

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem perpompaan dan perpipaan memiliki peran penting dalam proses pemindahan fluida pada berbagai sektor, seperti industri, laboratorium, instalasi air bersih, sistem pendingin, maupun proses produksi. Pada sistem tersebut, pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang paling banyak digunakan karena memiliki konstruksi yang sederhana, mudah dioperasikan, serta mampu menghasilkan debit aliran yang relatif besar. Dalam pengoperasiannya, pompa sentrifugal bekerja bersama sistem perpipaan yang terdiri atas pipa lurus, katup, sambungan, dan berbagai jenis *Fitting* sehingga membentuk satu kesatuan sistem yang memengaruhi karakteristik aliran fluida.

Pada sistem perpipaan, aliran fluida tidak hanya ditentukan oleh kemampuan pompa, tetapi juga oleh kehilangan energi yang terjadi selama fluida mengalir. Kehilangan energi ini dikenal sebagai rugi aliran atau *head Loss*, yaitu kehilangan energi mekanik fluida akibat gesekan dengan dinding pipa serta gangguan aliran di dalam sistem perpipaan. *Head Loss* dinyatakan dalam satuan panjang dan menunjukkan besarnya energi yang hilang selama proses aliran berlangsung. Secara umum, rugi aliran dibedakan menjadi rugi aliran *Mayor* (*major head Loss*) yang disebabkan oleh gesekan fluida dengan dinding pipa lurus dan rugi aliran *Minor* (*Minor head Loss*) yang disebabkan oleh gangguan lokal seperti belokan, sambungan pipa, dan katup. Nefli Yusuf dkk. (2021) menjelaskan bahwa variasi diameter pipa dan bukaan katup memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya rugi aliran dalam sistem perpipaan.

Selain dipengaruhi oleh panjang pipa, diameter pipa, dan jenis material pipa, besarnya rugi aliran juga dipengaruhi oleh debit aliran. Peningkatan debit aliran akan meningkatkan kecepatan aliran fluida di dalam pipa sehingga gesekan antara fluida dengan dinding pipa menjadi lebih besar. Kondisi tersebut menyebabkan rugi aliran *Mayor* meningkat. Di sisi lain, peningkatan kecepatan

aliran juga memperbesar turbulensi pada komponen perpipaan, seperti *elbow* dan katup, sehingga rugi aliran *Minor* ikut meningkat. Oleh karena itu, pengaruh debit aliran terhadap rugi aliran *Mayor* maupun rugi aliran *Minor* perlu dianalisis secara eksperimental untuk mengetahui karakteristik kehilangan energi yang terjadi pada sistem perpipaan pompa sentrifugal.

Besarnya rugi aliran dalam suatu sistem perpipaan juga dipengaruhi oleh geometri dan komponen perpipaan yang digunakan. Keberadaan belokan dan sambungan pipa menyebabkan perubahan arah aliran yang menimbulkan turbulensi sehingga meningkatkan rugi aliran *Minor*. Pada praktiknya, *Fitting elbow* dengan sudut 45° dan 90° banyak digunakan, dan semakin banyak jumlah *Fitting* serta semakin besar sudut belokan, maka rugi aliran yang terjadi akan semakin besar. Yanto dkk. (2025) menyimpulkan bahwa pada sistem perpipaan dengan banyak sambungan dan belokan, kontribusi rugi aliran *Minor* dapat lebih besar dibandingkan rugi aliran *Mayor*. Selain itu, material pipa juga berpengaruh terhadap besarnya rugi aliran, di mana pipa galvanis yang digunakan dalam jangka panjang dapat mengalami korosi sehingga meningkatkan kekasaran permukaan pipa, sedangkan pipa PVC memiliki permukaan bagian dalam yang lebih licin dan tahan terhadap korosi sehingga secara teoritis menghasilkan rugi aliran yang lebih kecil.

Rugi aliran yang terjadi pada sistem perpipaan akan berdampak langsung terhadap kinerja pompa fluida. Semakin besar rugi aliran yang terjadi, maka semakin kecil *head* efektif dan debit aliran yang dihasilkan pompa, sehingga pompa dapat bekerja di luar titik efisiensi optimumnya. Amrullah dkk. (2024) menunjukkan bahwa konfigurasi sistem perpipaan dan rangkaian pompa sentrifugal sangat memengaruhi karakteristik aliran, nilai *head*, dan efisiensi pompa. Oleh karena itu, diperlukan analisis rugi aliran secara eksperimental pada sistem perpipaan pompa sentrifugal untuk memperoleh data yang lebih akurat sebagai acuan dalam perancangan dan pengoperasian sistem perpompaan yang efisien [3].

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, kajian mengenai rugi aliran pada sistem perpipaan telah dilakukan dengan berbagai variasi, seperti

diameter pipa, bukaan katup, material pipa, dan penggunaan *Fitting*. Namun, penelitian tersebut umumnya membahas pengaruh masing-masing variabel secara terpisah. Penelitian yang secara eksperimental membandingkan rugi aliran pada pipa lurus, *elbow* 45°, dan *elbow* 90° dengan variasi debit dalam satu sistem perpipaan masih perlu dikaji lebih lanjut. Perbedaan konfigurasi tersebut dapat menyebabkan perubahan arah dan karakteristik aliran yang berpengaruh terhadap besarnya kehilangan energi. Oleh karena itu, diperlukan pengujian eksperimental untuk mengetahui hubungan antara debit aliran dengan rugi aliran *Mayor* dan rugi aliran *Minor* serta membandingkan karakteristik *head Loss* pada pipa lurus, *elbow* 45°, dan *elbow* 90°.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk menghitung rugi aliran (*head Loss*) serta menganalisis pengaruh debit aliran terhadap rugi aliran *Mayor* (*major head Loss*) dan rugi aliran *Minor* (*Minor head Loss*) pada sistem perpipaan pompa sentrifugal. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis pengaruh penggunaan *Fitting elbow* 45° dan 90° terhadap besarnya rugi aliran *Minor* yang terjadi pada sistem perpipaan. Melalui pengujian secara langsung diharapkan diperoleh data yang lebih akurat mengenai karakteristik rugi aliran pada sistem perpipaan pompa sentrifugal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perancangan dan pengoperasian sistem perpipaan yang lebih efisien serta menambah informasi mengenai analisis rugi aliran *Mayor* dan rugi aliran *Minor* pada sistem perpipaan pompa sentrifugal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dapat diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menghitung rugi aliran (*head Loss*) yang terjadi pada sistem perpipaan pompa sentrifugal yang meliputi rugi aliran *Mayor* (*major head Loss*) dan rugi aliran (*Minor head Loss*)?
2. Bagaimana pengaruh perubahan debit aliran terhadap besarnya rugi aliran *Mayor* (*major head Loss*) pada sistem perpipaan pompa sentrifugal?

3. Bagaimana pengaruh penggunaan pipa lurus, *Fitting* elbow 45°, dan *Fitting* elbow 90° terhadap besarnya rugi aliran *Minor* (*Minor head Loss*) pada sistem perpipaan pompa sentrifugal?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas yang telah dikemukakan, adapun tujuan dari penelitian ini dilakukan untuk mengetahui:

1. Menghitung rugi aliran (*head Loss*) yang terjadi pada sistem perpipaan pompa sentrifugal yang meliputi rugi aliran *Mayor* (*major head Loss*) dan rugi aliran *Minor* (*Minor head Loss*).
2. Menganalisis pengaruh perubahan debit aliran terhadap besarnya rugi aliran *Mayor* (*major head Loss*) pada sistem perpipaan pompa sentrifugal.
3. Menganalisis pengaruh penggunaan pipa lurus, *Fitting* elbow 45°, dan *Fitting* elbow 90° terhadap besarnya rugi aliran *Minor* (*Minor head Loss*) pada sistem perpipaan pompa sentrifugal.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan data hasil pengujian eksperimental mengenai rugi aliran (*head Loss*) pada pipa yang terhubung langsung dengan pompa fluida.
2. Menjadi pembanding antara teori dan hasil eksperimen terkait rugi aliran *Mayor* dan *Minor* pada sistem perpipaan.
3. Menambah referensi penelitian mengenai pengaruh debit aliran serta penggunaan *Fitting* elbow 45° dan elbow 90° terhadap rugi aliran pada sistem perpipaan pompa sentrifugal.
4. Mendukung pembelajaran dan praktikum mesin fluida yang berkaitan dengan sistem perpipaan dan pompa sentrifugal.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal yang terpasang pada instalasi laboratorium, dengan putaran pompa dianggap konstan selama pengujian.
2. Penelitian hanya difokuskan pada analisis rugi-rugi aliran (*head Loss*) pada sistem perpipaan, tanpa membahas performa internal pompa secara mendalam.
3. Analisis rugi aliran *Mayor (major head Loss)* hanya dilakukan pada aliran di pipa lurus dengan diameter, panjang, dan material pipa yang tetap sesuai instalasi alat uji.
4. Analisis rugi aliran *Minor (Minor head Loss)* hanya difokuskan pada *Fitting* elbow 45° dan elbow 90° yang digunakan pada sistem perpipaan.
5. Variasi pengujian dilakukan dengan mengubah bukaan katup (*valve opening*) sehingga diperoleh beberapa kondisi debit aliran, Sedangkan konfigurasi sistem perpipaan dan jenis pompa tidak diubah.
6. Fluida kerja yang digunakan selama pengujian adalah air dengan kondisi pengujian yang dianggap konstan.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab ini memberikan gambaran umum mengenai alasan, ruang lingkup, dan tujuan dilakukannya penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat kajian pustaka yang relevan dan teori-teori pendukung penelitian, antara lain teori tentang pompa, aliran pada pipa, persamaan Bernoulli, rugi aliran Mayor dan Minor, serta penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik penelitian

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, tempat dan waktu penelitian, diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, parameter penelitian, prosedur pengujian, teknik pengumpulan data, serta metode perhitungan dan analisis data untuk menentukan rugi aliran Mayor dan rugi aliran Minor pada sistem perpipaan pompa sentrifugal.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan. Pembahasan meliputi hasil pengujian sistem perpipaan, hubungan debit aliran terhadap rugi aliran Mayor, hubungan debit aliran terhadap rugi aliran Minor, hubungan kecepatan aliran terhadap rugi aliran total, hubungan rugi aliran total terhadap debit, serta perbandingan hasil pengujian pada pipa lurus, elbow 45°, dan elbow 90°. Hasil penelitian kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan teori serta penelitian terdahulu yang relevan.

BAB V: PENUTUP

Bab ini merupakan bagian akhir dari skripsi yang berisi kesimpulan berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini berisi seluruh sumber referensi yang digunakan sebagai acuan dalam penyusunan skripsi, baik berupa jurnal ilmiah, buku, maupun sumber referensi lainnya yang relevan dengan penelitian.

LAMPIRAN

Bagian ini berisi data-data pendukung penelitian, seperti dokumentasi kegiatan penelitian, data hasil pengujian, hasil perhitungan, gambar alat dan instalasi pengujian, serta dokumen pendukung lainnya.