

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak dan gas bumi adalah sumber energi yang digunakan manusia pada berbagai kebutuhan industri, transportasi maupun rumah tangga. Dari berbagai kebutuhan yang dilakukan oleh manusia, minyak dan gas bumi pun memiliki dampak yang tidak baik bagi lingkungan. Salah satu penyebab dampak yang tidak baik bagi lingkungan adalah adanya tumpahan minyak dari kegiatan eksplorasi, transportasi dan eksploitasi minyak bumi (Bhardwaj *et al.*, 2018). Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak ini positif untuk memenuhi kebutuhan umat manusia, akan tetapi disisi lain, kegiatan ini menjadi salah satu dampak negatif yakni penyebab kerusakan besar bagi ekosistem lingkungan. Aktivitas lain dari kegiatan manusia yang berkaitan dengan penyebab tumpahan minyak adalah aktivitas pelayaran, penangkapan ikan, pengeboran minyak dan gas lepas pantai, hingga kecelakaan-kecelakaan tumpahan minyak dari kapal tanker dan kebocoran pipa anjungan minyak lepas pantai (Tran *et al.*, 2018).

Ada beberapa kasus tumpahan minyak seperti yang telah terjadi pada 16 maret tahun 1978, akibat dari tenggelamnya kapal Amoco Cadiz di perairan Britania, Inggris, yang menyebabkan jatuhnya 246.000 ton *light crude oil spill* ke dalam perairan (Johannsdottir *et al.*, 2019). Kasus selanjutnya terjadi di Kuwait pada tanggal 19 Januari 1991. Minyak tersebut tersebar luas akibat dari tumpahnya 330 juta gallon minyak ke dalam lautan sehingga menutupi kurang lebih 4000 km perairan laut dengan ketebalan 4 inch (Cho *et al.*, 2019). Pada tahun 2010, bulan April kasus tumpahan minyak terjadi akibat meledaknya truk BP oil yang mengakibatkan masuknya minyak ke dalam air (Smeltz *et al.*, 2017). Selain itu di perairan Indonesia pernah terjadi kasus tumpahan minyak yakni di Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Tumpahan minyak tersebut terjadi akibat kebocoran pipa dari kapal tanker Alenza XXVII di 30 km lepas pantai Cilacap yang sedang membongkar minyak *Arabic Light Crude Oil* (ALC) yang terjadi pada awal Juli dan awal September 2011, dimana terjadi tumpahan minyak di sekitar dermaga CIB 2 Pertamina UP IV Cilacap. Kemudian kasus tumpahan minyak terjadi di daerah

yang sama yaitu di 5 perairan Cilacap pada tanggal 20 Mei 2015 yaitu tumpahan minyak *Marine Fuel Oil* (MFO) dari kebocoran Kapal MT Martha Petrol yang memuat produk MFO 180 sebanyak 24.000 kL dan MFO 380 sebanyak 5.000 kL (Jafarinejad *et al.*, 2019).

Tumpahan minyak diperairan menimbulkan adanya komponen hidrokarbon yang bersifat toksik (Rawat *et al.* 2018), mutagenik (Vacchi *et al.*, 2017), karsinogenik (Ali *et al.*, 2019), dan sangat berpengaruh pada reproduksi, perkembangan, pertumbuhan dan perilaku biota laut (Pancic *et al.*, 2019). Keberadaan lapisan minyak pada permukaan air menghalangi penetrasi sinar matahari, selain itu lapisan minyak dapat menghalangi pertukaran oksigen dari atmosfer ke dalam air dan mengurangi jumlah oksigen terlarut, sehingga proses fotosintesis di dalam air mengalami gangguan (Narita *et al.*, 2019). Ombak yang besar dan angin yang kencang di laut menyebabkan tumpahan minyak pada permukaan air akan tersebar ke area yang lebih luas dan menyebabkan dampak polusi minyak menjadi lebih parah (Han *et al.*, 2018).

Selain itu, adanya tumpahan minyak juga berpengaruh pada tumbuhan yang mampu hidup di sekitar pantai seperti mangrove. Tumpukan lapisan minyak tersebut akan mempengaruhi akar mangrove yang berfungsi sebagai pertukaran gas CO₂ dan O₂. Akar tersebut akan tertutup minyak sehingga kadar oksigen dalam akar berkurang, dan akar mangrove akan mengalami pembusukan apabila lapisan minyak terlalu lama mengendap hingga menimbulkan kematian (Duke *et al.*, 2016). Dari peristiwa yang terjadi, bagaimanapun juga sangat dibutuhkan cara untuk menanggulangi permasalahan tersebut untuk proses pemulihan perairan akibat tumpahan minyak. Pemulihan perairan secara alami yang tercemari oleh tumpahan minyak membutuhkan waktu yang lama. Peristiwa tumpahan minyak ini termasuk kasus yang perlu ditanggapi karena menimbulkan dampak yang serius. Maka yang perlu dilakukan pada kecelakaan tumpahan minyak adalah mengetahui secara cepat dan tepat wilayah persebarannya, baik secara visual langsung maupun tidak langsung.

Berbagai macam metode remediasi air laut yang tercemar oleh tumpahan minyak telah dikembangkan seperti *in-situ burning* (Bullock *et al.*, 2019), penggunaan *skimmer* dan *boomer* (Farooq *et al.*, 2018), teknik bioremediasi (Lee

et al., 2019), penggunaan dispersan (Kleindienst *et al.*, 2015), serta adsorpsi (Eskhan *et al.*, 2018). Metode *in-situ burning* adalah metode penghilangan minyak pada permukaan air dengan cara pembakaran minyak secara langsung. Metode ini memiliki keunggulan dalam menangani masalah tumpahan minyak dalam skala besar, akan tetapi akibat yang ditimbulkan dari metode *in-situ burning* adalah terbentuknya gas toksik hasil pembakaran serta dihasilkannya residu pembakaran yang tenggelam di dasar laut yang dapat memberikan efek buruk pada biota laut. Selain itu penyebaran api dari pembakaran minyak sulit untuk terkontrol. Metode penggunaan *skimmer* dan *booms* yaitu metode yang dilakukan melalui dua tahap yakni melokalisir tumpahan minyak dengan *booms* dan melakukan pemindahan minyak ke dalam penampung dengan menggunakan peralatan mekanis yang disebut *skimmer* (Wang *et al.*, 2018). Namun metode ini membutuhkan alat khusus dan mahal. Penggunaan dispersan yaitu dengan memecah lapisan minyak menjadi tetesan kecil (*droplet*) sehingga mengurangi kemungkinan terperangkapnya hewan ke dalam tumpahan. Dispersan adalah bahan kimia dengan zat aktif yang disebut surfaktan. Namun metode ini menyisahkan residu di dalam perairan dan menjadi tercemar dengan bahan kimiawi tersebut. Penggunaan konsorsium bakteri pada proses bioremediasi minyak, dapat mempengaruhi proses degradasi minyak. Hal tersebut dikarenakan setiap dari spesies bakteri membutuhkan substrat yang spesifik untuk mendegradasi keseluruhan komponen minyak (Mapelli *et al.*, 2017). Namun tidak semua bakteri mampu spesifik mendegradasi minyak, sehingga cara ini masih kurang efektif. Akan tetapi metode yang efektif dan simple untuk penanganan tumpahan minyak terutama untuk pemisahan minyak masih sangat jarang. Metode yang terakhir dengan menggunakan adsorben yang bisa menyisahkan minyak melalui mekanisme adsorpsi (penempelan minyak pada permukaan adsorben). Adsorben merupakan teknik yang paling banyak digunakan untuk menghilangkan organik beracun dan mikropolutan anorganik dari air limbah karena kinerjanya yang baik, murah dan kemudahannya saat dioperasikan (Qiao *et al.*, 2019). Adsorben yang digunakan harus memiliki karakteristik hidrofobik, oleofilik dan mudah di aplikasikan ke permukaan minyak serta dapat diambil kembali dan digunakan secara berulang.

Alginat adalah salah satu polimer alami non toksik, biodegradable, biokompatibel, dapat ditemukan dalam jumlah banyak, serta merupakan bahan adsorben (Huang *et al.*, 2017). Alginat terdiri dari unit asam mannuronat (blok M), asam glukoronat (blok G) dan diatur dalam deret sekuen dari berbagai urutan blok GG, MG dan MM (Eskhan *et al.*, 2018). Alginat mampu membentuk matriks gel ketika direaksikan dengan larutan CaCl_2 sehingga terdapat kation divalent Ca^{2+} dan akan mengikat salah satu deret sekuen alginat yaitu deret G/M serta menciptakan jaringan gel tiga dimensi yang stabil sehingga ion kalsium mampu berikatan dengan empat unit G/M (Ramdhan *et al.*, 2019). Stabilitas struktur gel alginat ditentukan oleh derajat interaksi antara kation dengan sekuens G/M dan berbanding lurus dengan konsentrasi alginat, konsentrasi kation, dan durasi interaksi antara alginat dengan kation untuk menghasilkan bead yang kokoh (Ramdhan *et al.*, 2019).

Alginat yang larut dalam air biasanya digunakan sebagai enkapsulator nanopartikel (Yesiltas *et al.*, 2018), *drug carrier* (pembawa obat) (Guan *et al.*, 2018), menghilangkan logam berat seperti Cd dan Cu (Hatamie *et al.*, 2016), serta menghilangkan zat warna kationik (Hisada *et al.*, 2019). Alginat yang diekstrak dari rumput laut cokelat (*sargassum carssifolium*) dikonversi menjadi natrium alginat yang merupakan bahan baku untuk produk – produk turunan alginat. Natrium alginat memiliki kelarutan yang tinggi di dalam air, serta kurang stabil apabila digunakan sebagai adsorpsi secara langsung. Sifat alginat cenderung hifrofilik sehingga dibutuhkan modifikasi untuk meningkatkan stabilitas mekanik dan kapasitas adsorpsi yang baik salah satunya mensintesis komposit polimer alginat, serta mengikat silang dengan berbagai ion divalent. Modifikasi lebih lanjut dengan mengubah gugus hidroksil dan karbonil untuk menghasilkan turunan alginat dengan sifat fisikokimia yang lebih baik. Dari banyak adsorben yang dikembangkan untuk menangani limbah minyak, sebagian besar tenggelam selama atau sesudah proses adsorpsi selesai, sehingga proses kontak antara adsorben dengan minyak pada permukaan air tidak efektif. Adsorben yang telah menyerap minyak sulit untuk dikumpulkan kembali, kapasitas rendah, sehingga untuk menangani tumpahan minyak dibutuhkan adsorben yang mampu terapung secara stabil pada permukaan air, mudah dikumpulkan kembali untuk menghindari timbulnya polutan sekunder,

serta memiliki kapasitas yang tinggi terhadap minyak baik selama maupun saat proses adsorpsi.

Adapun natrium bikarbonat (NaHCO_3) adalah senyawa berupa serbuk kristal berwarna putih yang dapat menghasilkan gas CO_2 yang dibutuhkan dalam proses karbonasi (Jiang *et al.*, 2019). Karbonasi merupakan pelarutan karbondioksida (CO_2) di dalam air dengan kondisi temperatur dan tekanan yang terkontrol, dan dengan kalsium karbonat kekuatan alginat untuk membentuk dinding bead akan semakin kuat, sehingga dengan adanya karbonasi, maka bead akan mampu bertahan di permukaan air. Kemampuan terapung pada adsorben dengan sifat yang superhidrofobik dan superoleofilik telah menarik minat besar di bidang pemisahan minyak-air yang memungkinkan pembuangan minyak yang tepat dan tidak menyebabkan polusi sekunder.

Magnetit (Fe_3O_4) memiliki magnetisasi yang tinggi dan permukaannya yang mudah dimodifikasi dengan menyisipkan material anorganik, organik maupun polimer (Dutra *et al.*, 2017). Banyak peneliti memanfaatkan magnetit pada proses remediasi air terutama karena sifatnya yang mampu tertarik oleh medan magnet (Suwattanamala *et al.*, 2017).

Tanah diatomae adalah batuan sedimen ringan yang lunak dan tersedia di endapan perairan besar di seluruh dunia. Tanah diatomae terbentuk dari sisa – sisa kerangka fosil diatomae, mikro-ganggang sel tunggal dengan kulit silika ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) disebut *frustule* (Sosa *et al.*, 2019). Bahan alami berstruktur amorf ini banyak digunakan karena memiliki luas permukaan yang besar, permeabilitas dan porositas tinggi, ukuran partikel kecil, kemampuan adsorpsi tinggi, konduktivitas dan densitas termal rendah, menjadi bahan yang baik untuk retensi logam berat di perairan dan tanah yang terkontaminasi (El Sayed *et al.*, 2018).

Maleat anhidrida dan ftalat anhidrida merupakan senyawa dengan komponen penguat dalam komposit polimer. Senyawa ini mampu memodifikasi polimer dan menghasilkan peningkatan hidrofobisitas, kompatibilitas serta kapasitas penyerapan yang baik (Marshall *et al.*, 2019).

Oleh karena itu, berdasarkan penjelasan di atas, pada penelitian ini alginat gel bead yang disintesis dapat terapung dengan baik karena terbentuknya pori internal dengan menggunakan NaHCO_3 dan CaCO_3 , serta Fe_3O_4 agar adsorben mudah

dikumpulkan kembali, dan alginat gel bead bersifat magnetik dan mampu tertarik oleh magnet. Kemudian untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi yang lebih baik, maka ditambahkan tanah diatomae supaya struktur alginat lebih berpori dan ditambahkan maleat anhidrida serta ftalat anhidrida untuk memperkuat struktur polimer dengan menambahkan gugus ikatan sehingga memiliki kapasitas yang tinggi terhadap minyak baik selama maupun saat proses adsorpsi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana sintesis magnetik *bead*-tanah diatomae yang dimodifikasi dengan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida ?
2. Bagaimana karakterisasi magnetik *bead*-tanah diatomae yang dimodifikasi dengan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida?
3. Bagaimana profil penyerapan dan pemisahan minyak oleh magnetik *bead*-tanah diatomae yang dimodifikasi dengan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida ?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dalam penelitian ini adalah membuat magnetik *bead* – tanah diatomae yang dimodifikasi dengan menggunakan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida. Metode pembuatan *bead* yang digunakan adalah metode gelasi ionik dan menganalisis karakter material magnetik *bead* yang dihasilkan untuk diaplikasikan sebagai pemisahan dan penyerapan minyak.

1.3.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus dalam penelitian ini diantaranya :

1. Menganalisis sintesis magnetik *bead*-tanah diatomae yang dimodifikasi dengan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida.
2. Menentukan karakterisasi magnetik *bead*-tanah diatomae yang dimodifikasi dengan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida.
3. Menganalisis profil penyerapan dan pemisahan minyak oleh magnetik *bead*-tanah diatomae yang dimodifikasi dengan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan suatu magnetik *bead* yang tidak hanya berfungsi sebagai pemisahan dan penyerapan minyak, tetapi juga meningkatkan porositas, stabilitas, hidrofobisitas yang tinggi dan efisiensi dalam medan magnet. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi tambahan informasi tentang magnetik *bead* yang mengkombinasikan material tanah diatomaeae, senyawa hidrofobikasi yaitu maleat anhidrida dan ftalat anhidrida serta magnetik.