

BAB I

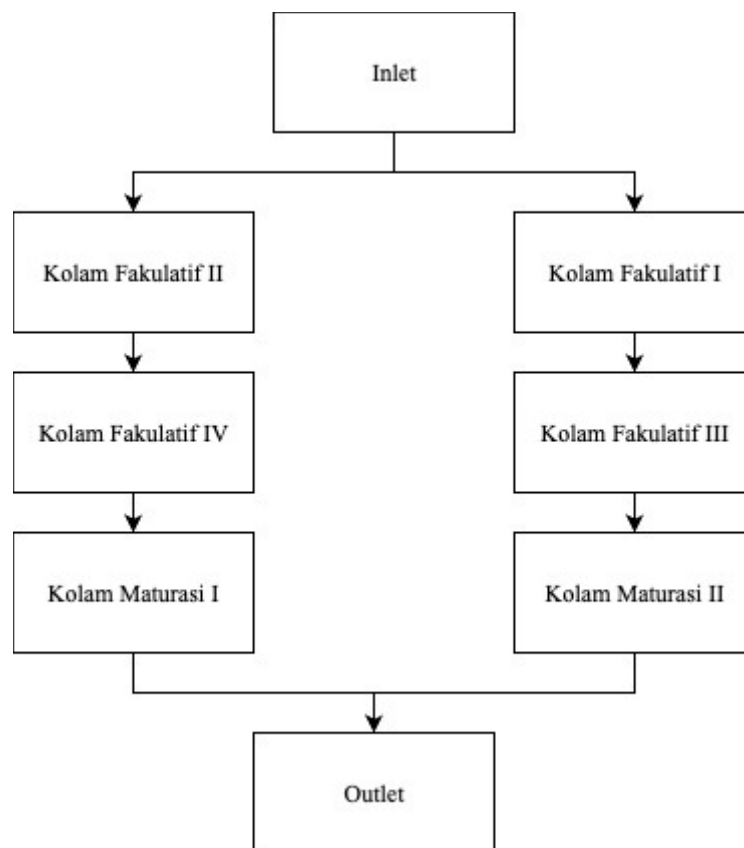
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air limbah domestik memerlukan proses stabilisasi sebelum dibuang untuk menjaga kualitas air dan kelestarian lingkungan. Namun, terbatasnya jumlah instalasi pengolahan air limbah mengakibatkan perlunya mengoptimalkan efisiensinya untuk pemrosesan air limbah. Alga, bakteri, dan zooplankton umumnya dimanfaatkan untuk mengurangi polutan [1]. Berbagai parameter, termasuk kebutuhan oksigen biologis (BOD), digunakan untuk menilai kualitas air pasca pengolahan [2]. Air limbah yang berasal dari tempat tinggal, hotel, dan industri umum tergolong jenis air limbah domestik [3]. Kolam fakultatif dipilih dalam pengolahan air limbah karena kesederhanaannya dalam mendegradasi polutan sampai memenuhi konsentrasi standar, yang dapat diukur dengan BOD. Selain itu, model optimasi dapat digunakan dalam pengelolaan pengolahan air limbah untuk meningkatkan kapasitas dan kinerja kolam fakultatif.

Beberapa model telah dikembangkan untuk pengelolaan air limbah dan masing-masing dirumuskan berdasarkan spesifikasi masalah yang dihadapi oleh pengambil keputusan [4-6]. Model sederhana telah diperkenalkan dalam [7] untuk mengelola konsentrasi polutan berdasarkan prototipe kuantitatif. Model sederhana lainnya yang diperkenalkan dalam berbagai situasi termasuk model linier dengan parameter deterministik [8], model yang berfokus pada adsorben untuk analisis pengolahan air limbah [9], model kuantitatif untuk pengolahan limbah [10], dan model untuk biaya konstruksi pabrik air limbah [11]. Selain optimalisasi pengolahan air limbah, beberapa model lain berfokus pada berbagai tujuan seperti pengelolaan limbah [12], analisis energi [13], analisis limbah dan lumpur [14], menghilangkan mikroplastik [15], dan pembangkit energi (bio) dari air limbah [16-21]. Selain itu, beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penerapan pemrograman *chance-constrained* di berbagai bidang, seperti optimasi manajemen penyewaan mobil [22], desain jaringan sistem manufaktur-remanufaktur loop tertutup [23], masalah penjadwalan kapal [24], optimasi jaringan terintegrasi untuk desalinasi dan pengolahan air [25], dan optimasi lintasan [26]. Namun, masih

sedikit penelitian yang mengembangkan model berbasis *chance-constrained* untuk memungkinkan pembuat keputusan memberikan batasan berbasis peluang pada kendalanya serta model yang sekaligus memuat parameter yang tidak pasti. Adapun skema sistem pengolahan air limbah yang diteliti adalah kolam fakultatif pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sewon di Bantul, Yogyakarta, Indonesia, yang diilustrasikan pada Gambar 1.1 untuk merumuskan model dan untuk mendapatkan keputusan yang optimal.



Gambar 1.1 Skema Instalasi Pengolahan Air Limbah Sewon, Yogyakarta.

Dari Gambar 1.1 dapat diuraikan bahwa pada sistem pengolahan air limbah di kolam fakultatif pada IPAL Sewon, skema mulai dari limbah domestik masuk melalui Inlet kemudian menuju ke kolam fakultatif I dan kolam fakultatif II, kemudian limbah domestik dari kolam fakultatif I diteruskan ke kolam fakultatif III dan limbah domestik dari kolam fakultatif II ke kolam fakultatif IV. Kemudian limbah domestik dari kolam fakultatif III menuju ke kolam maturasi II dan kolam fakultatif IV dialirkan menuju ke kolam Maturasi I, setelah proses pengolahan

limbah dari kolam maturasi I dan kolam maturasi II dialirkan melalui Outlet setelah melalui proses pengolahan secara alamiah.

Oleh karena itu, pendekatan baru berbasis *chance-constrained* dirancang dalam penelitian ini untuk meningkatkan efisiensi kolam fakultatif dalam pengolahan air limbah domestik, terutama untuk faktor-faktor yang tidak pasti seperti konsentrasi pencemaran di saluran masuk kolam fakultatif. Metode ini memungkinkan pengambil keputusan untuk memasukkan kendala probabilistik tambahan ke dalam model, seperti kemungkinan ketidakpastian dari nilai baku mutu yang ditentukan. Ketidakpastian ini diperlakukan sebagai parameter *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan ditentukan berdasarkan wawasan pembuat keputusan. Parameter yang digunakan dalam penelitian adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang berfungsi sebagai indikator penting untuk mengukur tingkat pencemaran air limbah domestik IPAL Sewon untuk mengendalikan kinerja kolam agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 dan Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dijawab pada penelitian ini dituliskan sebagai pertanyaan berikut:

1. Bagaimana mengkonstruksi model optimisasi berbasis *chance-constrained* yang digunakan dalam pengoptimalan pengolahan air limbah domestik di kolam fakultatif pada IPAL Sewon yang memuat parameter probabilistik dan *fuzzy*?
2. Bagaimana menganalisis konsentrasi BOD dengan menerapkan model dalam pengambilan keputusan untuk pengoptimalan pengolahan air limbah tersebut?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Mengkonstruksikan model optimisasi berbasis *chance-constrained* yang dapat digunakan dalam pengoptimalan pengolahan air limbah yang memuat parameter probabilistik dan *fuzzy*.
2. Menganalisis konsentrasi BOD keputusan optimal dan hasil aplikasi dari model optimisasi dalam pengoptimalan pengolahan air limbah.

1.4. Pembatasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Model yang diformulasikan adalah berdasarkan skema IPAL Sewon.
2. Parameter-parameter *probabilistic* dalam model memiliki distribusi normal.
3. Parameter-parameter *fuzzy* dalam model memiliki fungsi keanggotaan diskrit.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini berhasil mengembangkan model pemrograman optimasi yang menggabungkan pendekatan probabilistik dan fuzzy, memberikan solusi metodologis baru untuk mengatasi ketidakpastian ganda dalam pengeolaan IPAL. Penelitian ini dapat diterapkan untuk pengelolaan berkelanjutan IPAL. Pengelolaan IPAL berkontribusi pada peningkatan kualitas lingkungan, kesehatan masyarakat, dan keberlanjutan sumber daya air, yang merupakan isu-isu strategis dalam pembangunan nasional. Penelitian ini tidak hanya menghasilkan publikasi ilmiah, tetapi juga solusi nyata yang bermanfaat langsung bagi masyarakat dan mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan.