

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lab on Chip (LoC) merupakan penelitian yang masih terus berkembang, salah satunya dalam perangkat mikromixer fluida (Pawinanto, Yunas, & Hashim, 2020). Dalam cabang ilmu fisika (mekanika), mikromixer merupakan perangkat yang didasarkan pada bagian mikro mekanis yang digunakan untuk mencampur cairan. Penggunaan perangkat ini banyak dimanfaatkan pada pengaplikasian bidang kimia (Chen & Zhao, 2017), biologi (Pasirayi dkk., 2012), analisis kimia (Pawinanto, Yunas, & Hashim, 2019). Dalam analisis kimia sistem mikromixer telah menemukan minat khusus salah satunya dalam pengujian sample zat atau pengembangan formulasi (Tran-Minh, Dong, & Karlsen, 2013; Tran-Min, Karlsen, Dong, & Le-The, 2014). Perangkat mikromixer dapat meningkatkan kontrol terhadap suhu, tekanan, volume, dan transportasi massa (Makgwane & Ray, 2014). Hal ini memberikan keuntungan seperti konsumsi sampel sedikit, waktu reaksi singkat, miniaturisasi, portable, dan biaya rendah (Churski dkk., 2012; Rohman, Mulyanti, Pawinanto, & Pantjawati, 2020; Kuo, Liao & Li, 2017; Viktorov, Mahmud, & Visconte, 2016).

Kinerja mikromixer sangat penting dalam sistem LoC yang digunakan untuk pencampuran mikromixer (Zhang, Chen, & Zheng, 2019). Namun, pencampuran mikromixera sulit karena memiliki bilangan Reynolds (Re) yang rendah (Shi, Zhao, & Liuc, 2020). Umumnya, Mikromixer terbagi menjadi dua kategori yaitu aktif dan pasif (Bayareh, Ashani, Usefian, 2020). Mikromixer aktif bergantung pada tubulensi untuk meningkatkan efisiensi pencampuran dengan keuntungan waktu pencampuran singkat dan kemampuan kontrol yang baik karena menggunakan bantuan gaya eksternal seperti tekanan (Huang, Hu, Wan, & Nagai, 2020), elektromagnetik (Chen & Kim, 2018), elektrokinetik (Yu, Jeon, & Kim 2012), elektroosmotik (Meisel & Ehrhard, 2006), piezoelektrik (Sheen dkk., 2007). Berdasarkan kebutuhan tersebut, peralatan menjadi lebih kompleks, sulit diintegrasikan pada sistem LoC dan berbiaya tinggi (Julius, Jagannadh, Michael, Srinivasan, & Gorthi, 2016). Sedangkan mikromixer pasif tidak

memerlukan gaya eksternal dengan proses pencampuran yang terjadi diakibatkan oleh peristiwa difusi (Gidde dkk., 2018). Peristiwa difusi menyebabkan pencampuran berlangsung lebih lama karena hal tersebut merupakan satu-satunya mekanisme transportasi massa (Tseng, Yang, Lee & Hsieh, 2011). Pencampuran yang homogen, memerlukan panjang saluran hingga puluhan sentimeter atau meter sehingga sulit untuk diintegrasikan pada sistem LoC (Li, Chen, & Tsai, 2014).

Penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak mengembangkan struktur dari mikromixer pasif berbasis laminasi (Ansari & Kim, 2018), rintangan (Chen, Zhang, Wu, & Zheng, 2019), perbedaan konvergensi (Raza & Kim, 2020), dan struktur tidak simetris (Balasubramaniam dkk., 2017). Teknik pencampuran pasif dapat dikembangkan dengan meningkatkan luas permukaan kontak antara dua aliran cairan menggunakan struktur saluran mikro yang kompleks (Cortes-Quiroz, Azarbadegan, Zangeneh, & Goto, 2010). Tetapi pada umumnya, struktur pasif memiliki struktur yang kompleks dan cenderung besar sehingga sulit diintegrasikan dengan LoC. Sementara itu, Bayerah dkk. (2020) menyatakan bahwa struktur berbasis rintangan memiliki keunggulan, yaitu dapat mengurangi panjang saluran terutama dalam desain sederhana seperti pada saluran T. Wang dkk. (2002), menyatakan bahwa rintangan dapat mengganggu aliran cairan dan menghasilkan turbulensi untuk meningkatkan efektivitas pencampuran.

Berbagai rintangan dengan bentuk-bentuk tertentu telah dipelajari sebelumnya. Yang dkk. (2015) melakukan penelitian dengan menggunakan struktur tesla mencapai hasil indeks pencampuran $> 90\%$. Tetapi struktur tersebut memiliki panjang total sekitar 13 mm sehingga struktur belum maksimal apabila diaplikasikan pada sistem LoC. Karthikeyan dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengoptimalkan kualitas menggunakan struktur penghalang segitiga dan persegi panjang di dinding. Hasil penelitian tersebut mencapai indeks pencampuran $< 80\%$ dengan panjang total saluran sebesar 8.6 mm, hal ini masih dapat dikembangkan untuk mencapai indeks pencampuran $> 80\%$ dengan panjang saluran < 8.6 mm. Penelitian lainnya, Zhang dkk. (2019) menggunakan teori *fractal* dengan konfigurasi struktur Koch *fractal* primer dan

Koch *fractal* sekunder sebagai penghalang di dinding bagian atas dan bawah pada saluran T. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa efisiensi pencampuran dapat mencapai 95% untuk Re 0,05 dan Re 100 dengan panjang saluran mencapai 5,3 mm. Chen dkk. (2019) membandingkan struktur rintangan Koch *fractal* primer, sekunder dan pembulatan pada struktur Koch *fractal* sekunder. Hasil dari penelitian tersebut mendapatkan efisiensi pencampuran $> 85\%$ dengan struktur terbaik pada rintangan Koch *fractal* sekunder, akan tetapi penurunan tekanan pada struktur tersebut dihitung tinggi dibandingkan struktur sekunder yang dibulatkan. Dampak penurunan tekanan yang tinggi tidak dapat diabaikan karena dapat menyebabkan terjadinya kavitasi dan getaran pada channel. Selain struktur rintangan, Ansari dkk. (2012) melakukan penelitian yang membandingkan struktur saluran T dengan T-*vortex*. Dimana hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa struktur saluran T-*vortex* menghasilkan efisiensi pencampuran lebih baik dibandingkan struktur saluran T, maka dari itu struktur saluran utama T-*vortex* menjadi pilihan untuk dikombinasikan dengan struktur lainnya.

Dari sekian banyak penelitian mengenai mikromixer pasif berbasis rintangan, hal selanjutnya yang perlu dilakukan optimasi pada struktur rintangan yang telah ada untuk lebih mudah diintegrasikan pada sistem LoC. Oleh karena itu, peneliti mengusulkan mikromixer berbasis rintangan Koch *snowflake fractal* pada saluran T untuk meningkatkan efisiensi pencampuran dengan panjang saluran lebih kecil sehingga lebih mudah diintegrasikan dengan LoC. Selain itu, peneliti mengkombinasikan struktur rintangan yang telah dibuat pada saluran T-*vortex* dengan harapan dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi pencampuran. Struktur ini diharapkan dapat mencapai indeks pencampuran $>80\%$ yang beroperasi pada bilangan Re rendah (0.05-100) dengan panjang saluran $<5,3$ mm sehingga lebih tersusun rapat untuk diintegrasikan pada perangkat LoC, dan penulis mempelajari dampak dari penurunan tekanan pada struktur ini. Penelitian ini disimulasikan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak COMSOL *Multiphysics*. Hasil dari studi ini akan bermanfaat untuk pengembangan sistem LoC yang dapat diterapkan pada aplikasi reaksi kimia.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

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

1. Bagaimana pengaruh struktur rintangan Koch *fractal* terhadap efisiensi pencampuran?
2. Bagaimana pengaruh struktur saluran masuk T-*vortex* terhadap efisiensi pencampuran?
3. Bagaimana pengaruh bilangan Reynolds terhadap efisiensi pencampuran?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh struktur rintangan Koch *fractal* terhadap efisiensi pencampuran.
2. Mengetahui pengaruh struktur saluran masuk T-*vortex* utama terhadap efisiensi pencampuran
3. Mengetahui pengaruh bilangan Reynolds terhadap efisiensi pencampuran.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Memberi kontribusi dalam bidang ilmu pengetahuan khususnya dapat menghasilkan optimasi desain untuk pengembangan aplikasi LoC yang dapat diterapkan pada aplikasi analisis kimia.
2. Menjadi bahan referensi untuk berbagai penelitian terkait topik yang relevan dengan topik penelitian ini dimasa mendatang.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Karya tulis ilmiah proposal skripsi ini berjudul “Optimasi Mikromixer berbasis rintangan Koch *snowflake Fractal* untuk Aplikasi *Lab on Chip*”. Sistematika penulisan proposal skripsi mengacu pada Pedoman Penulisan Karya

Ilmiah Universitas Pendidikan Indonesia 2019. Secara umum karya tulis ini terdiri dari lima bab dengan struktur dan uraian sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini memaparkan latar belakang penelitian yang akan dilakukan, rumusan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta struktur organisasi skripsi.

2. Bab II Kajian Pustaka

Bab ini memaparkan konsep serta teori-teori yang relavan dengan topik penelitian yang diangkat serta memaparkan penelitian terdahulu yang relavan dengan bidang yang sedang diteliti.

3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini memaparkan bagaimana alur penelitian yang dilakukan, rancangan desain yang dibuat, segala tahapan yang berkaitan dengan pengumpulan data, serta langkah-langkah analisis data

4. Bab IV Temuan dan Pembahasan

Bab ini memaparkan temuan berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data serta memaparkan pembahasan temuan penelitian untuk menjawab pertanyaan yang telah dirumuskan

5. Bab V Simpulan, Implikasi, dan Rekomendasi

Bab ini memaparkan simpulan yang berisi jawaban terkait pertanyaan pada rumusan masalah serta memaparkan implikasi dan rekomendasi khususnya kepada peneliti selanjutnya dengan topik yang relevan dengan topik ini.