

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beragam jenis produk minyak dan luasnya penggunaan minyak bumi pada berbagai sektor kehidupan membuat pencemaran lingkungan karena tumpahan minyak dapat menjadi masalah, tidak hanya dalam konteks isu lingkungan, tetapi juga dampak ekonomi, dan persepsi publik. Contoh yang berdampak signifikan diantaranya adalah kejadian tumpahan minyak mentah yang mengakibatkan kegagalan panen udang di Indramayu seluas 700 hektar [Pikiran Rakyat, 2004], atau yang terjadi di perairan Kepulauan Seribu [Kompas, 2007].

Minyak bumi terdiri dari bermacam-macam senyawa kimia, di antaranya adalah kelompok senyawa PAH (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*), sehingga peristiwa tumpahan minyak di perairan dapat menjadi salah satu sumber pencemaran air oleh PAH. Selanjutnya air hujan dan air larian (*runoff water*) berperan dalam mendistribusikan pencemaran senyawa PAH ini hingga mencapai sistem perairan masyarakat. Senyawa ini sulit dibiodegradasi dan bersifat toksik terhadap makhluk hidup, serta dapat mempengaruhi hormon estrogen pada ikan dan mamalia (Zacharewsky, *et al*, 1995 dalam Blanchard, *et al*, 2001). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menyisihkan senyawa PAH dari perairan, di antaranya adalah penyisihan PAH secara adsorpsi oleh *Poly(dimethylsiloxane)* (Poerschmann, Gorecki, dan Kopinke, 2000). *Poly(dimethylsiloxane)* merupakan senyawa organik hidrofobik berbasis silikon yang banyak digunakan pada berbagai aplikasi. Senyawa lain yang dapat digunakan sebagai sorben untuk menyisihkan PAH adalah asam humat (Durjava, *et al*, 2007) dan *inorgano-organo-bentonite* (Ma dan Zhu, 2006). Metode lain adalah penyisihan PAH secara anaerobik (Christensen, *et al*, 2004). Christensen, *et al* melaporkan bahwa penguraian naftalen pada kondisi metanogenik dimungkinkan bila tersedia *methanogenic Archaea* untuk menyisihkan H₂ yang dihasilkan dari oksidasi PAH. Hasil percobaannya menunjukkan peningkatan penguraian naftalen bila suhu dinaikkan dari 25°C menjadi 65°C.

Penelitian ini melaporkan pembuatan material adsorben alternatif untuk proses penyisihan PAH dari air. Adsorben alternatif ini dibuat dengan cara merekayasa dan mengaktifkan permukaan adsorben yang didasarkan atas gugus fungsi spesifik terhadap senyawa adsorbat tertentu, dalam hal ini adalah PAH (proses fungsionalisasi). Adsorben yang dimaksud adalah komposit magnetit pada silika ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$), sedangkan gugus fungsi spesifik yang dimaksud berasal dari senyawa silan ($\text{R}'\text{-Si(OR)}_3$). Selanjutnya kapasitas penyerapan PAH pada adsorben alternatif ini akan ditentukan melalui uji adsorpsi isoteremis.

Saat ini pemakaian partikel magnetit (Fe_3O_4) dalam berbagai aplikasi sangat menarik perhatian, di antaranya sebagai penyimpan informasi dengan densitas yang tinggi, pembentukan gambar dengan resonansi magnetik (MRI), *delivery system* untuk obat-obatan, kosmetik, pewarna, tinta, serta berperan dalam berbagai proses pemisahan, termasuk adsorpsi (Horak, D., *et al*, 2007). Hampir seluruh aplikasi di atas mensyaratkan partikel magnetik harus dalam kondisi stabil secara kimia, tidak mudah teroksidasi dan tidak membentuk agregat. Untuk mengatasi hal tersebut, maka partikel magnetit harus dilapisi atau dilindungi oleh senyawa lain yang bersifat inert (Shen, *et al*, 2007).

Salah satu aplikasi dalam sistem pemisahan adalah sebagai komponen dalam adsorben untuk proses penyisihan PAH dari air. Untuk menjamin kestabilan kimia partikel magnetit, maka partikel tersebut diimpregnasi ke permukaan silika (SiO_2) membentuk komposit magnetit pada silika dengan silika sebagai matriks. Partikel magnetit berperan dalam melakukan prekonsentrasi senyawa organik sebelum terjadi proses adsorpsi. Hal ini terjadi diduga karena sifat kepekaan magnetik yang kuat dari magnetit (Jakabsky, Michal, dan Slavomir, 2000 dan Aplett, Al-Fadul, dan Trad, 2001). Magnetit juga berperan pada pemisahan adsorben dari air secara magnetik pada akhir proses. Pemanfaatan material komposit yang mengandung magnetit dalam penyisihan senyawa hidrokarbon belum banyak dilaporkan. Beberapa hasil konjungsi polimer dengan besi atau oksida besi dilaporkan mampu memisahkan dekana, suatu hidrokarbon, dari air limbah sintesis dengan efisiensi diatas 99% dengan konsentrasi awal 104 ppm setelah pengadukan selama 2 jam (Aplett, Al-Fadul, dan Trad, 2001).

Komposit Chitosan-nanomagnetit dilaporkan mampu menyisihkan ion Fe^{3+} dari air dengan efektif (Namdeo dan Bajpai, 2008).

Partikel silika digunakan karena memiliki gugus fungsi silanol yang dapat diaktivasi dengan berbagai gugus fungsi (Deng, *et al*, 2005), luas permukaan yang besar dan dapat disintesis dari bahan baku yang harganya relatif rendah, yaitu sodium meta silikat. Untuk mengaktifkan silika sebagai adsorben PAH, maka dilakukan fungsionalisasi permukaan silika dengan mereaksikannya dengan senyawa silan. Hasil reaksi ini adalah terbentuknya gugus siloksan (Si-O-Si) yang memiliki kecenderungan hidrofobik sehingga diharapkan mampu mengadsorp PAH yang merupakan senyawa yang bersifat hidrofobik pula.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan material komposit magnetit pada silika adalah pembuatan komposit nanomagnetik yang dienkapsulasi oleh silika dengan metode *water in oil microemulsion* (Gao, *et al*, 2003). Ukuran partikel magnetit yang dihasilkan adalah 9,1 nm dengan ketebalan lapisan silika sebesar 3,5 nm. Berdasarkan pengujian *Vibrating Sample Magnetometry* (VSM) diketahui bahwa material ini bersifat superparamagnetik. Pembuatan komposit magnetit pada silika dengan metoda sol-gel memperlihatkan bahwa rasio volume alkohol/air dan jenis alkohol yang digunakan mempengaruhi bentuk partikel yang dihasilkan (Deng, *et al*, 2005). Penggabungan metode sol-gel dengan suhu pengeringan yang relatif rendah menghasilkan komposit magnetit-silika berbentuk *hollow microsphere* (Shen, *et al*, 2007).

Pada dasarnya ada empat metode untuk membuat material komposit magnetit pada silika, yaitu (1) proses sol-gel, dalam proses ini silika disintesa pada koloid nanomagnetik dalam campuran alkohol basa dan air; (2) pembentukan nanomagnetik secara in-situ di dalam pori-pori silika yang telah dibentuk sebelumnya dengan menggunakan senyawa logam (garam, kompleks, atau alkoksida) sebagai sumber partikel magnetik; (3) *aerosol pyrolysis* terhadap prekursor yang terdiri dari campuran silikon alkoksida dan senyawa logam pada suhu tinggi; dan (4) metode mikroemulsi air dalam minyak (*W/O microemulsion*), pada metode ini digunakan surfaktan non ionik sebagai suspensi partikel nanomagnetik, sedangkan silika dibentuk dari hidrolisa dan kondensasi *tetraethyl orthosilicate* (TEOS) (Deng, *et al*, 2005).

Permukaan material komposit magnetit pada silika dapat dimodifikasi dengan bermacam-macam gugus fungsi sesuai dengan keperluannya. Imobilisasi enzim dapat dilakukan pada komposit magnetit pada silika yang telah difungsionalisasi dengan *3-aminopropyl-triethoxysilane* (Gao, et al, 2003).

Metode pembuatan komposit magnetit pada silika yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode pembentukan magnetik secara in-situ di dalam pori-pori silika yang telah dibentuk. Dalam penelitian ini jenis silika yang digunakan adalah silika aerosil. Selanjutnya material komposit ini akan difungsionalisasi dengan senyawa silan, yaitu *3-chloropropyltrimethoxysilane*. Uji kinerja material komposit yang telah difungsionalisasi dilakukan melalui uji adsorpsi isotermis untuk menentukan kapasitas penyerapan maksimum PAH oleh material tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Pendekatan yang digunakan untuk mengatasi pencemaran PAH adalah dengan cara adsorpsi sehingga perlu diketahui bagaimana cara fungsionalisasi komposit magnetit pada silika sehingga menghasilkan adsorben yang aktif menyerap PAH.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memfungsionalisasi permukaan komposit magnetit pada silika sebagai adsorben alternatif untuk proses penyisihan PAH dari air.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penanggung jawab kondisi lingkungan pada sektor-sektor yang berhubungan dengan kegiatan eksplorasi, eksploitasi, dan transportasi minyak mentah untuk mengatasi pencemaran PAH di lingkungan perairan yang disebabkan oleh kegiatan tersebut.

Hasil penelitian ini pun diharapkan dapat menjadi salah satu masukan bagi usaha-usaha mengatasi pencemaran PAH di perairan.

1.5 Batasan Penelitian

- Pembuatan komposit magnetit pada silika dengan menggunakan metode pembentukan magnetit secara in-situ di dalam pori-pori silika
- Silika yang digunakan adalah silika jenis aerosil
- Pembentukan magnetit dilakukan dengan metode ko-presipitasi
- Dilakukan uji adsorpsi isoterm untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben yang diperoleh
- Instrumen-instrumen yang akan digunakan adalah XRD, XRF, FTIR, BET, dan spektrofotometer UV.

1.6 Model Operasional Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian laboratorium dengan menggunakan modus *batch* (curah). Tahapan penelitian terdiri dari sintesis komposit magnetit pada silika, fungsionalisasi komposit magnetit pada silika, dan uji kinerja komposit terfungsionalisasi.

Komposit magnetit pada silika yang diperoleh dalam penelitian ini akan digunakan sebagai adsorben cemaran PAH di air. Untuk memperoleh kapasitas adsorpsi maksimum, maka permukaan komposit ini harus difungsionalisasi dahulu. Fungsionalisasi permukaan komposit dilakukan dengan mekanisme pembentukan ikatan-ikatan *siloxane*, semakin banyak ikatan *siloxane* yang terbentuk maka akan diperoleh cabang-cabang yang membentuk semacam jaringan polimer. Pembentukan jaringan ini mengubah karakteristik permukaan komposit yang cenderung hidrofilik menjadi cenderung hidrofobik dan organofilik, sehingga diperoleh karakteristik adsorpsi PAH yang lebih baik.

Air limbah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah sintesis yang menggunakan *phenanthrene* sebagai senyawa model cemaran PAH dalam air. *Phenanthrene* akan dilarutkan dalam metanol terlebih dahulu, selanjutnya dilarutkan dalam air hingga mencapai konsentrasi tertentu.

Analisa-analisa yang dilakukan adalah konfirmasi jenis partikel magnetik yang terbentuk, konfirmasi terbentuknya ikatan siloksan, luas permukaan adsorben, rasio Fe/Si dalam adsorben, dan kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben tersebut.

