

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu komponen penting dalam ekosistem perairan yang memiliki fungsi ekologis, sosial, dan ekonomi, antara lain sebagai habitat organisme akuatik, sumber air baku, serta penunjang berbagai aktivitas masyarakat. Namun, sungai juga merupakan ekosistem yang secara langsung menerima tekanan dari berbagai aktivitas antropogenik, seperti permukiman dan kegiatan domestik, pertanian, industri, serta pertambangan. Masukan bahan pencemar dari berbagai sumber tersebut dapat mengubah karakteristik fisik, kimia, dan biologis perairan sehingga berpotensi menurunkan kualitas air dan mengganggu fungsi ekosistem sungai (United Nations, 2021). Penurunan kualitas air tidak hanya berdampak terhadap keberlangsungan ekosistem perairan, tetapi juga dapat memengaruhi ketersediaan air baku, kesehatan masyarakat, dan keberlanjutan pemanfaatan sumber daya air (Pemerintah Indonesia, 2021). Oleh karena itu, pemantauan kualitas air secara berkala diperlukan untuk mengetahui kondisi perairan, mengidentifikasi perubahan kualitas air, serta menyediakan dasar ilmiah bagi upaya pengendalian pencemaran dan pengelolaan sumber daya air.

Di Provinsi Sumatra Barat, pemantauan kualitas air sungai lintas kabupaten/kota dilakukan secara rutin oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Sumatra Barat, yaitu dua kali dalam setahun pada sepuluh titik pemantauan pada setiap sungai. Parameter yang dipantau meliputi fisik (*Total Suspended Solid/TSS*), kimia (*pH*, *Dissolved Oxygen/DO*, *Biochemical Oxygen Demand/BOD*, *Chemical Oxygen Demand/COD*, nitrat, total fosfat), dan mikrobiologi (*fecal coliform*). Hasil pemantauan tersebut disajikan dalam laporan tahunan berupa perbandingan konsentrasi masing-masing parameter terhadap baku mutu Kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, serta perhitungan Indeks Kualitas Air (IKA) dan Indeks Pencemaran Air (IPA) (DLH Sumbar, 2025).

DAS Batang Agam, Batang Anai, Batang Lembang, dan Batang Ombilin merupakan empat DAS yang dipantau secara rutin oleh DLH Provinsi Sumatra Barat dan memiliki karakteristik tekanan antropogenik yang relatif berbeda.

Perbedaan karakteristik tersebut memberikan konteks penting dalam mengevaluasi dinamika kualitas air pada masing-masing DAS. Batang Agam merepresentasikan tekanan kawasan perkotaan, terutama terkait kepadatan penduduk dan aktivitas perkotaan, dengan Kota Bukittinggi memiliki kepadatan penduduk sebesar 5.209,12 jiwa/km². Batang Lembang merepresentasikan wilayah yang memiliki aktivitas pertanian yang intensif, dengan Kabupaten Solok memiliki luas panen padi sebesar 39.455,81 ha. Batang Anai dipengaruhi oleh aktivitas pariwisata dan keberadaan kawasan yang memiliki nilai budaya dan sejarah, sedangkan Batang Ombilin memiliki tekanan antropogenik yang berkaitan antara lain dengan aktivitas pertambangan di kawasan Sawahlunto. Perbedaan karakteristik sumber tekanan tersebut berpotensi menghasilkan pola dan tingkat perubahan kualitas air yang berbeda antar DAS (BPS Sumbar, 2026).

Data hasil pemantauan DLH Provinsi Sumatra Barat periode 2022–2025 menunjukkan adanya perubahan kondisi kualitas air pada keempat DAS tersebut. Nilai IKA pada DAS Batang Agam, Batang Anai, dan Batang Ombilin menunjukkan penurunan dari kategori baik pada tahun 2022 menjadi kategori kurang pada tahun 2024, sedangkan DAS Batang Lembang berada pada kategori sedang. Pada tahun 2025, kondisi keempat DAS berada pada kategori sedang. Sementara itu, berdasarkan nilai IPA, keempat DAS berada pada kriteria tercemar ringan selama periode 2022–2025 (DLH Sumbar, 2025). Perubahan tersebut menunjukkan bahwa kondisi kualitas air tidak bersifat statis, tetapi dapat mengalami fluktuasi atau perubahan dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, informasi mengenai status mutu pada suatu periode belum sepenuhnya menggambarkan pola perubahan kualitas air secara temporal maupun kecenderungan kondisi perairan pada periode berikutnya.

Meskipun data konsentrasi delapan parameter kualitas air hasil pemantauan periode 2022–2025 telah tersedia, analisis yang disajikan dalam laporan pemantauan masih berfokus pada evaluasi status mutu setiap periode berdasarkan baku mutu dan indeks kualitas air. Pendekatan seperti IKA, IPA, dan STORET memang banyak digunakan dalam evaluasi kualitas air karena mampu memberikan informasi ringkas mengenai status mutu suatu badan air (Marselina dkk., 2025; Wikurendra dkk., 2022). Namun, pendekatan ini belum mampu mengidentifikasi perbedaan

kualitas air secara temporal (antarperiode), memprediksi kualitas di masa mendatang dan menentukan parameter yang paling dominan pada masing-masing DAS. Dengan demikian, masih terdapat peluang untuk mengoptimalkan pemanfaatan data hasil pemantauan rutin sebagai analisis lanjutan dan menjadi dasar pengelolaan sungai yang lebih efektif. Analisis lanjutan dapat dilakukan menggunakan metode statistik yang mengeksplorasi dimensi temporal dan multivariat dengan mempertimbangkan karakteristik dan tujuan analisis. Pemilihan metode statistik harus disesuaikan dengan struktur dan skala data, jumlah serta pola observasi, distribusi data, keterkaitan antarobservasi, dan terpenuhinya asumsi statistik yang mendasarinya.

Untuk mengevaluasi perubahan kualitas air secara temporal, khususnya pada data yang tidak berdistribusi normal dan memiliki keterkaitan antarperiode, dapat digunakan metode statistik nonparametrik. Uji *Friedman* dapat digunakan untuk mengetahui perbedaan kualitas air secara keseluruhan antarperiode, kemudian dilanjutkan dengan *Wilcoxon Signed-Rank Test* untuk mengidentifikasi pasangan periode yang menunjukkan perbedaan signifikan (Sheskin, 2020). Untuk memproyeksikan kondisi kualitas air pada periode mendatang, analisis deret waktu dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola temporal dan membangun model prediksi berdasarkan data historis. Beberapa model yang dapat dipertimbangkan meliputi *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), yang memanfaatkan hubungan antara nilai suatu variabel dengan nilai masa lalunya (Gowthaman dkk., 2022), *Grey model* GM(1,1), yang sesuai untuk data dengan jumlah observasi relatif terbatas, termasuk $n \geq 4$ (Sun dkk., 2022); serta *Holt's Double Exponential Smoothing* (Holt-DES), yang mempertimbangkan komponen level dan tren sehingga sesuai untuk data deret waktu yang menunjukkan kecenderungan naik atau turun (Chatfield, 2000). Selanjutnya, *Principal Component Analysis* (PCA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi parameter kualitas air yang dominan (Lusiana dkk., 2022). Dengan demikian, penerapan metode statistik tersebut dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai perubahan, kecenderungan, dan parameter dominan dalam kualitas air dibandingkan evaluasi yang hanya didasarkan pada indeks. Hasil analisis ini

diharapkan dapat melengkapi informasi IKA, IPA, dan metode indeks lainnya yang selama ini digunakan oleh DLH dalam evaluasi kualitas air.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis dinamika kualitas air secara temporal pada DAS Batang Agam, Batang Anai, Batang Lembang, dan Batang Ombilin di Provinsi Sumatra Barat selama periode 2022–2025. Analisis dilakukan secara terpadu melalui beberapa tahapan, yaitu statistik deskriptif untuk mengkarakterisasi data, uji *Friedman* dan *Wilcoxon Signed-Rank Test* untuk mengidentifikasi perbedaan kualitas air antarperiode, pemodelan ARIMA, GM(1,1), dan/atau Holt-DES sebagai kandidat model untuk memproyeksikan kondisi kualitas air periode 2026–2027, serta PCA untuk mengidentifikasi parameter yang dominan dalam menjelaskan variasi kualitas air pada masing-masing DAS. Pemilihan model prediksi dilakukan berdasarkan kesesuaian karakteristik data dan kinerja model, sehingga model yang digunakan pada masing-masing parameter atau DAS dapat berbeda.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pola perubahan kualitas air, signifikansi perbedaan antarperiode, prediksi kondisi kualitas air pada periode mendatang, serta parameter yang berkontribusi terhadap variasi kualitas air pada masing-masing DAS. Informasi tersebut diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi DLH Provinsi Sumatra Barat dalam mengevaluasi efektivitas pemantauan, menentukan parameter yang perlu mendapat perhatian lebih besar, mengoptimalkan strategi pemantauan kualitas air, serta merumuskan upaya pengendalian pencemaran dan pengelolaan DAS yang lebih efisien dan tepat sasaran.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis dinamika temporal kualitas air pada empat DAS di Sumatra Barat selama periode 2022–2025, meliputi karakteristik temporal, prediksi, dan Analisis Parameter Dominan.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis karakteristik temporal parameter kualitas air secara deskriptif berdasarkan distribusi data pada setiap periode sampling, meliputi parameter fisik (*Total Suspended Solids*/TSS), parameter kimia (pH, *Dissolved*

Oxygen/DO, Biochemical Oxygen Demand/BOD, Chemical Oxygen Demand/COD, nitrat, dan total fosfat), serta parameter mikrobiologi (*fecal coliform*) pada empat DAS di Sumatra Barat selama periode 2022–2025;

2. Menganalisis secara temporal perbedaan kondisi kualitas air antarperiode sampling pada masing-masing DAS menggunakan uji *Friedman*, uji *Wilcoxon Signed-Rank* sebagai analisis lanjut (*post hoc*), dan koreksi *Benjamini–Hochberg* untuk mengendalikan kesalahan akibat pengujian berganda;
3. Menganalisis prediksi kualitas air periode 2026–2027 menggunakan metode ARIMA, GM(1,1), dan Holt-DES untuk memperoleh model prediksi terbaik;
4. Mengidentifikasi parameter dominan kualitas air pada masing-masing DAS berdasarkan *Principal Component Analysis* (PCA).

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diperoleh adalah:

1. Memberikan informasi ilmiah dalam bidang pengelolaan sumber daya air melalui analisis dinamika kualitas air temporal empat DAS besar di Sumatra Barat pada rentang tahun 2022-2025 prediksi, dan parameter dominan;
2. Memberikan informasi yang komprehensif bagi Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatra Barat dalam mengevaluasi perubahan kualitas air sungai serta menentukan prioritas pengendalian pencemaran yang lebih tepat sasaran;
3. Menjadi dasar pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam merumuskan strategi pengelolaan air.

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah tesis ini adalah:

1. Penelitian ini dibatasi pada empat DAS di Provinsi Sumatra Barat, yaitu kawasan perkotaan padat (Batang Agam), wilayah pesisir–pariwisata dan permukiman berkembang (Batang Anai), daerah pertanian dan pemukiman semi-urban (Batang Lembang), serta kawasan industri dan pertambangan (Batang Ombilin);
2. Data yang digunakan merupakan data sekunder hasil pemantauan kualitas air oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatra Barat, dengan frekuensi

pengambilan sampel setiap enam bulan (Semester I dan Semester II) pada 10 titik pemantauan di setiap sungai selama periode 2022–2025;

3. Parameter yang dianalisis meliputi parameter fisik (TSS), kimia (pH, DO, BOD, COD, nitrat, total fosfat), dan mikrobiologi (*fecal coliform*) sesuai ketersediaan data pada program pemantauan DLH Provinsi Sumatra Barat;
4. Analisis difokuskan pada dinamika temporal kualitas air yang meliputi karakteristik temporal, perbedaan antarperiode sampling, prediksi, dan identifikasi parameter dominan;
5. Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:
 - a. Analisis statistik deskriptif dengan visualisasi *boxplot* untuk menggambarkan karakteristik temporal setiap parameter kualitas air;
 - b. Analisis Temporal Perbedaan Antarperiode Sampling menggunakan *Friedman*, *Wilcoxon Signed-Rank* dan koreksi *Benjamini–Hochberg* untuk melihat perbedaan kualitas air antarperiode sampling;
 - c. Analisis prediksi kualitas air dilakukan menggunakan metode ARIMA (1,0,0), GM(1,1), dan Holt-DES untuk memproyeksikan kualitas air pada periode 2026–2027. Ketiga metode tersebut dibandingkan untuk memperoleh model prediksi dengan kinerja terbaik dalam menganalisis data deret waktu yang terbatas;
 - d. Analisis parameter dominan menggunakan PCA untuk mengidentifikasi parameter kualitas air sungai yang paling berpengaruh.

1.5 Sistematika Penulisan Tesis

Adapun sistematika penulisan tesis ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan tesis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang analisis temporal pada sungai di Sumatra Barat serta pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, pengumpulan data sekunder, lokasi dan waktu penelitian, serta metode analisis yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

