

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pewarnaan dan pencelupan pada industri tekstil tidak pernah lepas dari dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah cair zat warna yang dihasilkannya (Djeral *et.al.*, 2017). Zat warna dikategorikan sebagai senyawa yang berbahaya karena sifatnya yang beracun dan warnanya menghambat sinar matahari masuk ke dalam perairan, sehingga sulit terjadinya fotosintesis di dalam perairan (Rueda-Marquez *et.al.*, 2015). Hal ini akan menimbulkan masalah bagi lingkungan dan keberlangsungan makhluk hidup. Oleh sebab itu, diperlukan inovasi teknologi yang efektif dan efisien dalam mengatasi permasalahan limbah zat warna.

Zat warna turunan vat merupakan zat warna sintetis yang paling banyak digunakan dalam industri kain sarung. Zat warna ini memiliki ciri khas struktur organik dengan cincin aromatik heterosiklik yang stabil, sehingga sangat sulit untuk terdegradasi. Dikarenakan banyaknya cincin aromatik pada struktur zat warna vat ini, metode penanggulangan konvensional tidak efektif digunakan untuk penghilangan warna dan degradasi (Kordouli *et.al.*, 2015). Selain itu, penggunaan metode konvensional dalam penyerapan zat warna akan menghasilkan limbah baru dan butuh perlakuan lebih lanjut (Karci, 2014). Beberapa jenis zat warna turunan vat, seperti vat violet-9 dan vat orange-16 hingga saat ini belum ada penelitian dalam mengatasi permasalahan limbahnya.

Metode oksidasi tingkat lanjut atau sering disingkat dengan *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) merupakan teknologi yang menggunakan serangan hidroksil radikal dalam pemutusan ikatan senyawa organik, dan dapat secara efektif diterapkan untuk pengolahan limbah perairan (Karnjkar *et.al.*, 2015). Radikal hidroksil dapat dihasilkan melalui oksidasi kimia primer (ozonolisis, reaksi fenton) atau dengan sumber energi (sonolisis dan fotolisis) dengan atau tanpa adanya katalis semikonduktor (Gogate and Pandit, 2004).

Titanium dioksida (TiO_2) dalam bentuk anatase merupakan katalis semikonduktor yang memiliki potensi dalam aplikasi pada metode AOPs untuk penanganan limbah zat warna. Beberapa penelitian telah mengaplikasikan TiO_2 dalam proses fotolisis, diantaranya pada zat warna *naphtol blue black* (Safni *et.al.*, 2007), Sudan-I (Safni *et.al.*, 2008a), *alizerine-s* (Safni *et.al.*, 2008b), *methanil yellow* (Safni *et.al.*, 2009). Hal ini dikarenakan TiO_2 memiliki aktivitas yang tinggi dan stabil terhadap proses biologi dan kimia. Meskipun demikian, ada dua hal nyata yang menjadi kekurangan katalis TiO_2 . Pertama, energi *band-gap* (celah pita) dari TiO_2 yang lebar ($\approx 3,2$ eV), sehingga hanya sebagian kecil fraksi ultraviolet (UV) dari cahaya matahari yang bisa digunakan. Kedua, pemisahan fotokatalis TiO_2 dari limbah cair sangatlah sulit dan membutuhkan energi (Xu *et.al.*, 2011). Kekurangan ini menurunkan efisiensi penggunaan TiO_2 sebagai fotokatalis. Pendopongan TiO_2 dengan unsur non-logam, seperti karbon dan nitrogen (Safni *et.al.*, 2015a, Safni *et.al.*, 2017, Safni *et.al.*, 2015b, Safni *et.al.*, 2016a, Safni *et.al.*, 2016b) dan mencampurkan TiO_2 dengan *sensitizer* (Ma *et.al.*, 2010) adalah dua cara yang paling penting dalam meningkatkan pemanfaatan sinar tampak dari cahaya matahari dalam degradasi limbah cair.

Pendopongan TiO_2 dengan unsur non-logam, seperti nitrogen dan karbon memberikan aktifitas fotokatalitik terbaik dibandingkan dengan fotokatalis TiO_2 modifikasi lainnya (La-doped TiO_2 , Fe-doped TiO_2 , $\text{Bi}_2\text{WO}_6/\text{TiO}_2$) (Xu *et.al.*, 2011). Doping TiO_2 dengan non-logam seperti nitrogen tampaknya menjadi pendekatan yang lebih menarik karena ukuran atom sebanding dengan oksigen, energi ionisasi kecil dan stabilitas yang baik. Penggabungan doping dengan karbon tentunya akan memberikan aktivitas katalitik yang lebih baik. Fotokatalis C-N-codoped TiO_2 dalam bentuk padatan mampu mendegradasi berbagai senyawa organik, diantaranya zat warna *Yellow GCN* (Safni *et.al.*, 2015b); zat warna metilen biru (Li *et.al.*, 2012); dan 2-klorofenol (Ananpattarachai *et.al.*, 2016).

Berdasarkan studi literatur, tidak adanya penelitian tentang pengolahan limbah cair zat warna vat violet-9 dan vat orange-16 serta penggunaan padatan C-N-codoped TiO_2 sebagai fotokatalis dalam degradasi sampel zat warna ini belum terpublikasikan.

Fokus dari penelitian pada disertasi ini adalah degradasi zat warna vat violet-9 dan vat orange-16 dalam larutan berair menggunakan metode fotolisis, ozonolisis dan sonolisis dengan penambahan katalis C-N-codoped TiO₂. Selain zat warna turunan vat, metil orange yang merupakan zat warna turunan azo digunakan sebagai sampel dalam proses degradasi untuk mempelajari pengaruh jenis turunan zat warna pada proses fotolisis. Beberapa sumber sinar akan divariasikan dalam metode fotolisis, yaitu sinar ultraviolet (UV), sinar tampak dan sinar matahari. Katalis C-N-codoped TiO₂ yang disintesis melalui proses peroxo sol-gel akan diaplikasikan pada semua metode AOPs. Metode sintesis peroxo sol-gel memiliki kelebihan yaitu, menggunakan air sebagai pelarutnya dan penggunaan bahan kimia yang minimal sehingga lebih ramah lingkungan dan mudah dalam pengerjaannya (Ichinose *et.al.*, 1996).

Dopan karbon untuk mensintesis C-N-codoped TiO₂ berasal dari arang tempurung kelapa, sedangkan larutan ammonia digunakan sebagai sumber dopan nitrogen. Padatan C-N-codoped TiO₂ yang dihasilkan dikarakterisasi dengan peralatan *X-Rays Diffractometer (XRD)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, *Energy Dispersive X-Ray (EDX)*, *Transmission Electron Microscopy (TEM)*, *Small Angle X-Rays Scattering (SAXS)*, dan *Diffuse Reflectance Spectrophotometer (DRS UV-Vis)*. Analisis spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menentukan pengurangan konsentrasi zat warna vat yang telah didegradasi dan analisis *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)* digunakan untuk mengetahui apakah ada senyawa intermediet yang terbentuk dalam proses degradasi dengan metode AOPs. Selanjutnya, untuk mengidentifikasi senyawa yang terbentuk dari proses degradasi zat warna vat dengan metode AOPs dianalisis dengan *Liquid Chromatography-Mass Spectrophotometer (LC-MS/MS)*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dijawab melalui penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakterisasi dari padatan fotokatalis C-N-codoped TiO₂ yang disintesis melalui proses perokso sol-gel?

2. Bagaimana kemampuan metode fotolisis, ozonolisis, dan sonolisis dalam mengurangi konsentrasi dari sampel zat warna dalam medium air?
3. Bagaimana pengaruh penambahan katalis C-N-codoped TiO_2 pada degradasi sampel zat warna dengan metode fotolisis, ozonolisis, dan sonolisis?
4. Bagaimana perbedaan proses degradasi zat warna pada metode fotolisis, ozonolisis, dan sonolisis?
5. Bagaimana mekanisme reaksi mineralisasi dari proses degradasi zat warna menggunakan metode fotolisis?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis hasil karakterisasi dari padatan fotokatalis C-N-codoped TiO_2 yang disintesis melalui proses perokso sol-gel.
2. Mengetahui jumlah zat warna yang dapat didegradasi pada metode fotolisis, ozonolisis, dan sonolisis.
3. Mengaplikasikan sifat fotokatalitik C-N-codoped TiO_2 untuk degradasi sampel zat warna dengan metode fotolisis, ozonolisis dan sonolisis.
4. Mempelajari perbedaan proses degradasi zat warna pada metode fotolisis, ozonolisis, dan sonolisis.
5. Mempelajari mekanisme reaksi mineralisasi dari proses degradasi zat warna menggunakan metode fotolisis.

1.4 Manfaat Penelitian

Kegiatan penelitian ini memberikan sumbangsih ilmu pengetahuan untuk mengatasi permasalahan lingkungan dari limbah cair zat warna yang bermanfaat bagi industri tekstil dan tenun.