Vol 8 No 1 Tahun 2026 E-ISSN: 2715-9469

STUDI EFEKTIVITAS KOMPOSIT ARANG AKTIF TKKS/SERBUK KULIT PISANG SEBAGAI PENYERAP LOGAM BESI (FE) PADA AIR SUMUR GALI

Permadi Saputra[1] , Rahmawati[2*], T. Andi Fadlly[3], Nirmala Sari[4]
Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra
*Email: rahmawati@unsam.ac.id
(Received: April 2026 / Revised: April 2026 / Accepted: April 2026)

ABSTRAK

Air sumur gali merupakan salah satu sumber air yang banyak digunakan oleh masyarakat, namun seringkali mengandung logam besi (Fe) dalam kadar tinggi yang dapat menimbulkan masalah kesehatan dan estetika. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan metode pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan untuk menurunkan kadar Fe dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas komposit arang aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan serbuk kulit pisang sebagai adsorben dalam menyerap logam besi (Fe) pada air sumur gali. Metode penelitian meliputi preparasi serbuk kulit pisang, sintesis arang aktif TKKS melalui proses karbonisasi pada suhu 700°C dan aktivasi menggunakan H_3PO_4, serta pembuatan komposit dengan variasi perbandingan massa menggunakan polivinil alkohol (PVA) sebagai pengikat. Uji adsorpsi dilakukan menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA) untuk menentukan kadar Fe, sedangkan karakterisasi material dilakukan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dan Fourier Transform Infrared (FTIR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi komposit dipengaruhi oleh variasi komposisi material. Sampel dengan komposisi tertentu, khususnya komposisi seimbang antara arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang, menunjukkan efektivitas terbaik dalam menurunkan kadar Fe. Analisis XRD menunjukkan bahwa material bersifat amorf, sedangkan FTIR mengidentifikasi adanya gugus fungsi –OH, C–O, dan C=C yang berperan dalam proses adsorpsi. Dengan demikian, komposit arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang berpotensi sebagai adsorben yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk pengolahan air sumur gali yang terkontaminasi logam besi.

Kata kunci: *adsorpsi, arang aktif TKKS, kulit pisang, logam Fe, air sumur gali*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan manusia yang harus tersedia dalam jumlah dan kualitas yang memadai. Salah satu sumber air yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, khususnya di daerah pedesaan dan pinggiran kota, adalah air sumur gali. Namun, kualitas air sumur gali sering kali tidak memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, terutama akibat kandungan logam terlarut seperti besi (Fe) [1], [2]. Keberadaan logam besi dalam air dengan konsentrasi tinggi dapat menimbulkan berbagai permasalahan, baik dari segi kesehatan, estetika, maupun teknis.

Secara alami, kandungan besi dalam air tanah berasal dari pelapukan batuan yang mengandung mineral besi. Selain itu, aktivitas antropogenik seperti limbah domestik, pertanian, dan industri juga dapat meningkatkan kadar besi dalam air tanah [3]. Air yang mengandung Fe tinggi umumnya memiliki ciri-ciri seperti berwarna kekuningan hingga kecokelatan, berbau logam, serta dapat menyebabkan noda pada pakaian dan peralatan rumah tangga. Dari aspek kesehatan, meskipun besi merupakan unsur esensial bagi tubuh, konsumsi dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan gangguan seperti iritasi saluran pencernaan dan akumulasi zat besi dalam organ tubuh [4].

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menurunkan kadar besi dalam air, di antaranya oksidasi, filtrasi, koagulasi-flokulasi, dan adsorpsi [3], [5]. Di antara metode tersebut, adsorpsi menjadi salah satu teknik yang paling banyak dikembangkan karena memiliki keunggulan seperti proses yang relatif sederhana, efisiensi tinggi, biaya operasional rendah, serta dapat menggunakan bahan baku lokal yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan material adsorben berbasis limbah biomassa menjadi topik yang menarik dalam penelitian pengolahan air [6] [7].

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat dari industri kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah, khususnya di Indonesia. TKKS mengandung lignoselulosa yang tinggi sehingga berpotensi untuk diolah menjadi arang aktif dengan luas permukaan yang besar dan porositas yang baik. Arang aktif dari TKKS telah dilaporkan memiliki kemampuan adsorpsi yang baik terhadap berbagai jenis polutan, termasuk logam berat [7].

Di sisi lain, kulit pisang juga merupakan limbah organik yang mudah diperoleh dan belum dimanfaatkan secara optimal. Kulit pisang mengandung gugus fungsi seperti hidroksil, karboksil, dan amina yang berperan penting dalam proses adsorpsi ion logam. Serbuk kulit pisang dapat digunakan secara langsung maupun dimodifikasi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya [8], [9]. Penggabungan dua jenis biomassa tersebut dalam bentuk material

komposit diharapkan dapat meningkatkan kinerja adsorpsi melalui sinergi antara luas permukaan arang aktif TKKS dan keberadaan gugus fungsi aktif dari kulit pisang. Material komposit ini berpotensi memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan masing-masing material tunggal[10].

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan terkait penggunaan arang aktif dan biomassa sebagai adsorben logam berat, studi mengenai kombinasi arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang sebagai komposit untuk penyerapan logam Fe pada air sumur gali masih terbatas. Selain itu, karakteristik air sumur gali yang bervariasi juga memerlukan kajian khusus untuk mengetahui efektivitas material adsorben dalam kondisi nyata.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini penting dilakukan untuk mengkaji efektivitas komposit arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang sebagai media adsorpsi logam besi (Fe) pada air sumur gali. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi pengolahan air yang murah, mudah diaplikasikan, dan ramah lingkungan, khususnya bagi masyarakat yang bergantung pada sumber air sumur gali.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Preparasi Serbuk Kulit Pisang

Kulit pisang terlebih dahulu dibersihkan menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Selanjutnya, kulit pisang dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari hingga kadar airnya berkurang secara signifikan dan diperoleh kondisi kering. Setelah proses pengeringan, kulit pisang dipotong menjadi bagian-bagian kecil guna mempermudah proses penghancuran. Potongan tersebut kemudian ditumbuk hingga diperoleh bentuk serbuk halus. Serbuk yang dihasilkan selanjutnya diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam sehingga dapat meningkatkan efektivitas proses adsorpsi.

2.2 Sintesis Arang Aktif dari TKKS

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) terlebih dahulu dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran dan pengotor lainnya, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama kurang lebih satu minggu hingga benar-benar kering. Setelah itu, TKKS dipotong menjadi ukuran sekitar 2 cm untuk mempermudah proses karbonisasi. Proses karbonisasi dilakukan menggunakan tanur pada suhu 700°C selama 2 jam untuk mengubah bahan organik menjadi arang. Arang hasil karbonisasi kemudian diaktivasi secara kimia menggunakan larutan asam fosfat (H_3PO_4). Proses aktivasi ini bertujuan untuk memperbesar luas permukaan dan porositas arang aktif sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Setelah aktivasi, arang dicuci menggunakan larutan HCl 0,1 M dan dilanjutkan dengan pencucian menggunakan aquades hingga mencapai kondisi netral. Selanjutnya, arang disaring dan dikeringkan menggunakan oven selama 1 jam untuk menghilangkan sisa kadar air. Arang aktif yang telah diperoleh kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang homogen.

2.3 Preparasi Komposit Arang Aktif TKKS/Kulit Pisang

Pembuatan material komposit dilakukan dengan mencampurkan arang aktif TKKS ke dalam larutan polivinil alkohol (PVA) yang berfungsi sebagai *wetting agent* sekaligus pengikat. Selanjutnya, serbuk kulit pisang ditambahkan ke dalam campuran tersebut, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* untuk menghasilkan campuran yang homogen serta mencegah terjadinya pengendapan antar komponen.

Campuran yang telah homogen kemudian disaring menggunakan kertas saring, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Proses pemanasan ini bertujuan untuk memperkuat ikatan antar partikel dalam komposit sehingga diperoleh struktur material yang lebih stabil. Untuk menentukan komposisi optimum, dilakukan variasi perbandingan massa antara arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang. Total massa masing-masing sampel ditetapkan sebesar 5 gram dengan beberapa variasi komposisi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase massa perbandingan antara arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang

No	Nama Sampel	Arang Aktif %	Kulit Pisang %
1	Sampel A	30	70
2	Sampel B	40	60
3	Sampel C	50	50
4	Sampel D	60	40
5	Sampel E	70	30
6	Sampel F	100	0
7	Sampel G	0	100
8	Sampel H	0	0

2.4. Karaterisasi Sampel

a. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Pada tahap ini dilakukan penyaringan air dari material komposit, kemudian sudah disaring menggunakan material komposit dari arang aktif TKKS dengan serbuk kulit pisang diuji menggunakan SSA untuk diuji Fe pada air sumur gali.

b. X-Ray Diffraction (XRD)

Pada tahap ini air yang sudah diuji dan mengetahui hasilnya, diambil beberapa sampel yaitu Sampel F, Sampel G, Sampel B dan Sampel C. Untuk melihat struktur Kristal yang ada didalam material tersebut

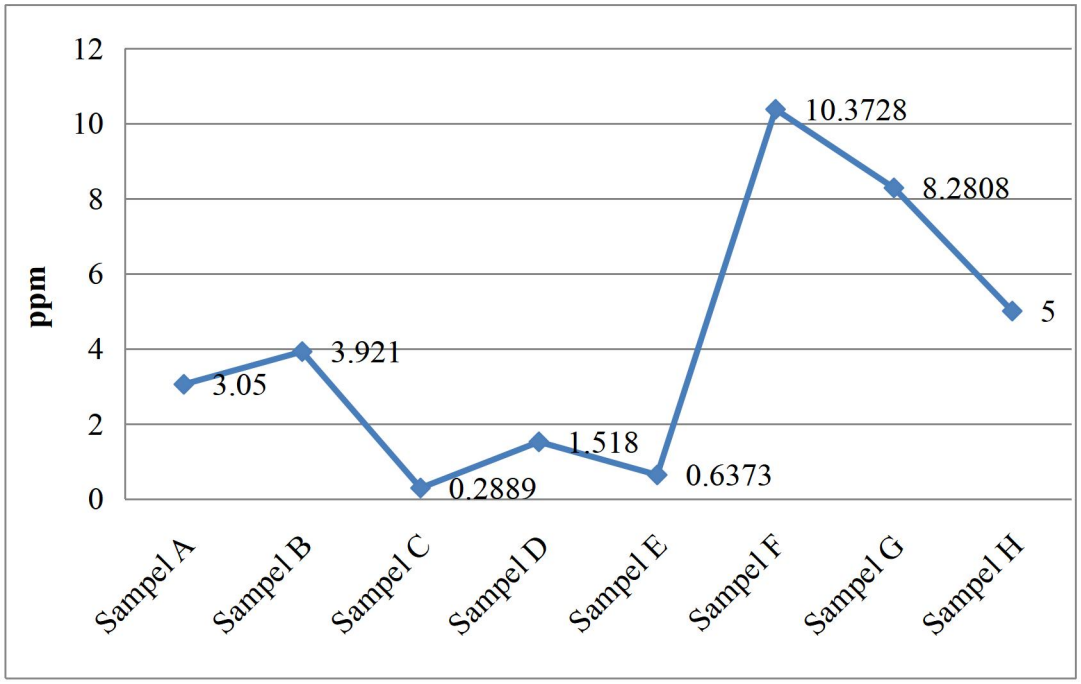
c. Fourier Transform Infrared (FTIR)

Pada tahap ini air yang sudah diuji dan mengetahui hasilnya, diambil beberapa sampel yaitu Sampel F, Sampel G, Sampel B dan Sampel C. Untuk melihat gugus fungsi dan bilangan gelombang yang ada didalam material tersebut.

3. HASIL dan PEMBAHASAN

3.1 Analisis Logam Fe Menggunakan SSA

Pengujian terhadap kemampuan adsorpsi dari material komposit dari arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang juga dilakukan terhadap adsorpsi logam besi (Fe) pada sumur gali di Desa Meurandeh, Kota Langsa. Analisis logam Fe dilakukan menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Hasil analisis logam Fe menggunakan adsorben arang aktif TKKS, serbuk kulit pisang dan material komposit dari arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang (Sampel A-E) dengan berbagai variasi komposisi arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



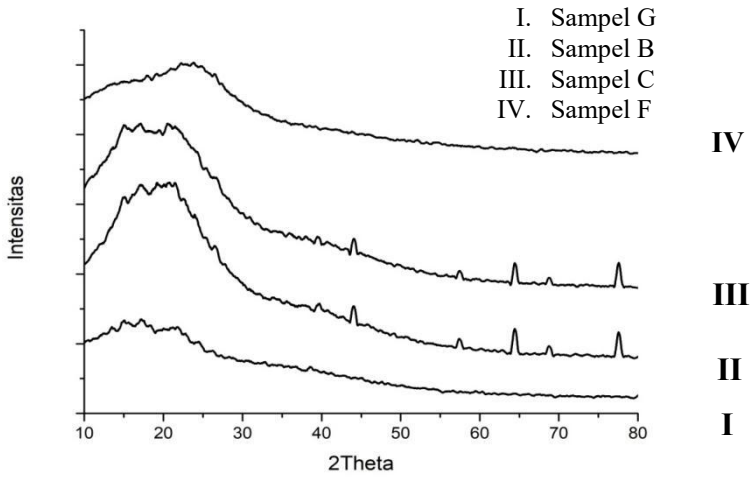
Gambar 1. Grafik Analisis Logam Fe

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa kandungan logam Fe tertinggi yang diabsorpsi dengan menggunakan absorben arang aktif TKKS yaitu sebesar 10,37 ppm (10,37 mg/L) dibandingkan dengan menggunakan adsorben serbuk kulit pisang dan material komposit, hal ini dikarenakan pada saat pembuatan penyaringan yang sangat sederhana serbuk arang aktif TKKS ikut jatuh kedalam air yang sudah disaring. Pada material komposit (Sampel A-E), Sampel B memiliki kandungan logam Fe paling tinggi dan terabsorpsi paling sedikit dibandingkan dengan Sampel A, C, D dan E. Pada Sampel C kandungan logam Fe sangat sedikit dibandingkan dengan sampel lainnya. Semakin tinggi komposisi serbuk kulit pisang pada material komposit maka semakin banyak mengandung senyawa selulosa sehingga kemampuan material komposit tersebut dalam mengikat senyawa-senyawa logam semakin besar dan sebaliknya. Pori-pori pada arang aktif juga memiliki peranan dalam mengikat senyawa-senyawa logam pada air sumur gali sehingga terjadi kompetisi antara arang aktif TKKS dengan serbuk kulit pisang dalam mengikat logam Fe. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa kemampuan absorpsi dari material komposit tidak hanya ditentukan oleh keberadaan pori-pori yang memiliki ukuran besar pada arang aktif TKKS tetapi juga adanya senyawa selulosa pada serbuk kulit pisang yang memiliki gugus-gugus fungsional seperti –OH dan –C-O yang dapat berpotensi mengikat senyawa-senyawa

logam Fe yang terdapat pada air sumur gali melalui ikatan ionik antara gugus-gugus –OH yang bermuatan negatif dengan logam Fe yang bermuatan positif.

3.2 Analisis Stuktur Kristal Menggunakan Metode XRD

Analisis XRD ini digunakan untuk mengindentifikasi pola difraksi kristal pada masing-masing sampel. Pola difraktogram dari sampel serbuk kulit pisang (I), sampel B(II), sampel C(III), dan sampel arang aktif TKKS(IV) dengan menggunakan metode difraksi sinar-X menggunakan *software origin* ditunjukkan pada Gambar 2.

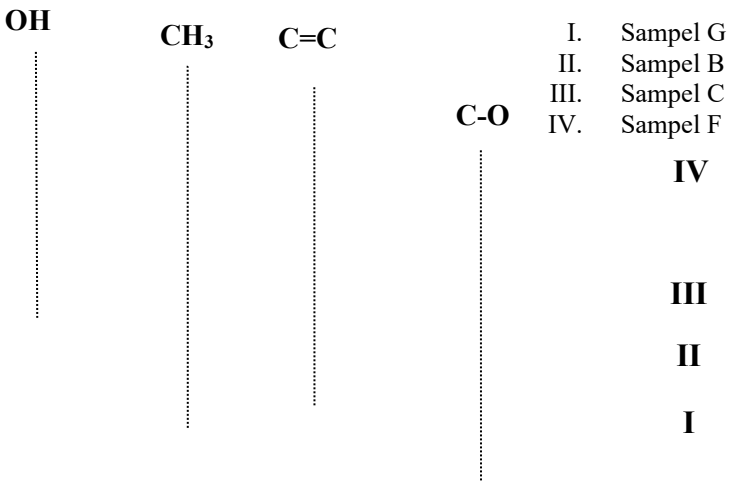


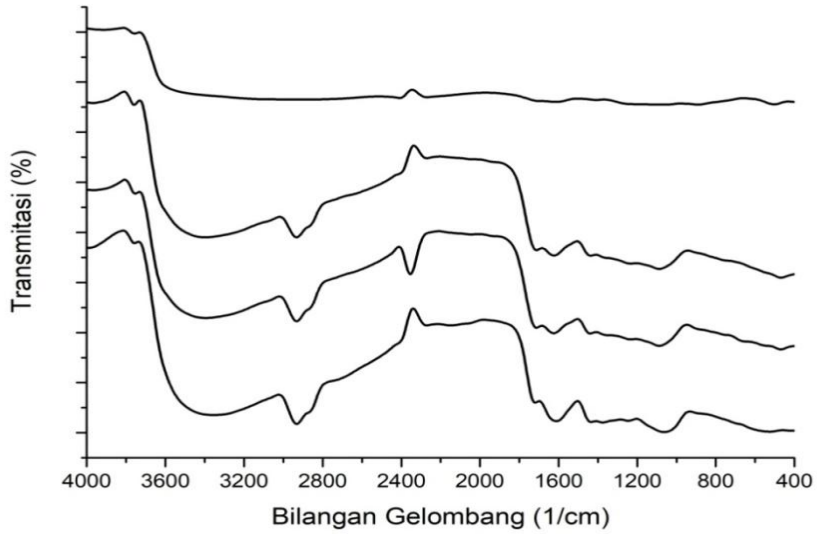
Gambar 2. Pola Difraktogram Material Komposit

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pola difraksi semua sampel tidak menunjukkan *single* puncak dengan intensitas yang tinggi pada pola difraksi. Oleh karena itu, berdasarkan pola difraksi pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa seluruh sampel serbuk kulit pisang, material komposit dari arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang, serta arang aktif TKKS merupakan padatan amorf. Amorf merupakan pola susunan atom atau molekul yang tidak memiliki susunan teratur, dan terbentuk karena proses kekristalan yang sangat cepat, sehingga atom-atom tidak dapat dengan tepat menempati lokasi kisinya. Pada sampel B dan C juga terdapat puncak-puncak kecil di 2θ = 44°, 64° dan 78°. Puncak-puncak tersebut yaitu fasa pengotor pada saat terjadi pembuatan sintesis material komposit.

3.3 Analisis Gugus Fungsional Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR

Metode spektroskopi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat pada sampel pada rentang bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1}. Hasil analisis spektroskopi FTIR Sampel G (I), sampel B (II), sampel C (III), dan Sampel F (IV) menggunakan *software origin* ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 2 berikut.





Gambar 3. Grafik komposit arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang menggunakan FTIR

Tabel 2. Serapan karakteristik FTIR

No	Sampel	Serapan Pada Bilangan Gelombang(cm^{-1})			
		-OH (Hidriksil)	**CH_3 (Alkana)**	**C=C (Alkena)**	**C-O (Eter)**
1	I	3757,33 cm^{-1}	2931,80 cm^{-1}	1612,49 cm^{-1}	1064,71 cm^{-1}
2	II	3753,48 cm^{-1}	2931,80 cm^{-1}	1624,06 cm^{-1}	1087,85 cm^{-1}
3	III	3757,33 cm^{-1}	2931,80 cm^{-1}	1624,06 cm^{-1}	1087,85 cm^{-1}
4	IV	3757,33 cm^{-1}	-	1612,49 cm^{-1}	-

Pada Gambar 3 dan Tabel 2 memperlihatkan spektrum inframerah dari Sampel G (I), sampel B (II), sampel C (III), dan Sampel F (I V) pada bilangan gelombang 3757,33 cm^{-1} yang menunjukkan serapan gugus hidroksil (–OH) *stretching*, bilangan gelombang 2931,85 cm^{-1} yang menunjukkan serapan gugus alkana (CH_3) *stretching* , bilangan gelombang 1612,49 cm^{-1} yang menunjukkan serapan gugus alkena (C=C) *stretching*, dan bilangan gelombang 1064,71 cm^{-1} yang menunjukkan serapan gugus eter (C-O). Pada sampel B dan sampel C yang merupakan material komposit dari arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang terjadi pergeseran bilangan gelombang ke arah panjang gelombang yang lebih panjang dan penurunan intensitas serapan. Hal ini menunjukkan bahwa proses sintesis material komposit mengakibatkan berkurangnya jumlah molekul yang terdapat pada material komposit. Berdasarkan hasil analisis spektroskopi FTIR diketahui bahwa Sampel G (I), sampel B (II), sampel C (III), dan Sampel F (IV) sampel arang aktif TKKS mengandung gugus-gugus fungsional hidroksil (-OH), alkana (-CH_3), alkena(C=C), dan eter (C-O) [11], [12].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa material komposit arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang memiliki potensi sebagai adsorben dalam menurunkan kadar logam besi (Fe) pada air sumur gali. Hasil analisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi dipengaruhi oleh komposisi material penyusun komposit, di mana variasi tertentu memberikan efektivitas penyerapan yang lebih baik dibandingkan yang lain. Sampel dengan komposisi seimbang (terutama Sampel C) menunjukkan kinerja adsorpsi yang paling optimal dalam menurunkan kadar Fe.

Kemampuan adsorpsi ini dipengaruhi oleh sinergi antara pori-pori arang aktif TKKS yang berperan dalam penjerapan secara fisik dan kandungan gugus fungsional pada serbuk kulit pisang yang berperan dalam pengikatan

kimia ion logam Fe. Analisis XRD menunjukkan bahwa seluruh material bersifat amorf, yang umumnya memiliki luas permukaan aktif yang baik untuk proses adsorpsi. Sementara itu, hasil analisis FTIR mengindikasikan adanya gugus fungsional seperti –OH, C–O, dan C=C yang berperan penting dalam mekanisme interaksi dengan ion logam.

Dengan demikian, komposit arang aktif TKKS dan serbuk kulit pisang dapat dijadikan sebagai alternatif adsorben yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk pengolahan air sumur gali yang terkontaminasi logam besi.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Kartini, R. Indrawati, dan S. Suwono, "Perbedaan Kadar Besi (Fe) pada Air Sumur Gali Di Dusun Wonodadi RT 07/ RW 10 yang Diberi PAC dengan yang Diberi Tawas," *J. Lab. Khatulistiwa*, vol. 2, no. 1, hlm. 8, Jul 2019, doi: 10.30602/jlk.v2i1.319.

[2] B. Andika, P. Wahyuningsih, dan R. Fajri, "PENENTUAN NILAI BOD DAN COD SEBAGAI PARAMETER PENCEMARAN AIR DAN BAKU MUTU AIR LIMBAH DI PUSAT PENELITIAN KELAPA SAWIT (PPKS) MEDAN," vol. 2, 2020.

[3] F. Giovani, Rr. D. Asrifah, dan J. D. Prasetya, "Penentuan Kualitas Airtanah dengan Metode Diagram Piper Kloosterman di Desa Kulwaru, Kecamatan Wates, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta," *Pros. Semin. Nas. Tek. Lingkung. Kebumian SATU BUMI*, vol. 2, no. 1, Feb 2021, doi: 10.31315/psb.v2i1.4462.

[4] M. Nanda, A. F. H. Purba, K. Gultom, K. S. Sari, N. Muthmainah, dan F. Ramadhan, "ANALISIS PARAMETER FISIK (KEKERUHAN, BAU, RASA) DAN UJI KANDUNGAN BESI (Fe) PADA SUMUR GALI DAN SUMUR BOR DI KELURAHAN BANTAN, KECAMATAN MEDAN TEMBUNG," vol. 4, 2023.

[5] Rahmawati, R. Fajri, T. A. Fadlly, N. Sari, F. Annisa, dan S. S. Husna, "The Effect of Microwave Time Radiation on Pore Characteristics of Cassava Peel Activated Carbon (Manihot Esculenta Crantz)," *JST J. Sains Dan Teknol.*, vol. 14, no. 2, hlm. 349–358, Jul 2025, doi: 10.23887/jst-undiksha.v14i2.95528.

[6] M. Destanti, N. Sari, F. Annisa, dan T. A. Fadlly, "Adsorpsi Zat Organik Limbah Laundry Menggunakan Karbon Aktif dari ...".

[7] R. Usman dan P. Wahyuningsih, "Improving the quality of palm oil liquid waste using nanocomposite TiO2/EPB activated carbon through adsorption-photodegradation," *J. Aceh Phys. Soc.*, vol. 11, no. 3, hlm. 70–74, Agu 2022, doi: 10.24815/jacps.v11i3.25626.

[8] L. Dini, R. A. Kusumadewi, dan R. Hadisoebroto, "ADSORPSI LOGAM BERAT KROM (Cr) DAN ZAT WARNA DENGAN ADSORBEN KULIT PISANG KEPOK DALAM AIR LIMBAH BATIK," *J. Reka Lingkung.*, vol. 11, no. 1, hlm. 37–48, Jun 2023, doi: 10.26760/rekalingkungan.v11i1.37-48.

[9] K. Sa'diyah, C. E. Lusiani, R. D. Chrisnandari, W. S. Witasari, D. L. Aula, dan S. Triastutik, "PENGARUH PROSES AKTIVASI KIMIA TERHADAP KARAKTERISTIK ADSORBEN DARI KULIT PISANG KEPOK (Musa acuminate L.)," *J. Chemurgy*, vol. 4, no. 1, hlm. 18, Jul 2020, doi: 10.30872/cmg.v4i1.4074.

[10] P. Saputra dan T. A. Fadlly, "Formulasi Komposit Arang aktif TKKS/Serbuk Kulit Pisang Sebagai Biofilter Pada Air Sumur Gali," vol. 2, no. 01, 2020.

[11] R. Wati, S. S. Husna, N. Sari, dan F. Anisa, "Kajian struktur morfologi, gugus fungsi, dan sifat adsorpsi dari karbon aktif kulit singkong (manihot esculenta crantz)," *J. Teras Fis.*, vol. 8, no. 1, hlm. 17, Mei 2025, doi: 10.20884/1.jtf.2025.8.1.15065.

[12] P. Wahyuningsih, R. Rahmawati, dan N. Yulius, "Apikasi Fotodegradasi Nanokomposit Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit/TiO2 Terhadap Limbah Cair Kelapa Sawit," *Elkawnie*, vol. 3, no. 2, Des 2017, doi: 10.22373/ekw.v3i2.2092.