50 mg/L. Pasca penambahan arang aktif sebelum diaktivasi kedalam limbah cair tahu diperoleh kadar COD sebesar 200 mg/L, setelah diaktivasi turun menjadi 100 mg/L. Pasca penambahan arang aktif sebelum diaktivasi kedalam limbah cair tahu diperoleh kadar TSS sebesar 100 mg/L, setelah diaktivasi turun menjadi 65 mg/L. Semua kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair industri tahu pasca penambahan arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi sudah memenuhi peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Nilai ambang batas yang diizinkan untuk kadar BOD 150 mg/L, COD 300 mg/L, dan TSS 200 mg/L.

4.2 Saran

Disarankan kepada para peneliti berikutnya untuk melakukan sintesis arang aktif dari berbagai limbah bahan alam untuk dapat dimanfaatkan dan bernilai ekonomis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Siti, and Anna Fitriana. 2018. "Proses Peningkatan Luas Permukaan Karbon Aktif Tongkol Jagung." In *Seminar Rekayasa Teknologi Semrestek, e-ISSN*, , 440–46.
- Aritonang, Barita. 2018. "Daya Adsorpsi Karbon Aktif Dari Cangkang Kemiri Terhadap Kadar Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas." *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan* 2: 21–30.
- Aryani, Farida. 2019. "Aplikasi Metode Aktivasi Fisika Dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera L)." *Indonesian Journal of Laboratory* 1(2): 16–20.
- Asra, Yurike et al. "EFEK WAKTU RENDAM AKTIVASI KIMIA BERBANTUAN GELOMBANG MIKRO TERHADAP SIFAT FISIKA KARBON AKTIF DARI KULIT BUAH JENGKOL (PITHECELOBIUM JIRINGA)." *Komunikasi Fisika Indonesia* 14(2): 1109–14.
- Budiman, Budiman, and Amirsan Amirsan. 2015. "Efektifitas Abu Sekam Padi Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar BOD Dan COD Pada Limbah Cair Industri Tahu Super Afifah Kota Palu." *Healthy Tadulako Journal (Jurnal Kesehatan Tadulako)* 1(2): 23–32.
- Efiyanti, Lisna, Suci Aprianty Wati, and Mamay Maslahat. 2020. "Pembuatan Dan Analisis Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Proses Kimia Dan Fisika." *Jurnal Ilmu Kehutanan* 14(1): 94–108.
- Eso, Rosliana. 2021. "Efek Variasi Konsentrasi Zat Aktivator H₃PO₄ Terhadap Morfologi Permukaan Dan Gugus Fungsi Karbon Aktif Cangkang Kemiri." *Gravitasi* 20(1): 19–23.
- Farikhin, Fahrizal, S T Joko Sedyono, and M Eng. 2016. "Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif Dan Karbon Non Aktif."
- Husin, Amir, and Asmiah Hasibuan. 2020. "Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat (H₃PO₄) Dan Waktu Perendaman Karbon Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Dari Kulit Durian." *Jurnal Teknik Kimia USU* 9(2): 80–86.
- Irnameria, Dira. 2020. "Karakteristik Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Durian Pada Suhu Karbonisasi 300° Menggunakan Zat Aktivator Natrium Hidroksida Dan Asam Sulfat." *Journal Of Nursing and Public Health* 8(1): 23–28.
- Komala, Ria, Dian Sari Dewi, and Nur Pandiyah. 2021. "PROSES ADSORPSI KARBON AKTIF KULIT

- KACANG TANAH TERHADAP PENURUNAN KADAR COD DAN BOD LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU.” *Jurnal Redoks* 6(2): 139–48.
- Lapailaka, Titus, Imanuel Gauru, Hermania Em Wogo, and Odi Th E Selan. 2019. “PEMANFAATAN BIOSORBEN ARANG AKTIF TEMPURUNG KENARI (*Canarium Vulgare* Leenh) TERAKTIFASI NaOH SEBAGAI ADSORBEN LIMBAH CAIR TAHU.” *SAINSTEK* 4(1): 115–22.
- Lempong, Mody. 2014. “Pembuatan Dan Kegunaan Arang Aktif.” *Buletin Eboni* 11(2): 65–80.
- LOGAM, PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PELAPISAN. “PENENTUAN BILANGAN IODIN ADSORBEN KULIT JENGKOL DAN APLIKASINYA DALAM PENYERAPAN LOGAM Pb (II).”
- Mantong, Jimmy Olsanaya, Bambang Dwi Argo, and Bambang Susilo. 2019. “Pembuatan Arang Aktif Dari Limbah Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Tahu.” *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem* 6(2): 100–106.
- Masyithah, Cut, Barita Aritonang, and Erdiana Gultom. 2018. “Pembuatan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Durian Sebagai Adsorben Pada Minyak Goreng Bekas Untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas Dan Bilangan Peroksida.” *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan* 2(2): 66–75.
- Maulana, Gusti Gilang Ramadhan, Lya Agustina, and Susi Susi. 2017. “Proses Aktivasi Arang Aktif Dari Cangkang Kemiri (*Aleurites Moluccana*) Dengan Variasi Jenis Dan Konsentrasi Aktivator Kimia.” *Ziraa’ah Majalah Ilmiah Pertanian* 42(3): 247–56.
- Meilianti, Meilianti. 2022. “Karakteristik Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H₃PO₄.” *Jurnal Distilasi* 2(2): 1–9.
- Mentari, Vidyanova Anggun, Gewa Handika, and Seri Maulina. 2018. “Perbandingan Gugus Fungsi Dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat (H₃PO₄) Dan Asam Nitrat (HNO₃).” *Jurnal Teknik Kimia USU* 7(1): 16–20.
- Pandia, Setiaty, and Budi Warman. 2016. “Pemanfaatan Kulit Jengkol Sebagai Adsorben Dalam Penyerapan Logam CD (Ii) Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam.” *Jurnal Teknik Kimia USU* 5(4): 57–63.
- Pangestu, Wahyu Puji, Hada Sadida, and Denny Vitasari. 2021. “Pengaruh Kadar BOD, COD, PH Dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Metode Media Filter Adsorben Alam Dan Elektrokoagulasi.” *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)* 6(2): 74–80.
- Pradana, Tedy Dian, Suharno Suharno, and Apriansyah Apriansyah. 2018. “Pengolahan Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan Kadar TSS Dan BOD.” *Jurnal Vokasi Kesehatan* 4(2): 56–62.
- Putri, Rizka Wulandari, Sri Haryati, and Rahmatullah Rahmatullah. 2019. “Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Limbah Ampas Tebu.” *Jurnal Teknik Kimia* 25(1): 1–4.
- Rhohman, Fatkur, and Dwi Ari Budiretnani. 2018. “Optimalisasi Proses Produksi Tahu Untuk Peningkatan Kesejahteraan Produsen Tahu.” *Jurnal Panrita Abdi* 2(2): 113–18.
- Riyanto, Cucun Alep, Ezra Kurniawan, and November Rianto Aminu. 2021. “Pengaruh NaOH Dan Suhu Aktivasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Sekam Padi Teraktivasi H₃PO₄.” *RAFFLESIA JOURNAL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES* 1(2): 59–68.
- Rosmala, Fenty. 2019. “EFEKTIVITAS BERAT ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP PENURUNAN KANDUNGAN BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND, CHEMICAL OXYGEN DEMAND DAN TOTAL SUSPENDED SOLID LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DI DESA BALOKANG.” *Jurnal Kesehatan Mandiri Aktif* 2(1): 43–51.
- Verayana, M Papatungan, and Hendri Iyabu. 2018. “Pengaruh Aktivator HCl Dan H₃PO₄ Terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi Pada Logam Timbal (Pb).” *J. Entropi* 13(1): 67–75.
- Wahyuni, Indah. 2019. “Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Waktu Aktivasi.” *Jurnal Chemurgy* 3(1): 11–14.