

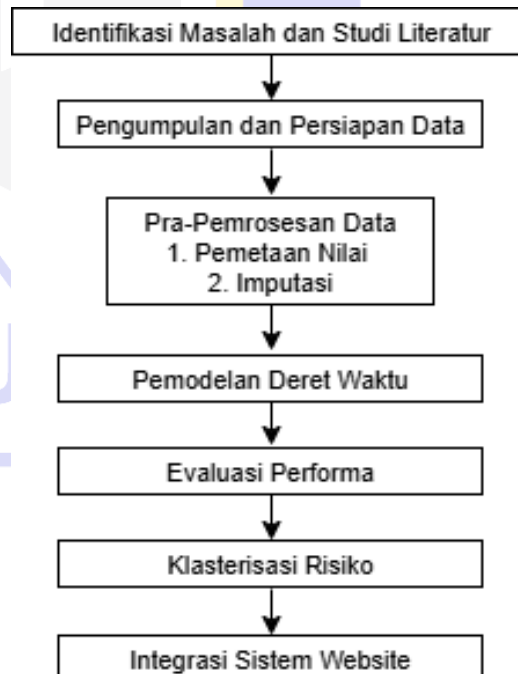
BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan jenis penelitian prediktif atau *predictive research* yang digunakan untuk memperkirakan sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang melalui hasil analisis yang telah dilakukan. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan prediktif berbasis deret waktu atau *forecasting time-series*, klasifikasi berbasis aturan atau *rule-based classification*, dan pengembangan web atau *deployment*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui risiko keamanan dari fasilitas penyimpanan limbah radioaktif dalam jangka 50 tahun ke depan berbasis prinsip *Environmental, Social, and Governance* (ESG).

3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, seperti gambar di bawah ini:



Sumber: Hasil Penelitian

Gambar III.1. Tahapan Penelitian

a. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Penelitian ini dimulai dengan proses identifikasi masalah yaitu potensi kontaminasi air tanah akibat penyimpanan limbah radioaktif di fasilitas *Near Surface Disposal* (NSD). Dalam tahapan ini juga meliputi studi literatur mengenai metode prediksi parameter muka air tanah, pemodelan deret waktu, klasterisasi, dan pendekatan ESG dalam pengelolaan limbah berbahaya.

b. Pengumpulan dan Persiapan Data

Penelitian ini menggunakan data historis yang merupakan data primer berupa data nilai parameter muka air tanah yang terdiri dari 12 atribut data. Tahapan ini bertujuan untuk memperoleh data yang dapat digunakan sebagai dasar analisis prediksi parameter muka air tanah.

c. Pra-Pemrosesan Data

Pada tahapan penelitian ini, data yang telah diperoleh akan dilakukan pembersihan data atau *data cleaning*, diantaranya mengatasi nilai kosong atau *missing value* dengan menggunakan model *machine learning*. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan kualitas data yang bagus guna melaksanakan analisis data.

d. Pemodelan Deret Waktu

Model *machine learning* ini digunakan untuk memprediksi perubahan nilai parameter kedalaman, pH, dan TDS. Penelitian ini menggunakan model *Prophet* yang cocok untuk data musiman dan tren.

e. Evaluasi Performa

Pada tahapan ini, ketiga model deret waktu akan dilakukan evaluasi menggunakan metrik performa, seperti *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) guna membandingkan Tingkat akurasi masing-masing model *machine learning*. Hasil

evaluasi performa digunakan untuk memilih model terbaik dalam menghasilkan analisis prediksi parameter muka air tanah.

f. Klasterisasi Risiko

Pada tahapan penelitian ini setelah analisis prediksi telah dilakukan, maka hasilnya akan dikelompokkan ke dalam kategori risiko rendah, sedang, dan tinggi. Tahapan ini menggunakan pendekatan klasterisasi berbasis aturan *rule-based classification* dengan memanfaatkan beberapa pengetahuan tentang nilai parameter muka air tanah untuk penyimpanan limbah radioaktif.

g. Integrasi Sistem Web

Tahapan ini merupakan pengembangan hasil analisis prediksi parameter muka air tanah dan klasterisasi risiko penyimpanan limbah radioaktif ke dalam bentuk sistem aplikasi berbasis web menggunakan Streamlit. Tahapan ini dilakukan supaya hasil penelitian dapat dimanfaatkan secara praktis oleh pemangku kepentingan terkait.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak dan data sebagai alat utama untuk membangun dan mengevaluasi model prediksi kualitas air tanah dan klasterisasi potensi risiko keamanan penyimpanan limbah radioaktif. Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Spesifikasi Hardware

Laptop	: Lenovo LOQ Essentials
Sistem Operasi	: 12th Gen Intel (R) Core (TM) i5-12450 HX (2.40 GHz)
Memori	: RAM 12 GB SSD 512 GB

2. Spesifikasi Software

- Draw io : Platform untuk membuat *flowchart* penelitian
- Microsoft Excel : Alat untuk mengumpulkan data penelitian
- Google Colab : Alat untuk proses analisis prediksi dan klasterisasi
- Streamlit : Alat untuk proses *deployment* sistem web hasil analisis

3. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dari BRIN RI yang berupa data struktur fisika dan struktur kimia nilai parameter muka air tanah dari tahun 2012 hingga 2019. Data meliputi 12 atribut, diantaranya *date*, *location*, *pH*, *TDS*, *precepitation*, *colour*, *Fe*, *K₂O*, *Ca²⁺*, *Mg²⁺*, *Mn/MnO₄*, *conductivity*. Bahan data ini menjadi dasar utama dalam analisis prediksi dan klasterisasi.

3.3. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara langsung dengan melakukan penelitian dan koordinasi dengan pihak BRIN RI tim riset bidang disposal. Pengolahan data dan Pembangunan model dilakukan secara daring melalui platform pemrograman dan komputasi berbasis *cloud*.

1. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di rumah dengan akses internet dan melakukan konsultasi dengan tim riset bidang disposal BRIN RI secara langsung yang berlokasi di Serpong, Tangerang Selatan.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama 5 bulan yang dimulai dari bulan Maret 2025 hingga Agustus 2025 dengan tahapan sebagai berikut:

Tabel III.1. Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu
1.	Studi literatur dan pengumpulan data						
2.	Pengolahan dan eksplorasi data						
3.	Pemodelan prediksi dan klasterisasi risiko						
4.	Implementasi sistem website						
5.	Penyempurnaan sistem website						

Sumber: Hasil Penelitian



UNIVERSITAS
NUSA MANDIRI