

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan industri-industri juga ikut berkembang dengan pesat, salah satu industri yang ikut berkembang adalah industri tekstil. Berkembangnya industri tekstil menyebabkan jumlah permintaan meningkat sehingga mengakibatkan jumlah penggunaan pewarna sintesis juga ikut meningkat. Zat warna sintesis merupakan salah satu kelompok senyawa organik yang biasanya digunakan dalam berbagai industri dikarenakan warna yang dimiliki cerah dan juga daya tahan zat warna lama. Berbagai keunggulan juga diberikan zat pewarna sintesis ini, seperti variasi warna, kestabilan, dan efisiensi bahaya. Meski demikian zat warna sintesis ini memiliki sifat kimia berbahaya, toksik, dan dapat berdampak negatif bagi lingkungan apabila berada dalam jumlah berlebih (Wardhana dkk., 2025). Zat pewarna sintesis umumnya menjadi limbah cair yang sering dihasilkan oleh industri tekstil, namun pengolahan limbah ini masih belum maksimal dan memungkinkan adanya bahaya jangka panjang yang dapat terjadi.

*Methyl Orange* merupakan salah satu zat warna yang memiliki rumus molekul  $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$  memiliki kandungan *sulfonate* ( $-SO_3H$ ) dan *azonic* ( $-N=N-$ ). Biasanya *methyl orange* digunakan sebagai indikator pH dalam titrasi asam basa dikarenakan sifat perubahan warna yang signifikan saat pH berubah. Selain sebagai indikator pH, *methyl orange* juga digunakan sebagai pewarna sintesis yang bisa memberikan warna pada kain. Keberadaan gugus azonik dalam zat warna ini

menyebabkan tingginya sifat toksisitas dan karsinogenik yang dapat membahayakan lingkungan dan ekosistem perairan, sehingga menyebabkan jumlah keberadaan *methyl orange* dalam perairan harus dikurangi (Pratiwi dkk., 2020). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah keberadaan zat warna *methyl orange* dalam limbah cair adalah dengan proses dekolorisasi atau penghilangan zat warna. Maka dilakukan suatu pendekatan dengan pemanfaatan Proses Oksidasi Lanjutan atau *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) dikenal memiliki kemampuan untuk menguraikan limbah secara efisien dan menghasilkan produk samping penguraian lebih ramah lingkungan.

Metode AOPs sudah diterapkan dalam beberapa industri tekstil dengan menambahkan bahan kimia untuk dapat menghasilkan spesi pengoksidasi yang sangat reaktif, umumnya menggunakan radikal hidroksil ( $\cdot\text{OH}$ ) sebagai agen. Radikal bebas yang dihasilkan akan mendegradasi bahan kimia organik, salah satu sistem yang menggunakan konsep ini adalah fenton. Proses fenton merupakan metode yang menggunakan ion besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) sebagai sumber katalis dan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) sebagai zat pengoksidasi dalam lingkungan asam. Dalam penggunaan reagen fenton, ion besi akan mempercepat proses dekomposisi hidrogen peroksida untuk menghasilkan radikal hidroksil. Selain itu, ion besi akan mengalami oksidasi menjadi ion besi  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  akan berubah menjadi radikal bebas hidroksil ( $\cdot\text{OH}$ ) yang nantinya akan membantu dalam penguraian molekul organik (Rais dan Setiawan, 2024).

*Fenton-like Method* merupakan modifikasi metode Fenton dengan menggunakan alternatif katalis selain ion  $\text{Fe}^{2+}$ . Dalam metode AOPs menggunakan

metode fenton termodifikasi dapat membantu memberikan alternatif katalis yang lebih rasional, efisien, dan efektif digunakan untuk penelitian maupun penggunaan mendatang. Salah satu penggunaan metode fenton termodifikasi dengan menggunakan  $\text{PbO}_2$  dinilai cukup efektif, efisien, cepat, dan lebih mudah digunakan dalam mendegradasi zat warna (Widodo dkk., 2022). Penggunaan timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) dipilih karena memiliki sifat yang tahan terhadap asam dan basa, tahan lama, dan tahan terhadap korosi. Timbal dioksida juga dapat diperoleh dalam bentuk material murni atau bahan sisa pakai yang dapat ditemukan secara umum pada elektroda aki.

Sementara timbal oksida ( $\text{PbO}$ ) juga dapat digunakan sebagai katalis dalam proses fenton termodifikasi. Penggunaan timbal oksida dapat menjadi alternatif lain karena harganya yang lebih murah dan lebih mudah ditemukan bentuk murninya dalam pasaran (Abidin dkk., 2015). Kedua bentuk timbal ini bisa digunakan dalam proses pengolahan limbah zat cair, terutama zat cair yang berasal dari industri tekstil yang mengandung zat warna sintesis. Pengembangan elektroda  $\text{PbO}_2/\text{Pb}$  digunakan dalam proses *Electro-Fenton* untuk meningkatkan efisiensi dalam pengolahan limbah industri terutama limbah pewarna. Tujuan pengembangan elektroda tersebut untuk meningkatkan produksi  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebagai reagen dalam fenton, memperbaiki efisiensi mineralisasi bahan organik, dan menggabungkan keunggulan  $\text{PbO}_2$  dengan logam lain seperti  $\text{Fe}/\text{Zn}$  sebagai katalis fenton umumnya.  $\text{Pb}$  akan berfungsi sebagai susbrat konduktif, sementara  $\text{PbO}_2$  akan menjadi lapisan utama dan aktif dalam reaksi elektrokimia yang terjadi.  $\text{PbO}$  secara alami akan terbentuk selama proses oksidasi awal  $\text{Pb}$  yang akan memperkuat lapisan antara  $\text{Pb}$  dengan  $\text{PbO}_2$

untuk mencegah terjadinya korosi pada elektroda yang digunakan (Sharan dkk., 2025).

Dalam beberapa penelitian terdahulu oksida  $\text{PbO}_2$  digunakan dalam beberapa penelitian dekolorisasi menggunakan metode fenton. Oksida  $\text{PbO}_2$  digunakan dalam proses dekolorisasi zat warna sintesis, yaitu *Remazol Black B* (RBB) dengan menggunakan  $\text{PbO}_2$  hasil sintesis. Didapatkan bahwa mekanisme yang terjadi dalam dekolorisasi mirip dengan mekanisme dekolorisasi metode fenton dengan katalis Fe. Hasil dekolorisasi yang diperoleh dengan menggunakan hasil sintesis  $\text{PbO}_2$  didapatkan persentase dekolorisasi sebesar 94,16% (Widodo dkk., 2025). Digunakan juga oksida  $\text{PbO}$ , namun proses dekolorisasi yang dilakukan tidak menggunakan metode fenton, melainkan menggunakan metode fotokatalitik untuk mendegradasi zat warna sintesis. Dalam proses degradasi yang dilakukan menggunakan katalis  $\text{PbO}$  akan membutuhkan sinar UV untuk dapat membantu mendegradasi kandungan organik pada zat warna yang digunakan. Pada proses degradasi akan dihasilkan radikal hidroksil ( $\cdot\text{OH}$ ) yang mana mekanismenya mirip dengan mekanisme metode fenton menggunakan katalis Fe, dalam mekanismenya digunakan radikal hidroksil sebagai reagen untuk mendegradasi molekul organik dalam zat warna. Hasil yang diperoleh dalam degradasi menggunakan  $\text{PbO}$  didapatkan hasil efisiensi degradasi yang cukup tinggi yaitu 97% (Hayatullah dkk., 2025).

Salah satu penelitian dekolorisasi dilakukan dengan menggunakan katalis hasil sintesis  $\text{PbO}_2$  yang diperoleh melalui proses elektrodposisi (pengendapan secara elektrokimia) dengan menggunakan substrat grafit. Proses elektrodposisi

dilakukan dengan menggunakan larutan elektrolit yang mengandung  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{HNO}_3$ , dan  $\text{NaF}$ . Kemudian dilakukan proses sintesis dengan elektrodeposisi, selama proses akan terjadi reaksi oksidasi pada permukaan anoda grafit yang dapat mengubah ion  $\text{Pb}^{2+}$  menjadi ion  $\text{Pb}^{4+}$ . Hasil sintesis yang diperoleh kemudian dikarakterisasi dan didapatkan hasil sintesis  $\text{PbO}_2$  yang memiliki kandungan pengotor berupa  $\text{PbO}$ , dibuktikan dalam hasil karakterisasi menggunakan XRF yang didapatkan kadar  $\text{PbO}$  sebagai pengotor sebesar 95,97%. Maka dapat disimpulkan dalam hasil sintesis  $\text{PbO}_2$  juga terdapat  $\text{PbO}$  yang akan mempengaruhi hasil dekolourisasi. Diperoleh hasil akhir dekolourisasi didapatkan nilai penurunan kadar COD sebesar 94,02% dengan menggunakan katalis berupa elektroda yang dimodifikasi (Abbas dan Abbas, 2024). Maka dapat ditarik kesimpulan terdapat pengaruh keberadaan  $\text{PbO}$  dalam hasil sintesis  $\text{PbO}_2$  yang digunakan. Meski demikian, hal tersebut tidak terbukti secara langsung dikarenakan adanya keberadaan pengotor lainnya yang menyebabkan adanya kemungkinan pengaruh dari pengotor lain juga.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengamatan mengenai bagaimana pengaruh penggunaan  $\text{PbO}$  dan  $\text{PbO}_2$  secara bersamaan sebagai katalis untuk *Fenton-like Method* dalam proses dekolourisasi zat warna sintesis *Methyl Orange*. Menggunakan  $\text{PbO}$  yang biasa ditemui di pasaran dan  $\text{PbO}_2$  dari limbah elektroda aki bekas kering yang mudah untuk ditemukan, sehingga memberikan informasi baru mengenai alternatif katalis lain yang bisa digunakan untuk dekolourisasi. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan inovasi baru untuk mengatasi permasalahan limbah zat warna sintesis dan limbah aki.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

1. Mendekolorisasi larutan zat warna *Methyl Orange* menggunakan *Fenton-like Method* dengan campuran PbO.PbO<sub>2</sub>.
2. Menentukan perbandingan PbO:PbO<sub>2</sub> paling optimum, massa logam optimum, dan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk mendekolorisasi larutan zat warna.
3. Menentukan nilai COD dan AAS setelah perlakuan dekolorisasi.