

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lab on Chip (LoC) merupakan perangkat yang masih berkembang. Salah satu komponen pada LoC, yaitu mikromixer masih diteliti untuk meningkatkan efisiensi pencampuran fluida di tingkat mikro (Allert dkk., 2022). Micromixer adalah bagian dari perangkat mikrofluida yang mencampur dua atau lebih cairan untuk menghasilkan campuran yang homogen (Yousefi dkk., 2024). Pada LoC, micromixer dengan efisiensi tinggi dibutuhkan untuk mencampurkan cairan dalam volume pada skala mikro di mana pencampuran efisien dan cepat diperlukan untuk proses kimia dan biomedis (Baskoro dkk., 2016), serta sintesis kimia, analisis DNA, dan pemisahan sel (Bazaz dkk., 2024).

Micromixer terbagi menjadi dua kategori, yaitu mikromixer aktif dan mikromixer pasif. Mikromixer aktif memerlukan medan eksternal untuk beroperasi (Agarwal & Wang, 2022) dan untuk meningkatkan laju pecampuran pada aliran fluida (Rasouli & Tabrizian, 2019). Medan eksternal seperti medan listrik, medan magnet, dan gelombang ultrasonik (Mirkarimi dkk., 2023). Micromixer aktif memiliki efisiensi pencampuran yang tinggi, tetapi karena membutuhkan sumber energi eksternal untuk pencampuran, sehingga menyebabkan suhu cairan pencampur meningkat, menjadikannya tidak cocok untuk sebagian besar aplikasi industri dan medis (Mirkarimi dkk., 2023). Selain itu, micromixer aktif memiliki struktur dan komponennya lebih kompleks dan lebih sulit untuk dibuat (Jiang dkk., 2022). Sedangkan micromixer pasif dianggap praktis karena pembuatannya mudah dan murah (Mirkarimi dkk., 2023), tidak membutuhkan sumber energi tambahan, sehingga mudah diintegrasikan dan fabrikasi yang mudah, serta mobilitas tinggi (Agarwal & Wang, 2022). Hal ini dikarenakan micromixer pasif menggunakan prinsip difusi molekuler dan *chaotic advection* untuk mekanisme pencampuran (Bayareh dkk., 2020). Hal ini dapat ditingkatkan dengan menaikkan kontak antar fluida (N.-T. Nguyen & Wu, 2005).

Micromixer pasif dapat dikategorikan menjadi micromixer tipe rintangan, tipe konvergensi-divergensi, tipe penyekat *fractal cantor*, pemisahan-rekombinasi, dan saluran melengkung. Micromixer pasif dengan tipe rintangan mengatur fluida pada saluran *microchannel* untuk mengganggu pola aliran dan menghasilkan *chaotic advection*, yang meningkatkan efisiensi pencampuran (Jiang dkk., 2022).

Micromixer dengan tipe T dan Y merupakan model dasar dari micromixer. Tipe micromixer ini merubah sudut pertemuan antar dua fluida untuk mencapai pencampuran yang efisien (Rahimi dkk., 2017). Karena mekanisme pencampuran dalam micromixer pasif mengandalkan difusi molekuler, diperlukan *microchannel* dengan bentuk lurus dan panjang untuk mencapai efisiensi pencampuran tinggi pada Re rendah (Bayareh dkk., 2020). Micromixer dengan tipe T atau Y telah banyak dikembangkan dengan berbagai macam konfigurasi rintangan oleh penelitian sebelumnya. Rao dkk. (2019) mengembangkan micromixer tipe T dengan lima konfigurasi rintangan pada area pertemuan pertama antara dua fluida pada *microchannel*, hasil penelitian menunjukkan rintangan kristal menghasilkan performa terbaik karena meningkatkan konveksi *chaotic* dibandingkan struktur lainnya. Wang dkk. (2002) dan Chen & Zhao (2017) telah meneliti tata letak rintangan berbasis pola *array* berturut-turut pada micromixer tipe Y dan tipe T. Kedua penelitian menunjukkan bahwa pola *array* asimetris menunjukkan performa terbaik. Shi dkk. (2021) mengembangkan micromixer dengan pola *array* simetris dan asimetris dengan rintangan segitiga dan Koch *fractal*, hasil penelitian menunjukkan efisiensi pencampuran tinggi ($>90\%$) pada Re 0,1 dan 100, tetapi efisiensi pencampuran pada Re 1 dan 10 mencapai kurang dari 80%. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan untuk menghasilkan efisiensi pencampuran yang stabil di Re rendah menggunakan konfigurasi pola array dengan rintangan Koch *fractal*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penulis mengkaji micromixer tipe T pola *array same side* dan *different side* dengan rintangan Koch *fractal* untuk mencapai efisiensi pencampuran yang stabil pada bilangan Re rendah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk berbagai aplikasi industri.

Fasya Nur Afifah, 2025

PENGARUH RINTANGAN KOCH FRACTAL DENGAN POLA ARRAY PADA MICROMIXER TERHADAP EFISIENSI PENCAMPURAN YANG STABIL

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh rintangan Koch *fractal array* terhadap kestabilan efisiensi pencampuran dalam micromixer?
2. Bagaimana pengaruh struktur rintangan Koch *fractal array* dengan pola rintangan *different side* terhadap kestabilan efisiensi pencampuran?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh rintangan Koch *fractal array* terhadap kestabilan efisiensi pencampuran dalam micromixer.
2. Mengetahui pengaruh struktur rintangan Koch *fractal array* dengan pola rintangan *different side* terhadap kestabilan efisiensi pencampuran.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

- a. Manfaat akademik dan teoritis:
 1. Memberikan wawasan baru dalam desain micromixer pasif berbasis rintangan Koch *fractal* dengan pola rintangan *array* dan berkontribusi pada perkembangan mikrofluida.
 2. Menjadi rujukan model micromixer Koch *fractal obstacle array* dengan kestabilan efisiensi pencampuran di atas 90% pada $Re \leq 100$.
- b. Manfaat bagi masyarakat:
 1. Membantu pengembangan perangkat LoC pada berbagai aplikasi kesehatan, seperti analisis kimia dan DNA.
 2. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan perangkat LoC yang berpotensi menjadi diagnostik *point-of-care* secara cepat dan efisien.