

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kualitas air sungai di Indonesia terus mengalami penurunan akibat meningkatnya aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah domestik, industri, dan pertanian. Salah satu parameter utama yang terdampak oleh pencemaran ini adalah kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*), yang sangat berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem perairan. Berbagai studi menunjukkan bahwa banyak sungai di Indonesia mengalami penurunan DO ke tingkat yang mengkhawatirkan. Contohnya, di Sungai Gangga yang melintasi kawasan Kampus Universitas Negeri Padang (UNP), kadar DO turun secara signifikan di bagian hilir hingga di bawah 4 mg/L (Fristia dkk., 2023). Di DAS Serayu, rata-rata DO hanya 4 mg/L dengan kisaran serendah 2,1 mg/L, di bawah ambang batas baku mutu air sungai kelas II sesuai PP No. 22 Tahun 2021 (Lestari dkk., 2023). Kondisi serupa juga ditemukan di Sungai Citarum (Kamila dkk., 2024) dan Sungai Rangkui (Natasha & Adharini, 2024). Meskipun Sungai Batang Arau di Padang memiliki DO hingga 10 mg/L di beberapa lokasi, namun di daerah perkotaan, nilainya menurun ke kisaran 4,5–6,8 mg/L (Kamasela & Amin, 2017).

Oksigen terlarut (DO) digunakan untuk organisme perairan untuk kebutuhan pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang dapat menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. Oleh karena itu, kandungan DO yang rendah di perairan akan memiliki pengaruh buruk bagi kehidupan organisme akuatik (Yusal, 2022). Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan DO yang berkelanjutan, salah satunya melalui mekanisme aerasi alami dengan menggunakan ambang tajam (*sharp-crested weir*). Ambang tajam mampu menciptakan turbulensi saat air mengalir melewatinya, sehingga memperbesar transfer oksigen dari udara ke air (Baylar & Bagatur, 2000). Selain itu, struktur ini juga berfungsi sebagai pengatur debit yang efisien dan banyak diterapkan dalam infrastruktur hidrolis sederhana (Edijatno dkk., 2019).

Untuk memastikan efektivitas ambang tajam dalam praktik, diperlukan analisis mendalam terhadap perbandingan debit teoritis dan aktual. Debit teoritis biasanya dihitung melalui pendekatan empiris seperti persamaan *Kinsvater-Carter* dan *Thomson*. Namun, kenyataannya, berbagai faktor seperti kondisi aliran yang tidak ideal, variasi permukaan saluran, dan pengaruh skala sering menyebabkan deviasi antara perhitungan teoritis dan hasil aktual di lapangan. Penelitian yang dilakukan oleh Rakasiwi, dkk (2023) sebelumnya mencatat bahwa kesalahan relatif dari persamaan *Kinsvater-Carter* bisa mencapai 10–17%, yang tentu berdampak pada keakuratan desain hidrolis.

Karakteristik aliran yang melewati ambang tajam dapat dikaji melalui bilangan *Froude* ( $Fr$ ), yang digunakan untuk menentukan apakah aliran berada dalam kondisi subkritis, superkritis, atau mengalami loncatan hidrolis. Loncatan hidrolis terjadi ketika aliran berubah dari kondisi superkritis ke subkritis, menyebabkan peningkatan kedalaman air secara tiba-tiba serta pembentukan turbulensi yang signifikan. Dalam konteks penelitian ini, variasi geometri ambang tajam berperan dalam menentukan intensitas loncatan hidrolis, yang dapat dipengaruhi oleh kecepatan aliran dalam sistem. Penelitian Rissing, S. dan Ismail (2024) mendapatkan bahwa semakin besar kecepatan, maka akan semakin tinggi pula bilangan *Froude* yang dihasilkan.

Sejumlah penelitian sebelumnya seperti oleh Emiroglu dan Baylar (2003), serta Baylar dan Bagatur (2000, 2001) telah secara ekstensif meneliti pengaruh berbagai bentuk ambang terhadap proses aerasi, termasuk ambang segitiga, trapesium, setengah lingkaran, serta ambang labirin dengan variasi kemiringan. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa bentuk ambang sangat berpengaruh terhadap efisiensi aerasi, khususnya melalui mekanisme turbulensi dan *entrainment* udara yang terbentuk saat aliran jatuh bebas ke kolam hilir.

Penelitian ini menggabungkan analisis debit teoritis vs aktual sekaligus aerasi, yang belum banyak dilakukan secara paralel. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab keterbatasan studi sebelumnya dengan melakukan pengujian kombinasi tiga sudut ambang tajam segitiga ( $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ), segi empat dengan tiga variasi ketinggian (5 cm, 10 cm, 15 cm), serta trapesium dengan tiga variasi ketinggian

pula (7,5 cm, 5 cm, dan 2,5 cm). Penelitian dilakukan dengan membandingkan debit aktual dan teoritis untuk menilai akurasi atau *error* dari persamaan debit teoritis, menganalisis terjadinya loncatan hidrolis, dan menganalisis efisiensi ambang tajam dalam peningkatan aerasi. Penelitian ini menjadi penting mengingat kebutuhan peningkatan kualitas air sungai secara alami dengan melihat potensi ambang tajam sebagai alat aerasi yang hemat energi. Hasilnya diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan desain ambang tajam yang mudah diterapkan dan relevan dengan target pemenuhan standar kualitas air sungai kelas II ( $DO \geq 4$  mg/L).

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis karakteristik aliran fluida yang melewati ambang tajam dengan variasi bentuk geometri (segi empat, segitiga, dan trapesium), serta mengkaji efektivitasnya dalam meningkatkan aerasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan debit teoritis dan terukur pada ambang tajam dengan variasi geometri (segi empat, segitiga, dan trapesium) untuk menilai akurasi atau *error*.
2. Menganalisis loncatan hidrolis yang melewati ambang dengan melihat perubahan aliran dari superkritis sebelum ambang menjadi aliran subkritis setelah ambang.
3. Menganalisis bentuk geometri ambang tajam yang paling efektif dalam meningkatkan aerasi berdasarkan kenaikan nilai *Dissolved Oxygen* (DO).

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Sebagai referensi dalam merancang desain yang paling efektif dari ketiga bentuk ambang berpuncak tajam untuk meningkatkan aerasi alami perairan.
2. Mendukung upaya peningkatan kualitas air sungai dengan metode aerasi alami yang hemat energi dan ramah lingkungan.
3. Menambah literatur ilmiah mengenai karakteristik aliran pada berbagai bentuk ambang berpuncak tajam.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilakukan di laboratorium Hidrolika Lingkungan.
2. Miniatur saluran terbuka yang digunakan memiliki panjang saluran 200 cm dan lebar 18,6 cm.
3. Air yang digunakan adalah air PDAM dari keran yang ada di laboratorium.
4. Ambang berpuncak tajam yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari akrilik.
5. Penelitian hanya difokuskan pada tiga bentuk ambang berpuncak tajam, yaitu segi empat, segitiga dengan 3 variasi sudut, dan trapesium yang masing-masing nya terdapat tiga variasi dimensi.
6. Persamaan debit teoritis yang digunakan adalah persamaan *Kinsvater-Carter*, *Thompson*, dan *Cipolletti*.
7. Parameter yang dianalisis mencakup debit aliran, kecepatan aliran, kedalaman aliran, bilangan *Froude*, serta konsentrasi DO dan ketinggian ambang tajam yang memengaruhi terjadinya aerasi.
8. Uji statistik yang digunakan adalah ANOVA, untuk membandingkan kadar DO yang terukur pada masing-masing ambang sehingga dapat ditentukan apakah ada perbedaan yang signifikan di antaranya.
9. Pengukuran data dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (triplo).

## 1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan uraian garis besar tugas akhir ini adalah:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori penelitian, termasuk karakteristik aliran, konsep ambang tajam, rumus yang digunakan pada berbagai jenis ambang tajam, dan fenomena aerasi.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, termasuk alat dan bahan, prosedur pengujian, dan teknik analisis data.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan hasil penelitian dan pembahasan terkait analisis debit, bilangan *Froude*, dan efektivitas bentuk ambang tajam dalam meningkatkan aerasi.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan.

