

Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Ampas Tebu Diaktivasi Menggunakan Gelombang Mikro

Hendra Zalmi, Miftahul Khair*

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

*miftah@fmipa.unp.ac.id

Abstract – This research aims to produce activated carbon (AC) from low cost sugarcane bagasse by using green chemistry method of activation, microwave assisted activation. The bagasse was carbonized at 250 oC for 90 minutes and followed by microwave irradiation at 450 watts for 2 minutes. The moisture content obtained is 3.24%, vapor content is 1,97%, vapor content 9.96%, bonded carbon 88.07% and iodine number obtained is 836.94 mg / g that is more than the minimum number required by SNI (Indonesian National Standard) No. 06-3730-1995 for Activated Carbon. The FTIR spectra of the activated carbon shows the presence of –OH group at wave number 3350-3252 cm-1, C=C at wave number of 1570-1320 cm-1, C-O at wave number 1300-900 cm-1, and C-H at wave number of 995-670 cm-1. This implies that the presence of some functional groups on the graphene sheet of the Activated Carbon. The Rhodamin B adsorption capacity of 7.25mg / g was obtained at a concentration of 350 mg / L for 120 minutes mixing.

Key words - bagasse, mikrowave, activated carbon, green chemistry

I. PENGANTAR

Umum ampas tebu digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas, papan partikel, pakan ternak, dan pupuk. Namun pemanfaatannya sangat terbatas rendah nilai ekonomi dan kurang dimanfaatkan secara maksimal. Oleh karena itu ampas tebu dapat dijadikan salah satu alternatif lainnya diolah menjadi karbon aktif. Karbon aktif merupakan adsorben (penyerap) berupa material padatan dan berpori dengan kandungan karbon 85-90% yang di aktifkan dengan pemanasan pada suhu tinggi [1].

Ampas tebu salah satu bagian dari limbah tebu yang banyak dihasilkan. Ampas tebu mengandung selulosa (37,65%), hemiselulosa (30%), lignin (22,09%), pentosan (27,97%), SiO₂ (3,01%), abu (3,82%), dan sari buah. (1,81%) [2]. Ampas tebu yang mengandung selulosa dan lignin berpotensi untuk dijadikan sumber karbon aktif [3].

Karbon aktif adalah suatu adsorben yang terkenal, berwujud padatan dan berpori dengan kandungan karbon 85-90% dengan spesifikasi nilai proksimat dari Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995 seperti pada Tabel 1.

Microwave adalah salah satu dari bentuk energi elektromagnetik panjang gelombang antara 1 mm sampai 1 m yang sesuai dengan frekuensi antara 0,3 hingga 300 GHz. Oven microwave domestik beroperasi pada 2,45 GHz dengan panjang gelombang 12,25 cm. Microwave memiliki komponen gelombang listrik dan magnet. Komponen listrik dari medan elektromagnetik menyebabkan pemanasan dengan dua mekanisme utama: polarisasi dipolar dan konduksi ionik [4].

TABEL 1
STANDAR MUTU KARBON AKTIF
(SNI No 06-3730-1995)

| Kriteria | Persyaratan Kualitas | |
|--------------------|----------------------|---------------|
| | Butiran | Serbuk |
| Kadar air | Maks 4,5 % | Maks 15% |
| Kadar abu | Maks 2,5 % | Maks 10% |
| Kadar zat menguap | Maks 15 % | Maks 25% |
| kadar karbon | Maks 82,5 % | Min 65% |
| Kadar serap iodine | Min 750 mg/gram | Min 75mg/gram |

Pemanasan dengan Microwave lebih efisien dibandingkan pemanasan konvensional karena interaksi molekul dengan Microwave dapat menembus bahan baku secara cepat. Sintesis dengan bantuan microwave dapat mengurangi penggunaan reagen kimia secara berkelanjutan sehingga memenuhi prinsip kimia hijau (Green Chemistry) [5]. Pembuatan karbon aktif dari biomass seperti komponen ampas tebu dengan bantuan aktivator Microwave juga memperlihatkan hasil yang memuaskan [6].

Sebagai adsorben, karbon aktif berperan dalam proses adsorpsi logam dan zat warna organik yang biasa dihasilkan sebagai limbah industri, diantaranya seperti Rhodamin B [7]. Pewarna tersebut cukup berbahaya bagi tubuh seperti dapat menyebabkan iritasi, gangguan pencernaan, gangguan saluran pernapasan dan dapat memicu kanker

II. METODE PENELITIAN

A. Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya ampas tebu dari Kota Padang, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ teknis 0.1 N (merk EMSURE), I_2 0.1 N (merk EMSURE), larutan KI 0.1 N (merk EMSURE), kanji teknis 1%, rhodamin b dan aquades.

B. Alat yang digunakan

Peralatan gelas kimia laboratorium, oven, furnace, mikrowave, ayakan vibrator screen 100 mesh, neraca analitik, dan spektrofotometer FTIR (*Panalytical Expert Pro*).

C. Prosedur penelitian

1. Dehidrasi

Ampas tebu dicuci bersih dari pengotor. Dipotong berukuran $\pm 3\text{ cm}$ lalu dikeringkan selama 3 hari dan dioven pada temperatur 105°C sampai berat konstan.

2. Karbonisasi

Ampas tebu dikarbonisasi dengan variasi suhu 250°C , 300°C , 350°C , dengan waktu pemanasan 60, 70, 90, 105 menit. Karbon didinginkan dalam desikator dan dihaluskan menggunakan ayakan 100 mesh. Kemudian karbon diuji proksimat untuk memperoleh karbon optimum

3. Aktivasi

Hasil karbonisasi optimum diaktivasi menggunakan mikrowave dengan variasi daya dan waktu radiasi berturut-turut 150 watt, 300 watt, 450 watt dengan waktu 1, 2, 3, 4, 5 menit. Kemudian dicuci menggunakan aquades hingga netral atau warna filtrat bening. Setelah aktivasi dilakukan uji proksimat (rendemen, kadar air, kadar abu, kadar uap, karbon terikat dan bilangan iod) untuk mendapat karbon aktif optimum. karbon aktif optimum dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji karakteristik dengan uji proksimat

Tahap aktivasi bertujuan memperluas ukuran pori dan meningkatkan daya serap dikarenakan proses karbonisasi belum sempurna dan karbon belum memiliki daya serap yang optimal.

Karbon aktif ampas tebu dilakukan uji karakteristik untuk melihat kualitas karbon yang sudah diaktivasi menggunakan gelombang mikro dengan variasi daya dan waktu radiasi yang berupa rendemen, kadar air, kadar abu, kadar uap, karbon terikat, dan serap iod.

Uji kadar kadar air dilakukan untuk mengetahui tingkat higroskopis dan kandungan air pada karbon aktif. Kandungan kadar air harus bernilai rendah karena akan mempengaruhi daya serap karbon aktif sehingga dapat menurunkan daya serap. Kadar air terendah terdapat pada daya radiasi 450 watt waktu 5 menit sebesar 2.52% (Tabel 4). Kadar air berpengaruh terhadap pembentukan pori karbon. Semakin sedikit kadar air maka semakin banyak pori yang terbentuk karena sudah

terlepas dari senyawa karbon. Kadar air pada karbon aktif ampas tebu telah memenuhi syarat mutu karbon aktif SNI No 06-3730-1995 dengan kadar air maks 15%.

TABEL 2.
UJI KARAKTERISTIK KARBON AKTIF
DAYA AKTIVASI 150 WATT

| Waktu (Menit) | Rendemen (%) | Kadar Air (%) | Kadar Abu (%) | Kadar Uap (%) | Karbon Terikat (%) | Daya Serap Iod (mg/g) |
|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 94,64 | 3,85 | 1,82 | 19,30 | 78,88 | 342,10 |
| 2 | 94,56 | 3,77 | 2,18 | 13,20 | 84,61 | 531,95 |
| 3 | 93,98 | 3,72 | 1,91 | 13,52 | 84,56 | 570,86 |
| 4 | 93,75 | 3,48 | 1,31 | 13,32 | 85,38 | 405,94 |
| 5 | 92,82 | 3,02 | 3,02 | 12,10 | 85,97 | 545,49 |

TABEL 3.
UJI KARAKTERISTIK KARBON AKTIF
DAYA AKTIVASI 300 WATT

| Waktu (Menit) | Rendemen (%) | Kadar Air (%) | Kadar Abu (%) | Kadar Uap (%) | Karbon Terikat (%) | Daya Serap Iod (mg/g) |
|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 94,63 | 3,35 | 1,18 | 20,69 | 77,86 | 406,11 |
| 2 | 93,66 | 2,93 | 1,02 | 19,89 | 84,70 | 404,97 |
| 3 | 92,94 | 2,87 | 1,50 | 13,80 | 85,40 | 481,29 |
| 4 | 91,44 | 2,67 | 1,92 | 13,67 | 85,40 | 430,33 |
| 5 | 91,44 | 2,53 | 1,74 | 11,44 | 86,82 | 520,33 |

Uji kandungan abu bertujuan mengetahui kandungan logam oksida didalam karbon aktif yang berprinsip kadar abu yang tertinggal setelah hasil pembakaran karna senyawa penyusun karbon aktif tidak hanya terdiri dari karbon saja tetapi juga mengandung mineral-mineral lain seperti Kalium, Natrium, Magnesium dan Kalsium. Adannya abu dapat berpengaruh terhadap kualitas karbon dikarenakan abu bertindak sebagai pengotor dalam pori-pori karbon.

Kadar abu tertinggi yang terdapat pada karbon dengan aktivasi pada daya radiasi 450 Watt selama 4 menit sebesar 2.22% (Tabel 4) dan kadar abu terendah pada daya radiasi 300 Watt selama 2 menit sebesar 1.02 % (Tabel 3) dan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia NO 06-3730-1995.

Pengujian kadar zat mudah menguap yang dilakukan untuk menentukan jumlah kandungan senyawa belum teruapkan saat proses aktivasi menguap pada suhu 260°C . Senyawa mudah menguap pada karbon aktif adalah air, karbon terikat, abu, sulfur, dan nitrogen. Kadar zat uap tertinggi pada daya radiasi 300 Watt waktu 1 menit sebesar 20.96% (Tabel 3) dan kadar zat uap terendah pada daya radiasi 450 Watt waktu menit sebesar 9.07% (Tabel 4) dan telah memenuhi SNI NO 06-3730-1995.

TABEL 4.
UJI KARAKTERISTIK KARBON AKTIF
DAYA AKTIVASI 450 WATT

| Waktu (Menit) | Rendemen (%) | Kadar Air (%) | Kadar Abu (%) | Kadar Uap (%) | Karbon Terikat (%) | Daya Serap Iod (mg/g) |
|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 93,52 | 3,48 | 2,00 | 10,28 | 87,72 | 684,76 |
| 2 | 92,74 | 3,24 | 1,97 | 9,96 | 88,07 | 836,93 |
| 3 | 90,99 | 3,83 | 1,81 | 14,46 | 83,73 | 799,21 |
| 4 | 90,29 | 2,75 | 2,22 | 9,16 | 88,81 | 773,22 |
| 5 | 90,27 | 2,52 | 2,00 | 9,07 | 88,92 | 835,93 |

Kadar karbon adalah kuantitas karbon murni yang terikat didalam karbon aktif. kandungan karbon murni dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat menguap. Kadar karbon terikat tertinggi terdapat pada daya radiasi 450 Watt waktu 5 menit sebesar 88.9264% (Tabel 4) dan kadar karbon terikat terendah terdapat pada daya radiasi 300 watt waktu 1 menit sebesar 77.863% (Tabel 3). Hasil tersebut telah memenuhi SNI NO 06-3730-1995.

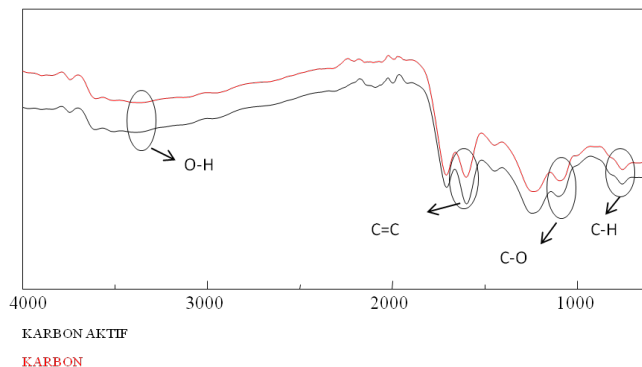
Selanjutnya uji daya serap karbon aktif yang bertujuan menunjukkan besarnya bilangan iod (*iod number*) yaitu kemampuan suatu adsorben untuk menyerap iod atau menunjukkan pembentukan lebih banyak situs pori-pori aktif di dalam dan di permukaan sampel. Daya serap tertinggi terdapat pada daya 450 watt waktu 2 menit sebesar 836.93 mg/g (Tabel 4).

Daya dan waktu radiasi gelombang mikro sangat berpengaruh terhadap pembentukan karbon aktif untuk menyerap suatu adsorbat. Besar kecilnya daya serap iod dipengaruhi pada karbon terikat karena semakin kecil kadar uap dan abu maka akan terbentuk struktur karbon yang banyak. Semakin tinggi daya dan waktu radiasi maka semakin meningkat daya serap iod dan sebaliknya (Özhan et al., 2014). Kadar serap iod karbon aktif telah memenuhi Standar Nasional Indonesia NO 06-3730-1995.

Kemampuan gelombang mikro bekerja pada momen dipol. Interaksi gelombang mikro dengan dipol molekul menghasilkan rotasi dipol dan disipasi energi dalam bentuk panas. Mekanisme pemanasan utama kedua adalah ionik konduksi. Ion-ion terlarut beresilasi bolak-balik di bawah pengaruh gelombang mikro sehingga terjadi tabrakan dengan molekul air menyebabkan gerakan yang menghasilkan panas [8].

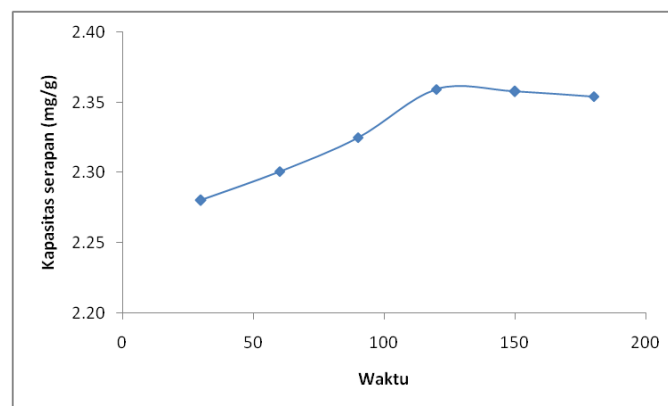
B. Uji karakterisasi dengan FTIR

Karakterisasi FTIR menunjukkan gugus fungsi dan jenis ikatan pada karbon dari limbah ampas tebu hasil dari karbonisasi dan karbon aktif hasil aktivasi dari karbonisasi optimum menggunakan gelombang mikro.



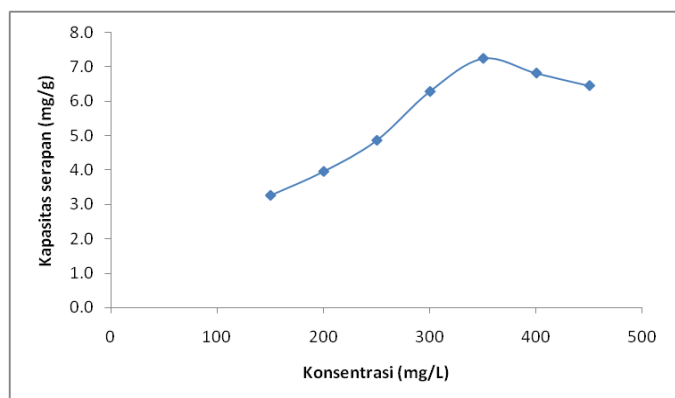
Gambar 1. Spektra FTIR Karbon Aktif Ampas Tebu

Spektra FTIR menunjukkan bilangan gelombang 3350-3252 cm^{-1} diduga gugus fungsi OH (*Stretching*) dari kandungan selulosa dan lignin, bilangan gelombang 1300-900 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi CO, pada bilangan gelombang 1570-1320 cm^{-1} , menunjukkan gugus fungsi C=C aromatik dari lignin, dan bilangan gelombang 995- 670 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C-H bonding dari hemiselulosa. Hasil spektra secara teoritis karbon aktif mengandung gugus fungsional -OH, C=C, dan C-O [9] dan memiliki kemiripan dengan aktivasi menggunakan perkursor H_3PO_4 60% [10]



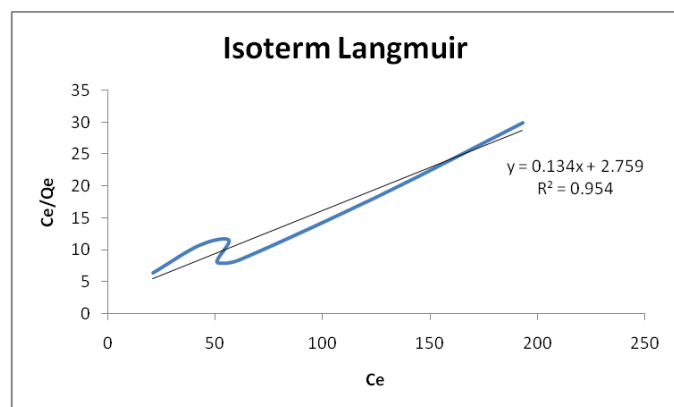
Gambar 2. Pengaruh waktu kontak

Gambar menunjukkan adanya peningkatan kapasitas serapan dari menit 30 sampai menit 120 dikarenakan besarnya interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Diketahui menit 120 mengalami kesetimbangan situs aktif adsorben yang digunakan sehingga tidak mampu lagi mengadsorpsi zat warna rhodamin b. Sedangkan pada menit ke 150 mengalami penurunan kapasitas serapan pada waktu interaksi selanjutnya. Kondisi optimum didapatkan pada menit ke 120 dengan kapasitas sebesar 2.3594828 mg/g.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi

Gambar 4 menunjukkan pengaruh konsentrasi terhadap daya serap karbon aktif ampas tebu. Pada pola tersebut terjadinya peningkatan adsorpsi zat warna rhodamin b dari konsentrasi 150 mg/L hingga 350 mg/L karena belum tercapainya titik kesetimbangan. Pada konsentrasi 400 mg/L terjadi penurunan kapasitas serapan oleh karbon aktif dikarenakan telah terjadinya kesetimbangan antara adsorben dengan adsorbat. Semakin kecil konsentrasi zat warna maka semakin sedikit pula permukaan karbon aktif yang tertutup oleh zat warna sehingga pada yang lebih tinggi kemungkinan permukaan karbon aktif yang tertutup zat warna lebih banyak sehingga tercapai keadaan jenuh yaitu karbon tidak dapat menyerap lagi zat warna karena permukaan karbon telah jenuh. Kondisi optimum adsorpsi rhodamin b didapatkan pada konsentrasi 350 mg/L dengan kapasitas serapan 7.251724 mg/g.



Gambar 4. Kurva Isoterm Langmuir

Berdasarkan gambar 5 adsorpsi yang terjadi yaitu mengikuti isotherm langmuir karena koefisien korelasi mendekati 1. Dalam penelitian didapatkan persamaan $y = 0.134x - 2.759$ dan $R^2 = 0.954$. Pada isotherm Langmuir terjadi proses adsorpsi antara adsorben berupa karbon aktif dengan zat warna pada permukaan adsorben yang homogen dan membentuk satu lapisan (monolayer) karena adanya porositas yang terdapat pada karbon aktif [11].

IV. KESIMPULAN

1. Karbon aktif ampas tebu didapatkan aktivasi pada daya 450 watt selama 2 menit menggunakan microwave.
2. Sintesis karbon aktif ampas tebu diaktivasi menggunakan microwave memenuhi Standar Nasional Indonesia NO 06-3730-1995.
3. Adsorpsi karbon aktif terhadap zat warna rhodamin b didapatkan kondisi optimum pada konsentrasi 350 mg/L, waktu 120 menit yang memiliki kapasitas serapan sebesar 7.251724 mg/g.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada bapak pembimbing, bapak/ibu di Laboratorium Kimia UNP dan rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam penulisan artikel ini.

REFERENSI

- [1] Y. Hendrawan, S. M. Sutan, and R. K. Y. R., "Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) Menggunakan Activating Agent NaCl," vol. 5, no. 3, pp. 200–207, 2017.
- [2] N. Herawaty, R. Rifdah, and M. A. Pratama, "Pembuatan Biogasoline Dari Limbah Ampas Tebu Dan Eceng Gondok Dengan Proses Thermal Catalytic," *J. Distilasi*, vol. 2, no. 2, p. 15, 2018, doi: 10.32502/jd.v2i2.1148.
- [3] E. F. Mohamed, M. A. El-Hashemy, N. M. Abdel-Latif, and W. H. Shetaya, "Production of sugarcane bagasse-based activated carbon for formaldehyde gas removal from potted plants exposure chamber," *J. Air Waste Manag. Assoc.*, vol. 65, no. 12, pp. 1413–1420, 2015, doi: 10.1080/10962247.2015.1100141.
- [4] J. Zhao *et al.*, "Microwave Solvothermal Fabrication of Zirconia Hollow Microspheres with Different Morphologies Using Pollen Templates and Their Dye Adsorption Removal," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 57, no. 1, pp. 231–241, 2018, doi: 10.1021/acs.iecr.7b04000.
- [5] S. Belwal, "Green Revolution in Chemistry by Microwave Assisted Synthesis: A Review," *Mod. Chem.*, vol. 1, no. 3, p. 22, 2013, doi: 10.11648/j.mc.20130103.11.
- [6] M. Taufik, T. S. D. Kasih, and M. Khair, "Pembuatan Karbon Aktif Secara Kimia Hijau Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit (Elaeis guineensis) Dengan Aktivator Microwave," *Periodic*, vol. 10, no. 1, pp. 40–44, 2021.
- [7] Z. HE, S. YANG, Y. JU, and C. SUN, "Microwave photocatalytic degradation of Rhodamine B using TiO₂ supported on activated carbon: Mechanism implication," *J. Environ. Sci.*, vol. 21, no. 2, pp. 268–272, 2009, doi: 10.1016/S1001-0742(08)62262-7.
- [8] A. B. Namazi, "Microwave-assisted Production of Activated Carbon from Pulp Mill Sludge with White Liquor Microwave-assisted Production of Activated Carbon from Pulp Mill Sludge with White Liquor," 2014.
- [9] M. F. P. Sari, P. Loekitowati, and R. Mohadi, "Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket," *J. Nat. Resour. Environ. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 37–40, 2017, doi: 10.19081/jpsl.2017.7.1.37.
- [10] F. Ghorbani, S. Kamari, S. Zamani, S. Akbari, and M. Salehi, "Optimization and modeling of aqueous Cr(VI) adsorption onto activated carbon prepared from sugar beet bagasse agricultural waste by application of response surface methodology," *Surfaces and Interfaces*, vol. 18, no. October 2019, p. 100444, 2020, doi: 10.1016/j.surfin.2020.100444.
- [11] H. B. Sharma, S. Panigrahi, A. K. Sarmah, and B. K. Dubey, "Jo ur na l P re of," *Sci. Total Environ.*, p. 135907, 2019, doi: 10.1016/j.rinma.2021.100183.