

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air bersih dan layak minum merupakan kebutuhan dasar manusia yang sangat penting bagi kesehatan dan kualitas hidup. Namun, kualitas air minum yang buruk dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, terutama jika mengandung zat kimia berbahaya atau mikroorganisme patogen dalam kadar yang melebihi batas aman. Menurut *World Health Organization* (WHO, 2017), air minum yang layak harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, dan mikrobiologis yang ketat agar aman untuk dikonsumsi.

Indonesia mempunyai ketentuan kualitas air minum yang diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010, yang mencakup batas maksimum berbagai variabel fisik dan kimia, seperti kekeruhan, warna, pH, suhu, daya hantar listrik, kandungan logam berat, serta zat organik dan anorganik lainnya. Banyaknya variabel yang harus dipantau membuat analisis kualitas air menjadi kompleks, apalagi jika antarvariabel tersebut saling berkorelasi.

Pendekatan analisis multivariat menjadi solusi penting karena mampu menangani banyak variabel secara bersamaan. Salah satu metode multivariat yang banyak digunakan adalah analisis komponen utama (*Principal Component Analysis/PCA*). PCA berfungsi untuk mereduksi data berdimensi tinggi menjadi beberapa komponen utama yang tetap mewakili informasi penting dari data awal (Jolliffe *et al.*, 2016). Metode ini memudahkan pemetaan variabel dan identifikasi variabel dominan yang memengaruhi kualitas air secara keseluruhan.

Memahami struktur hubungan antar variabel lebih dalam, dapat digunakan analisis faktor, yang bertujuan mengelompokkan variabel-variabel ke dalam faktor-faktor laten yang memiliki kesamaan karakteristik. Sementara itu, untuk mengevaluasi apakah kualitas air berada dalam kondisi yang stabil dan terkendali secara statistik, digunakan pendekatan pengendalian kualitas multivariat seperti Hotelling's  $T^2$  *control chart*, yang mampu memantau beberapa variabel sekaligus dan mendeteksi penyimpangan lebih efektif dibanding metode univariat (Montgomery, 2009).

Berdasarkan informasi yang dihimpun dari laporan tahunan PDAM Kota Padang dan pemberitaan daerah, masih terdapat sejumlah tantangan dalam pemeliharaan dan pengawasan kualitas air yang diproduksi. Beberapa titik distribusi air dilaporkan mengalami ketidaksesuaian pada variabel tertentu, seperti kekeruhan dan sisa klor yang melebihi atau justru di bawah ambang batas yang ditetapkan. Selain itu, fluktuasi variabel kualitas air dari waktu ke waktu menunjukkan adanya variabilitas proses pengolahan yang memerlukan evaluasi lebih mendalam. Data kualitas air yang tercatat pun cukup kompleks dan belum sepenuhnya dimanfaatkan secara statistik untuk melihat pola dan anomali yang terjadi. Hal ini mendorong perlunya pendekatan multivariat agar proses evaluasi dan pengendalian kualitas air dapat dilakukan secara komprehensif dan akurat.

Penelitian ini mengambil studi kasus di PDAM Kota Padang, yang memiliki peran vital dalam penyediaan air minum bagi masyarakat. Data yang digunakan merupakan data kualitas air produksi dari Februari hingga Juli 2024, yang terdiri dari 20 variabel, antara lain: *Total Dissolved Solids* (TDS), pH, suhu, kekeruhan, warna, sisa klor ( $\text{Cl}_2$ ), daya hantar listrik (DHL), aluminium (Al), besi (Fe), mangan (Mn), nitrat, fluorida ( $\text{F}^-$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), seng (Zn), kesadahan total, kesadahan kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), kesadahan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), tembaga (Cu), dan zat organik (diukur sebagai  $\text{KMnO}_4$ ).

Mengingat jumlah variabel yang cukup banyak dan kemungkinan adanya korelasi antarvariabel, maka pendekatan multivariat dipilih agar dapat mengidentifikasi struktur data yang tersembunyi serta memahami kelompok variabel dominan secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemetaan dan pengelompokan variabel kualitas air produksi PDAM Kota Padang menggunakan PCA dan analisis faktor, serta mengevaluasi kondisi kendali kualitasnya melalui Hotelling's  $T^2$ .

Pendekatan serupa telah digunakan dalam penelitian kualitas air di berbagai wilayah, seperti oleh Pratama *et al.* (2021) pada PDAM Gresik dan Sari *et al.* (2020) pada Sungai Citarum. Dengan mengadopsi pendekatan ini, diharapkan penelitian dapat memberikan kontribusi bagi PDAM Kota Padang dalam rangka evaluasi kualitas air secara lebih efisien dan mendalam, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam pengendalian kualitas air.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik multivariat dari variabel-variabel kualitas air produksi PDAM Kota Padang?
2. Variabel apa saja yang paling berpengaruh terhadap kualitas air berdasarkan hasil Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis/PCA*)?
3. Bagaimana struktur laten dari variabel kualitas air tersebut berdasarkan hasil Analisis Faktor?
4. Apakah proses produksi air PDAM Kota Padang berada dalam kondisi terkendali secara statistik berdasarkan pengujian menggunakan Hotelling's  $T^2$ ?

## 1.3 Batas Masalah

Untuk menjaga fokus dan kedalaman analisis, penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa hasil pengujian kualitas air produksi PDAM Kota Padang dalam kurun waktu Februari hingga Juli 2024.
2. Variabel yang dianalisis sebanyak 20 variabel, yaitu: *Total Dissolved Solids* (TDS), sisa klor ( $Cl_2$ ), kekeruhan, pH, daya hantar listrik (DHL), warna, suhu, aluminium (Al), besi (Fe), mangan (Mn), nitrat ( $NO_3^-$ ), fluorida ( $F^-$ ), sulfat ( $SO_4^{2-}$ ), seng (Zn), kesadahan total, kesadahan kalsium ( $Ca^{2+}$ ), kesadahan magnesium ( $Mg^{2+}$ ), klorida ( $Cl^-$ ), tembaga (Cu), dan zat organik yang diukur sebagai  $KMnO_4$ .
3. Analisis yang digunakan meliputi:
  - a. **Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis/PCA*)** untuk mereduksi jumlah variabel dan mengidentifikasi variabel dominan,
  - b. **Analisis Faktor** untuk mengelompokkan variabel-variabel berdasarkan struktur laten yang terbentuk,
  - c. **Diagram Kendali Hotelling's  $T^2$**  sebagai alat pengendalian kualitas multivariat untuk menilai apakah proses produksi air berada dalam batas kendali statistik.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan karakteristik multivariat dari variabel-variabel kualitas air produksi PDAM Kota Padang. Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang paling berpengaruh terhadap kualitas air melalui penerapan Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis/PCA*). Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan Analisis Faktor untuk mengeksplorasi struktur laten yang terbentuk serta mengelompokkan variabel-variabel yang memiliki keterkaitan. Selain itu, penelitian ini juga ditujukan untuk mengevaluasi apakah proses produksi air PDAM Kota Padang berada dalam kondisi yang terkendali secara statistik dengan menggunakan diagram kendali multivariat Hotelling's  $T^2$ .

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam skripsi ini disusun menjadi lima Bab, yang dimulai dari Bab I berisi pendahuluan yang mencakup latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II memuat landasan teori yang menjelaskan konsep dasar tentang kualitas air, variabel-variabel air, pengendalian kualitas, analisis komponen utama (*Principal Component Analysis/PCA*), analisis faktor, serta pengendalian kualitas multivariat dengan pendekatan Hotelling's  $T^2$ . Bab III berisi metodologi penelitian, yang mencakup jenis data, sumber data, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data yang digunakan. Bab IV menyajikan hasil dan pembahasan yang meliputi analisis deskriptif data, uji kelayakan data untuk (*Principal Component Analysis/PCA*) dan analisis faktor, hasil analisis PCA dan faktor, serta analisis pengendalian kualitas menggunakan diagram kendali multivariat. Bab V berisi penutup yang memuat kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.