

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara umum, penanganan sampah di Indonesia dilakukan tersentralisasi di suatu kawasan yang disebut Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). TPA merupakan tempat menampung sampah dari berbagai lokasi dalam suatu kota (Rahmawati, 2021). Penanganan sampah di TPA seringkali dilaksanakan secara open dumping yang berakibat terbentuknya lindi yang berpotensi mencemari air tanah dan air permukaan (Damanhuri, 2008). Lindi adalah cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut atau tersuspensi yang mengandung zat kotoran organik, nitrat, sulfat, klorida, serta polutan atau logam-logam berat yang memiliki konsentrasi tinggi yang dapat membahayakan makhluk hidup dan kehidupan (Sunarso, 2010). Polutan dapat terbagi menjadi polutan konservatif dan polutan non konservatif. Polutan konservatif adalah polutan atau komponen yang tidak mengalami perubahan (tidak terdegradasi, tidak hilang karena pengendapan, tidak hilang karena penguapan, atau akibat aktivitas lainnya) dimana konsentrasinya tidak berubah terhadap waktu). (Chow et al, 2003; Doneker, 2003; KepMen LH 110/2003, 2003). Salah satu polutan lindi yang berbahaya bagi lingkungan adalah unsur logam berat (logam berat merupakan polutan konservatif) (Das, 2025).

Masalah timbul ketika lindi bermigrasi dari landfill dan menyebar di sekitar TPA. Lindi di TPA terbentuk akibat kombinasi dari beberapa faktor, seperti hujan yang meresap ke dalam tumpukan sampah, degradasi material organik, dan proses fisika-kimia dalam sampah (Wang, 2023). Lindi tidak hanya dihasilkan oleh TPA yang masih beroperasi, tetapi juga TPA yang sudah tidak beroperasi selama masih ada sampah yang mengalami proses pembusukan dan masih kontak dengan air. Proses dekomposisi sampah terus terjadi selama 5-25 tahun bahkan lebih (Tchobanoglous, 1993). Dengan demikian, untuk meminimalisir dampak TPA bagi lingkungan, perlu dilakukan pemantauan baik bagi TPA yang aktif dan yang sudah tidak aktif lagi. Hal ini sesuai dengan Undang-undang Republik Indonesia No.18/2008 tentang Pengelolaan Sampah dalam pasal 9 ayat 1 bagian (e).

Dari Fenomena tersebut TPA perlu mengetahui persebaran konsentrasi lindi yang ada di lingkungan TPA. Hasil pemetaan konsentrasi lindi di TPA dapat membantu pengelola dalam memberikan penanggulangan dan rehabilitasi yang tepat sesuai dengan persebaran konsentrasi lindi tersebut. Penyebaran lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan masalah lingkungan yang kompleks dan memerlukan pendekatan ilmiah untuk memahaminya secara lebih akurat. Dalam hal ini, pemodelan matematika memainkan peran penting dalam menggambarkan dan menganalisis pola penyebaran lindi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam upaya mitigasi pencemaran (Aprilia dan Panjaitan, 2022). Dengan menggunakan metode numerik beda hingga (*finite-difference*) memungkinkan untuk memprediksi pergerakan lindi (Darajat, 2021). Karena metode analitik sering kali tidak dapat menyelesaikan masalah penyebaran polutan secara langsung, metode numerik digunakan sebagai pendekatan solusi yang lebih realistis. Metode beda hingga berfungsi sebagai teknik aproksimasi untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial yang menggambarkan fenomena difusi (Bukhari, 2023). Metode ini bekerja dengan mendiskritisasi domain permasalahan menjadi grid atau titik-titik diskrit, sehingga memungkinkan perhitungan nilai konsentrasi lindi dalam berbagai kondisi spasial dan temporal. Dengan menggunakan metode beda hingga, model difusi dapat memberikan estimasi yang lebih akurat terhadap pola pergerakan lindi, membantu mengidentifikasi area yang berisiko tinggi terhadap pencemaran, dan dapat mendukung pengembangan strategi pengelolaan lingkungan yang lebih efektif. Oleh karena itu, pemodelan matematika berbasis metode beda hingga diharapkan mampu membantu dalam penyebaran lindi di TPA, sehingga memungkinkan perencanaan kebijakan yang lebih baik untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Penelitian yang sudah dilakukan, untuk mengetahui penyebaran lindi pada media batuan retak yang heterogen memanfaatkan model numerik berbasis tiga dimensi. Kompleksitas struktur bawah permukaan seperti retakan batuan memiliki pengaruh besar terhadap penyebaran lindi, dan dengan demikian, model numerik menjadi alat penting dalam menganalisis dan mengantisipasi pola migrasi kontaminan tersebut (Sun et al. 2022). Penyebaran lindi pada TPA juga dapat

menggunakan model termal dan hidrolik dua dimensi dengan menggunakan pendekatan konveksi - difusi dan mempertimbangkan efek difusi termal dalam pergerakan lindi melalui model numerik berbasis metode elemen hingga (finite element) (Zubova dan Ivantsov, 2024)

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan menganalisis pola penyebaran lindi di TPA Jatibarang dengan pendekatan numerik guna memahami dinamika pergerakan sebaran lindi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam mitigasi pencemaran lingkungan. Model ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana penyebaran dengan struktur geologi setempat, sehingga memungkinkan perencanaan strategi pengelolaan yang lebih efektif dengan menggunakan metode beda hingga. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi kontribusi yang berarti dalam pengelolaan limbah, khususnya dalam pengendalian pencemaran akibat lindi di TPA, serta memberikan wawasan bagi pemerintah dan pemangku kebijakan dalam merancang sistem pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknik lingkungan, tetapi juga berperan penting dalam perlindungan lingkungan dan kesehatan masyarakat, terutama dalam upaya mencegah dampak negatif pencemaran dan ekosistem di sekitar TPA Jatibarang.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian untuk tesis ini :

1. Bagaimana pengembangan model beda hingga (*finite-difference*) yang merepresentasikan sebaran lindi di TPA Jatibarang?
2. Bagaimana analisis pola sebaran lindi di TPA Jatibarang ?

1.3. Pembatasan Masalah

1. Model yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada pendekatan beda hingga (*Finite Difference*) 2 dimensi.
2. Laju reaksi kimia pada persamaan diabaikan karena polutan yang dibahas tidak bereaksi dengan lingkungan (*inert*)
3. Koefisien difusi ***D*** tidak berubah (tetap) terhadap ruang dan waktu, dan sumber laju polutan diabaikan

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan dari tesis ini adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan model beda hingga (*finite-difference*) yang merepresentasikan sebaran lindi dari TPA Jatibarang
2. Mengidentifikasi pola sebaran lindi TPA Jatibarang.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penulis dari Tesis ini adalah:

1. Manfaat Teoritis
 - Mengembangkan model beda-hingga (*finite-difference*) untuk mengetahui penyebaran polutan yang bersumber dari hasil pembuangan sampah
 - Dasar untuk Studi Lanjutan dalam Pengendalian Pencemaran
2. Manfaat Praktis
 - Identifikasi Area Risiko Tinggi
 - Membantu pengambilan kebijakan pengelolaan sampah di TPA Jatibarang