

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem penyediaan air bersih merupakan salah satu infrastruktur vital yang berperan penting dalam menunjang kesehatan masyarakat, aktivitas sosial-ekonomi, serta pembangunan wilayah secara berkelanjutan. Ketersediaan air bersih yang memadai tidak hanya berpengaruh terhadap kualitas hidup masyarakat, tetapi juga menjadi faktor pendukung utama bagi sektor industri, pertanian, dan pelayanan publik. Oleh karena itu, sistem distribusi air bersih harus dirancang dan dioperasikan secara andal agar mampu memenuhi kebutuhan air secara kontinu, baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

Keandalan sistem distribusi air sangat ditentukan oleh kinerja peralatan mekanis yang digunakan, terutama pompa sebagai komponen utama penggerak fluida dalam jaringan perpipaan. Pada instalasi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), pompa berfungsi untuk mengalirkan air dari sumber atau reservoir menuju daerah pelayanan dengan jarak dan elevasi yang bervariasi. Dari berbagai jenis pompa yang tersedia, pompa sentrifugal merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena mampu menghasilkan debit yang besar, memiliki konstruksi yang relatif sederhana, serta mudah dalam pengoperasian dan perawatannya (Saragih et al., 2023). Selain itu, pompa sentrifugal juga memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam menyesuaikan kebutuhan sistem distribusi air bersih.

Pompa sentrifugal bekerja dengan prinsip konversi energi mekanik dari motor penggerak dan poros menjadi energi kinetik fluida melalui putaran impeler, yang selanjutnya diubah menjadi energi tekanan di dalam casing atau volute. Energi ini digunakan untuk mengalirkan air melalui sistem perpipaan dengan mengatasi perbedaan elevasi, tekanan, serta berbagai kerugian energi yang timbul sepanjang jalur aliran. Dalam kondisi ideal, pompa dirancang untuk beroperasi pada titik efisiensi terbaik atau *Best Efficiency Point* (BEP), yaitu kondisi operasi di mana pompa menghasilkan efisiensi maksimum dengan kerugian energi yang minimal. Namun, dalam praktik di lapangan, kondisi operasi pompa sering kali menyimpang

dari titik BEP akibat ketidaksesuaian antara karakteristik pompa dan karakteristik sistem distribusi (Wibowo et al., 2022).

Salah satu faktor utama yang menyebabkan pergeseran titik kerja pompa adalah adanya kerugian energi atau *head loss* dalam sistem perpipaan. *Head loss* terdiri atas *head loss mayor* yang disebabkan oleh gesekan antara fluida dengan dinding pipa sepanjang aliran, serta *head loss minor* yang timbul akibat keberadaan komponen tambahan seperti katup, sambungan, belokan, percabangan, dan perubahan diameter pipa. Meskipun *head loss minor* sering dianggap kecil, pada jaringan distribusi air yang kompleks dengan banyak fitting, kontribusinya dapat menjadi signifikan. Hal ini berdampak langsung pada penurunan head efektif yang diterima pompa dan menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan (Putro et al., 2020).

Selain konfigurasi perpipaan, variasi kondisi operasi seperti perubahan debit aliran, tekanan sistem, dan kecepatan putaran pompa juga sangat memengaruhi kinerja pompa sentrifugal. Pompa yang dioperasikan pada debit terlalu rendah atau terlalu tinggi cenderung mengalami peningkatan turbulensi aliran, kerugian energi yang lebih besar, serta risiko terjadinya kavitasi. Kondisi tersebut tidak hanya menurunkan efisiensi pompa, tetapi juga dapat mempercepat keausan komponen, meningkatkan getaran, dan memperbesar konsumsi energi listrik (Rahman et al., 2021). Oleh karena itu, pengoperasian pompa yang tidak sesuai dengan karakteristik desain dapat menyebabkan peningkatan biaya operasional dan menurunkan umur pakai peralatan.

Berbagai penelitian dalam lima tahun terakhir telah mengkaji kinerja pompa sentrifugal pada sistem distribusi air bersih, khususnya pada instalasi PDAM. Puspawan et al. (2020) melaporkan bahwa efisiensi aktual pompa pada instalasi PDAM umumnya lebih rendah dibandingkan efisiensi desain akibat akumulasi kerugian energi pada jaringan perpipaan. Penelitian lain oleh Hidayat et al. (2021) menunjukkan bahwa optimasi konfigurasi pipa dan pengurangan jumlah fitting yang tidak diperlukan dapat meningkatkan efisiensi sistem pemompaan hingga lebih dari 10%. Sementara itu, Saragih et al. (2023) menegaskan bahwa analisis kinerja pompa berbasis data operasional lapangan memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap kondisi sistem dibandingkan dengan pengujian laboratorium semata.

Pompa sentrifugal tipe omega merupakan salah satu jenis pompa yang banyak diaplikasikan pada sistem distribusi air bertekanan menengah hingga tinggi. Pompa ini memiliki keunggulan berupa aliran yang relatif stabil, kemampuan beroperasi pada debit besar, serta desain yang kompak dan efisien. Namun demikian, pompa tipe omega juga sensitif terhadap perubahan karakteristik sistem, khususnya peningkatan *head loss* akibat penuaan pipa, perubahan konfigurasi jaringan, atau penambahan komponen perpipaan. Apabila tidak dilakukan evaluasi kinerja secara berkala, kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan efisiensi pompa dan peningkatan biaya operasional secara signifikan (Siregar et al., 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu kajian yang menganalisis kinerja pompa sentrifugal tipe omega berdasarkan kondisi operasi aktual di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis kinerja pompa sentrifugal tipe omega ditinjau dari besarnya *head loss mayor* dan *minor*, head total sistem, serta efisiensi pompa pada jaringan distribusi PDAM Cerme–Bunder. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran nyata mengenai kondisi kinerja pompa yang digunakan serta menjadi dasar rekomendasi teknis untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keberlanjutan sistem pemompaan air bersih.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa besar nilai *head loss mayor* dan *head loss minor* yang terjadi pada sistem perpipaan distribusi air bersih PDAM Cerme–Bunder?
2. Berapa nilai *head total* sistem yang harus diatasi oleh pompa sentrifugal tipe Omega pada kondisi operasi aktual?
3. Berapa besar daya hidrolik yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal tipe Omega pada kondisi operasi aktual?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menentukan besarnya head loss mayor dan head loss minor pada sistem perpipaan distribusi air bersih PDAM Cerme–Bunder.
2. Menganalisis head total sistem pemompaan pada jaringan distribusi air bersih PDAM Cerme–Bunder.
3. Menghitung daya hidrolik pompa sentrifugal tipe Omega berdasarkan debit aliran dan head total sistem.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

##### **1.4.1 Manfaat untuk mahasiswa :**

1. Menambah wawasan dan pemahaman mahasiswa mengenai prinsip kerja pompa sentrifugal serta penerapannya pada sistem distribusi air bersih.
2. Melatih kemampuan mahasiswa dalam melakukan analisis kinerja pompa berdasarkan data pengukuran aktual.
3. Menjadi sarana penerapan teori teknik fluida dan mesin fluida yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam studi kasus nyata.

##### **1.4.2 Manfaat untuk Perguruan Tinggi**

1. Menjadi bahan referensi dan literatur tambahan bagi pengembangan keilmuan di bidang teknik mesin dan teknik fluida.
2. Mendukung peningkatan kualitas penelitian terapan yang relevan dengan permasalahan industri dan pelayanan publik.
3. Memperkuat kerja sama antara perguruan tinggi dengan instansi atau perusahaan melalui penelitian berbasis kasus nyata.

##### **1.4.3 Manfaat untuk Perusahaan (PDAM)**

1. Memberikan gambaran nyata mengenai kondisi kinerja pompa sentrifugal tipe omega yang digunakan dalam sistem distribusi air.
2. Menjadi dasar evaluasi teknis dalam pengoperasian dan perawatan pompa untuk meningkatkan efisiensi energi.
3. Membantu perusahaan dalam mengidentifikasi potensi kerugian energi akibat head loss pada sistem perpipaan.

#### 1.4.4 Manfaat untuk Penelitian Selanjutnya

1. Menjadi referensi bagi penelitian lanjutan yang berkaitan dengan analisis kinerja pompa sentrifugal pada sistem distribusi air.
2. Menjadi dasar pengembangan penelitian mengenai optimasi sistem perpipaan dan pengurangan *head loss*.
3. Memberikan data awal untuk studi perbandingan jenis pompa atau variasi konfigurasi sistem pemompaan.

#### 1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada pompa sentrifugal tipe omega yang digunakan pada sistem distribusi air bersih PDAM Cerme – Bunder.
2. Analisis dilakukan pada jaringan perpipaan distribusi utama dengan diameter pipa 400 , sesuai data teknis PDAM Cerme – Bunder.
3. Analisis kinerja pompa dibatasi pada variasi debit aliran aktual yang terjadi selama pengambilan data, untuk menentukan *head loss mayor*, *head loss minor*, *head total* sistem, dan efisiensi pomp.