

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses basah tekstil mulai dari persiapan penyempurnaan, pencelupan hingga penyempurnaan menggunakan zat kimia dengan konsentrasi tinggi sehingga berpotensi menghasilkan limbah cair tekstil yang mencemari lingkungan (Yaseen & Scholz, 2019). Air limbah industri tekstil bersifat toksik dan *nonbiodegradable*, sehingga apabila dibuang ke air dan tanah akan menyebar dengan mudah yang menimbulkan ancaman besar terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan (Yaseen & Scholz, 2019).

Limbah cair tekstil menghasilkan nilai BOD sekitar 80-6.000 mg/L, COD berkisar antara 150-12.000 mg/L, TSS sekitar 15-8.000 mg/L dan TDS sekitar 2.900-3.100 mg/L (Yuniarti & Widayatno, 2022). Semakin tinggi nilai BOD, COD, TSS dan TDS maka akan lebih berbahaya bagi lingkungan, sehingga limbah cair tekstil perlu dilakukan pengolahan limbah sebelum dibuang ke perairan agar lebih ramah lingkungan (Imtiazuddin dkk., 2018).

Pada umumnya, proses pengolahan limbah cair tekstil dilakukan secara fisika, kimia dan biologi. Pengolahan limbah cair tekstil seperti proses pemisahan cairan dan padatan (filtrasi), netralisasi, koagulasi-flokulasi, serta proses pengolahan secara biologi dengan bantuan mikroorganisme dapat menghilangkan zat pencemar dalam air limbah. Namun pengolahan limbah tersebut memiliki beberapa kerugian seperti proses yang lama, menghasilkan limbah lumpur yang banyak dan biaya mahal (Kencanawati, 2016).

Salah satu teknologi pengolahan limbah cair tekstil secara biologi yang berkembang saat ini yaitu *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Metode ini memanfaatkan aktivitas biofilm yaitu dengan sistem mikroorganisme yang tumbuh kemudian berkembang biak pada media dan sebagai salah satu alternatif terbaik karena kesederhanaan, ketahanan, fleksibilitas untuk pengolahan air limbah (Aniriani dkk., 2022).

Proses MBBR merupakan pengolahan limbah cair tekstil yang mengalami kemajuan dalam desain dan pengoperasian yang mudah sehingga dapat menurunkan pembentukan padatan tersuspensi, menghasilkan kualitas lebih baik, dan airnya dapat digunakan kembali agar meminimalkan pembuangan limbah (Aniriani dkk., 2022). Teknologi MBBR memiliki keuntungan yaitu tidak

menggunakan bahan kimia sehingga sangat menghemat biaya operasionalnya serta efisiensi penyisihan BOD dan COD limbah cair tekstil mencapai 97%, 96% (Madan dkk., 2022).

Saat ini Politeknik STTT Bandung memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan pada tahun 2023 baru dijalankan untuk mengolah limbah dari laboratorium yaitu pengolahan limbah cair tekstil dengan metode MBBR yang didahului dengan proses koagulasi-flokulasi. Namun, pada pengolahan tersebut belum diketahui kinerja penyisihan IPAL dan potensi pemanfaatannya kembali air hasil pengolahan tersebut untuk proses basah tekstil air limbah tersebut untuk proses basah tekstil. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian pada air limbah yang dihasilkan dengan metode MBBR dari IPAL Politeknik STTT Bandung.

1.2 Identifikasi Masalah

Limbah cair tekstil di Politeknik STTT Bandung berasal dari Laboratorium pencelupan, pencapan dan penyempurnaan yang melakukan proses basah tekstil dari proses persiapan penyempurnaan hingga penyempurnaan serta Laboratorium evaluasi kimia. Proses tersebut dapat menghasilkan air limbah dengan BOD, COD, TSS maupun TDS yang tinggi.

Pada IPAL yang dimiliki Politeknik STTT Bandung terjadi proses pengolahan air limbah dengan metode MBBR yang didahului oleh koagulasi-flokulasi. Namun, kinerja IPAL tersebut belum diketahui kemampuannya dalam penyisihan parameter limbah, energi *yield* dan biaya yang dikeluarkan. Oleh karena itu, hal yang dapat diidentifikasi masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah pada unit IPAL STTT metode MBBR mampu menyisihkan kandungan zat pencemar pada air limbah dari Laboratorium pencelupan, pencapan dan penyempurnaan serta Laboratorium Evaluasi kimia?
2. Berapa besar *energy yield* dari pengolahan limbah cair tekstil metode MBBR?
3. Berapa biaya untuk proses pengolahan limbah cair tekstil menggunakan metode MBBR?
4. Apakah air hasil pengolahan dengan metode MBBR dapat digunakan kembali untuk proses basah tekstil?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi kinerja penyisihan, energi *yield*, dan biaya pengolahan limbah cair tekstil dengan metode MBBR.

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan efisiensi kinerja IPAL dan potensi penggunaan kembali air limbah hasil proses MBBR untuk proses basah tekstil.

1.4 Kerangka Pemikiran

IPAL Politeknik STTT Bandung menggunakan metode MBBR yang sebelumnya dilakukan proses koagulasi-flokulasi. Proses koagulasi terjadi karena penambahan koagulan dengan pengadukan cepat yang akan mendestabilisasi senyawa organik sehingga terbentuk flok. Kumpulan dari flok tersebut diproses flokulasi dengan penambahan flokulan serta pengadukan lambat sehingga terjadi pengendapan. Semakin banyak senyawa organik yang terbentuk flok maka akan menurunkan zat pencemar limbah tersebut (Kusuma, 2022). Proses ini dapat menyisihkan warna, TSS, COD sebesar 96,53% (Sadri Moghaddam dkk., 2010), 27% dan 56% (Teh dkk., 2016). (Aboulhassan dkk., 2006) menyampaikan bahwa proses koagulasi-flokulasi menghasilkan nilai efisiensi penyisihan COD sebesar 88%. Proses koagulasi-flokulasi dilakukan sebelum pengolahan biologi agar memaksimalkan proses menghilangkan kadar polutan terutama TSS pada air limbah. Setelah air limbah mengalami penurunan kadar polutan maka dilanjutkan dengan proses pengolahan biologi metode MBBR.

MBBR merupakan pengolahan air limbah secara biologi dengan sistem anoksik dan aerob metode pertumbuhan melekat. Mikroorganisme akan tumbuh dan berkembang pada media plastik (Madan dkk., 2022) sehingga tidak menghasilkan lumpur aktif yang banyak dan efisiensi kinerja penyisihan kandungan zat pencemarnya baik (Sohail dkk., 2020). Air limbah akan mengalami kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media, hal ini dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kandungan zat pencemar dalam air limbah (Ana Anisa & Welly Herumurti, 2017). Metode MBBR mampu menghasilkan efisiensi kinerja penyisihan zat pencemar dengan baik berdasarkan beberapa penelitian. Berdasarkan penelitian (Yang, 2021) menghasilkan efisiensi penyisihan kadar COD, warna serta TSS pada limbah cair tekstil sebesar 93%, 85% dan 99%. Efisiensi penyisihan limbah cair industri berdasarkan penelitian (Lingkungan, 2017) yaitu TSS 98,77%; COD 99,34%; dan BOD 99,84%. Penelitian oleh (Sohail dkk., 2020) menghasilkan efisiensi penyisihan kadar COD, BOD sebesar 90%, 95%.

Pada IPAL Politeknik STTT dilakukan proses MBBR dengan metode anoksik dan aerob. Pada kondisi anoksik tidak ada suplai oksigen sehingga terjadi denitrifikasi

yaitu bakteri heterotrofik akan mereduksi nitrat dan nitrit menjadi gas nitrogen. Dalam kondisi aerob, adanya suplai oksigen sehingga terjadi proses nitrifikasi dan bakteri autotrofik akan mengoksidasi zat organik atau polutan dalam air limbah menjadi karbon dioksida (Madan dkk., 2022). Terjadi kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air serta yang menempel pada permukaan media plastik berbentuk silinder berlubang, Hal ini dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kandungan zat pencemar dalam air limbah.

Pada penelitian ini dapat juga dihitung nilai *energy yield* atau energi yang digunakan untuk mendegradasi limbah cair tekstil per satuan berat atau volume. Hasil analisis dari nilai konsentrasi polutan, volume reaktor, daya, waktu dan nilai efisiensi dapat dihitung energi *yield*nya dengan persamaan matematika seperti yang digunakan oleh Iervolino. *Energy yield* didapatkan dari hasil perkalian konsentrasi polutan (mg/L), volume reaktor (L) dan efisiensi penyisihan (%) yang dibagi dengan hasil kali antara tegangan (kW) dan waktu (jam) (Iervolino dkk., 2020).

Setelah diketahui besar energi yang dikeluarkan dapat juga dihitung biaya pada proses pengolahan air limbah metode MBBR. Proses pengolahannya tidak membutuhkan bahan kimia sehingga dapat menghemat biaya operasionalnya (Madan dkk., 2022). Berdasarkan literatur diatas bahwa nilai efisiensi penyisihan kadar polutan air limbah pada metode MBBR sudah baik dan hasil air prosesnya memenuhi baku mutu untuk air proses. Sehingga hasil air dari pengolahan metode MBBR diduga dapat digunakan kembali untuk proses basah tekstil karena kandungan zat pencemarnya telah berkurang.

1.5 Metodologi Penelitian

Untuk mencapai maksud dan tujuan yang telah ditetapkan maka dilaksanakan penelitian dengan metode yang digunakan sebagai berikut:

1.5.1 Studi Literatur

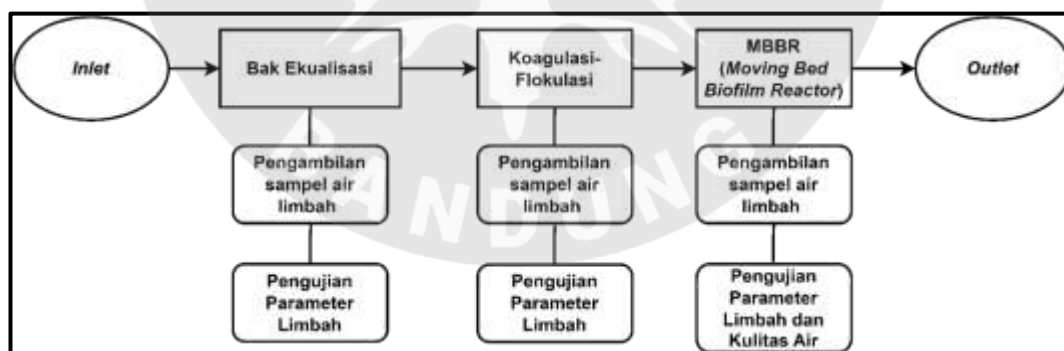
Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi pendahuluan berupa teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan serta untuk menunjang kelancaran proses penelitian. Informasi yang didapatkan diperoleh dari bahan ajar, jurnal-jurnal dan perpustakaan Politeknik STTT Bandung.

1.5.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini membutuhkan alat dan bahan untuk melakukan percobaan yang dilakukan. Sampel air limbah pada setiap proses pengolahan limbah dilakukan pengujian parameter limbah serta pengujian kualitas air pada hasil air pengolahan metode MBBR guna mengetahui potensi penggunaan kembali untuk proses basah tekstil. Alat dan bahan untuk pengujian parameter limbah dan kualitas air meliputi peralatan dan zat kimia untuk analisis pH, warna, temperatur, BOD, COD, TS, TSS, TDS, Cr Total, kekeruhan dan Fe Terlarut yang dilakukan di UPTD Lingkungan Hidup serta pengujian kesadahan dilakukan di Institut Teknologi Bandung.

Pemanfaatan kembali air hasil pengolahan MBBR yang dilakukan yaitu pencelupan kain kapas menggunakan zat warna reaktif *Novacron Red S-B*. Proses pencelupan dengan zat warna reaktif juga menggunakan air suling sebagai standar. Setelah dilakukan pencelupan kemudian dilakukan pengujian evaluasi kain hasil pencelupan. Proses pencelupan dan evaluasi pada hasil kain dilakukan di Laboratorium Pencelupan dan Evaluasi Kimia Politeknik STTT Bandung. Alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu peralatan laboratorium, zat warna, zat pembantu pencelupan serta bahan untuk pengujian evaluasi kain.

1.5.3 Pengambilan Sampel Air Limbah



Gambar 1.1 Alur Proses IPAL Politeknik STTT Bandung

Gambar 1.1 menunjukkan alur proses di IPAL Politeknik STTT Bandung. Berdasarkan gambar tersebut menjelaskan metode penelitian yang dilakukan. Limbah cair tekstil akan melewati bak ekualisasi, lalu dilakukan pengambilan sampel air limbahnya untuk pengujian parameter limbah. Kemudian dilanjutkan dengan proses koagulasi-flokulasi dan diambil sampel untuk pengukuran parameter limbah. Proses selanjutnya yaitu dengan metode MBBR, air hasil

pengolahan ini juga diambil untuk pengujian parameter limbah serta pengujian kualitas air karena air limbah tersebut akan digunakan kembali untuk proses basah tekstil.

1.5.4 Percobaan 1

Percobaan 1 adalah percobaan dengan melakukan pengujian pada hasil air limbah setiap proses pengolahan di IPAL Politeknik STTT Bandung yaitu pengukuran BOD, COD, TS, TDS, TSS, warna, pH, temperatur, kekeruhan, kesadahan, Cr total dan Fe terlarut. Pengujian parameter limbah dan kualitas air dilakukan berdasarkan SNI 6989.72.2009, SNI 6989.2-2019, SNI 6989.26-2019, SNI 6989.27-2019, SM APHA 24 Tahun Ed-2540D 2023, SNI 6989.80-2011, SNI 6989.11-2019, SNI 6989.23.2005, SNI 6989.25.2005, APHA 2340C, SNI 6989.17-2009, dan SNI 6989.84.2019.

Setelah selesai pengujian parameter limbah, dapat dihitung nilai efisiensi penyisihan parameter limbah, *energy yield* dan biaya yang dikeluarkan untuk pengolahan air limbah. Adanya hasil pengujian kualitas air didapatkan dugaan untuk penggunaan kembali air hasil pengolahan metode MBBR untuk proses basah tekstil.

Efisiensi penyisihan dibagi berdasarkan penyisihan organik seperti BOD, COD dan penyisihan fisika meliputi TS, TSS, TDS dan lain-lain. Efisiensi penyisihan parameter limbah dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Efisiensi penyisihan organik (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan:

C_0 = Kadar polutan awal (mg/L)

C_t = Kadar polutan akhir (mg/L)

$$\text{Efisiensi penyisihan fisika (\%)} = \frac{C_x - C_y}{C_x} \times 100\%$$

Keterangan:

C_x = Kadar polutan awal (mg/L)

C_y = Kadar polutan akhir (mg/L)

Berdasarkan hasil efisiensi penyisihan, besarnya *Energy Yield* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Energy Yield (g/kWh)} = \frac{C_0 \times V \times \text{Efisiensi penyisihan}}{P \times t}$$

Keterangan:

C_0 = Kadar COD (mg/L)

P = Daya (kW)

V = Volume (Liter)

t = Waktu (jam)

Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya yang dikeluarkan pada proses MBBR.

Biaya pengeluaran proses pengolahan air limbah dapat dihitung dengan rumus:

Biaya pengeluaran limbah cair tiap m^3 = Biaya bahan kimia + Biaya energi listrik

1.5.5 Percobaan 2

Percobaan 2 dilakukan untuk mengetahui potensi air hasil pengolahan untuk digunakan kembali dalam proses kain kapas menggunakan zat warna reaktif *Novacron Red S-B*. Proses pencelupan juga dilakukan menggunakan air suling untuk dijadikan sebagai standar. Proses pencelupan dilakukan di Laboratorium Pencelupan Politeknik STTT Bandung. Alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu peralatan laboratorium, zat warna serta zat pembantu yang digunakan. Proses pencelupannya dilakukan berdasarkan resep pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Resep Percobaan Pencelupan Kain Kapas Zat Warna Reaktif

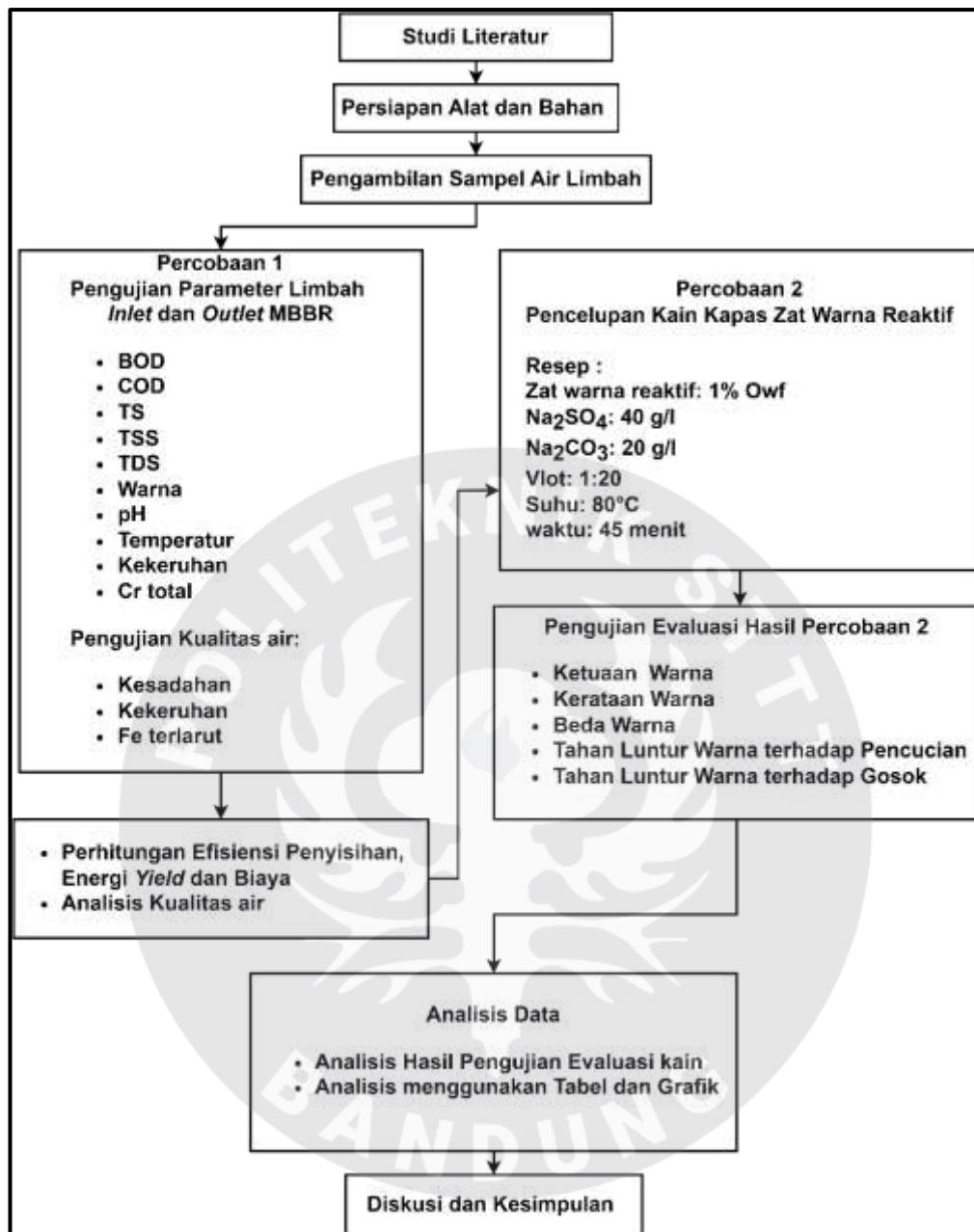
Proses	Resep
Pencelupan	Zat warna reaktif: 1 %owf Na_2SO_4 : 40 g/l Na_2CO_3 : 20 g/l Vlot: 1:20 Suhu: 80°C Waktu: 45 menit

Setelah dilakukan proses pencelupan kain kapas dengan zat warna reaktif, kemudian dilanjutkan pengujian evaluasi pada kain. Pengujian evaluasi kain sampel yang menggunakan air hasil pengolahan dibandingkan dengan kain standar yang dicelup menggunakan air suling. Pengujian evaluasi yang dilakukan antara lain pengujian ketahanan warna, kerataan warna, serta tahan luntur warna terhadap pencucian dan tahan luntur warna terhadap gosokan.

1.5.6 Analisis data

Air limbah hasil dari setiap pengolahan IPAL Politeknik STTT Bandung dilakukan pengujian sebanyak dua kali. Setiap data yang dihasilkan dihitung berdasarkan perhitungan yang sesuai kemudian dimasukkan ke dalam tabel. Lalu dibuat grafik untuk melihat *trend* fenomena dari hasil data tersebut. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam pengolahan dan menganalisis data.

1.5.6 Diagram Alir



Gambar 1.2 Diagram Alir Percobaan