

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terkait

Kajian terhadap penelitian terdahulu dilakukan untuk mengetahui metode dan pendekatan yang telah digunakan dalam analisis debit dan tekanan air, khususnya yang berkaitan dengan penerapan *machine learning* untuk deteksi atau klasifikasi kondisi pipa. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelebihan, keterbatasan, serta celah penelitian yang masih dapat dikembangkan. Penelitian ini berfokus pada penerapan *Logistic Regression* dengan *Polynomial Features* untuk mengklasifikasikan kondisi pipa berdasarkan parameter debit dan tekanan air pada Perumda Air Minum Tirta Bahari Kota Tegal. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

| Judul & Peneliti                                                                                              | Metode                                                                                                 | Hasil Evaluasi (Matrik)                                                                                                            | Keterbatasan                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Machine learning Model for Leak Detection Using Water Pipeline Vibration Sensor</i> Lee et al. (2023) [12] | Beberapa model <i>machine learning</i> , termasuk model klasifikasi berbasis data sensor getaran pipa. | Model <i>XGBoost</i> menunjukkan akurasi tinggi, yaitu sekitar 99,79%, dalam mendeteksi kebocoran berdasarkan data sensor getaran. | Penelitian menggunakan sensor getaran, bukan secara langsung parameter debit dan tekanan, sehingga variabel input berbeda dengan penelitian ini. |
| Sistem <i>Monitoring</i> Konsumsi Air Rumah Tangga Berbasis                                                   | Arduino Uno R3 + ESP32 + Sensor YF-S201; <i>Website</i>                                                | Error rata-rata pembacaan volume air 4,61%; sistem transmisi data                                                                  | Tidak mendeteksi kebocoran; hanya <i>monitoring</i> konsumsi; belum analisis anomali.                                                            |

| Judul & Peneliti                                                                                                             | Metode                                                                                                                            | Hasil Evaluasi (Matrik)                                                                                                                                 | Keterbatasan                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Website – Phisca Aditya Rosyady &amp; Putra Agung Anugerah (2023)[13]</i>                                                 | monitoring; Kalibrasi sensor dan pengujian volume.                                                                                | <i>real-time</i> berjalan baik.                                                                                                                         |                                                                                                                                                         |
| Sistem Pengukuran dan Analisis Debit Air pada Kebocoran Pipa Percabangan Berbasis <i>IoT</i> – Dian Oktarisa dkk. (2025)[14] | <i>NodeMCU ESP8266</i> + 2 sensor YF-S201 per cabang; Analisis selisih debit; <i>IoT (Blynk)</i> ; klasifikasi tingkat kebocoran. | Error rata-rata 2,2–2,69%; mampu klasifikasi kebocoran kecil, sedang, besar berdasarkan selisih debit.                                                  | Terbatas pada skala prototipe; belum integrasi analisis prediktif; belum uji skala jaringan luas.                                                       |
| Perancangan Sistem Perhitungan Debit Air Otomatis Berbasis <i>IoT</i> pada PDM Tirta Garut – Ayu Latifah dkk. (2021)[15]     | <i>Prototype Model</i> ; Arduino + <i>flowmeter</i> + Web <i>dashboard</i> ; integrasi <i>database IoT</i> .                      | Akurasi sistem 95,6%; data <i>realtime</i> dan kalkulasi tagihan otomatis.                                                                              | Tidak mendeteksi lokasi kebocoran; fokus pada billing dan monitoring.                                                                                   |
| <i>Use of Machine learning for Leak Detection and Localization in Water Distribution Systems.</i> Mashhadi et al. (2021)[16] | <i>Machine learning</i> untuk deteksi dan lokalisasi kebocoran pada <i>Water Distribution System</i> .                            | Penelitian menunjukkan bahwa <i>machine learning</i> dapat digunakan untuk membantu proses deteksi dan lokalisasi kebocoran pada sistem distribusi air. | Fokus penelitian lebih banyak pada lokalisasi kebocoran, sedangkan penelitian ini berfokus pada klasifikasi kondisi pipa berdasarkan debit dan tekanan. |

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Sistem Distribusi Air Bersih**

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (*reservoir*) ke daerah pelayanan (konsumen) yang wajib memenuhi standar kualitas kesehatan, kuantitas debit yang mencukupi, serta kontinuitas pengaliran yang stabil selama 24 jam[17]. Dalam penerapannya, aliran air di dalam jaringan pipa tertutup ini dikendalikan secara hidrolis guna menjaga kestabilan tekanan dan meminimalkan risiko kehilangan tekanan (*head loss*) akibat gesekan dinding pipa, sehingga pasokan air dapat terdistribusi secara merata bahkan hingga ke titik konsumen yang berada di lokasi terjauh maupun elevasi tertinggi.

### **2.2.2. Kebocoran Pipa**

Kebocoran pipa merupakan kondisi kegagalan struktur perpipaan yang dapat menyebabkan kehilangan air secara fisik. Hal tersebut dapat disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya adalah keberadaan lubang pada dinding pipa yang mengakibatkan terganggunya kontinuitas aliran air, sehingga parameter hidrolis fluida seperti tekanan dan kecepatan aliran akan mengalami perubahan[18].

### **2.2.3. Debit Air**

Debit air merupakan ukuran banyaknya volume air yang dapat lewat dalam suatu tempat atau yang dapat di tampung dalam suatu

tempat tiap satu satuan waktu. Debit air digunakan untuk menyatakan besarnya aliran fluida, khususnya air, yang mengalir melalui suatu penampang, saluran, atau pipa dalam waktu tertentu. Besarnya debit dipengaruhi oleh volume air yang mengalir dan lamanya waktu aliran tersebut berlangsung. Satuan yang umum digunakan untuk menyatakan debit air antara lain liter per detik (L/s), liter per menit (L/min), dan meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{s}$ )[19].

#### 2.2.4. Tekanan Air

Tekanan pipa air adalah tekanan yang terjadi di dalam saluran pipa akibat gaya dorong air terhadap dinding pipa. Pada sistem distribusi air, tekanan pipa harus dijaga agar tidak terlalu rendah karena dapat mengganggu suplai air, dan tidak terlalu tinggi karena dapat menyebabkan kebocoran atau kerusakan pipa[20].

#### 2.2.5. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan salah satu metode yang dapat menangani *big data*. Klasifikasi digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam kelas atau kategori tertentu berdasarkan pola yang terdapat pada data. Dalam *machine learning*, klasifikasi termasuk metode *supervised learning* karena menggunakan data yang sudah memiliki label[21].

#### 2.2.6. Machine learning

*Machine learning* merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang memungkinkan sistem untuk belajar

secara mandiri guna mengambil keputusan atau prediksi tanpa perlu diprogram secara eksplisit oleh manusia. Dengan memanfaatkan algoritma statistik, komputer mampu mengidentifikasi pola dan mengekstraksi pengetahuan dari data historis, sehingga performa sistem meningkat seiring dengan bertambahnya pengalaman dan volume data yang diolah[22].

#### 2.2.7. Python

*Python* merupakan salah satu dari bahasa pemrograman yang sering digunakan oleh *programmer* atau pembuat program dalam membuat program mereka. Bahasa pemrograman ini memiliki sintaks yang sederhana, mudah dipahami, serta didukung oleh berbagai *Library* yang dapat membantu proses pengolahan data dan pengembangan model *machine learning*[23].

#### 2.2.8. Library

*Library* merupakan sebutan kode program tambahan untuk keperluan tertentu, dengan penggunaan *Library* ini dapat menghasilkan kode program secara efisien tanpa perlu menuliskan seluruh skrip dari awal. *Library* biasanya berisi kumpulan fungsi, modul, atau perintah yang sudah disediakan untuk membantu *programmer* dalam menyelesaikan proses tertentu, seperti pengolahan data, perhitungan numerik, visualisasi, dan pembuatan model *machine learning*[24].

Dalam penelitian ini, *Library* yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Pandas* merupakan salah satu *Library* dalam bahasa pemrograman *Python* yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data. *Library* ini menyediakan struktur data yang fleksibel dan efisien, sehingga sangat sesuai digunakan untuk bekerja dengan data terstruktur atau tabular, seperti data dalam format *spreadsheet*, *CSV*, maupun *database*[25]. *Pandas* digunakan untuk membantu proses pengolahan data, mulai dari membaca *dataset*, memilih kolom yang dibutuhkan, menghapus data kosong dan duplikat, hingga mengubah tipe data. Dengan bantuan *Pandas*, data dapat dikelola lebih mudah dalam bentuk tabel sebelum masuk ke tahap analisis atau pemodelan.
2. *NumPy* merupakan singkatan dari *Numerical Python*, yaitu salah satu *Library* dalam bahasa pemrograman *Python* yang digunakan untuk mendukung proses komputasi numerik dan ilmiah[26]. *Library* ini memudahkan proses perhitungan matematis, operasi matriks, dan manipulasi *array* multidimensi agar dapat dilakukan dengan lebih cepat dan terstruktur.
3. *Joblib* merupakan salah satu *Library* dalam bahasa pemrograman *Python* yang digunakan untuk menyimpan dan memuat kembali objek *Python*, termasuk model *machine learning*[27]. *Library* ini memiliki fungsi *dump()* untuk menyimpan objek ke dalam file dan *load()* untuk membaca kembali objek tersebut. Dalam penelitian ini, *Joblib* digunakan

untuk menyimpan model terbaik hasil *training* dalam format *.pkl*, sehingga model dapat digunakan kembali pada tahap pengujian atau implementasi tanpa perlu melakukan *training* ulang.

4. *Matplotlib* merupakan salah satu *Library* dalam bahasa pemrograman *Python* yang digunakan untuk membuat visualisasi data dalam bentuk grafik, diagram, maupun *chart*[28]. *Library* ini membantu pengguna dalam menyajikan data secara visual agar lebih mudah dipahami dan dianalisis. Dalam penelitian ini, *Matplotlib* digunakan untuk menampilkan hasil pengolahan data dan evaluasi model, seperti grafik distribusi data, *confusion matrix*, sehingga hasil analisis model *machine learning* dapat disajikan secara lebih jelas dan informatif.
5. *Seaborn* merupakan *Library Python* yang dikembangkan di atas *Matplotlib* untuk mendukung pembuatan visualisasi data yang lebih informatif, menarik, dan mudah digunakan. *Library* ini menyediakan berbagai jenis visualisasi berbasis statistik dengan sintaks yang lebih sederhana, sehingga memudahkan pengguna dalam menganalisis pola data, distribusi data, serta hubungan antarvariabel[29].

### 2.2.9. Logistic Regression

*Logistic regresion* adalah suatu model statistik yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor (X) terhadap variabel respon (Y) dengan variabel responnya berupa data dikotomi yaitu bernilai 1 menyatakan bahwa variabel respon memiliki kriteria yang ditentukan dan 0 menyatakan bahwa variabel respon tidak memiliki kriteria yang ditentukan[30].