

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Industri tekstil merupakan industri yang perkembangannya cukup pesat di Indonesia. Menurut data Kemenperin, industri tekstil nasional menyerap tenaga kerja sekitar 1,4 juta orang pada tahun 2010, dan memberi sumbangan nilai ekspor nonmigas sebesar US\$ 9,26 miliar dalam tahun 2009 dan tahun lalu menjadi US\$ 11,22 miliar. Namun, kemajuan di bidang industri ini tidak diiringi dengan kesadaran yang memadai dalam pengelolaan lingkungan sebagai dampak kemajuan industri tersebut. Industri tekstil merupakan kontributor penting dalam pencemaran lingkungan, khususnya lingkungan perairan karena limbah zat warna yang dihasilkannya. Pembuangan air limbah ke sungai dari industri yang menggunakan pewarna akan menimbulkan masalah lingkungan yang serius. Selain itu, sebagian besar pewarna bersifat mutagenik dan karsinogenik (Chen *et al.*, 2003; Gong *et al.*, 2005). Pewarna yang paling banyak terdapat dalam limbah tekstil adalah zat warna azo. Zat warna azo yang terdapat dalam limbah tekstil yaitu sekitar 60 % - 70 % (Waite *et al.*, 2006).

Limbah zat warna azo merupakan polutan organik yang berpotensi karsinogenik (Garcia *et al.*, 2006), *non biodegradable* dan dapat menghasilkan amina aromatis yang bersifat toksik (Neppolian, 2002). Keberadaan zat warna tekstil jenis azo di perairan dapat menghalangi penembusan cahaya matahari serta penggantian oksigen dalam air (Pinheiro, 2004). Hal tersebut menimbulkan kondisi anaerob yang dapat membunuh organisme perairan (Yesilada *et al.*, 2003)

dan selanjutnya mengganggu rantai makanan. Zat warna tekstil yang memiliki struktur azo umumnya resisten terhadap proses oksidasi oleh mikroorganisme aerobik sehingga sulit didegradasi secara alami oleh lingkungan (Christina, 2007). Salah satu contoh senyawa azo adalah *congo red*. *Congo red* (natrium benzendiazo-bis-1-naftilamin-4-sulfonat) adalah salah satu pewarna diazo yang paling sering digunakan dalam industri tekstil. Apabila *congo red* termetabolisasi akan menghasilkan *benzidine* yang diketahui bersifat karsinogen bagi manusia dan dapat menyebabkan respon alergi (Han *et al.*, 2008).

Di lingkungan, senyawa *congo red* dapat mengalami fotodegradasi secara alami oleh adanya cahaya matahari, namun reaksi ini berlangsung relatif lambat, karena intensitas cahaya UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah sehingga akumulasi *congo red* ke dasar perairan atau tanah lebih cepat daripada proses fotodegradasinya (Lee *et al.*, 2000).

Upaya pengolahan limbah tekstil terbagi dalam 3 metode yaitu metode fisika, kimia dan biologi. Pengolahan secara fisika dapat dilakukan melalui proses adsorpsi (Alkan *et al.*, 2005; Mall *et al.*, 2005). Kelemahan dari metode ini adalah kapasitasnya rendah dan dibutuhkan material bahan yang banyak (Judd *et al.*, 2003). Pengolahan secara kimia diantaranya adalah metode koagulasi dengan penambahan koagulan/senyawa kimia tertentu yang mampu mendorong pemecahan ikatan dari suatu senyawa zat warna, metode irradiasi, dan oksidasi juga telah dilakukan (Swaminathan *et al.*, 2003). Kelemahan dari metode koagulasi adalah akan menghasilkan limbah baru berupa lumpur yang mengandung konstituen pencemar. Metode oksidasi memiliki kelemahan yaitu

memerlukan biaya operasional tinggi dan menghasilkan produk-produk mutagenik (Judd *et al.*, 2003). Pengolahan secara biologi adalah metode yang melibatkan bakteri atau jamur. Metode ini dianggap metode yang paling ramah lingkungan namun efisiensi penghilangan warna dengan metode ini seringkali tidak mendapatkan hasil yang memuaskan karena zat warna mempunyai sifat sulit untuk didegradasi selain itu juga mempunyai sifat xenobiotik (Timotius *et al.*, 2002). Di samping itu, perombakan zat warna azo secara anaerobik pada dasar perairan menghasilkan senyawa amina aromatik yang kemungkinan lebih toksik dibandingkan dengan zat warna azo itu sendiri (Zee, 2002).

Beberapa metode modern seperti metode biodegradasi, khlorinasi, dan ozonisasi telah dikembangkan (Muthukumar *et al.*, 2004). Metode ini memang memberikan hasil yang cukup memuaskan, tetapi membutuhkan biaya operasional yang cukup mahal sehingga kurang efektif diterapkan di Indonesia. Di antara metode penanggulangan limbah yang telah diuraikan di atas, metode fotodegradasi merupakan metode yang relatif murah serta mudah diterapkan (Rao *et al.*, 2000). Dalam proses fotodegradasi ini, bahan semikonduktor anorganik dalam skala nanometrik, biasanya TiO_2 , yang digunakan sebagai katalis untuk degradasi atau oksidasi zat pewarna organik (Libanori *et al.*, 2008).

TiO_2 merupakan bahan semikonduktor yang ketersediaannya banyak di pasaran serta tergolong yang paling unggul sehingga menarik banyak perhatian para peneliti (Gunlazuardi, 2001). Di antara berbagai katalis yang digunakan dalam proses fotokatalitik, yang paling populer dan digunakan adalah titanium

dioksida (TiO_2) karena aktivitas katalitik yang kuat, stabilitas kimia yang tinggi dalam media air dan area pHnya yg luas (0-14), serta biayanya rendah karena kelimpahan Ti (0,44% dari kerak bumi) (Drioli *et al.*, 2009). TiO_2 biasanya diolah menjadi film tipis sebelum digunakan untuk keperluan degradasi zat-zat organik secara fotokatalitik.

Selain dengan menggunakan metode fotokatalitik untuk mengolah limbah zat warna tekstil juga bisa menggunakan teknologi membran. Aplikasi teknologi membran telah tersebar luas di dunia industri, di antaranya pada industri pengolahan air berskala besar (Brahmana, 2008), desalinasi air laut (Soetrisno, 2008), industri gula, industri pengolahan VCO (Timoti, 2005), industri susu (Sadeli, 2008), pemisahan maupun pemekatan air limbah industri (Vassilyev, 2006), maupun industri teknologi bahan bakar (Azzami, 2008). Teknologi membran memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode-metode pemisahan lainnya. Keunggulan tersebut di antara lain yaitu pemisahan dengan membran tidak membutuhkan zat kimia tambahan, kebutuhan energinya rendah, pemisahan berdasarkan ukuran molekul sehingga dapat dioperasikan pada temperatur rendah, bersifat modular yang artinya dapat di *scale up* dengan memperbanyak unitnya, dan juga membran dapat digabungkan dengan metode lainnya (Wenten, 2001)

Material membran saat ini yang populer adalah selulosa. Sumber selulosa yang keberadaannya sangat melimpah di Indonesia adalah kulit batang pisang kepok. Pisang kepok memiliki kulit batang yang tebal dan besar dibandingkan dengan jenis pisang lain. Batang pisang kepok memiliki kandungan selulosa

sebesar 63%-64% (Mohapatra dkk, 2010). Keberadaan kulit batang pisang yang melimpah dan cenderung menimbulkan polusi lingkungan, seperti menimbulkan bau tidak sedap, merusak pemandangan, dan menjadi sarang larva serangga sehingga untuk mengoptimalkan kegunaannya dalam penelitian ini memanfaatkan kulit batang pisang kepek sebagai bahan baku pembuatan pulp. Pulp yang mengandung selulosa kemudian disintesis menjadi selulosa asetat. Selulosa asetat (CA) merupakan polimer yang terkenal yang berasal dari selulosa dengan aplikasi di bidang film, membran pemisahan, tekstil, dan industri rokok. Selulosa asetat dapat dihasilkan baik oleh proses asetilasi heterogen atau homogen dari selulosa (Rodrigues *et al.*, 2008). Kelebihan dari selulosa diasetat sebagai material membran adalah sifatnya merejeksi garam yang tinggi, mudah untuk diproduksi, dan bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat diperbaharui (*renewable*).

Material membran lainnya yang biasa digunakan adalah kitosan. Kitosan disintesis dari kitin yang berasal dari cangkang rajungan dimana keberadaannya cukup melimpah di perairan Indonesia. Cangkang rajungan memiliki kandungan kitin sebesar 18,70%-32,20%. Kitosan memiliki keunggulan di antaranya adalah sifat permeabilitasnya yang tinggi, kemampuan membentuk film yang baik, *biodegradable*, sifat mekanik yang kuat, tidak beracun, biokompatibel, murah, dan mudah didapatkan (Khor *et al.*, 2002). Karena sifat-sifatnya juga seperti bioaktivitas, kekuatan mekanik tinggi dan transfer kelembaban yang umumnya lebih rendah dari film selulosa diasetat murni, komposit kitosan dengan selulosa sebagai campuran membran dapat menghasilkan biokomposit dengan sifat baru dan dapat saling melengkapi satu dengan lainnya (Li *et al.*, 2002; Liu *et al.*,

2005). Umumnya polimer campuran tidak dapat bersenyawa satu dengan yang lainnya karena tidak adanya interaksi tertentu. Namun karena miripnya sifat kimia dari kitosan dan selulosa diasetat, dengan adanya hubungan β -glikosidik, maka pembentukan film biokomposit ini dapat diterapkan (Urreaga *et al.*, 2006). Komposit selulosa diasetat dengan kitosan ini juga diharapkan dapat menjadi metode yang berguna untuk meningkatkan sifat mekanik dan kinerja membran (Wu *et al.*, 2004; Drioli *et al.*, 2009).

Membran yang optimum yaitu membran yang memiliki pori yang besar sehingga nilai fluksnya besar serta mempunyai sifat mekanik tinggi dan *fouling* yang rendah. Oleh karena itu diperlukan kombinasi bahan material membran yang tepat. Penelitian sebelumnya Sofiana (2011) membuat membran selulosa diasetat komposit TiO_2 yang diaplikasikan untuk degradasi *congo red* murni. Hasilnya *congo red* yang terdegradasi sebesar 83,23%. Membran tersebut memiliki nilai fluks sebesar 11251,1 $\text{L/m}^2\text{hari}$, rejeksi sebesar 95,34%, *stress* sebesar 63,83 N/cm^2 , *strain* sebesar 0,03 dan *modulus young* sebesar 1926,45 N/cm^2 . Peneliti menggunakan selulosa diasetat untuk memperbesar nilai fluks dan TiO_2 untuk material anti *fouling*. Sedangkan Ernasuryaningtyas (2011) membuat membran komposit kitosan-PEG- TiO_2 untuk pengolahan air sumur. Membran tersebut memiliki nilai fluks sebesar 1445,37 $\text{L/m}^2\text{hari}$, rejeksi sebesar 98,89%, *stress* sebesar $5,8594 \times 10^{-3}$ kN/mm^2 , *strain* sebesar 0,1015 dan *modulus young* sebesar 0,0577 kN/mm^2 . Peneliti menggunakan PEG untuk memperbesar pori karena kitosan memiliki pori yang kecil. Fungsi TiO_2 dalam penelitiannya yaitu sebagai material anti bakteri. Oleh sebab itu perlu penelitian lebih lanjut tentang

membran variasi komposit lain yaitu kitosan-selulosa diasetat-TiO₂ untuk memperoleh membran dengan sifat optimum baik dari kinerja maupun mekaniknya.

Dalam penelitian ini selulosa diasetat dari kulit batang pisang kepok dengan kitosan dari cangkang rajungan *Portunus pelagicus* akan dikompositkan sebagai material pembuatan membran. Membran kitosan yang memiliki pori yang kecil sehingga tidak efektif untuk proses pemisahan oleh karena itu perlu ditambahkan selulosa diasetat untuk memperbesar pori. Konsentrasi selulosa diasetat yang ditambahkan bervariasi yaitu 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% (b/v). Membran yang dihasilkan diuji sifat mekaniknya. Membran yang mempunyai sifat mekanik optimum kemudian dicampur dengan suspensi TiO₂ dalam metanol dengan variasi 0,1%; 0,15%; 0,2%; 0,25%; 0,3% (b/v). Pencetakan membran menggunakan metode inversi fasa. Membran yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi meliputi ketebalan membran, fluks, rejeksi, uji tarik (*stress, strain, Modulus Young*), FTIR, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Membran yang dihasilkan akan diaplikasikan untuk mengolah limbah zat warna tekstil *congo red*. Uji efektifitas membran untuk mengolah limbah zat warna tekstil *congo red* dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah kinerja dan sifat mekanik membran fotokatalitik komposit kitosan-selulosa diasetat-TiO₂ yang optimum?

2. Bagaimanakah efektifitas membran fotokatalitik komposit kitosan-selulosa diasetat-TiO₂ untuk mengolah limbah zat warna tekstil *congo red* ?
3. Berapakah waktu kontak optimum antara membran fotokatalitik komposit kitosan-selulosa diasetat-TiO₂ dengan lampu UV untuk mendegradasi limbah zat warna tekstil *congo red* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kinerja dan sifat mekanik membran fotokatalitik komposit kitosan-selulosa diasetat-TiO₂ yang optimum
2. Mengetahui efektifitas membran fotokatalitik komposit kitosan-selulosa diasetat-TiO₂ terhadap pengolahan limbah zat warna tekstil *congo red*
3. Mengetahui waktu kontak optimum antara membran fotokatalitik komposit kitosan-selulosa diasetat-TiO₂ dengan lampu UV dalam mendegradasi limbah zat warna tekstil *congo red*

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi ilmiah tentang metode alternatif untuk pengolahan limbah industri terutama industri tekstil dengan mengembangkan membran fotokatalitik komposit kitosan-selulosa diasetat-TiO₂ yang lebih efisien dan didapatkan zat hasil degradasi yang ramah lingkungan.