

## INTISARI

Air limbah asam tambang merupakan salah satu sumber pencemaran yang serius karena mengandung logam berat seperti besi (Fe) dan mangan (Mn) dengan konsentrasi tinggi serta tingkat keasaman ekstrem. Tanpa penanganan yang tepat, limbah ini dapat mencemari badan air dan membahayakan kesehatan manusia maupun ekosistem akuatik. Salah satu metode efektif untuk menurunkan logam berat adalah adsorpsi, yakni penyerapan ion logam pada permukaan material yang memiliki gugus aktif. Pemanfaatan limbah kulit pisang kepok (*Musa acuminata*) sebagai bahan baku karbon aktif menjadi salah satu alternatif pengolahan yang ramah lingkungan dan mendukung konsep *nature based solutions*.

Penelitian ini menggunakan air limbah asam tambang asli yang disintesis dan dipersiapkan dalam kondisi diaduk setiap sebelum perlakuan sehingga konsentrasi logam berada pada keadaan homogen. Penelitian bertujuan mengkaji efektivitas karbon aktif kulit pisang kepok yang diaktivasi menggunakan dua jenis asam kuat HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi 0,5 N dan 1 N, dosis adsorben 15.002, 30.003, dan 45.005 mg/L, serta waktu kontak 15, 30, dan 45 menit dalam menurunkan kadar Fe dan Mn. Kulit pisang diproses melalui karbonisasi dan aktivasi, kemudian diuji melalui proses adsorpsi. Karakterisasi adsorben dilakukan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsional dan SEM untuk mengamati morfologi permukaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada karbon aktif yang diaktivasi menggunakan HCl 0,5 N dengan dosis 45.005 mg/L dan waktu kontak 15 menit, yang menghasilkan efisiensi penurunan sebesar 99,16% untuk Fe dan 94,21% untuk Mn. Kinetika adsorpsi mengikuti model pseudo-orde dua yang mengindikasikan terjadinya mekanisme *chemisorption*. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan peningkatan intensitas gugus polar –OH dan –COOH, sedangkan hasil analisis SEM memperlihatkan terbentuknya pori-pori terbuka serta peningkatan luas permukaan yang mendukung proses adsorpsi. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa efektivitas penurunan logam berat yang tinggi tidak sepenuhnya hanya karena proses adsorpsi, melainkan juga dipengaruhi oleh proses lain seperti hidrolisis atau pengendapan.

**Kata kunci:** air limbah tambang, adsorpsi, logam berat, karbon aktif, kulit pisang kepok, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**ABSTRACT**

Acid mine drainage is one of the major sources of environmental pollution due to its high concentrations of heavy metals such as iron (Fe) and manganese (Mn), as well as its extremely acidic nature. Without proper treatment, this wastewater can contaminate surface water and pose risks to both human health and aquatic ecosystems. One effective method for reducing heavy metals is adsorption, namely the attachment of metal ions onto the surface of a material containing active functional groups. The utilization of kepok banana peels (*Musa acuminata*) as a raw material for activated carbon offers an environmentally friendly treatment alternative that supports the concept of nature-based solutions.

This study employed synthesized acid mine drainage that was freshly prepared and homogenized through stirring prior to each treatment to ensure uniform metal concentrations. The objective was to evaluate the effectiveness of activated carbon derived from kepok banana peels, activated with two types of strong acids (HCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) at concentrations of 0.5 N and 1 N, with adsorbent dosages of 15.002, 30.003, and 45.005 mg/L, and contact times of 15, 30, and 45 minutes, in reducing Fe and Mn levels. The banana peels were processed through carbonization and chemical activation, followed by adsorption testing. The adsorbents were further characterized using FTIR to identify functional groups and SEM to observe surface morphology.

The results indicated that the optimum condition was obtained with activated carbon treated with 0.5 N HCl at a dosage of 45.005 mg/L and a contact time of 15 minutes, achieving removal efficiencies of 99.16% for Fe and 94.21% for Mn. The adsorption kinetics followed the pseudo-second-order model, indicating a chemisorption mechanism. FTIR analysis showed an increase in the intensity of polar functional groups (–OH and –COOH), while SEM images revealed the presence of open pores and a larger surface area that supported adsorption. Nevertheless, it should be noted that the high metal removal efficiency cannot be attributed solely to the adsorption process, as other processes such as hydrolysis or precipitation may also have contributed.

**Keywords:** acid mine drainage, adsorption, heavy metals, activated carbon, banana peel, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>