



PEMODELAN HIBRIDA DINAMIKA FLUIDA KOMPUTASIONAL DAN PENGUKURAN BERBASIS CITRA PADA PROSES PEMBENTUKAN *DROPLET* NANOLITER OLEH ROBOT DISPENSER CAIRAN

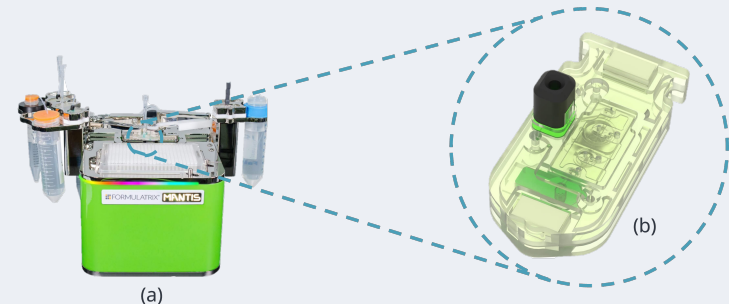
Petrus Diyos Widhi Prasetya - 23823001

Tim Pembimbing:

1. Narendra Kurnia Putra, S.T., M.T., Ph.D.
2. Prof. Dr. Suprijanto, S.T., M.T.

1. Pendahuluan

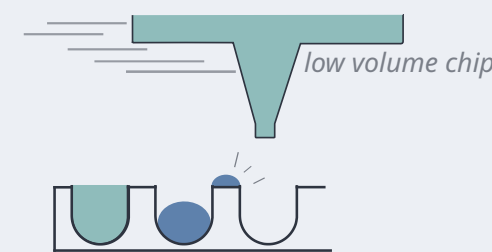
Pipet **tidak dapat** digunakan untuk membagi cairan dengan volume **berskala nanoliter** dengan **cepat** dan **konsisten**, padahal, laboratorium uji, industri bioteknologi, kimia, dan kesehatan membutuhkan proses tersebut. Agar kebutuhan dapat terpenuhi, dibuatlah **robot dispenser cairan** [1] dan salah satu produknya adalah Mantis[®] *liquid dispenser*. Mantis membagikan cairan berskala nanoliter menggunakan *chip* mikrofluida **low volume chip**.



(a) Mantis[®] liquid dispenser yang terpasang (b) chip mikrofluida low volume chip.

Masalah muncul ketika Mantis digunakan untuk membagikan **bermacam cairan reagen**.

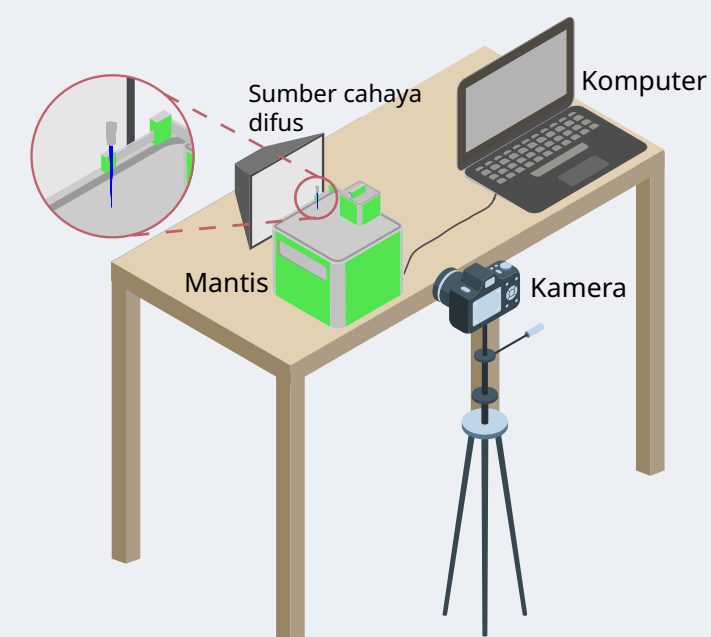
Perilaku cairan yang **berbeda-beda** dapat menyebabkan **reagen tidak terbagi** ke tempat seharusnya, sehingga terdapat reagen yang **terbuang**.



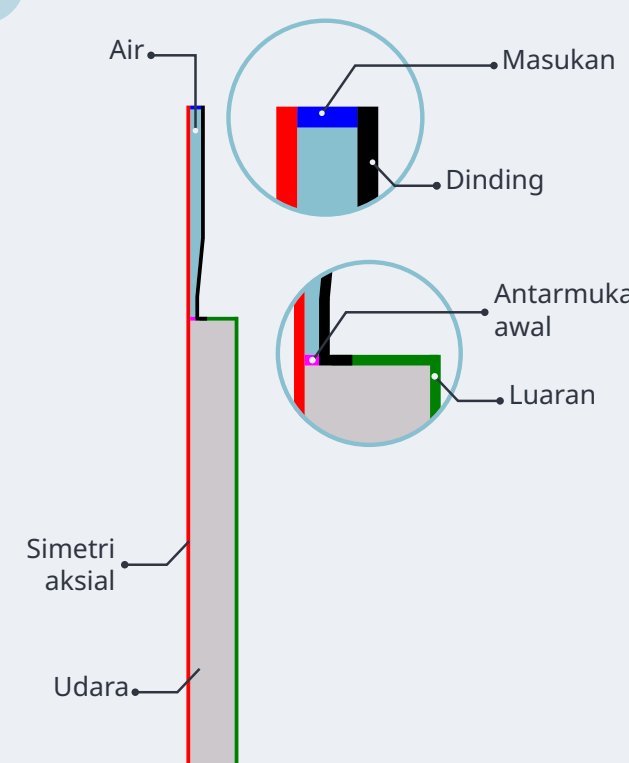
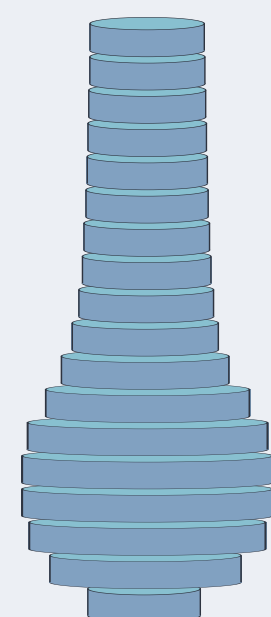
Reagen yang terbuang ketika Mantis membagikan cairan berbeda

Perilaku reagen ketika dibagikan oleh Mantis harus **dipahami**, dengan cara **mengamati** proses tersebut. Pengamatan kemudian dapat digunakan untuk dasar **pembuatan model** matematis Mantis yang dapat disimulasikan dan digunakan untuk melakukan variasi desain Mantis agar tidak ada lagi reagen yang terbuang.

2. Metodologi



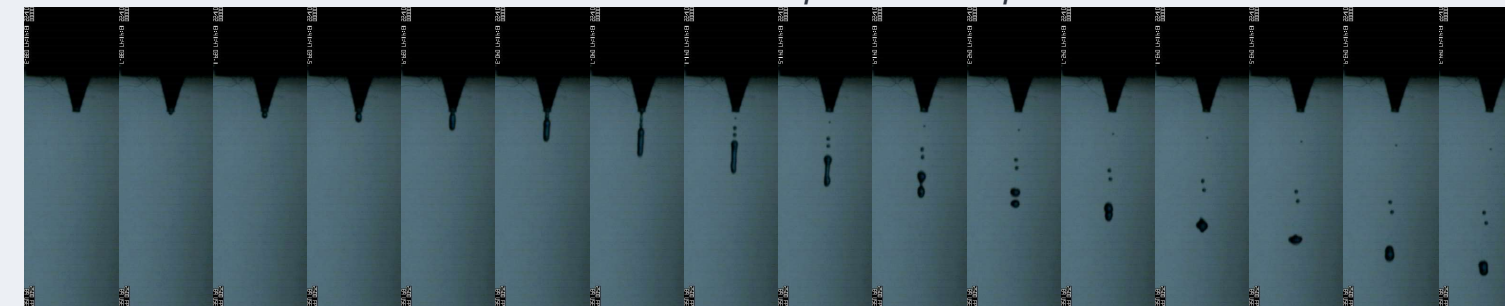
Air dibagikan oleh **3 low volume chip** dan diamati menggunakan **kamera berkecepatan tinggi**. Ketika dibagikan dalam volume 100 nL, air membentuk **droplet**.



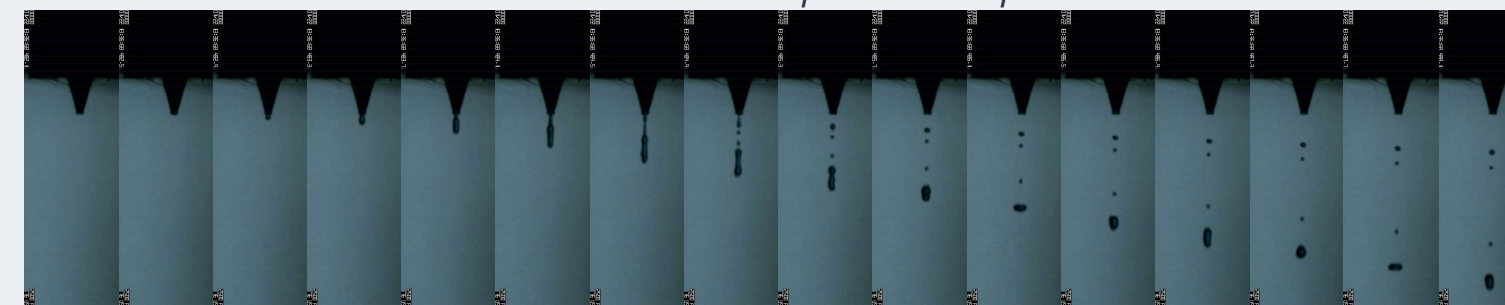
Citra yang didapat kemudian digunakan untuk menghitung **volume droplet**. Hasil perhitungan volume kemudian digunakan sebagai **masukan** dalam model dinamika fluida komputasional sebagai **kondisi batas masukan** dalam bentuk **debit volumetrik**.

3. Hasil dan Analisis

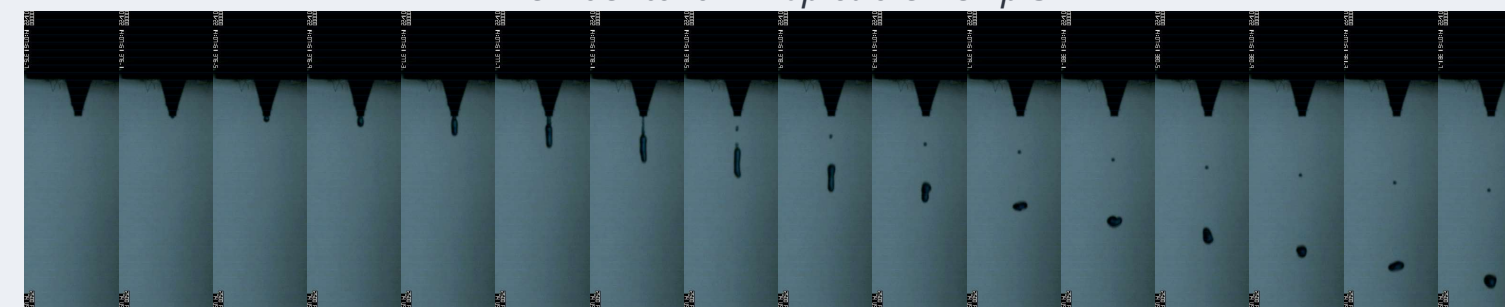
Pembentukan *Droplet* oleh Chip 1



Pembentukan *Droplet* oleh Chip 2



Pembentukan *Droplet* oleh Chip 3

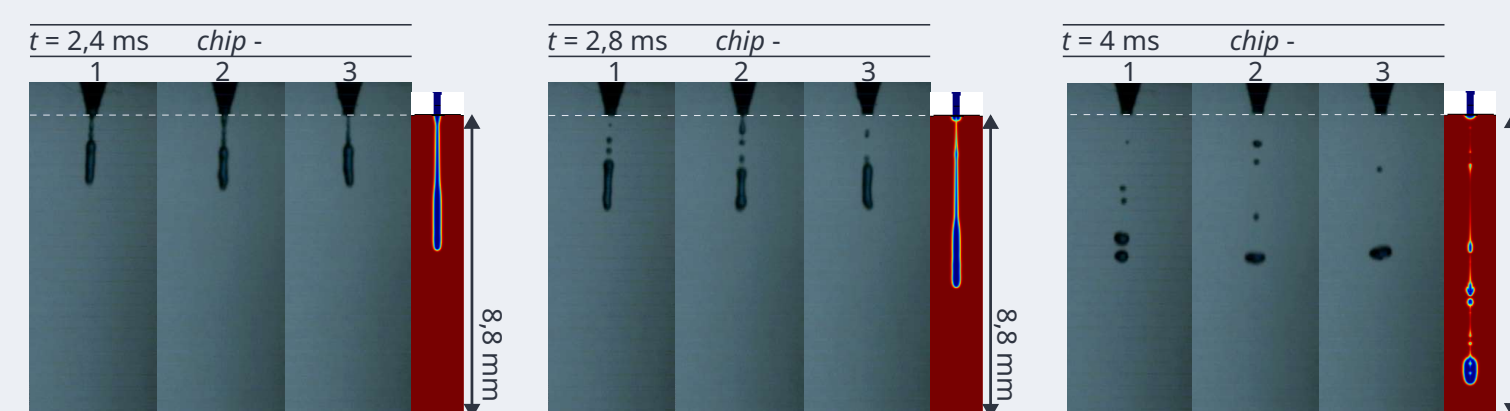


0 0.4 0.8 1.2 1.6 2 2.4 2.8 3.2 3.6 4 4.4 4.8 5.2 5.6 6 ms

Pengamatan menunjukkan bahwa pada ketiga *chip*, **droplet terbentuk hingga 2,4 ms**, sebelum akhirnya **terputus pada 2,8 ms**.

Droplet Chip 1 sempat terpisah pada 3,6 ms dan mengalami **rekombinasi pada 4 ms**. Rekombinasi menyebabkan *droplet* mengalami **osilasi hingga 6 ms**.

Droplet Chip 2 dan 3 juga mengalami **osilasi pada 3,6 hingga 6 ms**. Osilasi ini terjadi karena **kontraksi pada droplet**. Hasil pengamatan ini sepatutnya dengan temuan terdahulu oleh Dong dkk. [2]



Perbandingan bentuk *droplet* pada 2,4; 2,8; dan 4 ms antara hasil pengamatan dan hasil simulasi menunjukkan **adanya kesepakatan bentuk droplet**, meskipun terdapat perbedaan pada posisi *droplet*.

4. Simpulan

Droplet yang terbentuk oleh *low volume chip* Mantis mengalami **pembentukan hingga 2,4 ms**, **terputus pada 2,8 ms**, dan mengalami **osilasi pada 3,6 hingga 6 ms**.

Model dinamika fluida komputasional dibuat dengan menggunakan hasil pengamatan dan mengolahnya menjadi debit volumetrik untuk menjadi kondisi batas masukan. Hasil simulasi model menunjukkan bahwa model **berpotensi** memodelkan dinamika fluida ketika dibagikan oleh *low volume chip* Mantis.

[1] Gantz dkk., *Chemical Reviews*, 123 (9), (2023), 5571-5611.

[2] Dong dkk., *Physics of Fluids*, 18, (2006), 072102.