

## INTISARI

*Polynuclear Aromatic* (PNA) merupakan senyawa aromatik kompleks yang terbentuk sebagai produk samping pada proses konversi minyak bumi, khususnya dalam reaktor *hydrocracker*. Senyawa ini bersifat toksik, stabil secara kimia, dan resistan terhadap degradasi. Keberadaan senyawa PNA dalam sistem proses dapat menyebabkan *fouling*, penurunan aktivitas katalis, dan inefisiensi peralatan, sehingga senyawa ini perlu dihilangkan. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menghilangkan PNA adalah metode adsorpsi menggunakan karbon berpori, karena kemampuannya dalam menjerap molekul aromatik secara selektif dengan efisiensi tinggi dan kondisi operasi yang sederhana. Namun demikian, performa karbon adsorben akan menurun seiring waktu akibat akumulasi PNA dalam jaringan porinya dan membentuk material yang dikenal sebagai *spent porous carbon*. Dalam konteks ini, proses regenerasi menjadi solusi strategis untuk memulihkan kembali karakteristik fungsional karbon, sekaligus mendukung efisiensi proses dan implementasi konsep industri berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan metode gasifikasi parsial dengan CO<sub>2</sub> sebagai pendekatan untuk memulihkan performa *spent porous carbon* yang telah digunakan dalam penjerapan senyawa PNA. Terdapat 2 variasi yang dilakukan yaitu regenerasi langsung dan regenerasi yang didahului dengan proses *pretreatment* menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (ekstraksi). Penelitian ini diawali dengan proses persiapan bahan baku material *spent porous carbon* yang kemudian material dikeringkan dan dipanaskan ke dalam *furnace* pada suhu 800, 850, dan 900 °C selama empat jam dengan dialiri gas CO<sub>2</sub> secara terkontrol dan gas nitrogen sebagai *inert*. Reaksi gasifikasi parsial diharapkan mampu mengoksidasi senyawa PNA dalam pori karbon secara selektif tanpa merusak struktur karbon. Karakterisasi hasil regenerasi dilakukan menggunakan analisis BET, FTIR, dan SEM EDX. Setelah dilakukan regenerasi, material dianalisis performa adsorpsinya menggunakan larutan *pyrene* dalam minyak diesel melalui pengujian kesetimbangan dan kinetika adsorpsi pada berbagai suhu. Konsentrasi larutan dianalisis menggunakan spektrofotometer Vis pada panjang gelombang 372 nm untuk menilai kapasitas dan kecepatan adsorpsi dari material karbon hasil regenerasi.

Evaluasi hasil regenerasi menunjukkan bahwa penggunaan metode gasifikasi parsial memberikan hasil yang signifikan terhadap karakteristik dan performa adsorpsi, terutama untuk material yang didahului dengan proses *pretreatment* (ekstraksi). Karbon hasil regenerasi dengan ekstraksi dan gasifikasi parsial pada suhu 900°C (RAC900E) menunjukkan hasil karakteristik yang sangat baik, seperti luas permukaan spesifik (829,40 m<sup>2</sup>/g), volume pori total (0,75 cm<sup>3</sup>/g), dan kapasitas adsorpsi terhadap *pyrene* (510,96 mg/g). Hasil karakterisasi menggunakan BET, SEM, dan FTIR menunjukkan bahwa proses regenerasi dengan gasifikasi parsial pada suhu relatif tinggi (900°C) berhasil membuka pori-pori material dengan mempertahankan struktur karbon. Analisis kesetimbangan adsorpsi menunjukkan bahwa model Toth paling sesuai untuk memodelkan sistem ini ( $R^2 > 0,99$ ), yang mengindikasikan permukaan adsorben yang heterogen dengan kapasitas relatif tinggi. Selain itu, uji kinetika adsorpsi membuktikan bahwa model *pseudo second order* menunjukkan hasil yang sesuai dengan konstanta laju  $k_2$  sebesar 0,0014 g/mg/h. Hasil ini membuktikan bahwa regenerasi *spent porous carbon* dengan gasifikasi parsial menggunakan CO<sub>2</sub> yang didahului dengan proses *pretreatment* (ekstraksi) memberikan hasil paling optimal untuk pemulihan adsorben dalam aplikasi penghilangan PNA.

Kata kunci: Regenerasi, *Spent porous carbon*, PNA, Gasifikasi parsial, Adsorpsi

## ABSTRACT

Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PNA) are complex aromatic compounds formed as byproducts during petroleum conversion processes, particularly in hydrocracker reactors. These compounds are toxic, chemically stable, and resistant to degradation. PNA in processing systems can cause fouling, reduce catalyst activity, and lead to equipment inefficiencies, making their removal essential. One of the most common methods for PNA removal is adsorption using porous carbon due to its ability to selectively trap aromatic molecules with high efficiency under relatively simple operational conditions. However, the performance of carbon adsorbents gradually declines due to PNA accumulation within their pore structure, resulting in spent porous carbon. In this context, regeneration becomes a strategic solution to restore the functional properties of the carbon, while also supporting process efficiency and sustainable industrial practices.

This study employed partial gasification using CO<sub>2</sub> as a regeneration method to recover the adsorption performance of spent porous carbon previously used for PNA capture. Two treatment variations were investigated: direct regeneration and regeneration preceded by a pretreatment step using a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solution. After sample preparation, the spent carbon was dried and heated in a furnace at 800, 850, and 900 °C for four hours under a controlled CO<sub>2</sub> flow and nitrogen as an inert gas. The partial gasification reaction was expected to selectively oxidize PNA within the carbon pores without degrading the carbon framework. The regenerated materials were characterized using BET surface analysis, FTIR spectroscopy, and SEM-EDX, followed by adsorption performance tests using pyrene dissolved in diesel through equilibrium and kinetic experiments at various temperatures. Pyrene concentration was measured using Vis spectrophotometry at 372 nm to evaluate the adsorption capacity and rate.

Evaluation of the regeneration process showed that partial gasification significantly improved the structural and adsorption properties of the carbon, especially when combined with pretreatment. The regenerated carbon treated with both pretreatment and gasification at 900 °C (RAC900E) demonstrated the most favorable properties, with a specific surface area of 829.40 m<sup>2</sup>/g, total pore volume of 0.75 cm<sup>3</sup>/g, and pyrene adsorption capacity of 510.96 mg/g. BET, SEM, and FTIR analyses confirmed that high-temperature partial gasification effectively reopened the pores while preserving the carbon framework. Adsorption equilibrium analysis revealed that the Toth model ( $R^2 > 0.99$ ) best represented the system, indicating a heterogeneous surface with high capacity. Kinetic studies further confirmed that the pseudo-second-order model provided the best fit, with a rate constant ( $k_2$ ) of 0.0014 g/mg/h. These findings confirm that partial gasification with CO<sub>2</sub>, especially when preceded by pretreatment, is the most effective approach for regenerating spent porous carbon for efficient and sustainable PNA removal applications.

**Keywords:** Regeneration, Spent porous carbon, PNA, Partial gasification, Adsorption