

INTISARI

Metronidazol merupakan salah satu obat antibiotik yang banyak digunakan pada pelayanan pengobatan di rumah sakit. Antibiotik ini digunakan untuk mengobati infeksi yang disebabkan oleh protozoa dan bakteri anaerob. Metronidazol sering ditemukan di beberapa perairan karena senyawa ini tidak dapat dihilangkan secara menyeluruh melalui pengolahan limbah konvensional sehingga residu metronidazol masih terdapat pada air limbah rumah sakit yang dibuang ke lingkungan. Senyawa metronidazol dapat berpotensi mencemari lingkungan perairan karena memiliki kelarutan yang tinggi di air dan sulit terdegradasi secara alami. Sehingga hal ini dapat menyebabkan berkembangnya bakteri yang resisten terhadap antibiotik, mengganggu reproduksi pada ikan dan inhibisi fotosintesis pada tanaman alga. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan penghilangan senyawa metronidazol di air limbah simulasi dengan proses adsorpsi menggunakan material karbon berpori berbahan dasar polimer yang kemudian didegradasi dengan metode *advanced oxidation processes* (Fenton heterogen, ozon katalitik dan kombinasi keduanya). Metode ini memanfaatkan radikal hidroksil untuk mendekomposisi metronidazol yang dihasilkan dari reaksi antara oksidator (H_2O_2 dan O_3) dengan katalis besi oksida yang diimbankan ke dalam karbon berpori.

Pada penelitian ini adsorben $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ dibuat dari pirolisis polimer resorcinol-formaldehid yang diimbani dengan garam Fe nitrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) pada suhu 800°C dengan laju alir nitrogen $100 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$. Dari hasil pirolisis prekursor ini akan dihasilkan Fe_xO_y yang akan berperan sebagai katalisator pada reaksi Fenton dan karbon berpori yang berperan sebagai adsorben serta sebagai pengemban katalis. Material adsorben $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ dikarakterisasi menggunakan N_2 -*sorption analyzer*, SEM-EDX, XRD dan TGA. Material adsorben diuji untuk menyerap senyawa metronidazol yang kemudian setelah itu senyawa metronidazol yang terjerap didegradasi dengan oksidator H_2O_2 , O_3 dan kombinasi keduanya. Pada proses oksidasi menggunakan H_2O_2 , katalis Fe(II) akan dioksidasi oleh H_2O_2 menjadi Fe(III) dengan membentuk radikal hidroksil dan ion hidroksida. Radikal hidroksil yang terbentuk akan mendegradasi senyawa metronidazol yang telah terjerap.

Hasil karakterisasi dengan membandingkan prekursor polimer resorcinol-formaldehid yang diimbani dengan garam Fe nitrat dan tanpa diimbani garam Fe nitrat menunjukkan bahwa adsorben yang dihasilkan dari kedua prekursor tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Pada hasil SEM adsorben $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ menunjukkan permukaan yang berongga dan lebih seragam. Kemudian pada hasil EDX-nya menunjukkan kemunculan *peak* Fe yang membuktikan bahwa katalis besi oksida berhasil terembani. Berdasarkan hasil XRD fasa katalis besi oksida yang terbentuk ialah *magnetite* (Fe_3O_4). Kemudian dari hasil analisis N_2 -*sorption* menunjukkan bahwa adsorben $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ memiliki luas permukaan spesifik $394 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ dan karbon kosong sebagai perbandingan memiliki luas permukaan spesifik sebesar $755 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. Pada percobaan adsorpsi, adsorben $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ memiliki kapasitas *maximum equilibrium uptake* yang lebih besar daripada dengan adsorben karbon kosong yaitu $46,07 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ dan $39,97 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ dengan model yang paling mendekati model isoterm Langmuir. Pada percobaan degradasi, adsorben $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ yang digunakan sebagai katalis mampu memfasilitasi pembentukan radikal hidroksil dengan ditandai penurunan konsentrasi H_2O_2 . Selain itu hasil analisis degradasi menunjukkan konsentrasi metronidazol yang terurai mencapai lebih dari 90%. Berdasarkan hasil analisis kinerja karbon dengan melakukan pengujian berulang menunjukkan bahwa material $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ hanya terjadi penurunan performa yang tidak signifikan (8-12 %) setelah dilakukan uji adsorpsi-degradasi secara berulang.

Kata kunci: Metronidazol; karbon berpori; adsorpsi; Fenton heterogen; ozonasi katalitik

ABSTRACT

Metronidazole is an antibiotic drug that is widely used in hospital treatment. This antibiotic is used to treat infections caused by protozoa and anaerobic bacteria. Metronidazole can be found in the aquatic environment because it cannot be completely removed by conventional sewage treatment. Studies showed that metronidazole compounds in an aquatic system could have serious effects i.e., antibiotic-resistant microbes, the change of fish reproduction and inhibition of photosynthesis. This work presents a study of elimination metronidazole by adsorption process and several advanced oxidation processes (heterogeneous Fenton, catalytic ozonation).

Porous carbon material was synthesized by pyrolysis of resorcinol-formaldehyde with the addition of $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$ and was carbonized at temperature 800°C under flowing nitrogen ($100 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$). The properties of porous carbon were characterized by N_2 -sorption analyzer, SEM-EDX, XRD and TGA. After being characterized, the material adsorben was used to adsorb metronidazole. Finally, $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ material was contacted with H_2O_2 and O_3 to produce hydroxyl radicals. In the oxidation process using H_2O_2 , the $\text{Fe}(\text{II})$ will be oxidized by H_2O_2 to $\text{Fe}(\text{III})$ by forming hydroxyl radicals and hydroxide ions. The hydroxyl radicals will degrade metronidazole compound that has been adsorbed.

The result of SEM-EDX characterization of the polymer carbon ($\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ and blank carbon) indicated that each carbon has a different morphology. Porous carbon impregnated with iron oxide catalyst has a denser and uniform voids than the blank carbon. The result of the EDX analysis that the iron oxide catalyst has successfully loaded well on carbon. The iron oxide catalyst phase formed based on the result of XRD was magnetite (Fe_3O_4). The results of the analysis using the N_2 -sorption analyzer showed that the specific surface area of carbon were $394 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ($\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$) and $755 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (blank carbon). Based on result of adsorption, $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ has a higher maximum equilibrium uptake value than blank carbon, which is $46,07 \text{ mg g}^{-1}$ and $39,97 \text{ mg g}^{-1}$ with best-fit to the Langmuir isotherm model. In the degradation test, $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ material could facilitate the formation of hydroxyl radicals. The degradation performance showed a reduction of metronidazole reaching more than 90%. Also the result of $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{C}$ material recycle test showed that there was no significant decrease in performance after being used four times to adsorb and promote the formation of hydroxyl radical.

Keywords: Metronidazole; porous carbon; adsorption; heterogeneous Fenton; catalytic ozonation.