

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumberdaya alam yang memiliki fungsi penting bagi kehidupan makhluk hidup. Fakta menunjukkan bahwa 70% dari permukaan bumi tertutup air dan dua per tiga tubuh manusia terdiri dari air, menjadikan air sebagai salah satu komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Selain itu, air juga merupakan modal dasar dan faktor utama pembangunan untuk memajukan kesejahteraan umum. Tersedianya air bersih yang memadai menjadi indikator utama bahwa kesehatan telah terselenggara dengan baik. Maka dari itu, air bersih harus tersedia secara berkelanjutan dan dapat diterima oleh masyarakat. Kualitas air dapat ditinjau dari segi fisika, kimia, dan biologi. Air yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari harus memenuhi standar baku air untuk rumah tangga (Asmadi *et al.*, 2011).

Dewasa ini, pencemaran air menjadi masalah yang perlu mendapat perhatian yang serius. Pada beberapa wilayah di Indonesia, ketersediaan air bersih sangat kurang karena air tersebut sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari berbagai hasil kegiatan manusia. Sehingga secara kualitas, sumberdaya air telah mengalami penurunan. Demikian pula secara kuantitas, sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat (Warlina, 2004). Salah satu penyebab utama pencemaran air adalah berkembangnya industri dan meningkatnya pertumbuhan penduduk serta urbanisasi. Akibatnya banyak limbah cair yang dihasilkan dan dibuang di lingkungan sehingga menyebabkan pencemaran air. Pencemaran air akibat kegiatan industri menjadi salah satu masalah lingkungan yang harus segera ditangani (Kamali *et al.*, 2015).

Salah satu industri yang paling banyak menyumbang limbah di perairan adalah industri tekstil. Industri tekstil di Indonesia mengalami peningkatan yang semakin pesat. Menurut Badan Pusat Statistika, pada tahun 2019 jumlah industri

tekstil yang ada di Indonesia mencapai 2.980. Namun, besarnya jumlah industri tekstil di Indonesia ini tidak diimbangi dengan pengolahan limbah cair yang baik dan benar (Naimah *et al.*, 2014). Limbah cair industri tekstil sulit terdegradasi karena mengandung senyawa-senyawa organik yang stabil (Liu *et al.*, 2021). Selain itu, air limbah industri tekstil juga mengandung zat warna yang memiliki intensitas warna yang tinggi. Beberapa zat warna bersifat toksik dan karsinogenik terhadap lingkungan perairan (Rodriguez-Couto dan Susana, 2009). Selain bersifat karsinogenik, zat warna juga bersifat mutagenik dan teratogenik pada mikroba dan ikan. Zat tersebut dapat mengakibatkan kegagalan fungsi ginjal, sistem reproduksi, hati, otak, dan sistem saraf pusat pada manusia (Asgher, 2012).

Industri tekstil umumnya menggunakan zat warna sintetis dengan alasan murah, tahan lama, mudah diperoleh, dan mudah digunakan (Naimah *et al.*, 2014). Terdapat dua jenis gugus utama dalam zat warna sintetis, yaitu kromofor dan auxokrom. Kromofor berperan untuk menghasilkan warna, sedangkan keberadaan auxokrom berpengaruh pada kelarutannya dalam air dan meningkatkan afinitas zat warna terhadap serat pada kain. Beberapa gugus kromofor yang penting yaitu gugus azo ($-N=N-$), nitro ($-NO_2$), dan karbonil ($-C=O$). Sedangkan gugus auxokrom yang paling umum digunakan adalah $-NH_2$, $-COOH$, $-SO_3H$ dan $-OH$ (Zille, 2005). Air limbah tekstil biasanya mengandung sekitar 10 hingga 50 mg/L zat warna (Istratie *et al.*, 2019). Sekitar 10%-15% zat warna yang sudah dipakai tidak dapat digunakan kembali sehingga hanya akan mencemari lingkungan perairan (Ruzicka dan Safira, 2014). Keberadaan zat warna dalam perairan dapat mengganggu penetrasi sinar matahari dan difusi oksigen ke dalam air. Hal tersebut berdampak pada terganggunya proses kehidupan organisme perairan, dan sekaligus dapat mengancam kelestarian ekosistem akuatik. Oleh karena itu, pengolahan limbah industri tekstil sebelum dibuang ke badan air sangat diperlukan (Belkacem *et al.*, 2008).

Pengolahan limbah cair tekstil secara garis besar dapat dilakukan dengan empat metode yaitu metode fisik, kimia, fisikokimia dan biologi. Beberapa metode ini telah dikembangkan dalam pengolahan air limbah zat warna skala industri,

misalnya *pre-treatments* melalui metode netralisasi, penghilangan padatan tersuspensi melalui metode pemisahan fisika atau kimia, metode biologi dengan memanfaatkan mikroorganisme, dan metode fisikokimia melalui adsorpsi, *ion exchange*, oksidasi kimia dan pemisahan menggunakan membran (Perry *et al.*, 1997).

Beberapa metode yang telah dikembangkan untuk mengolah zat warna tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Misalnya, metode filtrasi seperti ultrafiltrasi (Ma *et al.*, 2017), nanofiltrasi (Abdi *et al.*, 2017), dan *reverse osmosis* (Sahinkaya *et al.*, 2018) efektif dalam menghilangkan pewarna tetapi pori-pori membran yang digunakan dapat tersumbat oleh zat warna dan senyawa lain, sehingga dapat menutupi pori-pori membran dan tidak dapat digunakan kembali dalam jangka panjang. Tekanan tinggi yang digunakan dalam filtrasi juga menyebabkan pengeluaran biaya yang cukup besar akibat konsumsi energi yang digunakan juga besar (Gupta dan Suhas, 2009). Metode elektrokimia juga memiliki kelebihan untuk mengolah air limbah tekstil karena dalam metode ini tidak memerlukan penggunaan bahan kimia tambahan (Bassyouni *et al.*, 2017), akan tetapi biaya listrik yang digunakan cukup cukup besar (Li *et al.*, 2019). Metode oksidasi menggunakan oksidator kuat juga digunakan dalam pengolahan air limbah tekstil. Adapun senyawa yang digunakan dalam metode oksidasi adalah Cl_2 (Mehedi, 2019), H_2O_2 (Malik dan Saha, 2003), $\text{FeH}_4\text{O}_6\text{S}^{+2}$ (peraksi fenton) (Punzi *et al.*, 2015), dan O_3 (Khuntia *et al.*, 2015). Senyawa tersebut mampu mendegradasi sebagian atau seluruh zat warna dalam air limbah tekstil (Oturan dan Aaron, 2014). Beberapa metode oksidasi secara bersamaan dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi oksidasi, metode gabungan tersebut antara lain proses foto-fenton (Ameta dan Ameta, 2018), ultra-violet fotolisis (Zuorro dan Lavecchia, 2014), dan sonolisis (Chakma *et al.*, 2015), akan tetapi penggunaan beberapa metode oksidasi secara bersamaan ini dapat menghasilkan produk samping yang tidak diinginkan atau beracun. Selain itu, biaya yang digunakan untuk metode oksidasi juga cukup besar (Li *et al.*, 2019). Metode biologi dalam pengolahan air limbah industri tekstil secara aerobik, anaerobik, serta kombinasi keduanya juga banyak dipakai (Baêta *et al.*,

2015). Kelemahan utama dari metode biologi adalah fleksibilitas yang rendah dalam penggunaannya serta tidak efisien sehingga menyebabkan sulitnya menghilangkan zat warna dari air limbah secara terus menerus (Li *et al.*, 2019).

Adsorpsi adalah metode yang paling unggul dibandingkan metode-metode lain dalam pengolahan limbah cair tekstil. Adsorpsi secara umum adalah proses penyerapan suatu ion-ion atau senyawa-senyawa di dalam air oleh permukaan suatu material yang memiliki kemampuan penyerapan untuk dipindahkan ke tempat lain. Zat yang diserap disebut adsorbat sedangkan material yang memiliki kemampuan penyerapan pada permukaannya disebut adsorben. Adsorpsi menjadi salah satu metode pemurnian yang paling efektif dalam pemisahan air jika dilihat dari segi ekonomi, disain, sistem operasi dan sensitifitas terhadap polutan (Mohammad *et al.*, 2010). Diantara berbagai metode pemisahan pewarna yang tersedia, adsorpsi telah terbukti menjadi teknik terbaik yang sesuai dan menjanjikan atau metode yang paling banyak digunakan karena efektifitasnya, kesederhanaan operasionalnya, ekonomis dan hemat energi (Koner *et al.*, 2011). Selain itu, metode adsorpsi telah diterapkan secara luas untuk menangani limbah zat warna dan berbagai lingkungan perairan karena memiliki efisiensi yang tinggi dan hemat biaya (Sakti *et al.*, 2020). Proses adsorpsi dibutuhkan material pembentuk adsorben yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Beberapa adsorben yang banyak digunakan antara lain adalah silika (Jiang *et al.*, 2019), zeolit (Shamsudin dan Shahadat, 2019), tanah liat (Largo *et al.*, 2020), nanomaterial (Ahlawat *et al.*, 2020), logam organik (Zolgharnein *et al.*, 2020), dan juga biopolimer alami seperti alginat (Zhao *et al.*, 2021), kitosan (Qamar *et al.*, 2020), pektin (Shahrin *et al.*, 2021) dan selulosa (Liu *et al.*, 2020).

Alginat menjadi salah satu material yang paling banyak diminati untuk dikembangkan sebagai adsorben dalam pemisahan zat warna pada sistem perairan dibandingkan material yang lain (Metin *et al.*, 2020) karena alginat memiliki beberapa keunggulan seperti harganya yang relatif murah, memiliki sifat biokompatibel dan *biodegradable* yang tinggi serta toksisitas yang rendah (Lee dan Mooney, 2012). Alginat merupakan biopolimer anionik alami yang tersusun atas 1-

4 asam β -D-manuronat (M) dan asam α -L-guluronat (G) (Li *et al.*, 2018). Pada struktur alginat, α -L-guluronat berfungsi sebagai pembentuk gel sedangkan 1-4 asam β -D-manuronat berfungsi untuk meningkatkan kelenturan gel tersebut (Habib *et al.*, 2018). Alginat memiliki gugus karboksil dan hidroksil yang dapat dengan mudah berikatan dengan zat warna kationik melalui ikatan elektrostatik dan ikatan hidrogen. Alginat tidak dapat digunakan secara langsung dalam limbah perairan karena alginat memiliki sifat mudah larut dalam air dan kurang stabil, sehingga harus dimodifikasi untuk meningkatkan kestabilan dan kapasitas adsorpsinya (Supramaniam *et al.*, 2018). Beberapa bahan ditambahkan ke dalam alginat untuk meningkatkan kemampuannya sebagai adsorben seperti gelatin (Ma *et al.*, 2019), *graphene oxide* (Li *et al.*, 2018), bentonit (Fabryanty *et al.*, 2017), kitosan (Zhang *et al.*, 2019), selulosa (Hu *et al.*, 2018), dan *carbon nitride* (Khan *et al.*, 2020).

Graphitic carbon nitride ($g\text{-C}_3\text{N}_4$) atau yang biasa disebut dengan *carbon nitride* merupakan material semikonduktor yang tersusun dari unit s-triazin (tipe poli-s-triazin) atau s-heptazin (tipe poli-s-heptazin) yang terikat melalui gugus amino sekunder atau tersier (Dong *et al.*, 2014). Cincin tunggal triazin atau heptazin berbentuk planar, sedangkan cincin ikatan atom hidrogen menunjukkan hibridisasi sp^3 . *Carbon nitride* yang ideal umumnya berwarna kuning atau jingga-kekuningan dengan *band gap* sebesar 2,7 eV (Fronczak, 2020). *Carbon nitride* merupakan material yang stabil hingga temperatur 600°C, tahan terhadap suasana asam lemah dan basa serta tidak menunjukkan kelarutan dalam air, aseton, dietil eter, atau etil asetat (Dong *et al.*, 2014). Hal ini memungkinkan pemanfaatan *carbon nitride* dalam berbagai aplikasi seperti evolusi hidrogen (Bhowmik *et al.*, 2016), reduksi CO_2 (Kumar *et al.*, 2017), fotodegradasi polutan (Akhundi dan Habibi-Yangjeh, 2017), dan sensor optik (Tian *et al.*, 2018). Pada permukaan *carbon nitride* terdapat situs “N” aktif dalam jumlah yang besar sehingga dapat secara efektif berperan sebagai adsorben untuk menyerap polutan organik (Wang *et al.*, 2016) tetapi *carbon nitride* mempunyai luas permukaan yang kecil (dibawah $10 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) dan membatasi sifat adsorpsinya sehingga perlu dimodifikasi dengan menambahkan beberapa material yang memiliki luas permukaan yang besar (Azimi *et al.*, 2019). Pada

penelitian ini, untuk meningkatkan daya adsorpsi dari *carbon nitride* perlu ditambahkan material yang memiliki luas permukaan yang besar seperti *nanoclay*, *halloysite nanotube*, dan *diatomaceous earth*. *Nanoclay* dan *halloysite nanotube* merupakan material yang berukuran nano sedangkan *diatomaceous earth* merupakan material yang berukuran mikro. Ketiga material ini memiliki luas permukaan yang besar dan telah dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menghilangkan beberapa polutan antara lain zat warna (Wan *et al.*, 2017), antibiotik (Cheng *et al.*, 2018), limbah farmasi (Nyankson dan Kumar, 2019), dan logam berat (Sosa *et al.*, 2019).

Adsorben secara umum berbentuk padatan, akan tetapi seringkali sulit dikumpulkan kembali setelah proses adsorpsi selesai. Sehingga banyak adsorben yang hilang dan menyebabkan polusi sekunder. Maka dari itu perlu adanya bentuk lain untuk membantu mempermudah pengumpulan adsorben setelah proses adsorpsi selesai. *Beads* adalah salah satu bentuk alternatif yang dapat mempermudah pengumpulan kembali adsorben setelah adsorpsi. Selain itu, bentuk *beads* juga dapat meningkatkan daya serap (*swelling*) (Cahyaningrum, 2013). Teknik pengumpulan kembali adsorben setelah proses adsorpsi dapat menggunakan teknik pemisahan magnetik. Pemisahan magnetik merupakan salah satu solusi karena memungkinkan pengumpulan kembali adsorben dengan menggunakan magnet dari luar. Pada proses pemisahan magnetik, adsorben material magnetik ditambahkan dengan senyawa yang memiliki sifat magnetik, sehingga material mudah dipisahkan menggunakan magnet dari luar (Sakti *et al.*, 2013). Material magnetik yang banyak digunakan dalam penyerapan adsorben magnetik adalah magnetit (Fe_3O_4), hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) goethite ($\alpha\text{-FeO(OH)}$) (Rosati *et al.*, 2014) dan spinel ferit lainnya (Sakti *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis komposit *nanoclay* (NC), *halloysite nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride* (CN) yang diinkorporasi pada alginat-gel *bead* yang mengandung Fe_3O_4 . Adsorben yang terbentuk akan dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra-Red Spectrophotometer* (FTIR), *X-Ray Diffractometer* (XRD), *Vibrating Sample*

Magnetometer (VSM), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Kemampuan adsorpsi dari adsorben akan dilakukan dengan mengkontakkan adsorben dalam larutan *basic fuschin* pada rentang pH 4-10.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara sintesis komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride*?
2. Bagaimana inkorporasi magnetik alginate gel *bead* yang mengandung komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride* menggunakan metode gelasi ionik?
3. Bagaimana karakterisasi magnetik alginate gel *bead* yang mengandung komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride*?
4. Bagaimana kemampuan adsorpsi magnetik alginate gel *bead* yang mengandung komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride* terhadap zat warna *basic fuschin*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses sintesis komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride*.
2. Mengetahui proses inkorporasi magnetik alginate gel *bead* yang mengandung komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride* menggunakan metode gelasi ionik.

3. Mengetahui hasil karakterisasi magnetik alginate gel *bead* yang mengandung komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride*.
4. Mengetahui kemampuan adsorpsi magnetik alginate gel *bead* yang mengandung komposit komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE) dengan *carbon nitride* terhadap zat warna *basic fuschin*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan menambah kegunaan dalam pengaplikasian *carbon nitride* khususnya dalam bidang adsorpsi. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan terhadap masyarakat khususnya untuk pelaku usaha industri tekstil tentang pemisahan magnetik zat warna menggunakan metode adsorpsi dengan *carbon nitride* pada komposit *nanoclay* (NC), *halloyiste nanotube* (HNTs) dan *diatomaceous earth* (DE).