

Adsorben karbon berpori telah banyak digunakan pada proses *water treatment* dan *pollution removal* dari udara, namun adsorben karbon berpori memiliki keterbatasan, seperti afinitas yang relatif kurang baik terhadap senyawa atau molekul tertentu. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan adsorben yang permukaannya memiliki gugus fungsional tertentu, salah satunya adalah penambahan gugus amina atau yang biasa disebut *amine-rich adsorbent*. *Amine-rich adsorbent* dibuat dengan cara mengkompositkan karbon berpori dengan polianilin (PANI) melalui proses *in-situ* polimerisasi yang akan meningkatkan afinitas terhadap beberapa molekul dan sebagai studi kasus pada penelitian ini adalah ion fosfat dan gas karbon dioksida.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama digunakan dalam penelitian ini adalah karbonisasi hidrotermal (HTC) yang akan menghasilkan *hydrochar*. Metode HTC dipilih karena prosesnya menggunakan suhu yang lebih rendah dan terkendali, serta berlangsung dalam medium berair dan tekanan *autogenous* yang memungkinkan degradasi kitosan untuk membentuk struktur karbon aromatik yang lebih stabil. Kemudian *hydrochar* tersebut diaktivasi dengan metode gasifikasi parsial dengan *steam* sebagai *activating agent*, yang bertujuan untuk menciptakan pori-pori baru pada material *hydrochar* sehingga meningkatkan luas permukaan dan meningkatkan reaktivitas karbon. Tahap berikutnya adalah pengkompositan antara karbon berpori dengan polianilin (PANI) untuk menambahkan gugus fungsi aktif amina pada permukaan karbon berpori dengan persentasi berat PANI 3%, 5%, 10%. Selanjutnya dilakukan karakterisasi dari material nanokomposit menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA), Analisis adsorpsi-desorpsi N₂, SEM-EDX *mapping analysis*, dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) analysis. Tahap selanjutnya adalah uji kesetimbangan dan kinetika dari nanokomposit yang dihasilkan pada gas karbon dioksida dan ion fosfat dalam air limbah.

Hasil karakteristik SEM menunjukkan karbon berpori dari kitosan memiliki permukaan berongga dan tidak teratur, sedangkan nanokomposit karbon berpori/PANI terlihat berongga dan teraglomerasi karena terembannya PANI. EDX menunjukkan peningkatan unsur N pada material nanokomposit, dan FT-IR menunjukkan *peak* gugus N-H, C=C, dan N=C=N (kuinoid dan benzenoid) sebagai identitas PANI. BET menunjukkan penurunan luas permukaan spesifik karbon berpori setelah dikompositkan dengan PANI. Selanjutnya, hasil TGA menunjukkan karbon berpori lebih stabil pada temperatur tinggi, sehingga berpotensi sebagai prekursor nanokomposit. Jumlah PANI yang paling optimum yang diembankan dalam karbon berpori dari kitosan pada pengujian ion fosfat dalam air limbah menunjukkan PANI 3% pada pH 3 optimal, dengan nilai C_μ berturut-turut 4,02 mg/g; 7,47 mg/g; 6,21 mg/g pada konsentrasi larutan uji fosfat 10 ppm. Komposit karbon berpori dan PANI meningkatkan adsorpsi ion fosfat dibanding karbon berpori saja. Adsorpsi CO₂ menunjukkan nilai C_{μmax} mengikuti model Langmuir sebesar 13,35 mmol/g; 3,94 mmol/g; 10,30 mmol/g, dengan kinerja karbon berpori dari kitosan optimal tanpa PANI.

Kata kunci : *Amine-rich adsorbent*, Karbon berpori; Nanokomposit; Polianilin

ABSTRACT

Porous carbon adsorbents have been widely utilized in water treatment processes and air pollution removal; however, these materials possess limitations, such as relatively poor affinity toward certain compounds or molecules. Thus, the objective of this research is to develop an adsorbent with specific functional groups on its surface to enhance its affinity, one of which involves the addition of amine groups, referred to as amine-rich adsorbents. These amine-rich adsorbents are synthesized by compositing porous carbon with polyaniline (PANI) through an in-situ polymerization process, aiming to increase the affinity toward specific molecules, particularly phosphate ions and carbon dioxide in this study.

This research was conducted in several stages. The first stage involved hydrothermal carbonization (HTC) to produce hydrochar. HTC was chosen due to its lower and controlled processing temperature, aqueous medium, and autogenous pressure, which facilitates chitosan degradation into a more stable aromatic carbon structure. The chitosan-derived carbon was then activated through partial steam gasification, aiming to create new pores in the hydrochar, thereby increasing surface area and reactivity. The subsequent step involved compositing porous carbon with PANI to introduce amine functional groups on the carbon surface, using 3%, 5%, and 10% weight percentages of PANI. Physical and chemical characterizations of the nanocomposite materials were conducted using Thermogravimetric Analysis (TGA), N₂ adsorption-desorption analysis, SEM-EDX mapping, and Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis. The final step involved equilibrium and kinetic studies of the nanocomposites for the adsorption of carbon dioxide gas and phosphate ions in wastewater.

SEM characterization revealed that the porous carbon derived from chitosan exhibited a hollow and irregular surface, while the porous carbon/PANI nanocomposites appeared hollow and agglomerated due to the presence of PANI. EDX analysis of the nanocomposites indicated an increase in nitrogen content on the surface, and FTIR results identified peaks corresponding to N-H, C=C, and N=C=N (quinoid and benzenoid) groups, characteristic of PANI. BET analysis showed a reduction in the specific surface area of the chitosan-derived porous carbon after compositing with PANI. Furthermore, TGA results demonstrated that the mass loss rate of the chitosan-derived porous carbon was more stable, indicating its potential as a nanocomposite precursor material. The optimal amount of PANI incorporated into the chitosan-derived porous carbon for phosphate ion adsorption was found to be 3%, with an optimal pH of 3 (acidic). The C_{μ} values for chitosan-derived porous carbon, PANI, and 3% porous carbon/PANI nanocomposites were 4.02 mg/g, 7.47 mg/g, and 6.21 mg/g, respectively, showing that PANI compositing improved phosphate adsorption performance compared to porous carbon alone. The C_{max} values following the Langmuir model for CO₂ gas adsorption were 13.35 mmol/g, 3.94 mmol/g, and 10.30 mmol/g, respectively, indicating that the chitosan-derived porous carbon performed optimally in CO₂ capture without the need for PANI compositing.

Keywords: Amine-rich adsorbent; Porous carbon; Nanocomposite; Polyaniline