

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara merupakan sumber energi utama di Indonesia karena biaya operasionalnya yang murah dan ketersediaan batubara yang melimpah [1]. Namun, pengoperasian PLTU berdampak negatif pada lingkungan perairan akibat pelepasan air panas dan zat kimia berbahaya seperti boron. Dalam sistem pendingin PLTU, boron dalam bentuk asam borat ( $H_3BO_3$ ) digunakan sebagai penyerap neutron. Ketika terlepas ke lingkungan, boron dapat mengganggu ekosistem dan biota air melalui bioakumulasi serta biomagnifikasi [2]. Selain itu, boron juga berasal dari aktivitas industri, seperti sektor pertanian (16%), kaca (47%), deterjen (2%), keramik (16%), dan industri lainnya (19%) [3] [4]. Untuk itu, batas aman boron dalam air minum telah ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) sebesar 0,5 mg/L [5].

Seiring meningkatnya perhatian terhadap dampak pencemaran boron, berbagai metode pengolahan telah dikembangkan, seperti adsorpsi, pertukaran ion, *reverse osmosis*, elektrokoagulasi, elektrodialisis, ultrafiltrasi, dan koagulasi-flokulasi. Namun, sebagian besar metode ini membutuhkan biaya operasional yang tinggi [6]. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang lebih berkelanjutan untuk mengelola air limbah mengandung boron. Penelitian ini mengusulkan pendekatan *hybrid* dengan mengombinasikan metode koagulasi-flokulasi dan adsorpsi guna meningkatkan efisiensi penghilangan boron secara optimal.

Koagulasi dan flokulasi adalah metode yang umum digunakan dalam pengolahan air limbah, termasuk penghilangan boron. Proses ini melibatkan agen pengendap seperti  $Ca(OH)_2$  untuk mengikat boron. Pada tahap koagulasi, partikel koloid di destabilisasi melalui pengadukan cepat dan penambahan koagulan, sedangkan tahap flokulasi mendorong pembentukan flok yang lebih besar dan stabil, sehingga meningkatkan efisiensi penghilangan boron [7].

Selain itu, metode adsorpsi telah berkembang pesat, terutama dengan memanfaatkan bahan alami seperti zeolit alam dan kurkumin. Zeolit alam,