

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

*Mikrofluidic* adalah bidang ilmu yang mempelajari perilaku, kontrol, dan manipulasi fluida dalam skala mikrometer, biasanya dalam saluran dengan dimensi kurang dari satu milimeter (Whitesides, 2006). Dalam konteks *Syringe pump*, mikrofluidik memungkinkan pengaturan aliran cairan dengan presisi tinggi, terutama untuk aplikasi yang memerlukan volume cairan yang sangat kecil, seperti dalam analisis biologi molekuler, sintesis kimia, dan pengiriman obat (Squires & Quake, 2005).

*Syringe pump* merupakan instrumen medis yang digunakan untuk mengatur aliran cairan, terutama dalam kesehatan dan *Microfluidic device* dengan memompa cairan dan mendorongnya. Dalam berbagai aplikasi di bidang biologi, kimia, dan teknik medis, pengendalian laju aliran fluida merupakan hal yang penting. Pengaturan laju aliran ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan menggunakan pompa infus. Pompa infus tradisional seringkali memiliki keterbatasan dalam hal presisi, kontrol, dan fleksibilitas, terutama saat menangani volume kecil dengan kecepatan sangat rendah. Oleh karena itu, pengembangan sistem pengendalian laju fluida yang lebih canggih menjadi suatu kebutuhan (Iakovlev, *et al.*, 2022). *Syringe pump* memang merupakan alat yang sangat berharga di laboratorium, karena mampu memberikan pengiriman cairan yang presisi dan terkontrol. Hal ini sangat penting untuk eksperimen yang membutuhkan dosis akurat dalam jangka waktu tertentu. Kemampuannya untuk mengotomatisasi tugas-tugas yang berulang tidak hanya mengurangi potensi kesalahan manusia tetapi juga memungkinkan peneliti untuk fokus pada aspek lain dari pekerjaan mereka. Namun, seperti yang diketahui, biaya pompa suntik komersial bisa menjadi hambatan besar, terutama untuk laboratorium kecil atau yang memiliki anggaran terbatas (Siano, *et al.*, 2024).

Integrasi teknologi nirkabel seperti *Bluetooth* menjadi kemajuan dalam pengembangan perangkat medis modern. *Bluetooth* memungkinkan kontrol jarak jauh, pemantauan real-time, dan antarmuka pengguna berbasis aplikasi seluler, yang meningkatkan operasional (Chen, *et al.*, 2021). Menurut penelitian yang

dilakukan oleh Mariawan di bidang monitoring infus dan *Syringe pump* secara wireless mengkonfirmasi bahwa Bluetooth adalah solusi yang praktis dan dapat diandalkan, serta kompatibel untuk upgrade dari sistem tombol ke sistem kontrol jarak jauh modern berbasis aplikasi mobile (Mariawan, *et al.*, 2025).

Adapun beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem *Syringe pump* dengan berbagai pendekatan teknologi, namun masih memiliki keterbatasan yang perlu diatasi. Penelitian yang dilakukan oleh (Anggriani, *et al.*, 2018) mengembangkan *Syringe pump* berbasis Arduino dengan motor stepper untuk mengontrol laju aliran fluida. Meskipun berhasil mencapai akurasi 95,56% dengan tingkat error 4,44%, sistem tersebut masih memiliki keterbatasan dalam hal presisi kontrol volume yang sangat kecil dan belum terintegrasi dengan sistem kontrol nirkabel. Dalam penelitian ini, dilakukan karakterisasi terhadap *Syringe pump* meningkatkan akurasi pengukuran volume dan laju aliran fluidic dari penelitian sebelumnya. Selain itu, *Syringe pump* yang dikembangkan telah dilengkapi dengan Integrasi teknologi nirkabel berbasis Bluetooth, sehingga seluruh proses operasional dan pemantauan dapat dilakukan secara real-time dan remote melalui aplikasi mobile, memberikan fleksibilitas, efisiensi, dan presisi lebih tinggi dalam mendukung aktivitas laboratorium dan riset *Microfluidic* modern.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Merancang sistem kontrol presisi berbasis Mikrokontroler ESP32 dan programmable *Syringe pump* untuk meningkatkan akurasi pengaturan volume dan kecepatan aliran cairan dalam *Syringe pump* pada skala kecil sehingga perangkat dapat digunakan lebih efisien di laboratorium.
2. Merancang dan mengimplementasikan modul Bluetooth pada *Syringe pump* untuk memudahkan pengoperasian alat, memungkinkan pengguna mengatur parameter aliran serta memantau proses secara real-time tanpa penggunaan kabel.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Meningkatkan akurasi pengaturan volume dan kecepatan aliran cairan dalam skala mililiter melalui implementasi kontrol presisi berbasis Arduino yang dapat di program, sehingga memungkinkan penggunaan *Syringe pump* yang lebih efisien di lingkungan laboratorium, seperti alat Bioteknologi, Kimia, Farmasi, dan lain – lain.
2. Menyediakan kemudahan pengoperasian alat secara nirkabel melalui integrasi modul Bluetooth, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengatur parameter dan memantau proses aliran cairan.