

## ACTIVATED CARBON FROM PLANTAIN STEMS AS NO<sub>2</sub><sup>-</sup> AND Mn<sup>2+</sup> ADSORBENT ON WELL WATER

Betsy Felita, Cucun Alep Riyanto\*, Yohanes Martono

*Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana  
Jalan Diponegoro 52-60 Salatiga, Jawa Tengah 50711*

\*E-mail: cucun.riyanto@uksw.edu

Received: 20 Agustus 2020. Accepted: 09 Januari 2021. Published: 30 Januari 2021

DOI: 10.30870/educhemia.v6i1.8887

**Abstract:** Waste contamination in the environment can't be avoided in water, even though water is the main necessity for living things. Contaminants that are too high such as nitrites and manganese will have a negative impact if consumed continuously. In this research, the synthesis of activated carbon from Plantain stems as an adsorbent for nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) and manganese (Mn<sup>2+</sup>) contaminants has been carried out. Synthesis of activated carbon from Plantain stem (ACPS) was carried out with a carbon: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> impregnation ratio of 1:6 (w/w) and heating using a furnace at 600 oC for an hour. Characterization of ACPS using an Infrared Spectrophotometer showed the presence of functional groups C-H, C = H, C≡C, C-O, P-O, and C-NH<sub>3</sub><sup>+</sup> or P-H bonds. The results of characterization by XRD showed that the ACPS was amorphous but little crystalline. In the adsorption study, the adsorption isotherms of ACPS on NO<sub>2</sub><sup>-</sup> and Mn<sup>2+</sup> ions followed the Redlich-Peterson isotherm with R<sup>2</sup> values of 0.9968 and 0.4753, respectively. The adsorption kinetics of ACPS on NO<sub>2</sub><sup>-</sup> and Mn<sup>2+</sup> ions followed the Diffusion Intraparticle model with R<sup>2</sup> values of 0.8585 for NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ions and Pseudo Second Order with R<sup>2</sup> values of 0.9482 for Mn<sup>2+</sup> ions. In the study of the adsorption efficiency of NO<sub>2</sub><sup>-</sup> and Mn<sup>2+</sup> ions using ACPS on well water in the Guyangan Jepara villages, it was found that the reduction efficiency was 15%, only at NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ion levels.

**Keywords:** Activated carbon; Isotherm; Kinetics; Plantain stem

**Abstrak:** Kontaminasi limbah pada lingkungan tidak dapat dihindarkan dalam air, padahal air merupakan kebutuhan utama bagi makhluk hidup. Kadar kontaminan yang terlalu tinggi seperti nitrit dan mangan akan memberikan dampak buruk jika dikonsumsi terus-menerus. Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis karbon aktif dari batang pisang Raja sebagai adsorben kontaminan nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) dan mangan (Mn<sup>2+</sup>). Sintesis karbon aktif dari batang pisang raja (BPR) dilakukan dengan rasio impregnasi karbon: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yaitu 1:6 (b/b) dan pemanasan menggunakan *furnace* pada suhu 600°C selama 1 jam. Karakterisasi karbon aktif BPR dengan Spektrofotometer Infra Merah menunjukkan adanya kelompok gugus fungsional C-H, C=H, C≡C, C-O, P-O, dan C-NH<sub>3</sub><sup>+</sup> atau ikatan P-H. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa karbon aktif BPR bersifat *amorf* namun sedikit kristal. Dalam studi adsorpsi, isoterm adsorpsi dari karbon aktif BPR pada ion NO<sub>2</sub><sup>-</sup> dan Mn<sup>2+</sup> mengikuti isoterm Redlich-Peterson dengan nilai R<sup>2</sup> masing-masing 0,9968 dan 0,4753. Kinetika adsorpsi dari karbon aktif BPR

pada ion  $\text{NO}_2^-$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  mengikuti pemodelan Difusi Intrapartikel dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,8585 untuk ion  $\text{NO}_2^-$  dan Pseudo Orde 2 dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,9482 untuk ion  $\text{Mn}^{2+}$ . Pada kajian efisiensi adsorpsi ion  $\text{NO}_2^-$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  menggunakan karbon aktif BPR pada air sumur di desa Guyangan Jepara, diperoleh efisiensi penurunan sebesar 15%, hanya pada kadar ion  $\text{NO}_2^-$ .

**Kata kunci:** Batang pisang Raja; Isoterm; Karbon aktif; Kinetika

---

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan lingkungan hidup menghasilkan berbagai jenis limbah, baik limbah mikroorganisme organik maupun anorganik. Kontaminasi air limbah pada lingkungan tidak dapat dihindarkan dalam aliran air. Hasil analisis pada sampel air di dusun Mbacak, Guyangan Jepara dengan Spektrofotometer HACH didapatkan kandungan ion  $\text{Mn}^{2+}$  dan  $\text{NO}_2^-$  sebesar 4 mg/L dan 0,85 mg/L. Hasil tersebut berada di atas standard air WHO (*World Health Organization*) pada tahun 2011 yaitu sebesar 0,4 mg/L dan 0,2 mg/L (Agustini, 2017). Kandungan ion di atas standar tersebut dapat memberikan dampak buruk bagi tubuh diantaranya efek neurologi dan methemoglobinemia (Ashar, 2007; Prabowo, 2001).

Upaya peningkatan kualitas air dapat dilakukan menggunakan membran seperti *ultrafiltrasi* (UF), *nanofiltrasi* (NF) dan *reverse osmosis* (RO). Namun hal tersebut memiliki biaya operasional yang sangat tinggi serta tidak sesuai dengan kondisi wilayah lokal di Jepara (Agustiono *et al.*, 2006). Saat ini, mulai dikembangkan

penggunaan karbon aktif dari sumber daya alam berbiaya rendah untuk mengurangi kontaminan dalam air. Banyak penelitian telah mengembangkan limbah pertanian menjadi karbon aktif murah dan berkinerja tinggi. Limbah pertanian diaktifkan dengan beberapa sifat seperti luas permukaan yang besar, gugus fungsi yang beragam, porositas yang tinggi terhadap adsorpsi dan berbagai racun baik organik dan anorganik, sehingga karbon aktif dari limbah pertanian dapat menggantikan karbon komersial (Thuan *et al.*, 2016).

Tanaman pisang sebagai tanaman tropis sangat mudah ditemui serta menghasilkan limbah yang besar karena hanya dapat berbuah satu kali dan memiliki dampak merugikan jika tidak diolah terlebih dahulu, salah satunya limbah batang pisang. Serat batang pisang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben alami dalam penjernihan air. Batang pisang memiliki komposisi kering antara lain protein kasar 3,4%; serat kasar 31,4%; selulosa 34,6%; hemiselulosa

15,5%; dan lignin 6% (Mohapatra *et al.*, 2010; Rohmah, 2016).

Beberapa penelitian terdahulu diantaranya limbah kulit pisang digunakan dalam karbon aktif dapat mengadsorpsi berbagai jenis pewarna seperti *methylene blue* dan rhodamin B dengan penjerapan optimal 80 – 93% (Ahamad *et al.*, 2018; Lantang *et al.*, 2017; Sial *et al.*, 2018; Wong *et al.*, 2018) dan pada logam seperti ion Zn(II) dan Cr(VI) memiliki kapasitas adsorpsi 0,2 – 1,5 mg/g (Mega Elfia & Sepryani, 2018; Yuliono *et al.*, 2014). Karbon aktif dari sumber tanaman pisang memiliki potensi sebagai adsorben pada air yang terkontaminasi logam berat seperti  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , dan  $\text{Pb}^{2+}$  (Thuan *et al.*, 2016). Akan tetapi, pemakaian tersebut masih terbatas pada larutan baku yang dibuat dengan kadar yang diinginkan, sehingga belum diterapkan langsung pada air yang ada di lingkungan masyarakat.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, belum ada penelitian terkait karbon aktif dari batang pisang yang diterapkan langsung pada sampel air. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan kajian pembuatan karbon aktif dari batang pisang jenis pisang Raja sebagai adsorben ion  $\text{NO}_2^-$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  serta efisiensi karbon aktif dari batang pisang

Raja dalam upaya peningkatan kualitas air di Desa Guyangan Jepara.

## METODE

### *Waktu dan Tempat Penelitian*

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2019 – Februari 2020 di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana.

### *Bahan dan Piranti*

Sampel batang pisang Raja diperoleh dari Prigen Tegalsari Ampel Boyolali. Akuades diperoleh dari Laboratorium Kimia FSM UKSW. Bahan kimia yang digunakan adalah  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85%,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$  16 M,  $\text{NaOH}$  1 M,  $\text{HCL}$  6 M,  $\text{MnSO}_4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$ , N-(1 Naftil) Etilendiamin Hidroklorida,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  18 M,  $\text{HNO}_3$  16 M, dan  $\text{NaIO}_4$ . Semua bahan kimia yang digunakan berderajat PA (*Pro-Analysis*) diperoleh dari E-Merck Germany.

Piranti yang digunakan diantaranya neraca dengan ketelitian 0,01 g (Ohaus TAJ601), neraca analitis dengan ketelitian 0,1 mg (Ohaus PA204), pH meter (Hanna HI 9812), *furnace* (Vulcan A-550), vakum Buchner, Spektrofotometer Inframerah (FT-IR Shimadzu 8201 PC, Universitas Gadjah Mada), Difraktometer Sinar-X (XRD PANalytical X'Pert Pro,

Universitas Negeri Malang) Spektrofotometer HACH (DR2700), Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu mini 1240) dan seperangkat alat kaca.

**Preparasi Sampel** (*Jubilate et al., 2016; Shamsuddin et al., 2016 yang dimodifikasi*)

Batang pisang Raja (BPR) dipotong kecil-kecil dan dikeringkan (di bawah sinar matahari langsung dan dilanjutkan pengeringan oven pada suhu 110°C selama 24 jam). Setelah kering sampel dihaluskan dan diayak dengan ayakan 30 *mesh*. Sampel yang sudah diayak lalu dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada suhu 400°C selama 1 jam. Karbon yang dihasilkan diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 30% dengan rasio impregnasi 1:6 (b/b) selama 24 jam. Sampel padat yang diperoleh disaring dan dihidrasi selama 24 jam lalu dimasukkan *furnace* pada suhu 600°C selama 1 jam. Karbon aktif yang diperoleh dicuci dengan NaOH 1,0 M dan dibilas dengan akuades hingga pH 6-7. Hasil karbon aktif dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C dan disimpan.

### **Karakterisasi Sampel**

Karakterisasi yang dilakukan adalah analisis gugus fungsional dari karbon aktif BPR menggunakan spektrofotometer FTIR pada bilangan gelombang 4000-400

cm<sup>-1</sup>. Sifat kristal dianalisis menggunakan Difraktometer Sinar X.

**Analisa kadar** (*M.C.Rano et al., n.d.; Romsiah & Meidalena, 2017 yang dimodifikasi*)

Kadar NO<sub>2</sub><sup>-</sup> dianalisa dengan cara mereaksikan 10 mL larutan baku NaNO<sub>2</sub> ditambahkan 0,2 mL C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S lalu didiamkan selama 5 menit dan tambahkan 0,2 mL N-(1 Naftil) Etilendiamin Hidroklorida biarkan selama 10 menit. Deteksi kadar dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 543 nm.

Kadar Mn<sup>2+</sup> dianalisa dengan cara mereaksikan 5 mL larutan baku MnSO<sub>4</sub>•H<sub>2</sub>O, ditambahkan 0,5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lalu didiamkan hingga suhu ruangan, dilanjutkan penambahan 0,5 mL HNO<sub>3</sub> dan 0,5 mL H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dipanaskan pada suhu 90°C selama 5 menit. Ditambahkan IO<sub>4</sub> dan dipanaskan kembali 10 menit. Sampel yang telah mencapai suhu ruangan dideteksi kadar dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 524 nm.

**Isoterm dan kinetika adsorpsi** (*Danish et al., 2018; Zhang et al., 2018 yang dimodifikasi*)

Kajian isoterm adsorpsi dilakukan dengan menyiapkan larutan NaNO<sub>2</sub> disiapkan pada kadar 0,1 – 0,3 mg/L dan diambil masing-masing 25 mL untuk diaduk dengan 1 mg karbon aktif BPR

selama 30 menit dan diukur kadarnya dengan spektrofotometer UV-Vis. Larutan  $\text{MnSO}_4$  disiapkan pada kadar 20 – 40 mL/L dan diambil masing-masing 25 mL untuk diaduk dengan 1 mg karbon aktif BPR selama 40 menit dan diukur kadarnya dengan spektrofotometer UV-Vis.

Kajian kinetika adsorpsi dilakukan dengan menyiapkan sejumlah 25 mL  $\text{NaNO}_2$  dengan konsentrasi 0,25 mg/L ditambahkan 1 mg karbon aktif BPR lalu diaduk pada variasi waktu 1 – 10 menit dan dilanjutkan pengukuran kadar dengan spektrofotometer UV-Vis. Sejumlah 25 ml  $\text{MnSO}_4$  dengan konsentrasi 30 mg/L ditambahkan 1 mg karbon aktif BPR lalu diaduk pada variasi waktu 10 – 40 menit dan dilanjutkan pengukuran kadar dengan spektrofotometer UV-Vis.

#### ***Analisa Kadar Air Sumur***

Sampel air sumur dari dusun Mbacak, Guyangan Jepara disiapkan dan diuji kadar awal. Sampel air disiapkan masing-masing 5 mL dan ditambahkan 1 mg karbon aktif BPR lalu diaduk selama 8 menit untuk penentuan kadar  $\text{NO}_2^-$  dan 10 menit untuk penentuan kadar  $\text{Mn}^{2+}$  lalu dilanjutkan pengukuran kadar dengan Spektrofotometer HACH (DR2700).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

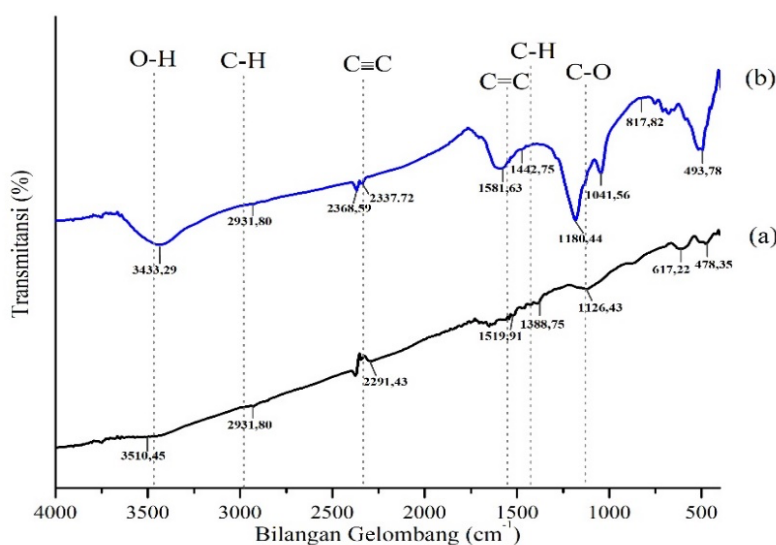
### ***Fourier Transform Infrared (FTIR)***

**Gambar 1** menunjukkan perbandingan spektra FTIR antara karbon aktif BPR dengan karbon aktif standar (komersial). Spektra karbon aktif BPR dan standar mengalami beberapa pergeseran dalam deteksi. Pergeseran dipengaruhi oleh lokasi C-H serta kerapatan elektron dari ikatan dalam karbon (Coates, 2004).

Pada bilangan gelombang 3650-3250  $\text{cm}^{-1}$  merupakan vibrasi O-H yang menunjukkan adanya hidrat dalam karbon, kemudian diikuti oleh beberapa bilangan gelombang area *fingerpint* (sidik jari). Area *fingerpint* merupakan area yang kompleks sehingga kurang digunakan dalam identifikasi namun dapat mendukung identifikasi pada bilangan gelombang 4000-1500  $\text{cm}^{-1}$  (Nandiyanto *et al.*, 2019). Serapan pada bilangan gelombang 2937-2931  $\text{cm}^{-1}$  menandakan adanya *stretching* C-H (Amel *et al.*, 2012). Serapan pada bilangan gelombang 2500-2000  $\text{cm}^{-1}$  memiliki perbedaan antara hasil karbon aktif standar dan karbon aktif BPR dengan munculnya dua puncak pada rentang ini. Serapan pada bilangan gelombang 2337-2291  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi  $\text{C}\equiv\text{C}$ , namun puncak lain pada 2368  $\text{cm}^{-1}$  memungkinkan adanya ikatan  $\text{C-NH}_3^+$  atau ikatan P-H

dalam karbon aktif BPR. Serapan pada bilangan gelombang 1581  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi grup C=C karboksilat. Serapan pada bilangan gelombang 1387-1377  $\text{cm}^{-1}$  adalah peregangan vibrasi OH, dapat dilihat adanya pergeseran puncak serapan antara karbon aktif standar dan karbon aktif BPR (Yorgun & Yildiz, 2015). **Gambar 1(b)** menunjukkan munculnya puncak baru

pada bilangan gelombang 1180 dan 1041  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan C-O dan ikatan C-O atau P-O. Vibrasi dari P-O atau P-H mewakili interaksi aktivator dengan molekul prekursor karena aktivator tidak dapat dihilangkan secara efektif oleh langkah pencucian sederhana (Hadoun *et al.*, 2013; Yorgun & Yildiz, 2015).



**Gambar 1.** Spektra FTIR karbon aktif: a) standard (komersial) dan b) BPR

### *X-ray Diffraction (XRD)*

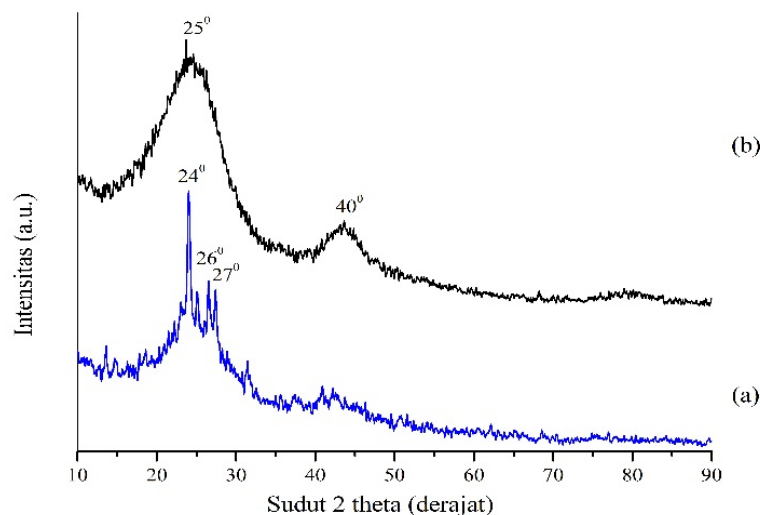
XRD merupakan teknik analisa untuk identifikasi struktur atomik kristal (Roller, 2011). Pada dasarnya karbon berbentuk *amorf* dengan sedikit karakter kristal namun tidak memiliki keteraturan kisinya. Tinggi rendahnya puncak dipengaruhi oleh proses aktivasi (Zhou *et al.*, 2017).

**Gambar 2b** memiliki puncak difraksi pada sudut  $2\theta = 25^\circ$  dan  $40^\circ$ , hasil ini

menunjukkan sifat karbon *amorf* dari karbon aktif. Puncak utama kristalinitas selulosa ditemukan sekitar  $25^\circ$  dan lemah pada sekitar  $40^\circ$  yang mencirikan bidang kristalografi selulosa (Ab *et al.*, 2017). Jika dibandingkan dengan Gambar 2a terlihat beberapa puncak tajam pada sudut  $2\theta = 24^\circ$ ,  $26^\circ$ , dan  $27^\circ$ . Hasil tersebut menunjukkan adanya residu pengaktif yaitu garam fosfat yang belum

sepenuhnya dilepaskan dalam proses pencucian. Sehingga, adanya residu tersebut diperkirakan akan menyebabkan tertutupnya pori karbon. Indeks bidang grafik yang tidak teratur dengan struktur karbon *amorf* juga dilaporkan oleh Kristianto, (2017) pada aktivasi

menggunakan  $\text{ZnCl}_2$ . Jika karbon aktif BPR dibandingkan dengan standar, terlihat adanya kemiripan pola sifat *amorf* karbon aktif, namun untuk karbon aktif BPR masih terdapat puncak-puncak tajam akibat adanya residu pengaktif yang terdeteksi.



**Gambar 2.** Difraktogram karbon aktif: a) BPR dan b) standard (komersial)

### ***Isoterm Adsorpsi Karbon Aktif BPR pada ion $\text{NO}_2^-$ dan $\text{Mn}^{2+}$***

Pemodelan isoterm adsorpsi merupakan zat terlarut yang terjerap per unit tiap adsorben dilakukan dengan variasi kadar dengan waktu yang konstan. Pemodelan tertentu diperlukan untuk menghasilkan korelasi dalam eksperimen (Batoool *et al.*, 2018). Pemodelan isoterm adsorpsi digunakan dalam penggambaran interaksi antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben untuk mengoptimalkan penggunaan adsorben

(Riyanto & Prabalaras, 2019). Hasil identifikasi adsorpsi ion  $\text{NO}_2^-$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  pada karbon aktif BPR diplotkan ke dalam beberapa pemodelan antara lain Langmuir, Redlich Peterson, Elovic, dan Jovanovic. Persamaan Isoterm yang digunakan sebagai berikut:

Isoterm Langmuir:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} \times K_L} + \frac{C_e}{q_{\max}} \quad (1)$$

Dimana  $C_e$  adalah konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) (Danish *et al.*, 2018). Tetapan Langmuir terkait

dengan kapasitas adsorpsi/  $K_L$  ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), berkorelasi dengan variasi area yang sesuai dengan porositas adsorben.  $R_L$  nilai menunjukkan adsorpsi menjadi tidak menguntungkan ketika  $R_L > 1$ , linier ketika  $R_L = 1$ , menguntungkan ketika  $0 < R_L < 1$ , dan ireversibel ketika  $R_L = 0$ , karakteristik isoterm Langmuir yaitu:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (2)$$

$R_L$  dikorelasikan dengan variasi area yang sesuai dengan porositas adsorben.

Isoterm Redlich-Peterson:

$$\ln \frac{C_e}{q_e} = \beta \ln C_e - \ln A \quad (3)$$

$A$  adalah konstanta Redlich-Peterson ( $\text{L}\cdot\text{g}^{-1}$ ),  $\beta$  adalah eksponen,  $C_e$  adalah konsentrasi fase-cair kesetimbangan dari adsorben ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), dan  $q_e$  adalah pemuatan adsorbat setimbang pada adsorben ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) (Ayawei *et al.*, 2017).

Isoterm Elovic:

$$\ln \frac{q_e}{C_e} = \ln K_e q_m - \frac{q_e}{q_m} \quad (4)$$

$K_e$  merupakan konstanta Elovic dan  $q_m$  merupakan adsorpsi maksimal, dapat dihitung dengan plot ( $q_e/C_e$ ) vs  $q_e$  (Ayawei *et al.*, 2017).

Isoterm Jovanovic:

$$\ln q_e = \ln q_{\max} - K_J C_e \quad (5)$$

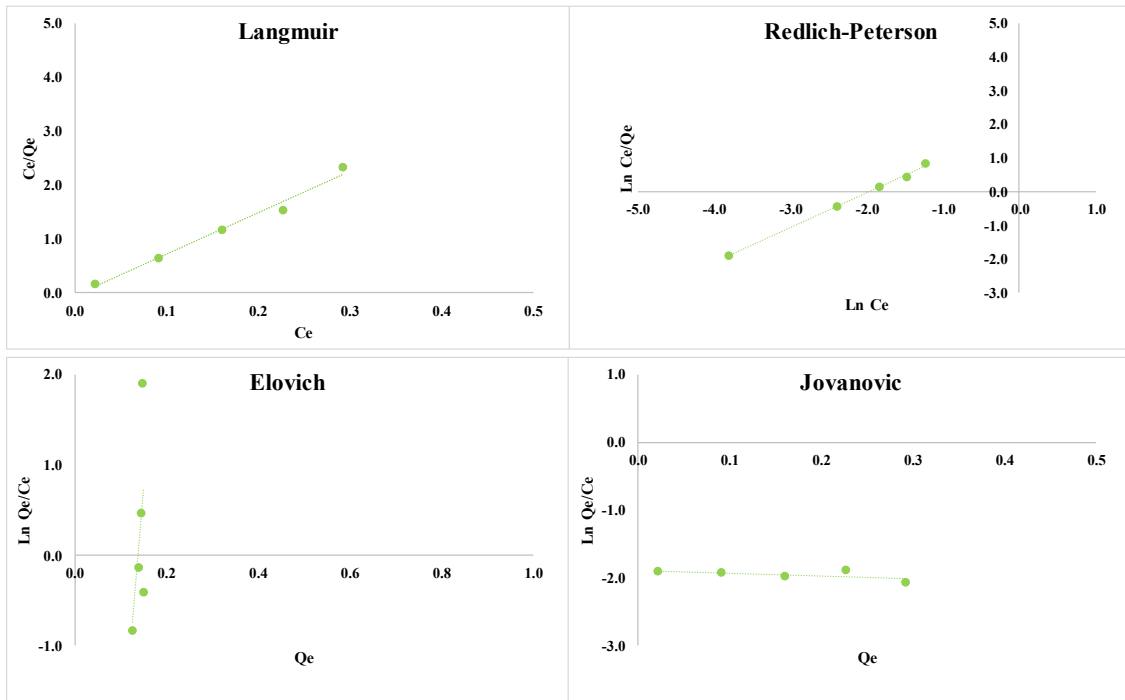
$q_e$  adalah jumlah adsorbat saat kesetimbangan dan  $q_{\max}$  merupakan jumlah maximum dalam proses penyerapan (Ayawei *et al.*, 2017).

**Gambar 3** dan **Gambar 4** menunjukkan plot adsorpsi ion  $\text{NO}_2^-$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  pada karbon aktif BPR, dimana konstanta isoterm ditentukan dengan koefisien relasi ( $R^2$ ) di **Tabel 1**. Pemodelan dengan koefisien tinggi dianggap paling cocok mewakili data adsorpsi (Khanna, 2018). Semakin tinggi  $R^2$  menunjukkan adanya hubungan antara dua variabel (Kaushal & Singh, 2017).

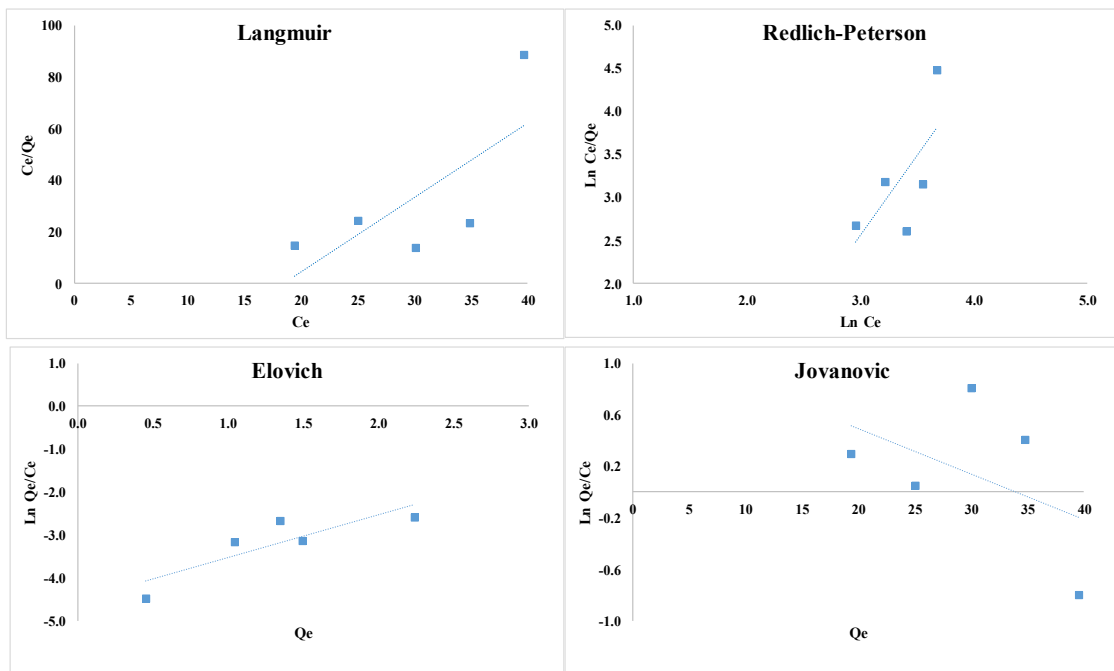
**Tabel 1.** Parameter pemodelan isoterm adsorpsi

Model	Parameter	ion	
		$\text{NO}_2^-$	$\text{Mn}^{2+}$
Langmuir	$q_{\max}(\text{mg/g})$	0,1296	0,3479
	$K_L(\text{mg/g})$	-112,1483	-0,0543
	$R^2$	0,9822	0,5247
Redlich-Peterson	$\beta(\text{mgL}^{-1})$	1,0343	1,8583
	$A(\text{Lg}^{-1})$	0,1309	20,8093
	$R^2$	0,9968	0,4753
Elovic	$q_m(\text{mg/g})$	-0.0162	-1.0142
	$K_E$	-	85,6955
	$R^2$	0.3033	0.7259
Jovanovic	$q_{\max}(\text{mg/g})$	-0,4006	-0,0354
	$K_J$	0,1502	33,251
	$R^2$	0,3808	0.2199





Gambar 3. Pemodelan isoterm adsorpsi karbon aktif BPR pada ion  $\text{NO}_2^-$



Gambar 4. Pemodelan isoterm adsorpsi karbon aktif BPR pada ion  $\text{Mn}^{2+}$

Tabel 1 menunjukkan parameter dalam validasi asumsi pemodelan isoterm karbon aktif BPR dengan nilai tertinggi  $R^2$  terhadap  $\text{NO}_2^-$  adalah Redlich-Peterson

yaitu 0,9968. Parameter A sebagai konstanta Redlich-Peterson bernilai 0,1309 ( $\text{L.g}^{-1}$ ) dan  $\beta$  adalah eksponen bernilai 1,0343 sehingga persamaan

Redlich-Peterson diterima. Pemodelan ini mengasumsikan bahwa model tidak mengikuti adsorpsi *monolayer* yang ideal (Syafiuddin *et al.*, 2018).

Parameter isoterm adsorpsi karbon aktif pada ion  $Mn^{2+}$  memiliki nilai tertinggi dengan  $R^2$  adalah 0,7259 pada isoterm Elovic dengan parameter  $q_m$  bernilai negatif sehingga persamaan pemodelan ditolak. Pemodelan dengan  $R^2$  tertinggi kedua pada isoterm Langmuir dengan nilai 0,5247, namun parameter  $K_L$  sebagai kapasitas adsorpsi bernilai negatif sehingga persamaan ini juga tidak diterima. Pemodelan tertinggi ketiga pada isoterm Redlich-Peterson dengan  $R^2$  adalah 0,4753 didapatkan nilai parameter  $A$  sebagai konstanta bernilai 20,8093 dan  $\beta$  adalah eksponen bernilai 1,0853 sehingga persamaan Redlich-Peterson diterima. Pemodelan mengasumsikan bahwa model tidak mengikuti adsorpsi *monolayer* yang ideal (Syafiuddin *et al.*, 2018).

### ***Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif BPR pada ion $NO_2^-$ dan $Mn^{2+}$***

Pemodelan kinetika adsorpsi mewakili waktu interaksi optimal penyerapan zat terlarut pada tiap unit adsorben pada kadar yang sama. Pemodelan yang digunakan diantaranya Pseudo Orde 1, Pseudo Orde 2, Elovic,

dan Difusi Intrapartikel. Persamaan kinetika yang digunakan sebagai berikut:

Kinetika Pseudo Orde 1:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K_1}{2,303} t \quad (6)$$

Kinetika Pseudo Orde 2:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{K_2 q_e^2} \quad (7)$$

dimana nilai  $q_e$  adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada variasi waktu ( $t$ ) ( $mg \cdot g^{-1}$ ) dan  $K_2$  adalah konstanta konstanta laju adsorpsi Pseudo Orde 2 (Lee & Choi, 2018).

Kinetika Elovic:

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln[\alpha\beta] + \frac{1}{\beta} \ln t \quad (8)$$

dimana  $q_t \approx 0$ ,  $t \gg \frac{1}{\alpha\beta}$  yang merupakan tingkat adsorpsi awal ( $mg/g \cdot min$ ), dan  $\beta$  adalah konstanta desorpsi, grafik antara  $q_t$  dan  $t$  (Nimibofa *et al.*, 2015).

Kinetika Difusi Intrapartikel

$$q_t = K_{ID} \sqrt{t} + C \quad (9)$$

dimana  $K_{ID}$  adalah rata-rata konstanta  $mg/g \cdot min^{0.5}$ , dan  $C$  adalah batas ketebalan. Nilai  $C$  menentukan efek batas, namun nilai yang semakin tinggi menunjukkan semakin besar efeknya (Kajjumba *et al.*, 2016).

**Gambar 5** dan **Gambar 6** menunjukkan pola dari plot data kinetika adsorpsi ion  $NO_2^-$  dan  $Mn^{2+}$  pada karbon aktif BPR. **Tabel 2** menunjukkan

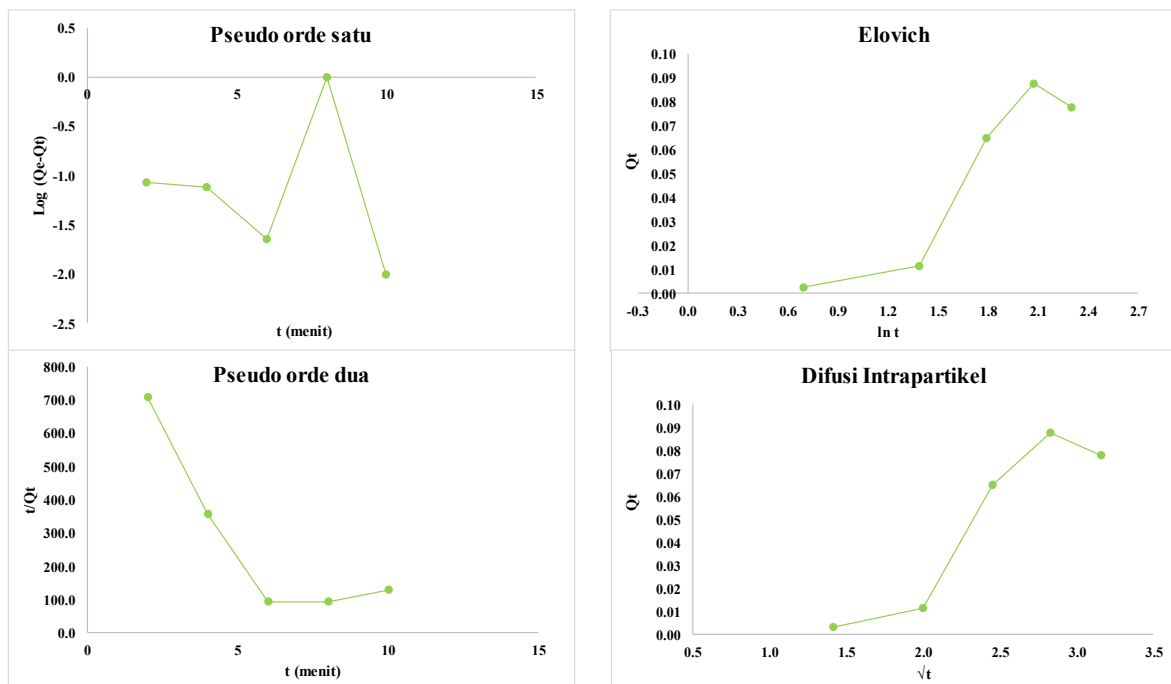
parameter pada tiap pemodelan kinetika adsorpsi.

Pemodelan kinetika adsorpsi karbon aktif BPR pada ion  $\text{NO}_2^-$  memiliki nilai  $R^2$  tertinggi pada pemodelan Difusi Intrapartikel dengan nilai  $R^2$  adalah 0,8585. Terdapat dua parameter dari

persamaan yaitu  $K_{ID}$  dan  $C$  dengan nilai masing-masing 0,0568 dan 0,0449 sehingga persamaan dapat diterima. Persamaan ini diterapkan untuk memeriksa langkah laju selama adsorpsi dapat melibatkan transfer massa adsorpsi, difusi permukaan dan difusi pori

Tabel 2. Parameter pemodelan kinetika adsorpsi

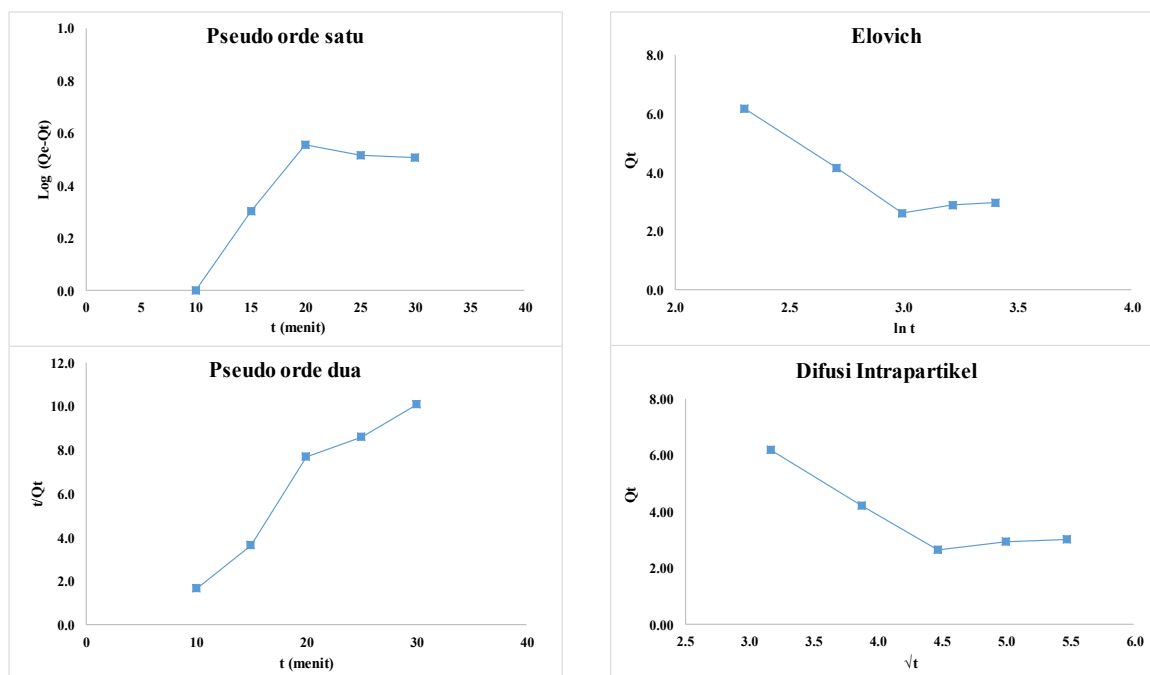
Model	Parameter	Ion	
		$\text{NO}_2^-$	$\text{Mn}^{2+}$
Pseudo Orde 1	$K_1$ ( $\text{min}^{-1}$ )	0,0864	-0,0564
	$R^2$	0,0244	0,6979
Pseudo Orde 2	$K_2$ ( $\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$ )	51513,9125	0,2365
	$q_e$	-0,0141	2,2862
	$R^2$	0,7157	0,9482
Elovic	$\beta$	17,6056	0,3264
	$\alpha$	0,0000	2,3790
	$R^2$	0,8501	0,8084
Difusi Intrapartikel	$K_{id}$ ( $\text{mg.g}^{-1} \text{min}^{-0.5}$ )	0,0568	3,0638
	$C$	0,0449	12,7386
	$R^2$	0,8585	0,7452



Gambar 5. Pemodelan kinetika adsorpsi karbon aktif BPR pada ion  $\text{NO}_2^-$

Pemodelan kinetika adsorpsi karbon aktif BPR pada ion  $Mn^{2+}$  memiliki nilai  $R^2$  tertinggi sebesar 0,9619 pada Pseudo Orde 2. Parameter  $q_e$  dan  $K$  bernilai masing-masing 2,2862 dan 0,2862 menunjukkan laju adsorpsi karbon aktif

BPR sehingga pemodelan ini dapat diterima. Pemodelan Pseudo Orde 2 mengasumsikan bahwa adsorben menjerap adsorbat pada permukaan pertama dan kedua (Dandil *et al.*, 2019).



**Gambar 6.** Pemodelan kinetika adsorpsi karbon aktif BPR pada ion  $Mn^{2+}$

### ***Efisiensi Penurunan Kadar $NO_2^-$ dan $Mn^{2+}$***

Air sumur di desa Guyangan, Jepara mengandung ion  $NO_2^-$  sebesar 0,05 mg/L dan  $Mn^{2+}$  sebesar 1,9 mg/L. Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif BPR dilakukan pada waktu optimum sesuai hasil kajian kinetika adsorpsi 8 menit pada ion  $NO_2^-$  dan 10 menit pada ion  $Mn^{2+}$ . Hasil pengujian adsorben karbon aktif BPR pada ion  $NO_2^-$  menurunkan kadar

sebesar 15% sedangkan pada  $Mn^{2+}$  tidak mengalami pengurangan kadar (**Tabel 3**). Hal ini dikarenakan adsorpsi pada menit ke-10 pada  $Mn^{2+}$  telah mencapai kapasitas optimum karbon aktif BPR dalam menjerap.

**Tabel 3.** Hasil adsorpsi karbon aktif BPR pada sampel air sumur

Ion	Kadar (mg/L)		Penurunan (%)
	Awal	Akhir	
$NO_2^-$	0,0538	0,0456	15,2632
$Mn^{2+}$	1,9	1,9	0

## KESIMPULAN

Hasil uji FTIR menunjukkan adanya ikatan C-H, C=H,  $\text{C}\equiv\text{C}$ , C-O, P-O, dan C- $\text{NH}_3^+$  atau ikatan P-H pada karbon aktif dari batang pisang Raja (BPR). Analisa difraktogram XRD mengidentifikasi struktur karbon aktif BPR bersifat *amorf* dengan sedikit karakter kristal. Aplikasi isoterm adsorpsi karbon aktif BPR pada ion  $\text{NO}_2^-$  cenderung mengikuti pemodelan Redlich-Peterson dan pemodelan kinetika adsorpsi mengikuti pemodelan Difusi Intrapartikel dengan nilai  $R^2$  masing-masing sebesar 0,9968 dan 0,8585. Aplikasi adsorpsi karbon aktif BPR pada ion  $\text{Mn}^{2+}$  terbaik menggunakan pemodelan isoterm Redlich-Peterson dan

kinetika Pseudo Orde 2 dengan nilai  $R^2$  masing-masing 0,4753 dan 0,9482. Nilai efisiensi penggunaan adsorben karbon aktif BPR untuk air sumur di desa Guyangan Jepara dalam penurunan kadar  $\text{NO}_2^-$  sebesar 15% dan  $\text{Mn}^{2+}$  tidak berkurang dari kadar awal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga atas dukungan dana untuk analisis FTIR melalui Skema Hibah Penelitian Internal Skim Penelitian Perseorangan/Kelompok Wajib Tahun Anggaran 2019 Periode Juli – Desember 2019.

## DAFTAR RUJUKAN

- Ab, Z., Suffian, M., Qamaruz, N., Faiz, M., & Ahmad, M. (2017). Optimization of preparation conditions for activated carbon from banana pseudo-stem using response surface methodology on removal of color and COD from landfill leachate. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.026>
- Agustini, S. (2017). *Harmonisasi Standar Nasional ( SNI ) Air Minum Dalam*. 9(2), 30–39.
- Agustiono, T., Chan, G. Y. S., Lo, W., & Babel, S. (2006). *Physico – chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals*. 118, 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2006.01.015>
- Ahamad, K. U., Singh, R., Baruah, I., Choudhury, H., & Sharma, M. R. (2018). Equilibrium and Kinetics Modeling of Fluoride Adsorption onto Activated Alumina, Alum and Brick Powder K.U. *Groundwater for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.06>

- 005
- Amel, K., Hassen, M. A., & Kerroum, D. (2012). Isotherm and kinetics study of biosorption of cationic dye onto banana peel. *Energy Procedia*, *19*, 286–295. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.208>
- Ashar, T. (2007). *Analisis Risiko Paparan Mangan Dalam Air Melalui Intake Oral Terhadap Kesehatan Masyarakat di Sekitar TPA Rawakucing Kecamatan Neglasari Kota Tangerang Provinsi Banten Tahun 2007*. 138–148.
- Ayawei, N., Ebelegi, A. N., & Wankasi, D. (2017). Modelling and Interpretation of Adsorption Isotherms. *Journal of Chemistry*, *2017*, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/3039817>
- Batool, F., Akbar, J., Iqbal, S., Noreen, S., & Bukhari, S. N. A. (2018). Study of Isothermal, Kinetic, and Thermodynamic Parameters for Adsorption of Cadmium: An Overview of Linear and Nonlinear Approach and Error Analysis. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, *2018*. <https://doi.org/10.1155/2018/3463724>
- Coates, J. (2004). *Encyclopedia of Analytical Chemistry - Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. Encyclopedia of Analytical Chemistry*, 1–23.
- Dandil, S., Akin Sahbaz, D., & Acikgoz, C. (2019). Adsorption of Cu(II) ions onto crosslinked chitosan/Waste Active Sludge Char (WASC) beads: Kinetic, equilibrium, and thermodynamic study. *International Journal of Biological Macromolecules*, *136*, 668–675. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.063>
- Danish, M., Ahmad, T., Majeed, S., Ahmad, M., Ziyang, L., Pin, Z., & Shakeel Iqbal, S. M. (2018). Use of banana trunk waste as activated carbon in scavenging methylene blue dye: Kinetic, thermodynamic, and isotherm studies. *Bioresource Technology Reports*, *3*, 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2018.07.007>
- Hadoun, H., Sadaoui, Z., Souami, N., Sahel, D., & Toumert, I. (2013). Characterization of mesoporous carbon prepared from date stems by H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> chemical activation. *Applied Surface Science*. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.04.054>
- Jubilate, F., Zaharah, T. A., & Syahbanu, I. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang dari Limbah Kulit Pisang Kepok

- Sebagai Adsorben Besi (Ii) Pada Air Tanah. *JKK*, 5(4), 14–21.
- Kajjumba, G. W., Serkan Emik, Atakan Öngen, H., Özcan, K., & Aydın, S. (2016). Modelling of Adsorption Kinetic Processes—Errors, Theory and Application. In *Intech: Vol. i* (Issue tourism). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/57353>
- Kaushal, A., & Singh, S. K. (2017). Critical analysis of adsorption data statistically. *Applied Water Science*, 7(6), 3191–3196. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0466-4>
- Khanna, S. (2018). Equilibrium adsorption study for the removal of textile dye acid yellow 17 using discarded tea. *Technical Research & Science Equilibrium*, February.
- Kristianto, H. (2017). Review: Sintesis Karbon Aktif Dengan Menggunakan Aktivasi Kimia  $\text{ZnCl}_2$ . *Integrasi*, 6(3), 104–111.
- Lantang, A., Abidjulu, J., & Arintonang, H. F. (2017). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Goroho ( *Musa acuminata* ) Sebagai Adsorben Zat Pewarna Tekstil Methylene Blue. *MIPA UNSRAT*, 6(2).
- Lee, S. Y., & Choi, H. J. (2018). Persimmon leaf bio-waste for adsorptive removal of heavy metals from aqueous solution. *Journal of Environmental Management*, 209, 382–392. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.080>
- M.C.Rano, E. A., & J. M. (Eds.). (n.d.). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* (Fourteenth). American Public Health Association.
- Mega Elfia, & Sepryani, H. (2018). *Pemanfaatan limbah batang pisang kepok* (. 3(2), 83–89.
- Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). *Banana and its by-product utilisation : An overview Banana and its by-product utilisation : an overview*. May.
- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97–118. <https://doi.org/10.17509/ijost.v4i1.15806>
- Nimibofa, A., Donbebe, W., & Dikio, E. D. (2015). *Adsorption of Congo Red by Ni / Al- $\text{CO}_3$  : Equilibrium , Thermodynamic and Kinetic Studies Adsorption of Congo Red by Ni / Al- $\text{CO}_3$  : Equilibrium , Thermodynamic*

- and Kinetic Studies. September. <https://doi.org/10.13005/ojc/310307>
- Prabowo, R. (2001). *Kadar Nitrit pada Sumber Air Sumur di Kelurahan Metese, Kec. Tembalang, Kota Semarang*. 82, 55–61.
- Riyanto, C. A., & Prabalaras, E. (2019). The adsorption kinetics and isotherm of activated carbon from Water Hyacinth Leaves (*Eichhornia crassipes*) on Co(II). *Journal of Physics: Conference Series*, 1307(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1307/1/012002>
- Rohmah, Y. (2016). Outlook Komoditas Pisang. *Komoditas Pertanian Sub Sektor Hortikultura*, 19(7), 28.
- Roller, J. (2011). X-ray diffraction. *PEM Fuel Cell Diagnostic Tools*, 289–313. <https://doi.org/10.1201/b11100-16>
- Romsiah, R., & Meidalena, T. (2017). Validasi Metode dan Penetapan Kadar Nitrit (NO<sub>2</sub>) pada Hasil Rebusan Sayuran Hijau (Kangkung, Brokoli, Seledri) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Penelitian Sains*, 19(1), 168410.
- Shamsuddin, M. S., Yusoff, N. R. N., & Sulaiman, M. A. (2016). Synthesis and Characterization of Activated Carbon Produced from Kenaf Core Fiber Using H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Activation. *Procedia Chemistry*, 19, 558–565. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.053>
- Sial, T. A., Khan, M. N., Lan, Z., Kumbhar, F., Ying, Z., Zhang, J., Sun, D., & Li, X. (2018). Contrasting effects of banana peels waste and its biochar on greenhouse gas emissions and soil biochemical properties. *Process Safety and Environmental Protection*, 366–377. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.10.030>
- Syafiuddin, A., Salmiati, S., Jonbi, J., & Fulazzaky, M. A. (2018). Application of the kinetic and isotherm models for better understanding of the behaviors of silver nanoparticles adsorption onto different adsorbents. *Journal of Environmental Management*, 218(20), 59–70. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.066>
- Thuan, T. Van, Thi, B., Quynh, P., Duy, T., & Thanh, V. T. (2016). Response surface methodology approach for optimization of Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> adsorption using KOH-activated carbon from banana peel. *Surfaces and Interfaces*, 0, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2016.10.007>
- Wong, S., Lim, Y., Ngadi, N., & Mat, R. (2018). Removal of acetaminophen by



- activated carbon synthesized from spent tea leaves: equilibrium, kinetics and thermodynamics studies. *Powder Technology*, #pagerange#. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.07.075>
- Yorgun, S., & Yildiz, D. (2015). Preparation and characterization of activated carbons from Paulownia wood by chemical activation with  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 53(March), 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.02.032>
- Yuliono, Herawati, N., & Maryono. (2014). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Batang Pisang (*Musa paradisiaca*) terhadap Ion Logam Kromium VI. *Jurnal Chemica*, 15(2), 24–32.
- Zhang, S., Zhang, L., Lu, X., Shi, C., Tang, T., Wang, X., Huang, Q., & Zeng, H. (2018). Adsorption kinetics of asphaltenes at oil/water interface: Effects of concentration and temperature. *Fuel*, 212(August 2017), 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.10.051>
- Zhou, N., Chen, H., Feng, Q., Yao, D., Chen, H., Wang, H., Zhou, Z., Li, H., Tian, Y., & Lu, X. (2017). Effect of phosphoric acid on the surface properties and Pb(II) adsorption mechanisms of hydrochars prepared from fresh banana peels. *Journal of Cleaner Production*, 165, 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.111>