



KINERJA BEBERAPA VARIAN KULIT PISANG JENIS LOKAL TERHADAP REDUKSI BESI (Fe) DALAM AIR

Melin Nekawati Manurung¹, Ahmad Fikri², Bambang Murwanto³, Prayudhy Yushananta^{4*}

^{1,2,3,4} Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Tanjung Karang

Artikel Info :

Received February 16, 2023
Accepted March 30, 2023
Available online April 30, 2023

Editor: Mei Ahyanti

Keyword:

Banana peel; Fe; dose; contact time; metal

Kata kunci:

Kulit pisang; Fe; dosis; waktu kontak; logam



Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Abstract

Several studies have reported the ability of banana peels to reduce metal ions due to cellulose and galacturonic acid content. This study aimed to explore the performance of banana peels from four varieties of local plants in reducing iron (Fe) content in water. The study used a factorial complete randomized design with two replications and a batch system. Banana peels are made from four local variants (muli, kepok, tanduk, and janten), which are then made into powder. The experiment was carried out at three dose levels (10%, 20%, and 30%) and three contact time levels (2 hours, 4 hours, and 6 hours). Fe content was measured before and after treatment by spectrophotometry method. Two-way ANOVA and Tukey-test analyzed all data at Alpha=5%. The study found that all four variants of banana peels were able to reduce Fe in sample water. Fe reduction was affected by banana variant, dose, contact time, and interaction between variants with dose and time. The best reduction performance was obtained using kepok banana peel, a dose of 30%, and contact time for 6 hours, amounting to 69.23%. Research has successfully explored four local banana peels as raw materials for Fe adsorbents. Of the four, kepok banana peel showed the best performance. Further research is expected to increase the affinity of banana peels for metal ions, including as an adsorbent for heavy metals.

Beberapa penelitian telah melaporkan kemampuan kulit pisang untuk mereduksi ion logam, karena kandungan selulosa dan asam galacturonic. Penelitian bertujuan mengeksplorasi kinerja kulit pisang dari empat varian tanaman lokal untuk mereduksi kandungan besi (Fe) dalam air. Penelitian menggunakan rancang acak lengkap faktorial, dengan dua kali ulangan. Kulit pisang dari empat varian lokal (muli, kepok, tanduk, dan janten), selanjutnya dibuat bubuk. Percobaan dilakukan pada tiga level dosis (10%, 20%, dan 30%) dan tiga level waktu kontak (2 jam, 4 jam, dan 6 jam). Kandungan Fe diukur sebelum dan sesudah perlakuan dengan metode spectrophotometry. Keseluruhan data dianalisis dengan Two-way ANOVA dan Tukey-test pada Alpha=5%. Penelitian mendapatkan keempat varian kulit pisang mampu mereduksi Fe dalam air sampel, Reduksi Fe dipengaruhi oleh varian pisang, dosis, waktu kontak, dan interaksi antara varian dengan dosis dan waktu. Kinerja reduksi terbaik diperoleh pada penggunaan kulit pisang kepok, dosis 30%, dan waktu kontak selama 6 jam, sebesar 69,23%. Penelitian telah berhasil mengeksplorasi empat kulit pisang lokal sebagai bahan baku adsorben Fe. Dari keempatnya, kulit pisang kepok menunjukkan kinerja terbaik. Penelitian lebih lanjut diharapkan untuk meningkatkan afinitas kulit pisang terhadap ion logam, termasuk sebagai adsorben logam berat.

* Corresponding author: Prayudhy Yushananta
Jl. Soekarno Hatta No.6, Bandar Lampung, Lampung 35144
Email: prayudhyyushananta@gmail.com

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia yang digunakan untuk berbagai macam kegiatan dan menjamin kehidupannya (Yushananta & Ahyanti, 2022a, 2022b). Air yang digunakan harus dapat menjamin keamanan penggunaannya

(Yushananta & Ahyanti, 2017). Menurut Kemenkes RI (2017), air yang sehat dan aman harus memenuhi persyaratan kualitas fisika, kimia, dan biologi.

Salah satu parameter kimia yang diatur dalam persyaratan kesehatan adalah kandungan besi

(Fe). Walaupun dibutuhkan oleh tubuh, tetapi dalam dosis yang tinggi dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Kemenkes RI (2017) mensyaratkan batas maksimum Fe dalam air bersih sebesar 1 mg/l. Kandungan Fe berlebih dapat menimbulkan rasa mual dan iritasi pada mata dan kulit (Febrina & Astrid, 2014). Jika kandungan Fe melebihi 10 mg/l, air akan berbau seperti telur busuk (Afrianti, 2022; Aruan, 2020; Febrina & Astrid, 2014).

Fe dalam air terlarut sebagai Fe^{2+} (Fero) atau Fe^{3+} (Feri), atau tersuspensi dalam partikel koloid. Kandungan Fe dalam jumlah besar (1 mg/l) jarang ditemukan pada air permukaan, tetapi dalam jumlah lebih besar terdapat dalam air tanah (Febrina & Astrid, 2014). Air tanah yang mengandung Fe terlarut (Fe^{2+}), jika kontak dengan udara (oksigen) akan teroksidasi menjadi Feri hidroksida ($Fe(OH)_3$), selanjutnya membentuk endapan berwarna kuning kecokelatan. Oleh karena itu, Fe juga menimbulkan kerugian teknis dan estetika (Afrianti, 2022; Aruan, 2020; Febrina & Astrid, 2014).

Beberapa metode telah dikembangkan untuk menurunkan kandungan Fe dalam air, yaitu *oxidation*, *ion exchange*, *mangan zeolit filtration*, *sequestering process*, *lime softening*, *adsorption*, dan *filtration* (Febrina & Astrid, 2014; Khoramzadeh, Nasernejad, & Halladj, 2013; Shih, Lin, & Huang, 2013; Zheng & Meng, 2016). Namun metode adsorpsi paling banyak digunakan, karena aman, mudah, biaya rendah, dan dapat di daur ulang (Iryani, Risthy, Resagian, Yuwono, & Hasanudin, 2017; Prambaningrum, Khabibi, & Djunaidi, 2009; Zheng & Meng, 2016). Menurut Sembiring and Sinaga (2003), Adsorpsi merupakan proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerapnya. Zat yang menyerap disebut adsorben, sedangkan zat yang terjerap disebut adsorbat.

Hingga saat ini, penggunaan adsorben yang murah terus dikembangkan. Pemanfaatan limbah biomassa menjadi salah satu alternatif bahan baku untuk pembuatan adsorben, karena jumlahnya melimpah dan harganya yang murah. Selain itu, biomassa juga memiliki kemampuannya adsorpsi ion logam lebih efektif bila dibandingkan dengan adsorbent lainnya (Abdel-Halim & Al-Deyab, 2011; Wan Ngah &

Hanafiah, 2008). Biomassa yang berasal dari limbah padat pertanian umumnya adalah biomassa *lignoselulosa* yang mengandung komponen-komponen penyusun antara lain *lignin*, *hemiselulosa*, dan *selulosa* (Iryani et al., 2017). *Selulosa* berupa gugus hidroksil yang mempunyai kemampuan mengikat ion logam (Ibrahim, 2016; Wan Ngah & Hanafiah, 2008).

Kulit pisang merupakan limbah yang mengandung beberapa komponen biokimia, antara lain *selulosa*, *hemiselulosa*, pigmen klorofil dan zat *pektin* yang mengandung asam *galacturonic*, *arabinosa*, dan *rhamnosa*. Asam *galacturonic* merupakan gugus fungsi gula karboksil yang juga dapat mengikat ion logam yang (Abdi, Khair, & Saputra, 2016; Ibrahim, 2016).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi kemampuan kulit pisang untuk mengikat ion logam. Penelitian S. D. Castro et al. (2011) di Brazil melaporkan bahwa kemampuan kulit pisang lebih baik dalam mengikat ion tembaga dan timah air sungai, dibandingkan bahan penyaring yang biasa digunakan (seperti karbon dan silika). Kulit pisang bahkan dapat digunakan hingga 11 kali proses penjernihan air. (Govint, 2017) Penelitian Jumiaty, Susilawaty, & Armansyah (2015) melaporkan penurunan 52% kandungan Fe dalam air, setelah mendapat perlakuan dengan kulit pisang. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Abdi et al. (2016), Aruan (2020), Ibrahim (2016), Prambaningrum et al. (2009), dan Putra et al. (2019).

Indonesia termasuk dalam kelompok negara dengan produksi pisang terbesar di dunia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi pisang nasional sepanjang 2021 sebanyak 8,74 juta ton, dengan rata-rata kenaikan sebesar 5,2% per tahun (BPS RI, 2021). Salah satu provinsi sebagai penyumbang terbesar produksi pisang nasional adalah Provinsi Lampung, sebanyak 1,2 juta ton atau 12,85% produksi nasional (BPS Provinsi Lampung, 2021).

Selain kelimpahan bahan baku, saat ini belum ditemukan penelitian yang mengeksplorasi kemampuan kulit pisang lokal untuk mereduksi ion logam dalam air. Penelitian bertujuan mengetahui kemampuan beberapa varian kulit pisang lokal (pisang muli, kepok, tanduk dan janten) untuk mereduksi kandungan Fe dalam air.

METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan faktorial, dengan dua kali pengulangan. Empat varian pisang lokal digunakan dalam penelitian, yaitu pisang muli, kepok, tanduk dan janten. Kemampuan reduksi *Fe* diukur pada empat level dosis (0%, 10%, 20%, dan 30%), dan tiga level waktu kontak (2 jam, 4 jam, dan 6 jam). Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian adalah $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, *Fenantrolin*, *Hidroxilamin* dan akuades. Sedangkan alat yang digunakan antara lain *spektrofotometer uv-vis*, *dry-oven*, blender, neraca analitik, dan peralatan gelas.

Kulit pisang diperoleh dari pisang matang yang dibeli dari pasar tradisional. Kulit pisang dipotong kecil, dan dikeringkan dengan *oven* pada suhu 105°C selama 60 menit. Selanjutnya dilakukan penggilingan dengan blender, dan diayak untuk mendapatkan ukuran tepung yang sama. Larutan stok *Fe* (100 ppm) dibuat dengan melarutkan 0.2482 gr $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dalam 500 ml akuades.

Data (total 96 data) diperoleh dari empat varian kulit pisang, empat level dosis, tiga level waktu kontak, dan dua pengulangan. Keseluruhan data dianalisis dengan *two-way ANOVA* dan *Tukey-test* pada $\alpha=5\%$.

HASIL

1. Reduksi nilai *Fe*

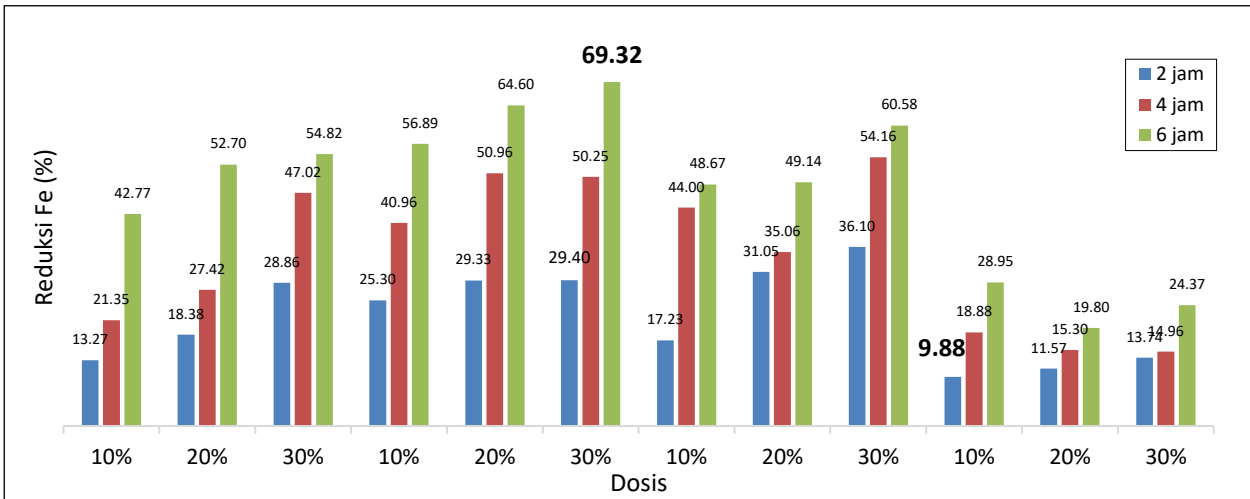
Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa secara keseluruhan rerata reduksi *Fe* sebesar 34,91% (8,21-69,66%). Berdasarkan varian, reduksi tertinggi pada kulit pisang kepok 46,33% (22,96-69,66%), dan terendah pada kulit pisang janten 17,49% (8,21-40,32%). Berdasarkan dosis, reduksi tertinggi pada dosis tiga puluh persen 40,30% (8,57-69,66%), dan terendah pada dosis sepuluh persen 30,68 (8,21-61,76%). Sedangkan reduksi berdasarkan waktu kontak, tertinggi pada waktu kontak 6 jam 47,72% (14,37-69,66%), dan terendah pada 2 jam 22,01% (8,21-69,66%).

Tabel 1. Reduksi *Fe* berdasarkan jenis perlakuan

Variabel	Reduksi <i>Fe</i> (%)				
Varian	Muli	Kepok	Tanduk	Janten	Total
Rerata	34,06	46,33	41,77	17,49	34,91
Minimal	8,95	22,96	15,32	8,21	8,21
Maksimal	61,07	69,66	60,60	40,32	69,66
Dosis	10%	20%	30%	Total	
Rerata	30,68	33,77	40,30	34,91	
Minimal	8,21	10,60	8,57	8,21	
Maksimal	61,76	67,82	69,66	69,66	
Waktu kontak	2 jam	4 jam	6 jam	Total	
Rerata	22,01	35,02	47,72	34,91	
Minimal	8,21	8,57	14,37	8,21	
Maksimal	37,86	60,32	69,66	69,66	

Gambar 1 menyajikan sebaran nilai reduksi *Fe* berdasarkan variabel perlakuan. Secara keseluruhan, reduksi *Fe* tertinggi terdapat pada varian kulit pisang kepok, dosis 30%, dan waktu

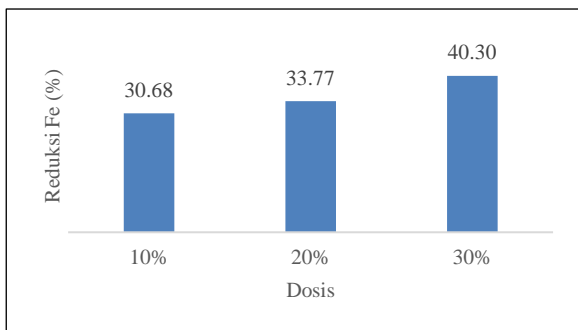
kontak 6 jam, sebesar 69,32%. Sedangkan yang terendah pada varian kulit pisang janten, dosis 10% dan waktu kontak 2 jam, sebesar 9,88%.



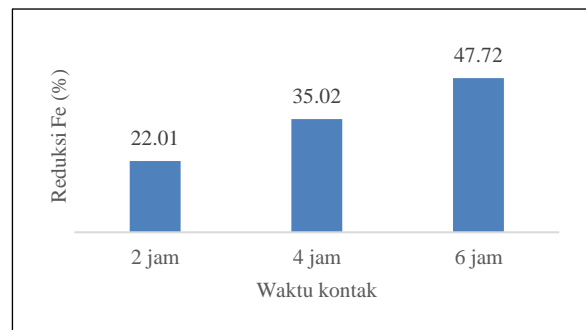
Gambar 3. Reduksi Fe berdasarkan varian, dosis, dan waktu kontak

Gambar 2.a menunjukkan pola hubungan positif antara dosis dan reduksi, semakin besar dosis kulit pisang maka semakin tinggi nilai reduksi. Pada Gambar 2.b, secara umum kemampuan reduksi kulit pisang terhadap Fe meningkat berdasarkan waktu kontak. Semakin lama waktu kontak, maka semakin tinggi nilai reduksi.

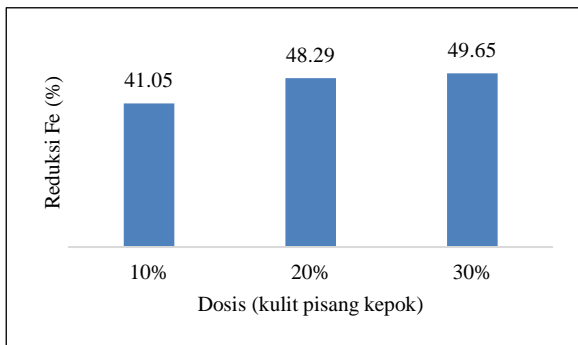
Gambar 2.c dan Gambar 1.d secara khusus menampilkan trend reduksi pada varian kulit pisang kepok. Trend reduksi berdasarkan dosis menunjukkan pola positif, sama dengan pola umum. Namun nilai reduksi terlihat lebih besar, yaitu 40,30% dan 49,65%. Demikian pula pada waktu kontak, nilai reduksi juga lebih tinggi dibandingkan rerata umum, sebesar 42,72% dan 63,60%.



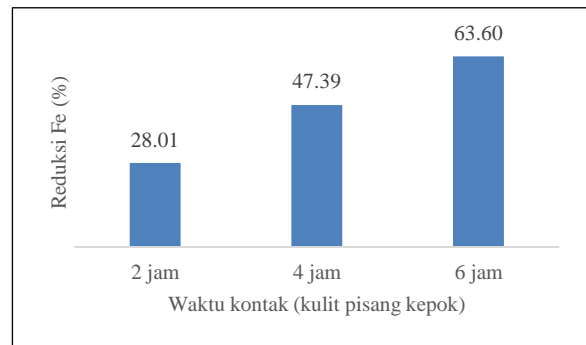
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Reduksi Fe berdasarkan dosis (a), waktu kontak (b), dosis pada varian kulit pisang kepok (c), dan waktu pada varian kulit pisang kepok (d)

2. Pengaruh perlakuan terhadap reduksi *Fe*

Pengaruh variabel (varian, dosis, dan waktu kontak) diuji dengan *Two-way Anova* pada $Alpha=5\%$ (Tabel 2). Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan nilai *R-square (adjusted)* sebesar 84,5%, menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 84,5% keragaman respons (reduksi). Pada Tabel 3 terlihat bahwa reduksi *Fe* secara signifikan berbeda berdasarkan varian, dosis, dan waktu kontak ($p\text{-value}<0,05$). Sehingga, secara tunggal ketiga variabel menunjukkan pengaruh terhadap reduksi *Fe*.

Interaksi antar variabel juga dinilai untuk mengetahui pengaruh gabungan antar variabel. Hasil analisis menunjukkan bahwa interaksi varian dan dosis serta varian dan waktu kontak secara bersamaan memberikan efek yang signifikan terhadap reduksi *Fe*. Sedangkan interaksi dosis dan waktu, serta varian, dosis, dan waktu, tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Hasil ini menjelaskan bahwa interaksi variabel sangat dipengaruhi oleh varian kulit pisang.

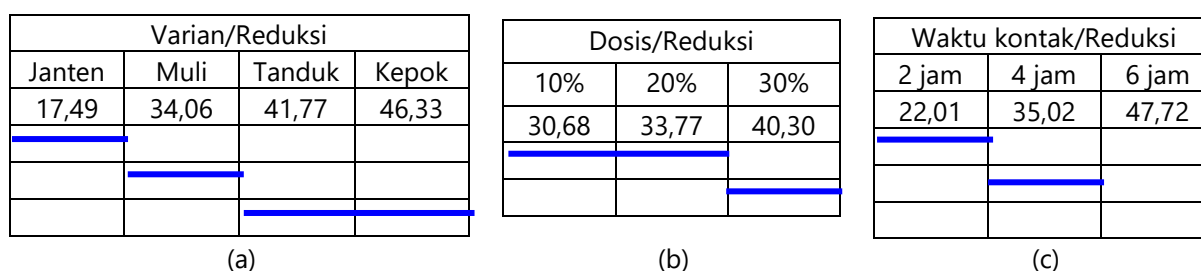
Tabel 2. Pengaruh Variabel terhadap reduksi *Fe*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Varian	8669,15	3	2889,72	60,83	0,000
Dosis	1157,35	2	578,67	12,18	0,000
Waktu kontak	7932,22	2	3966,11	83,49	0,000
Varian * Dosis	762,00	6	127,00	2,67	0,030
Varian * Waktu	985,97	6	164,33	3,46	0,008
Dosis * Waktu	86,91	4	21,73	0,46	0,766
Varian * Dosis * Waktu	482,65	12	40,22	0,85	0,604

R Squared = 0,922 (Adjusted R Squared = 0,845)

Uji *Tukey* diterapkan untuk mengetahui perbedaan signifikan antar variasi pada setiap variabel. Pada varian (Gambar 3.a), hasil analisis tidak menunjukkan perbedaan signifikan nilai reduksi antara kulit pisang tanduk dan kepok. Namun begitu, reduksi pada kulit pisang kepok lebih tinggi dibandingkan tanduk (46,33%).

Pada dosis (Gambar 3.b), tidak terlihat perbedaan signifikan nilai reduksi antara dosis 10% dan 20%. Perbedaan signifikan ditunjukkan pada dosis 30%. Sedangkan pada variabel waktu (Gambar 3.c), perbedaan signifikan terlihat antar variasi waktu kontak (2 jam, 4 jam, dan 6 jam).



Gambar 3. Hasil uji *Tukey* pada variabel varian (a), dosis (b), dan waktu kontak (c)

PEMBAHASAN

Hasil penelitian mendapatkan bahwa reduksi *Fe* tertinggi pada perlakuan varian kulit pisang kepok, dengan dosis 30% dan waktu kontak selama 6 jam sebesar 69,66%. Sedangkan pada dosis 10% dan 20% (waktu kontak 6 jam), reduksi *Fe* sebesar 56,89% dan 64,60% (Gambar 3). Hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan (Ibrahim,

2016) yang mendapatkan reduksi sebesar 46,98% pada dosis 10% selama 6 jam.

Kulit pisang kepok mengandung selulosa yang cukup tinggi. Menurut Putra et al. (2019), kulit pisang kepok mengandung selulosa sebesar 17,04%. Selain itu, Waluyo, Ramadhani, Suryadinata, & Cundari (2020) dalam penelitiannya kulit pisang memiliki kandungan

selulosa sebesar 14,4%. Sedangkan Zhaafirah et al. (2017) menyebutkan kandungan alfa selulosa pada kulit pisang kepok mencapai 94%. Selulosa ini menyebabkan kulit pisang sebagai adsorben dalam penyerapan logam yang terdapat pada air. Kandungan lain dalam selulosa adalah zat pektin, zat pektin merupakan sumber dari media penyerapan dimana zat pektin mengandung gugus karboksilat yang membentuk senyawa kompleks apabila bereaksi dengan logam.

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data didapatkan hasil bahwa serbuk kulit pisang kepok merupakan adsorben terbaik dalam reduksi kadar besi pada air. Adsorpsi umumnya terjadi berdasarkan interaksi antara logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui pertukaran ion atau pembentukan kompleks.

Salah satu variabel yang mempengaruhi reduksi kadar besi yaitu dosis serbuk kulit pisang. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak dosis serbuk kulit pisang maka jumlah pori untuk menyerap logam juga akan semakin bertambah. Hasil membuktikan bahwa banyaknya jumlah pori yang tersedia memberikan ruang kepada adsorben untuk menyerap ion logam. Akan tetapi, banyaknya dosis tidak selalu berbanding lurus dalam penyerapan logam, hal tersebut berisiko menimbulkan kekeruhan pada air.

Variabel lain yang juga berpengaruh yaitu waktu kontak. Berdasarkan hasil penelitian, terjadi reduksi kadar besi yang dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak. Semakin lama waktu kontak yang diberikan, maka penyerapan logam akan semakin optimum, namun apabila waktu kontak yang diberikan terlalu cepat maka waktu untuk adsorben berinteraksi adsorbat akan berkurang.

Ion besi akan meningkat apabila O_2 rendah dan CO_2 tinggi. Sebaliknya, kelarutan besi akan menurun apabila O_2 tinggi dan CO_2 rendah. Konsentrasi yang tinggi dalam air dapat mengoksidasi kandungan besi, yang kemudian akan mengendap dalam air. Sementara jika kandungan dioksida yang tinggi dalam air akan meningkatkan keasaman, karena CO_2 dapat dengan mudah larut dalam air menjadi asam (H_2CO_3). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian bahwa ada pengaruh penambahan serbuk kulit pisang dengan variasi dosis dan waktu kontak

terhadap reduksi Fe secara statistik dimana nilai p -value = $0,002 < \text{nilai } \alpha = 0,05$.

SIMPULAN

Penelitian telah membuktikan bahwa kulit pisang merupakan bahan baku potensial untuk menurunkan Fe . Perlakuan terbaik pada jenis kulit pisang kepok, dengan dosis 30%, dan waktu kontak selama 6 jam, sebesar 69,66%. Uji statistik *two-way anova* menunjukkan ada pengaruh jenis kulit pisang dengan variasi dosis dan waktu kontak dalam reduksi Fe .

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Halim, E. S., & Al-Deyab, S. S. (2011). Removal of heavy metals from their aqueous solutions through adsorption onto natural polymers. *Carbohydrate Polymers*, *84*(1), 454–458.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.12.001>
- Abdi, C., Khair, R. M., & Saputra, M. W. (2016). 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), 8–15. <https://doi.org/10.20527/jukung.v1i1.1045>
- Afrianti, S. (2022). Rancangan Alat Penjernih Air Menggunakan Media Kombinasi Fiber Kelapa Sawit dan Arang Aktif. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, *10*(2), 249–263.
<https://doi.org/10.30605/perbal.v10i2.1848>
- Aruan, D. G. R. (2020). Analisa Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor Di Jalan Bakti Luhur Kelurahan Dwikora Medan. *JURNAL ANALIS LABORATORIUM MEDIK*, *5*(2), 10–12. Retrieved from <http://114.7.97.221/index.php/ALM/article/view/1598>
- BPS Provinsi Lampung. (2021). *Statistik Daerah Provinsi Lampung 2021*. Bandar Lampung: BPS Provinsi Lampung. Retrieved from <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- BPS RI. (2021). *Statistik Hortikultura 2021*. Jakarta - Indonesia: BPS RI. Retrieved from <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Febrina, A., & Astrid, A. (2014). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*, *7*(1), 36–44.
- Govint, A. M. (2017). Efektivitas Sekam Padi dan

- Kulit Pisang Kepok Sebagai Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air SUMUR di Desa Paya Lombang Kecamatan Tebing Tinggi Kabupaten Serdang Bedagai. *Skripsi*, 4–16.
- Ibrahim, A. (2016). *Penurunan Kadar Ion Besi (Fe²⁺) dalam Air Menggunakan Serbuk Kulit Pisang Kepok*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Iryani, D. A., Risthy, N. M., Resagian, D. A., Yuwono, S. D., & Hasanudin, U. (2017). Preparation and evaluation adsorption capacity of cellulose xanthate of sugarcane bagasse for removal heavy metal ion from aqueous solutions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65, 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012039>
- Jumiati, J., Susilawaty, A., & Armansyah, M. (2015). Peningkatan kualitas air sumur gali berdasarkan parameter besi (Fe) dengan pemanfaatan kulit pisang kepok di dusun Alekanrung desa Kanrung kabupaten Sinjai. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1(1), 60–66.
- Kementerian Kesehatan RI. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum. *Kementerian Kesehatan RI*, pp. 1–20. Jakarta-Indonesia, Indonesia.
- Khoramzadeh, E., Nasernejad, B., & Halladj, R. (2013). Mercury biosorption from aqueous solutions by Sugarcane Bagasse. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44(2), 266–269. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2012.09.004>
- Prambaningrum, W., Khabibi, K., & Djunaidi, M. C. (2009). Adsorpsi Ion Besi(III) dan Kadmium(II) Menggunakan Gel Kitosan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 12(2), 47–51. <https://doi.org/10.14710/jksa.12.2.47-51>
- Putra, I. P. K. A., Narwati, Hermiyanti, P., & Trisyanti, H. (2019). *Bioadsorben Kulit Pisang Kepok (Musa Acuminata L.) Dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Pada Larutan Pb*. 10(4), 1–7.
- S. D. Castro, R., Caetano, L., Ferreira, G., M. Padilha, P., J. Saeki, M., F. Zara, L., ... R. Castro, G. (2011). Banana Peel Applied to the Solid Phase Extraction of Copper and Lead from River Water: Preconcentration of Metal Ions with a Fruit Waste. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(6), 3446–3451. <https://doi.org/10.1021/ie101499e>
- Sembiring, M. T., & Sinaga, T. S. (2003). Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya). *USU Digital Library*, 1–9.
- Shih, Y.-J., Lin, C.-P., & Huang, Y.-H. (2013). Application of Fered-Fenton and chemical precipitation process for the treatment of electroless nickel plating wastewater. *Separation and Purification Technology*, 104, 100–105. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.11.025>
- Waluyo, U., Ramadhani, A., Suryadinata, A., & Cundari, L. (2020). Review: penjernihan minyak goreng bekas menggunakan berbagai jenis adsorben alami. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 70–79. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i2.588>
- Wan Ngah, W. S., & Hanafiah, M. A. K. M. (2008). Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresource Technology*, 99(10), 3935–3948. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.011>
- Yushananta, P., & Ahyanti, M. (2017). Risiko Fotoreaktivasi terhadap Kualitas Mikrobiologi Air Minum Isi Ulang. *Jurnal Kesehatan*, 8(2), 212. <https://doi.org/10.26630/jk.v8i2.482>
- Yushananta, P., & Ahyanti, M. (2022a). Novel Copolymer Cationic from Agroindustrial Waste using Microwave. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(E), 458–464. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8126>
- Yushananta, P., & Ahyanti, M. (2022b). Utilization of Banana Pith Starch From Agricultural Waste As A Cationic Coagulant. *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 7(1), 165–172. <https://doi.org/10.30604/jika.v7i1.856>
- Zhaafirah, H., Fitriyano, G., Ummul Habibah Hasyim, dan, Teknik Kimia, J., Teknik, F., Muhammadiyah Jakarta Jl Cempaka Putih Tengah, U., & Pusat, J. (2017). Limbah Kulit Pisang Kepok. *Prosiding Semnastek*, 0(0), 1–2.
- Zheng, L., & Meng, P. (2016). Preparation, characterization of corn stalk xanthates and its feasibility for Cd (II) removal from aqueous solution. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 58, 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.06.017>