

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Peningkatan aktivitas industri sebagai salah satu akibat dari fenomena global seringkali menghasilkan polutan berupa bahan kimia beracun (Noorani dkk., 2024). Pada industri pertanian, penggunaan berbagai senyawa organik berpotensi mencemari lingkungan. Kelompok senyawa organik yang paling banyak ditemukan dalam industri pertanian adalah klorofenol (Li dkk., 2021b). 2,4,6-triklorofenol adalah satu senyawa dari kelompok klorofenol yang digunakan sebagai senyawa intermediet dari produksi herbisida dan fungisida (Li dkk., 2021a). Senyawa ini bersifat toksik, karsinogenik, mutagenetik, serta memiliki daya resistensi tinggi sehingga sulit terurai secara alami di lingkungan (Akhtar dkk., 2024). Sifat-sifat ini membuat 2,4,6-triklorofenol berpotensi mencemari lingkungan dalam jangka waktu panjang. Di lingkungan perairan, 2,4,6-triklorofenol dapat bioakumulasi yang menyebabkan kerusakan ekosistem dan ancaman terhadap organisme akuatik (Dong dkk., 2024). Dampak ini semakin diperparah karena paparan 2,4,6-triklorofenol pada makanan dan minuman yang dikonsumsi manusia dalam konsentrasi tinggi tidak hanya menyebabkan kanker, tetapi juga imunotoksisitas (Qin dkk., 2023). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan limbah yang efektif untuk menurunkan kadar 2,4,6-triklorofenol sebelum dilepaskan ke lingkungan (Ji dkk., 2013).

Metode fotokatalisis muncul sebagai solusi yang efisien untuk mengurai senyawa organik kompleks seperti 2,4,6-triklorofenol. Fotokatalisis

memungkinkan degradasi senyawa berbahaya menjadi senyawa sederhana yang tidak berbahaya melalui reaksi fotokimia menggunakan cahaya (Dong dkk., 2024). Pada proses ini, fotokatalis berperan penting sebagai material yang menyerap energi cahaya untuk menghasilkan pasangan elektron-*hole* yang membentuk spesies radikal reaktif seperti  $\bullet\text{OH}$  dan  $\bullet\text{O}_2^-$  (Mohamadpour dkk., 2024). Salah satu material semikonduktor yang memiliki potensi besar sebagai aplikasi ini adalah material berbasis sulfida logam, yaitu  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$ . Komposisi Zn dan Cd dalam struktur  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  sangat menentukan efisiensi fotokatalitik karena mempengaruhi posisi pita valensi dan pita konduksi serta mobilitas dan masa hidup pembawa muatan (Yang dkk., 2020, Zhang dkk., 2021). Material ini memiliki celah pita (*band gap*) yang dapat disesuaikan untuk menyerap cahaya UV sehingga sangat cocok untuk aplikasi fotokatalitik. Namun, material  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  memiliki kelemahan utama berupa tingkat rekombinasi pasangan elektron-*hole* yang tinggi sehingga dapat mengurangi efisiensi proses fotokatalitik (Yin dkk., 2022). Untuk mengatasi kelemahan ini, diperlukan strategi yang mampu meningkatkan efisiensi pemisahan muatan dan transfer elektron pada material fotokatalis. Salah satu strategi yang dapat digunakan adalah penambahan material dua dimensi seperti molibdenum disulfida ( $\text{MoS}_2$ ) sebagai *co-catalyst*.

$\text{MoS}_2$  adalah material semikonduktor dua dimensi yang memiliki struktur berlapis (Abdu dkk., 2025). Kehadiran  $\text{MoS}_2$  sebagai *co-catalyst* berperan sebagai akseptor elektron yang efektif sehingga mengurangi kemungkinan rekombinasi pasangan elektron-*hole* yang dihasilkan oleh  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  (Zhao dkk., 2016). Hal ini memungkinkan lebih banyak elektron untuk terlibat dalam reaksi fotokimia. Selain

itu, kehadiran  $\text{MoS}_2$  dapat memperpanjang waktu hidup muatan, sehingga meningkatkan produksi spesies aktif seperti  $\bullet\text{OH}$  dan  $\bullet\text{O}_2^-$  yang memperkuat efisiensi degradasi senyawa organik kompleks (Zhu dkk., 2020). Struktur elektronik  $\text{MoS}_2$  memungkinkan material ini untuk menyerap cahaya UV dengan lebih baik. Integrasi  $\text{MoS}_2$  dengan  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  dapat memperluas spektrum serapan cahaya sehingga meningkatkan efisiensi fotokatalitik secara keseluruhan (Hamid dkk., 2024).  $\text{MoS}_2$  juga meningkatkan kemampuan  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  untuk memicu reaksi oksidasi-reduksi dengan cara menyediakan situs aktif tambahan pada permukaan material sehingga lebih stabil terhadap degradasi selama proses fotokatalitik berlangsung (Liu dkk., 2023).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa material komposit  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  memiliki potensi sebagai fotokatalis untuk produksi hidrogen dan degradasi air limbah. Wei dkk. (2020) telah melakukan penelitian bahwa  $8\%\text{MoS}_2@\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  terbukti memiliki performa fotokatalitik terbaik untuk produksi hidrogen dan degradasi limbah antibiotik *amoxicillin* di bawah cahaya tampak. Chen dkk. (2024) telah melakukan penelitian bahwa  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_{0,2}\text{Cd}_{0,8}\text{S}$  menunjukkan stabilitas kinerja katalis setelah lima kali siklus fotokatalitik reduksi limbah uranium  $\text{U(VI)}$ . Yin dkk. (2022) telah melakukan penelitian bahwa heterostruktur *pomegranate-like*  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}@\text{MoS}_2$  menunjukkan kinerja yang baik untuk produksi hidrogen dengan efisiensi tinggi dan stabilitas jangka panjang. Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengevaluasi pengaruh variasi rasio  $\text{Zn}:\text{Cd}$  pada material komposit  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  terhadap efisiensi fotodegradasi senyawa toksik spesifik seperti 2,4,6-triklorofenol masih sangat

terbatas. Rasio Zn: Cd secara langsung memengaruhi karakteristik elektronik dan optoelektronik material, seperti posisi pita konduksi dan pita valensi, energi celah pita, serta dinamika pemisahan pasangan muatan elektron-hole (Yang dkk., 2020, Zhao dkk., 2016). Selain itu, untuk mendegradasi struktur kimia 2,4,6-triklorofenol yang memiliki struktur aromatik dan ikatan C–Cl stabil, diperlukan sistem fotokatalis yang mampu menghasilkan spesies radikal secara efisien dan selektif (Dong dkk., 2024). Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi lebih lanjut bagaimana perbedaan rasio Zn: Cd dalam mempengaruhi efisiensi fotodegradasi 2,4,6-triklorofenol pada material komposit  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$ , baik dari aspek karakteristik material kompositnya, sifat optik, hingga kinetika fotodegradasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui secara sistematis pengaruh rasio Zn: Cd dalam material komposit semikonduktor  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  terhadap efisiensi fotodegradasi 2,4,6-triklorofenol. Sintesis material ini dilakukan menggunakan metode hidrotermal dan efisiensi fotodegradasi 2,4,6-triklorofenol dianalisis berdasarkan kinerja fotokatalitik serta karakterisasi struktur. Dengan pendekatan ini, diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai material komposit  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  dan kontribusinya dalam pengembangan fotokatalis yang lebih efektif untuk pengolahan limbah berbahaya.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh material komposit fotokatalis  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$ .
2. Menentukan pengaruh variasi rasio logam Zn dan Cd dalam  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  terhadap tingkat kristalinitas dan *band gap* material.

3. Menentukan efektivitas fotokatalitik material komposit  $\text{MoS}_2/\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$  untuk fotodegradasi 2,4,6-triklorofenol.