

BAB I PENDAHULUAN

Bab satu pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi penelitian, dan sistematika penulisan pada proposal skripsi.

1.1 Latar Belakang

Dalam era transformasi digital, pengembangan sistem pemantauan *real-time* telah menjadi elemen krusial dalam modernisasi infrastruktur utilitas melalui integrasi data besar dan teknologi cerdas guna meningkatkan efisiensi operasional (Imam 2025). Implementasi teknologi ini secara langsung mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) mengenai *industry, innovation and infrastucture* karena mampu menciptakan infrastuktur yang berkelanjutan melalui efisiensi sumber daya (Mezlan et al., 2024). Pada sektor manajemen air, sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* sangat diperlukan untuk menangani fluktuasi tinggi muka air pada reservoir secara akurat dan otomatis guna menggantikan metode manual yang memiliki keterbatasan dalam kecepatan serta akurasi data, deteksi dini perubahan kondisi air dapat dilakukan dan pengambilan keputusan operasional menjadi lebih efektif (Al-shareeda et al., 2025; Jayadi & Saputra, n.d.; Shao et al., 2025). Selain itu, integrasi sistem tersebut dianggap krusial dalam mengelola permintaan truk tangki secara dinamis, terutama dalam penjadwalan distribusi air dibawah kondisi permintaan yang tidak pasti dan waktu transportasi, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan secara efektif dan responsif (R et al., 2020).

Pada PDAM Bangkalan, proses pemantauan kondisi reservoir saat ini masih dilakukan secara manual dengan mengamati langsung ketinggian air pada reservoir. Metode tersebut memiliki keterbatasan karena bergantung pada kehadiran petugas di lapangan, sehingga informasi kondisi reservoir tidak selalu tersedia secara cepat dan berkelanjutan. Selain itu, kebutuhan distribusi air di Kabupaten Bangkalan cenderung berfluktuasi mengikuti kondisi musim. Pada musim kemarau, permintaan air bersih dan distribusi menggunakan truk tangki umumnya meningkat akibat berkurangnya ketersediaan sumber air di beberapa wilayah, sedangkan pada musim hujan pola permintaan dapat berubah seiring meningkatnya pasokan air.

Kondisi tersebut menyebabkan tinggi muka air reservoir dapat mengalami perubahan yang dinamis sehingga diperlukan mekanisme pemantauan yang mampu menyediakan informasi secara real-time. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan sistem pemantauan reservoir berbasis Internet of Things (IoT) yang didukung oleh backbone data real-time. Sistem ini memungkinkan data tinggi muka air dikumpulkan secara otomatis dari sensor dan dikirimkan secara kontinu ke pusat pengolahan data sehingga kondisi reservoir dapat dipantau kapan saja melalui dashboard. Dengan tersedianya informasi yang akurat dan terkini, PDAM dapat melakukan pengambilan keputusan operasional secara lebih cepat, seperti pengaturan distribusi air, penjadwalan pengisian reservoir, maupun penentuan prioritas pengiriman truk tangki pada wilayah yang membutuhkan. Oleh karena itu, keandalan backbone data real-time menjadi faktor penting yang menentukan keberhasilan sistem pemantauan reservoir dalam mendukung pelayanan air bersih yang efektif dan responsif.

Meskipun sistem pemantauan *real-time* diperlukan, permasalahan dapat muncul ketika sistem *backbone* tidak mampu beradaptasi terhadap fluktuasi beban data dari kondisi aliran rendah hingga pesan dengan frekuensi tinggi dan berbagai sumber (Spohn, 2022). Kondisi ketidakmampuan beradaptasi tersebut dapat menimbulkan penurunan kinerja sistem sehingga tanpa adanya optimasi informasi pada dashboard tidak tampil dengan tepat waktu, dan terjadi kehilangan pesan (*data loss*) yang dapat melemahkan akurasi analisis, serta peningkatan beban server dapat menyebabkan kegagalan layanan (Lorenz et al., 2020). Apabila situasi ini terjadi di tingkat utilitas air, implikasinya dapat langsung dirasakan masyarakat, misalnya

kesalahan penempatan truk tangki, antrean distribusi yang tidak terkelola, atau keterlambatan pelayanan di daerah yang seharusnya dapat segera dilayani (PUB Public Utilities Board, 2016).

Berdasarkan penelitian terdahulu sistem pemantauan utilitas air menekankan pada integrasi data dari aset tetap seperti sensor tekanan, reservoir, dan pompa dalam mendukung pemantauan jaringan distribusi (Gonçalves et al., 2020). Namun dalam tinjauan sistem *smart-water* menunjukkan bahwa sedikit penelitian mengevaluasi performa *backbone real-time* dibawah variasi beban yang ekstrem (Manmeet Singh & Ahmed, 2021). Oleh karena itu penelitian ini fokus pada optimasi kinerja *backbone real-time*. Respon kinerja pada *backbone real-time* terdiri dari *latency*, *data loss*, *throughput*, *freshness*, dan penggunaan CPU/RAM *usage* adalah metrik penting yang digunakan dalam menilai optimalitas suatu sistem *real-time* pemantau reservoir (Sonklin & Sonklin, 2024). Respon kinerja yang diuji dalam penelitian ini adalah metrik performa *latency*, *throughput*, *data loss*, *freshness*, dan CPU/RAM *usage* (Gheorghe-Pop et al., 2020; Pagano et al., 2024). Faktor-faktor teknis yang diuji dalam kinerja backbone yakni ukuran *payload*, jumlah pengguna akses dashboard (*subscriber count*), serta ukuran *batch* penulisan data dalam basis data (*batch size*) sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya (Domingues & Faria, 2024; Gheorghe-Pop et al., 2020). Berikut merupakan standar nilai respon kinerja *throughput*, *data loss*, dan *latency* yang ditentukan oleh TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*). TIPHON merupakan suatu standar QoS yang dibuat oleh organisasi ETSI (*European Telecommunications Standard*) yang mengkategorikan standar atau nilai dalam menentukan kualitas kinerja.

Tabel 1.1 Standar TIPHON

Kategori	Throughput (bps)	Data Loss (%)	Latency (ms)
Sangat baik	>2.1 Mbps	0-2	<150
Bagus	1.2 s/d 2.1 Mbps	3 s/d 14	150 s/d 300
Sedang	700 s.d 1200 Kbps	15 s/d 24	300 s/d 450
Buruk	0 s.d 338 Kbps	25	> 450

Tujuan utama penelitian ini yakni mengoptimalkan kinerja data *backbone real-time* dengan menggunakan metode Taguchi dan *Grey Reational Analysis* (GRA), sehingga dengan menggunakan optimasi tersebut diharapkan dapat menemukan konfigurasi yang paling optimal dalam peningkatan kinerja *backbone*. Metode

Taguchi merupakan metode eksperimen yang digunakan untuk optimasi proses pada satu respon saja sehingga diperlukan adanya kolaborasi dengan metode optimasi lain yakni *Grey Relational Analysis* (GRA) yang digunakan untuk melakukan optimasi dengan beberapa respon secara serentak (Prayogo & Lusi, 2022). Penelitian ini memiliki kontribusi akademis dengan memperkaya literatur sistem pemantauan air melalui pendekatan eksperimental untuk mengidentifikasi faktor teknis yang signifikan sehingga dapat menjadi dasar bagi penelitian yang serupa pada infrastruktur kritis lainnya. Kontribusi selanjutnya yakni berupa panduan konfigurasi operasional yang dapat diimplementasikan oleh PDAM Bangkalan untuk meningkatkan keandalan sistem, serta dapat diadopsi oleh penyedia layanan air lainnya. Dengan demikian penelitian ini dapat mengembangkan metodologi akademik dan kebutuhan aplikasi praktis dalam manajemen sistem pengairan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Faktor teknis apa saja yang berpengaruh terhadap kinerja backbone data real-time?
2. Bagaimana konfigurasi faktor yang paling optimal untuk meningkatkan kinerja data backbone berdasarkan respon kinerja *latency*, *throughput*, *data loss*, *freshness* dan penggunaan CPU/RAM?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berikut merupakan tujuan dan manfaat yang digunakan pada penelitian ini.

1.3.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Mengidentifikasi faktor teknis yang mempengaruhi performa backbone data *real-time*.
- 2 Menentukan konfigurasi optimal pada kinerja data backbone pada *latency*, *throughput*, *data loss*, *freshness* dan penggunaan CPU/RAM.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian yang ada pada penelitian ini:

1. Memberikan literatur terkait sistem pemantauan air dengan pendekatan eksperimen dengan menguji faktor yang mempengaruhi kinerja sistem.
2. Memberikan konfigurasi optimal yang dapat digunakan langsung oleh PDAM Bangkalan untuk meningkatkan kinerja sistem pemantauan air.

1.4 Batasan Masalah

Berikut beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam penyusunan penelitian ini agar pembahasan tetap terarah dan fokus pada poin-poin rumusan dan tujuan penelitian yang telah ditentukan.

- 1 Faktor teknis yang diuji terbatas pada empat variabel utama yakni *payload size*, *subscriber count*, dan *database batch size*.
- 2 Metrik kinerja yang diukur meliputi *latency*, *throughput*, *data loss*, *freshness*, serta CPU/RAM *usage*. Metrik lain seperti energi listrik atau biaya operasional tidak dianalisis.
- 3 Durasi uji dibatasi pada Eksperimen 15 menit per run dengan 3 kali replikasi.
- 4 Generalisasi hasil difokuskan pada konteks PDAM Bangkalan, namun rekomendasi konfigurasi dapat bersifat adaptif untuk utilitas air lain dengan kondisi serupa.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kondisi jaringan seperti QoS, jitter jaringan dianggap stabil dan konstan selama pengujian.
2. Eksperimen dilakukan pada kondisi jaringan WiFi yang stabil untuk meminimalkan variasi performa akibat perubahan kualitas sinyal dan jaringan.
3. Raspberry Pi, broker MQTT, server database, dan Grafana diasumsikan memiliki performa yang stabil dan tidak mengalami degradasi selama eksperimen.
4. Variasi suhu perangkat, kondisi daya listrik, dan faktor message rate diasumsikan sebagai noise yang tidak dikendalikan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini terdiri dari lima bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab satu pendahuluan berisi tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, asumsi penelitian dan sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua berisi landasan materi yang menjadi dasar dalam melakukan penelitian dan berkaitan dengan *benchmarking* broker MQTT yang meliputi respon kinerja yang dapat diukur, faktor yang mempengaruhi kinerja sistem backbone real-time, desain eksperimen, metode Taguchi dan metode *Grey Relational Analysis* (GRA) serta penelitian terdahulu.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab tiga metode penelitian berisi penjelasan prosedur dan metode yang akan dilakukan pada penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab empat berisi penjabaran tentang hasil dan pembahasan yang tersusun dari proses pengolahan data, analisis data dan rancangan konfigurasi optimal.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab lima menjelaskan kesimpulan dari penelitian berdasarkan pengolahan data yang dilakukan, menjawab tujuan penelitian serta saran yang dibuat berdasarkan perancangan faktor optimal sesuai dengan permasalahan dari adanya penelitian tersebut.