

INTISARI

Metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) merupakan komponen utama dari sumber energi terbarukan biogas. Nilai kalor dalam biogas bergantung pada konsentrasi metana, sedangkan kandungan CO₂ yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor dari biogas. Untuk meningkatkan kinerja biogas, pemisahan CO₂ dan CH₄ dalam biogas sangat diperlukan. Salah satu teknologi yang efektif untuk pemisahan gas CO₂ dan CH₄ adalah *molecular sieve*. Material yang potensial untuk dijadikan sebagai *molecular sieve* adalah *carbon molecular sieve* (CMS). Prinsip kerja *molecular sieve* didasarkan pada perbedaan difusi metana dan karbon dioksida di pori-pori dan juga perbedaan afinitas gas pada permukaan pori. Afinitas gas CO₂ terhadap permukaan karbon dapat ditingkatkan dengan adanya keberadaan gugus fungsi seperti gugus fungsi nitrogen pada permukaan karbon. Penggabungan gugus fungsi nitrogen dapat dilakukan dengan meresapi karbon dengan bahan kimia yang mengandung nitrogen.

Penelitian ini mengeksplorasi potensi CMS dan menyeleksinya untuk pemurnian biogas. CMS dibuat dengan modifikasi karbon berpori yang dibuat dari cangkang sawit menggunakan gugus amina dan *deep eutectic solvent* (DES). Gugus amina yang digunakan berupa MEA, AMP, dan DEA. Sedangkan DES yang digunakan ada 2 jenis, yaitu DES yang dibuat dari kolin klorida dan etilen glikol (DES A), dan DES yang dibuat dari kolin klorida dan gliserol (DES B). Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi proses oksidasi karbon menggunakan hidrogen peroksida, impregnasi dengan gugus amina atau DES, karakterisasi material CMS yang diperoleh, pengujian pemisahan gas CO₂ dan CH₄ dengan sistem *breakthrough*. CMS dikarakterisasi dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM), *N₂ sorption analysis*, *fourier transform infrared* (FTIR).

Hasil karakterisasi SEM menunjukkan perbedaan morfologi yang signifikan antara karbon sebelum dan sesudah impregnasi. Analisis *N₂ sorption* memperlihatkan hasil bahwa luas permukaan dan volume pori karbon berkurang setelah adanya impregnasi yang terlihat pada hasil BET. Akan tetapi, gugus fungsional N pada karbon meningkat setelah perlakuan impregnasi, yang ditunjukkan dari intensitas grafik FTIR. Eksperimen *breakthrough* menunjukkan bahwa CMS setelah diimpregnasi dengan DES B memiliki kinerja tertinggi untuk memisahkan gas CO₂ dan CH₄ dibandingkan material lainnya. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pembebanan gugus fungsional N pada karbon menyebabkan peningkatan kapasitas serapan CO₂. Kapasitas tertinggi yang dicapai oleh CMS-DES B sebesar 15.4 mg/g, hasil ini meningkat 95% dari kapasitas serapan CMS tanpa impregnasi.

Kata kunci: biogas, pemisahan CO₂, *carbon molecular sieve*, gugus amina, DES

ABSTRACT

Methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) are the main components of the renewable energy source biogas. The calorific value in biogas depends on the methane concentration, while the high CO₂ content can reduce the calorific value of the biogas. To improve the performance of biogas, the separation of CO₂ and CH₄ in the biogas is needed. One of the effective technologies for separating CO₂ and CH₄ gases is a molecular sieve. A material that has the potential to be used as a molecular sieve is a carbon molecular sieve (CMS). The working principle of the molecular sieve is based on the difference in the diffusion of methane and carbon dioxide in the pores and also the differences in the affinity of gases at the pore surface. The affinity of CO₂ gas to the carbon surface can be increased by the presence of functional groups such as nitrogen functional groups on the carbon surface. The incorporation of nitrogen functional groups can be achieved by impregnating carbon with nitrogen-containing chemicals.

This study explores the potential of CMS and selects it for biogas purification. CMS is made by modifying porous carbon derived from palm kernel shells using amine and deep eutectic solvent (DES). The amine groups used were MEA, AMP, and DEA. Meanwhile, there are 2 types of DES used, namely DES made from choline chloride and ethylene glycol (DES A), and DES made from choline chloride and glycerol (DES B). The stages of the research carried out included the process of carbon oxidation using hydrogen peroxide, impregnation with an amine group or DES, characterization of the CMS material obtained, testing the separation of CO₂ and CH₄ gases with a breakthrough system. CMS was characterized using scanning electron microscopy (SEM), N₂ sorption analysis, fourier transform infrared (FTIR).

SEM characterization results showed a significant morphological difference between the carbon before and after impregnation. The N₂ sorption analysis showed that the surface area and pore volume of carbon was reduced after impregnation which was seen in the BET results. However, the N functional group on carbon increased after impregnation treatment, which was shown from the intensity of the FTIR graph. The breakthrough experiment showed that CMS after impregnated with DES B had the highest performance for separating CO₂ and CH₄ gases compared to other materials. In addition, the results also showed that the loading of the N functional group on carbon caused an increase in CO₂ uptake capacity. The highest capacity achieved by CMS-DES B is 15.4 mg/g, this result is an increase of 95% of the uptake capacity of CMS without impregnation.

Keywords: biogas, CO₂ separation, carbon molecular sieve, amine groups, DES