

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Permasalahan

Industri tekstil di Indonesia telah berkembang semakin pesat dan mengakibatkan kebutuhan akan zat warna semakin bertambah. Menurut Al-kdasi (2004), berdasarkan struktur kimianya zat warna dikelompokkan menjadi antara lain zat warna nitroso, nitro, azo, stilben, difenil metana, trifenil metana, akridin, kinolin, indigoida, aminokinon, anin dan indofenol. Sedangkan berdasarkan pada cara pencelupan atau pewarnaan pada bahan yang akan diwarnai digolongkan menjadi zat warna asam, basa, dispersi, *direct* dan lain-lain. Zat warna yang sering digunakan merupakan golongan azo yang mempunyai sifat *nonbiodegradable*. Zat warna ini memiliki toksisitas yang tinggi pada sel mamalia, berperan sebagai agen yang memicu tumor, dapat mengganggu fertilitas, menyebabkan kerusakan pada hati, limpa, ginjal, menimbulkan luka pada kulit, mata, paru-paru, dan tulang (Singh *et.al*, 2012).

Sejak tahun 2007, industri sasirangan ditetapkan sebagai salah satu dari sepuluh komoditi/produk/jenis usaha (KPJU) unggulan di Kalimantan Selatan. Sasirangan adalah kain adat suku Banjar di Kalimantan Selatan yang dibuat dengan teknik tusuk jelujur (Hardini dkk., 2009). Sebagaimana industri tekstil lainnya, pembuatan kain sasirangan melibatkan proses pewarnaan dan pencelupan dengan menggunakan bahan seperti naftol,  $MgSO_4$ ,  $NaOH$  dan zat pewarna warna merah, kuning, hitam serta biru yang akan menghasilkan limbah cair berwarna pekat dalam jumlah yang cukup besar.

Limbah cair merupakan masalah utama dalam lingkungan industri tekstil yang memberikan pengaruh yang paling luas, karena karakteristik fisik maupun kimia perairan dapat memberikan dampak negatif terhadap perairan. Limbah cair zat warna banyak bersumber dari proses pencelupan dan menyebabkan pencemaran lingkungan jika dibuang ke lingkungan perairan secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu, sementara lingkungan mempunyai kemampuan

terbatas untuk mendegradasi zat warna tersebut. Lingkungan perairan menjadi berwarna dan menurunkan kualitas air sehingga tidak dapat dikonsumsi makhluk hidup (Kristanto dkk., 2012).

Zat warna merupakan senyawa organik yang mengandung gugus benzena terkonjugasi. Zat warna golongan reaktif merupakan zat warna yang banyak digunakan untuk pewarnaan tekstil. Beberapa zat warna reaktif yang sering digunakan antara lain *remazol brilliant orange 3R*, *remazol golden yellow RNL* dan *remazol black B*. Zat warna reaktif sangat larut dalam air dan tidak terdegradasi pada kondisi aerob biasa. Dampak yang dapat ditimbulkan pada kesehatan antara lain adalah iritasi pada kulit dan sakit perut (Widodo dkk., 2008).

Berbagai proses pengolahan telah digunakan untuk menghilangkan zat warna pada air limbah, seperti; proses koagulasi/flokulasi, membran tukar kation, degradasi elektrokimia, *advanced oxidative process*, *fenton-biological treatment* dan adsorpsi. Cara pengolahan limbah dengan cara koagulasi, sedimentasi maupun adsorpsi memiliki efisiensi yang baik dalam pengolahan limbah tetapi juga menimbulkan limbah baru, yaitu flok/ koagulan yang tidak dapat digunakan lagi.

Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben untuk menghilangkan warna juga memerlukan biaya yang cukup tinggi karena harga karbon aktif relatif mahal. Penggunaan reaksi fotokatalisis membutuhkan biaya yang cukup tinggi karena harga reagen fotokatalisis seperti  $\text{TiO}_2$  cukup mahal, selain itu diperlukan perlakuan lebih lanjut terhadap  $\text{TiO}_2$  setelah proses dekolonisasi zat warna selesai. Pengolahan limbah cair dengan proses biologi juga diterapkan untuk mereduksi senyawa organik limbah cair industri. Namun efisiensi penghilangan warna melalui proses biologi ini seringkali tidak memuaskan, karena zat warna mempunyai sifat tahan terhadap degradasi biologi (*recalcitrance*).

Untuk mengatasi masalah di atas diperlukan alternatif baru untuk mengolah zat warna limbah cair industri yang efektif dan efisien dalam menurunkan polutan organik dan zat warna (Renita dkk., 2004). Metode-metode baru penanganan kasus serupa terus diteliti dan dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses remediasi lingkungan perairan.

Metode pendekatan alternatif untuk mengolah zat warna adalah metode elektrolisis (elektrodegradasi) (Putra, 2011).

Beberapa peneliti mengatakan bahwa degradasi elektrokimia sangat sesuai dalam pengolahan limbah tekstil untuk mengurangi polutan organik, anorganik, zat warna dan logam berat sebelum dibuang ke badan air karena degradasi di anoda mudah terjadi. Cara ini lebih hemat, tidak menghasilkan bahan-bahan pencemar baru, tidak memakai bahan-bahan kimia, katalis dan suhu tinggi. Elektroda yang digunakan dapat berfungsi sebagai katalis dan tempat oksidasi sehingga tidak memerlukan proses pemisahan, karena katalis bersifat heterogen dan mudah dalam penggunaannya tetapi hanya memerlukan arus atau potensial dalam jumlah kecil untuk proses perpindahan elektron di permukaan elektroda. Teknik ini ramah lingkungan sehingga dikenal sebagai teknologi hijau masa depan. Keunggulan tersebut masih dapat ditingkatkan, misalnya dari segi penggunaan bahan-bahan elektrolit pendukung (reagen) atau pemilihan material elektroda. Pemilihan bahan elektroda dilakukan untuk mendukung proses yang diinginkan dengan meningkatkan kinerja dalam fungsi elektroda sebagai tempat proses oksidasi atau reduksi berlangsung (Riyanto, 2013).

Menurut Riyanto (2013), degradasi elektrokimia adalah penguraian limbah organik dan anorganik. Penguraian limbah dengan teknik ini lebih efisien dan hemat energi. Hasil akhir dari penguraian limbah organik adalah air ( $H_2O$ ) dan gas  $CO_2$ , sedangkan limbah anorganik seperti logam-logam akan terendapkan di katoda. Logam yang sudah terendapkan di katoda dapat dipisahkan dengan melarutkan logam tersebut dalam asam kuat, kemudian dipisahkan menjadi logam murni melalui pengendapan. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses degradasi elektrokimia antara lain adalah bahan elektroda, jenis elektrolit pendukung, waktu elektrolisis dan pH larutan (Lee, 2008).

Adapun beberapa orang yang telah melakukan penelitian elektrodegradasi (elektrodekolorisasi) diantaranya Widodo dkk (2008) melakukan elektrodekolorisasi *remazol black B* menggunakan elektroda grafit pada tegangan 6,5 V dengan hasil elektrodekolorisasi sebesar 95,11 % selama 60 menit. Widodo, dkk (2009) melakukan kembali elektrodekolorisasi *remazol black B* menggunakan

elektroda  $\text{PbO}_2$ /grafit dengan hasil elektrokolorisasi pada tegangan 5,5 V sebesar 99,64%. Widodo, dkk (2010) melakukan kembali elektrokolorisasi *remazol black B* dengan menggunakan elektroda yang berbeda yaitu  $\text{PbO}_2/\text{Pb}$  dapat terdegradasi sempurna selama 90 menit. Peneliti lain juga telah melakukan elektrokolorisasi *remazol black B* menggunakan katoda karbon, anoda  $\text{PbO}_2$  menunjukkan hasil elektrokolorisasi pada tegangan 5,5 V sebesar 99,69% selama 120 menit (Kristanto dkk., 2012). Elektrokolorisasi indigosol dan *remazol black B* menggunakan elektroda  $\text{PbO}_2/\text{Pb}$  pada tegangan sebesar 8 V dengan hasil elektrokolorisasi sebesar 98,42 % selama 150 menit dan terjadi penurunan nilai COD sebesar 51,47 % (Apipah dkk., 2013).

Elektroda merupakan alat yang berperan penting dalam proses degradasi elektrokimia. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk membuat elektroda adalah karbon nanopori. Karbon nanopori merupakan sebuah material yang unik dan telah digunakan secara luas di berbagai bidang teknologi seperti proses pemisahan, katalis, penyimpanan energi, penyimpanan gas dan konversi energi dikarenakan luas permukaan spesifik yang tinggi dan porositas yang mudah diatur (Prasetyo dkk., 2013).

Larutan elektrolit pendukung juga mempengaruhi degradasi elektrokimia. Larutan yang sering digunakan adalah larutan  $\text{NaCl}$  dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (Lee, 2008). Kedua larutan elektrolit ini paling efektif dalam meningkatkan konduktivitas listrik dan sering digunakan dalam penelitian. Pada penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan larutan elektrolit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  membutuhkan waktu degradasi yang sangat lama berkisar antara 1,5 – 2,5 jam. Garam  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  termasuk dalam larutan elektrolit kuat dalam larutan terion menghasilkan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Oleh karena itu semakin besar konsentrasi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  semakin besar pula arus yang mengalir pada larutan (Karmanto dkk, 2014). Selain itu dalam proses degradasi ion  $\text{SO}_4^{2-}$  menghasilkan radikal bebas  $\text{SO}_4^-$  dan bereaksi dengan zat warna. Penelitian dengan menggunakan elektrolit pendukung  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  membutuhkan waktu yang lama pada proses degradasi sehingga tidak efektif dalam penggunaan potensial listrik.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mendegradasi senyawa zat warna pada limbah cair hasil industri sasirangan secara elektrokimia dengan menggunakan elektroda pasta karbon nanopori menggunakan larutan elektrolit pendukung berupa NaCl. Hasil limbah yang telah didegradasi dianalisis kadar dan COD (*chemical oxygen demand*), serta BOD (*biochemical oxygen demand*) di analisis menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT) dan kromatografi cair-spektrometri massa (LC-MS) untuk mengkarakterisasi senyawa sisa degradasi yang dihasilkan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi optimum degradasi elektrokimia senyawa *remazol black B* menggunakan elektroda pasta karbon nanopori yang meliputi nilai potensial, pH larutan dan waktu yang dibutuhkan untuk degradasi?
2. Bagaimana penurunan analisis COD terhadap proses degradasi senyawa *remazol black B* secara elektrokimia menggunakan elektroda pasta karbon nanopori ?
3. Bagaimana hasil akhir senyawa yang dihasilkan dari degradasi *remazol black B* secara elektrokimia menggunakan elektroda pasta karbon nanopori?
4. Bagaimana kinerja elektroda pasta karbon nanopori pada pengolahan limbah cair sasirangan secara elektrokimia terhadap nilai COD dan BOD-nya?

## 1.3. Tujuan Penelitian

### 1.3.1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengetahui dan mempelajari metode degradasi elektrokimia *remazol black B* menggunakan elektroda pasta karbon nanopori.

### 1.3.2. Tujuan Khusus

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kondisi optimum degradasi elektrokimia *remazol black B* menggunakan elektroda pasta karbon nanopori yang meliputi nilai potensial, pH larutan, dan waktu yang dibutuhkan untuk degradasi.
2. Menganalisis penurunan hasil analisis COD akibat proses degradasi senyawa *remazol black B* secara elektrokimia menggunakan elektroda pasta karbon nanopori.
3. Menentukan dan mengkarakterisasi senyawa hasil degradasi *remazol black B* secara elektrokimia menggunakan elektroda pasta karbon nanopori dengan analisis kromatografi lapis tipis (KLT) dan kromatografi cair–spektrometri massa (LC-MS).
4. Menentukan nilai COD dan BOD hasil pengolahan limbah cair sasirangan menggunakan elektroda pasta karbon nanopori secara elektrokimia?

### 1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada Badan Pengendali Dampak Lingkungan Kalimantan Selatan tentang metode alternatif pengolahan limbah untuk mengurangi dampak negatif limbah cair serta dapat diaplikasikan oleh industri rumah tangga sasirangan agar hasil pengolahan limbah aman dibuang ke lingkungan.