

## Model Baru Statika Fluida Yang Melibatkan Interaksi Elektrostatis di Dalam Tabung Silinder

Yenti Mulyani dan Abd Mujahid Hamdan  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Corresponding Author: yentimulyani078@gmail.com

Received: June 2019

History Articles  
Accepted: November 2019

Published: November 2019

### Abstrak

Sifat elektrostatis pada fluida sangat luas diamati pada berbagai bidang. Sejauh ini, pembahasan statika fluida pada mekanika fluida pada tingkat sekolah dan perguruan tinggi hanya pada sebatas melibatkan tegangan permukaan dan tekanan hidrostatik. Sementara itu, pengaruh sifat elektrostatis fluida belum dibahas dengan memadai. Padahal, pada tingkatan yang lebih maju, sifat elektrostatis fluida telah dihitung sebagai parameter yang berkontribusi pada sifat statika fluida. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh elektrostatis terhadap suatu fluida dengan metode eksperimen dan analisis teoritik. Data yang di dapat dimasukkan didalam tabel yang akan dianalisis secara matematik dan kualitatif. Metode eksperimen dimana menggunakan plastik dan plastik mika sebagai alat untuk menentukan adanya pengaruh elektrostatis terhadap fluida, analisis tersebut dilakukan dengan tiga massa jenis yang berbeda kemudian dapat diamati dan hasil ditulis didalam tabel kualitatif. Dari hasil eksperimen dan analisis kualitatif dapat disimpulkan bahwa fluida ternyata selama ini tidak hanya dipengaruhi oleh tegangan permukaan saja tetapi fluida juga bisa dipengaruhi oleh elektrostatis dalam suatu bahan.

Kata kunci: elektrostatis, fluida, statika, dan tegangan permukaan.

### Abstract

The electrostatic properties of fluids are very widely observed in various fields. So far, the discussion of fluid statics in fluid mechanics at the school and tertiary level only involves limited surface tension and hydrostatic pressure. Meanwhile, the influence of the fluid electrostatic properties has not been adequately discussed. In fact, at a more advanced level, the electrostatic properties of fluids have been calculated as parameters that contribute to the nature of fluid statics. The purpose of this study was to determine the effect of electrostatics on a fluid with experimental methods and theoretical analysis. The data can be entered in the table to be analyzed mathematically and qualitatively. The experimental method which uses plastic and mica as a tool to determine the influence of electrostatics on fluids, the analysis is carried out with three different density can then be observed and the results are written in a qualitative table. From the results of experiments and qualitative analysis it can be concluded that the real fluid so far is not only influenced by surface tension but the fluid can also be affected by electrostatics in a material.

Keywords: electrostatics, fluid, statics, and surface tension.

## PENDAHULUAN

Sifat elektrostatis pada fluida sangat luas diamati pada berbagai bidang (Jewell-Larsen *et al.*, 2006). Pada bidang biofisika, sifat elektrotatik fluida diperhitungkan dalam analisa aliran darah pada pembuluh veina (Mandel *et al.*, 2013). Sifat elektrostatis dari fluida, juga menjadi sangat luas digunakan pada bidang geofisika, misal dalam analisa mekanika fluida pada inti bumi yang mempengaruhi mekanisme geodinamika dan magnet bumi (Roberts & Glatzmaier, 2000). Bahkan, dalam bidang lingkungan kehadiran muatan-muatan dalam aliran sungai telah dianggap menjadi faktor penting dalam memperhitungkan laju kontaminasi logam berat pada badan air (Mariyanto *et al.*, 2019).

Sejauh ini, pembahasan statika fluida pada mekanika fluida pada tingkat sekolah dan perguruan tinggi hanya pada sebatas melibatkan te-

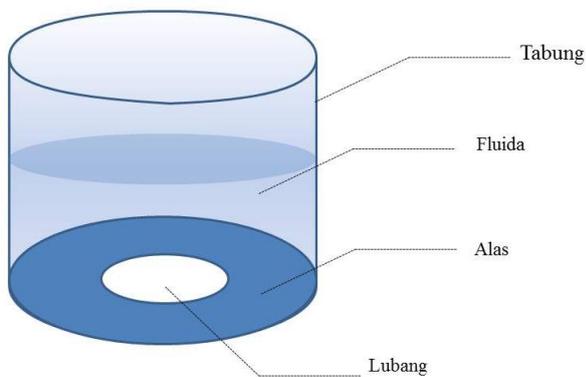
ngan permukaan dan tekanan hidrostatik (Rahmi *et al.*, 2016). biasanya kita hanya melihat fenomena fluida berdasarkan tegangan permukaan dengan berbagai percobaan seperti melihat gelembung sabun terhadap kawat U, pisau silet yang diletakan perlahan-lahan di atas permukaan zat cair yang terapung, dan naiknya air pada pipa kapiler. Dengan melibatkan elektrostatis maka ada suatu hal baru yang dapat kita kaji. Sementara itu, pengaruh sifat elektrostatis fluida belum dibahas dengan memadai. Bagaimana jika statika fluida tidak hanya melibatkan tegangan permukaan melainkan melibatkan suatu muatan yang ada dalam bahan tertentu. Padahal, pada tingkatan yang lebih maju, sifat elektrostatis fluida telah dihitung sebagai parameter yang berkontribusi pada sifat statika fluida. Oleh karena itu, telaah teoritis dan eksperimental perlu dilakukan untuk mengenalkan pentingnya melibatkan elektrotatika dalam

menganalisis statika fluida. Sebagai pendahuluan, telaah teoritis dengan asumsi-asumsi sederhana perlu dibangun untuk pengembangan tersebut. Pada penelitian ini kami akan menelaah model teoritis statika fluida dengan melibatkan tegangan permukaan dan elektrostatika.

Penelitian ini merupakan penelitian pertama yang menghasilkan model dengan melibatkan muatan-muatan pada suatu bahan terhadap statika fluida kemudian kita dapat menganalisis interaksi muatan fluida terhadap elektrostatika.

## METODE PENELITIAN

Menurut Jaedun (2011) Riset dibedakan menjadi 2, yaitu riset yaitu: riset dasar (*pure research atau basic research*), dan riset terapan (*applied research*). Penelitian ini terdiri dari dua tahapan, yaitu kegiatan eksperimen dan analisis teoritis. Kegiatan eksperimen dilakukan dengan tahapan: (1) Perancangan alat (*device*) eksperimen, (2) Pembuatan *device*, dan (3) Pengukuran-pengukuran. Sementara itu, analisis teoritis dilakukan dengan kajian matematis dari sistem berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan. *Device* yang digunakan digambarkan dalam Gambar 3.1. Alur dari kegiatan penelitian tersebut digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.2. Gambar 3.1 menunjukkan sistem yang terdiri dari tabung yang terbuat dari kaca dan fluida yang digunakan terdiri air, minyak kelapa dan sabun (*sunlight*), alas yang digunakan adalah plastik atau plastik mika, dan variasi diameter lubang sebanyak  $n_i$ , dimana  $n_i$  (1.2.....5).



Gambar 1. Gambar sistem yang terdiri tabung fluida, lubang dan alas. Tabung terdiri bahan kaca, alas berbahan plastik atau mika plastik, fluida terdiri atas, air, minyak kelapa dan sabun (*sunlight*). Lubang didesain sedemikian rupa dengan diameter tertentu.

Pengukuran dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: (1) Pengukuran diameter permukaan kontak atmosfer; (2) Pengukuran viskositas; (3) Pengamatan statika fluida secara kualitatif. (4) Pengukuran tegangan permukaan. Pengukuran diameter kontak dilakukan dengan menggunakan jangka sorong (*Tricle Brand*) dengan ketelitian 0,01 cm, sehingga diperoleh variasi diameter  $n_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ). Pengukuran viskositas dengan menggunakan metoda praktikum fisika dasar 1 (Laboratorium Pendidikan Fisika, 2016). Fluida yang

diukur adalah air, minyak kelapa, sabun cair (*Sunlight*). Pengamatan statika dilakukan dengan mengamati, apakah fluida mengalami dinamika pada variasi diameter  $n_i$ .

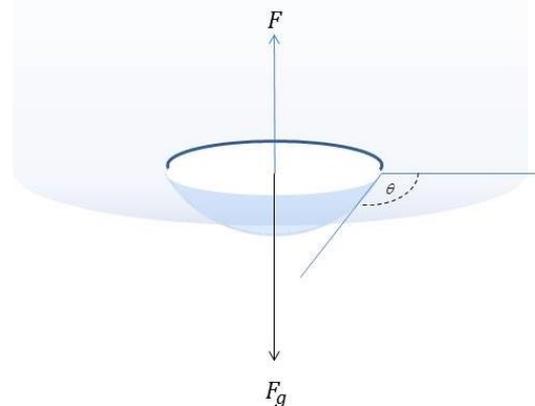
Analisis teoritik dilakukan dengan tahapan, (1) studi literatur statika fluida, (2) inventarisasi gaya-gaya yang terlibat di dalam sistem *device*, dan (3) menyusun formula dengan pendekatan matematik analitis untuk memformulakan statika pada sistem.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Model Teoritik

Sistem digambarkan dalam Gambar 1. Sistem terdiri tabung vakum yang di dalamnya terdapat fluida. Pada bagian alas tabung memiliki lubang yang diatur sedemikian rupa. Alas berbahan plastik atau plastik mika yang bermuatan. Karena ketidakseimbangan antara gaya gravitasi dan tegangan permukaan, maka fluida pada keadaan normal akan keluar dari lubang alas. Namun, apabila tegangan permukaan lebih besar dari pada tarikan gravitasi bumi pada fluida, maka fluida akan tetap statis.

Berdasarkan pengamatan pendahuluan, keseimbangan tersebut juga dipengaruhi oleh diameter lubang. Selain itu, perbedaan jenis fluida dan perbedaan bahan alas yang digunakan mempengaruhi statika fluida di dalam tabung. Elektrostatika dari plastik bermuatan diduga memberi kontribusi pada statika fluida. Untuk asumsi, bahwa yang terlibat dalam statika fluida tersebut adalah tegangan permukaan gravitasi dan elektrostatik, maka gaya-gaya yang terlibat ditunjukkan di dalam Gambar 1. Fluida di ujung tabung saat mengalami kesetimbangan antara gaya tegangan permukaan  $F$  dengan gaya gravitasi  $F_g$ .  $\theta$  adalah sudut yang menentukan kesetimbangan antara tegangan permukaan fluida dan gaya gravitasi. Interval  $\theta$  dalam kesetimbangan adalah  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  dengan sudut pada saat fluida sesaat akan jatuh akibat residu gaya gravitasi adalah  $90^\circ$  (Yulianto *et al*, 2016).



Gambar 2 Fluida di ujung tabung saat mengalami kesetimbangan antara gaya tegangan permukaan  $F$  dengan gaya gravitasi  $F_g$ .  $\theta$  adalah sudut yang menentukan kesetimbangan antara tegangan permukaan fluida dan gaya gravitasi. Interval  $\theta$  dalam kesetimbangan adalah  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  dengan sudut pada saat fluida sesaat akan jatuh akibat residu gaya gravitasi adalah  $90^\circ$ .

Tegangan permukaan yang menahan fluida tetap statis pada celah bagian bawah adalah  $F = 2\pi R\gamma \sin \theta$ , (4.1) dengan  $T$  adalah tegangan permukaan yang dialami oleh fluida,  $\gamma$  adalah kontanta yang nilai bergantung pada jenis fluida dan  $R$  adalah jari-jari lingkaran fluida di tepi lubang bagian bawah. Karena fluida mengalami interaksi gravitasi, maka statika fluida tersebut sangat dipengaruhi oleh kesetimbangan antara tegangan permukaan dan gravitasi. Dengan gaya gravitasi adalah  $mg$ , maka persamaan 4.1. dapat dituliskan sebagai,  $mg = 2\pi R\gamma \sin \theta$ , (4.2) dengan massa jenis fluida adalah  $\rho$  yang maka persamaan 4.2 menjadi;  $\rho Vg = 2\pi R\gamma \sin \theta$ , (4.3)

Dengan menganggap bahwa fluida diujung lubang adalah berbentuk setengah bola, maka;  $\frac{2}{3}R^3\rho g = 2\pi R\gamma \sin \theta$ , (4.4) atau persamaan 4.4 menjadi;  $\frac{1}{3}\rho g R^2 = \pi\gamma \sin \theta$ , (4.5). Melalui persamaan 4.5, kuadrat jari-jari dituliskan sebagai  $R^2 = \frac{3\gamma \sin \theta}{\rho g}$  (4.6). Karena  $\theta$  maksimum sebelum fluida mengalami gerakan akibat ketidakseimbangan antara tarikan gravitasi dengan tegangan permukaan adalah  $90^\circ$ , dan  $\sin 90$  adalah 1, maka jari-jari maksimum yang dimungkinkan adalah,  $R = \sqrt{\frac{3\gamma}{\rho g}}$ , (4.7).

Jika gaya elektrostatik terlibat dalam statika tersebut, maka gaya yang dialami oleh fluida di ujung lubang adalah,  $F_e = QE$ , (4.9) dengan  $F_e$  adalah gaya elektrostatik yang dialami fluida,  $Q$  adalah muatan total yang mengandung oleh fluida dan  $E$  adalah medan luar yang dialami oleh fluida. Medan luar tidak dapat dihitung dengan detail. Medan luar diduga berasal dari alas yang bahannya memiliki muatan dan membangkitkan medan listrik. Medan tersebut juga dapat ditulis sebagai,  $E = -\nabla\phi$ , (4.10) dengan  $\phi$  adalah medan skalar potensial. Dengan demikian total gaya yang dialami oleh fluida adalah  $F_e = -Q\nabla\phi$  (4.11).

Dengan mengingat bahwa total muatan  $Q$  dapat dituliskan bentuk integral rapat muatan, maka total muatan juga dapat dituliskan sebagai,  $Q = \int \sigma dV$  (4.12) dengan  $\sigma$  adalah rapat muatan dan  $dV$  adalah volumen infinitesimal, maka persamaan 4.11 juga dapat disajikan sebagai,  $F_e = -\int \sigma \nabla\phi dV$ , (4.13). Jika rapat muatan dalam fluida dianggap homogen pada setiap titik, maka gaya pada persamaan 4.13 juga dapat dituliskan sebagai,  $F_e = -\sigma \nabla\phi \int dV$ , (4.14) atau  $F_e = -\frac{2}{3}\pi R^3 \sigma \nabla\phi$ , (4.15)

Dengan demikian, dengan memasukkan pengaruh gaya elektrostatik, maka bentuk gaya-gaya pada dalam keadaan setimbang adalah,  $\frac{2}{3}\pi R^3 \rho g - 2\pi R\gamma \sin \theta \mp \frac{2}{3}\pi R^3 \sigma \nabla\phi = 0$ , (4.16) atau  $\frac{2}{3}\pi R^2 \rho g - 2\pi\gamma \sin \theta \mp \frac{2}{3}\pi R^2 \sigma \nabla\phi = 0$ , (4.17). Dengan operasi aljabar, persamaan 4.17 dapat dituliskan sebagai,  $\frac{2}{3}\pi R^2 (\rho g \mp \sigma \nabla\phi) = 2\pi\gamma \sin \theta$ , (4.18).

Dari persamaan 4.18, maka dapat ditarik persamaan untuk mencari jari-jari pada diameter kontak:  $R = \sqrt{\frac{3\gamma \sin \theta}{\rho g \mp \sigma \nabla\phi}}$ , (4.19). Nilai + atau - pada persamaan 4.19 ditentukan oleh jenis muatan pada "badan" fluida. Oleh karena sudut maksimum sebelum fluida kehilangan kesetimbangan adalah  $90^\circ$ , dan  $\sin 90$  adalah 1, maka persamaan 4.19 dapat ditulis:  $R = \sqrt{\frac{3\gamma}{\rho g \mp \sigma \nabla\phi}}$ , (4.20). Maka hubungan parameter-parameter elektrostatik dengan statika dapat ditulis sebagai,  $\sigma \nabla\phi = \frac{3\gamma}{R^2} \mp \rho g$ , (4.21). Bagian kiri untuk saat ini sangat sulit ditentukan maka, bagian kiri dari persamaan 4.21 dapat dituliskan dalam bentuk parameter tunggal, yang dalam bentuk persamaan ditulis sebagai,  $\Psi = \frac{3\gamma}{R^2} \mp \rho g$ , (4.22).  $\Psi$  adalah kontanta yang berhubungan dengan elektrostatik yang ditentukan kemudian.  $\Psi$  disebut sebagai **Konstanta Yenti** yang Hak Atas Kekayaan Intelektualnya masih dalam proses - ke Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia bersama dengan Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc. Penamaan nama konstanta tersebut dengan menggunakan nama penulis ditujukan untuk klaim sedini mungkin terhadap segala gagasan dibaliknya.

Hasil pengukuran diameter kontak, pengamatan statika secara kualitatif disajikan didalam Tabel 1 dan perhitungan konstanta yenti di dalam Tabel 2.

Tabel 1 Hasil pengukuran diameter kontak dan pengamatan statika metoda kualitatif.

Kode	Variasi diameter kontak mika $\times 10^{-2}$ (m)	Jenis Fluida					
		Air		Minyak goreng		Sunlight	
		T	TT	T	TT	T	TT
D <sub>1</sub>	1,103		√	√		√	
D <sub>2</sub>	1,501		√	√		√	
D <sub>3</sub>	2,009	√		√		√	
D <sub>4</sub>	2,704	√		√		√	
D <sub>5</sub>	3,405	√		√		√	

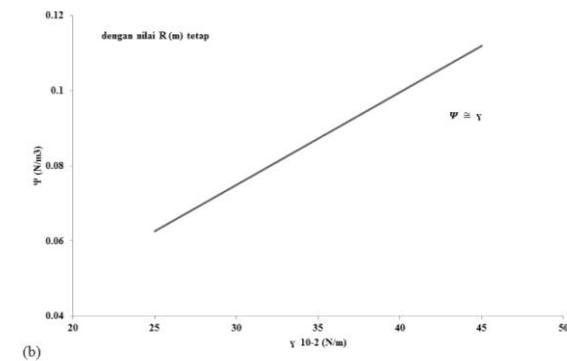
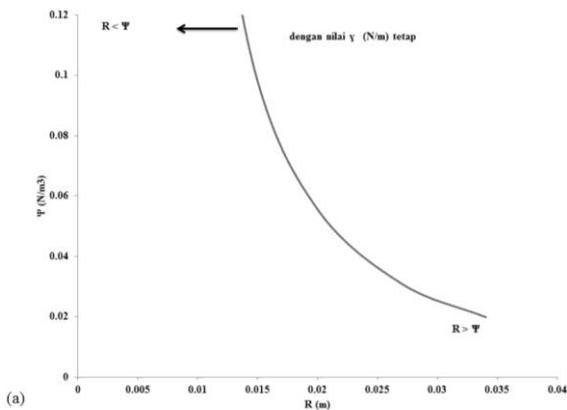
Tabel 2 Perhitungan Konstanta Yenti

Y <sub>air</sub>	Variasi diameter kontak mika $\times 10^{-2}$ (m)	$\Psi \times 10^7$ N/m <sup>3</sup> (konstanta yenti)
72.8	1,501	23.18
mN/m	2,009	13.034

Bagaimana pengaruh jari-jari lubang kontak terhadap tegangan permukaan? Tegangan permukaan yang seperti kita ketahui terjadi karena permukaan zat cair cenderung untuk menegang atau kecenderungan fluida untuk selalu menuju ke keadaan yang luas permukaannya lebih kecil, sehingga permukaannya tampak menipis hal ini disebabkan oleh gaya-gaya tarik yang tidak seimbang antar muka fluida, dan fluida air memiliki sifat kohesi lebih kecil dari adhesinya sehingga permukaan fluida cekung, dan tetesan airnya tidak membentuk bangun berdasarkan teori dan eksperimen semakin kecil jari-jari lubang yang terbentuk maka semakin besar tegangan permu-

kaan fluida. Karena gaya adhesi fluida terhadap jari-jari lubang besar dikarenakan permukaan alas lebar atau lebar jari-jari alas kecil.

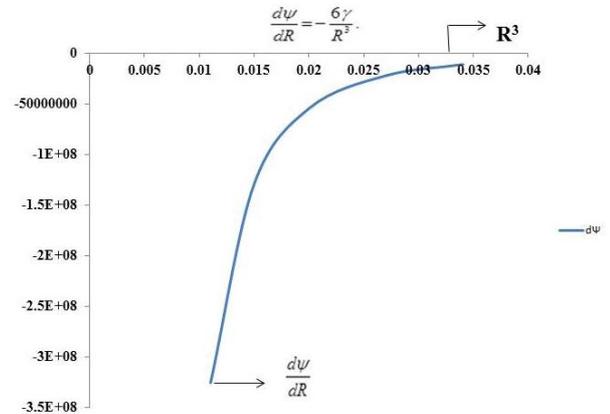
Bagaimana pengaruh Konstanta Yenti terhadap jari-jari lubang kontak? Dengan melakukan pemodelan dengan piranti lunak MO Exceel diperoleh grafik hubungan antara Konstanta Yenti dengan jari-jari dan tegangan permukaan. Jari-jari lubang yang terdapat diplastik dan di plastik mika terhadap suatu fluida reaksinya akan berbeda berdasarkan eksperimen dan analisis teoritik yang dilakukan, fluida terhadap jari-jari lubang plastik akan tumpah pada saat diameter ketiga yaitu  $D_3$  (0,02009 m) fluida sangat cepat turun kebawah melalui jari-jari lubang plastik, dan reaksi fluida terhadap plastik mika juga jatuh pada diameter ketiga yaitu  $D_3$  (0,02009 m) tetapi ada yang beda dalam hal ini, fluida yang turun kebawah melalui lubang mika lebih terlihat seperti tetesan-tetesan fluida yang melambat mengalir, dan hal yang mempengaruhi karena reaksi muatan yang ada didalam mika tersebut dengan gaya kohesif antara molekul air.



Gambar 3 Grafik hasil model teoritis besar nilai Konstanta Yenti (KY) terhadap (a) jari-jari; dan (b) tegangan permukaan.

Dalam hal ini terlihat bahwa ada reaksi elektrostatis terhadap fluida kerapatan partikel menyebabkan makin besarnya gaya yang diperlukan untuk memecahkan permukaan fluida terhadap jari-jari lubang alas, hal ini karena besar kecilnya jari-jari lubang mempunyai gaya tarik menarik antar fluida dan lubang alas, semakin kecil jari-jari lubang alas maka total muatan fluida statika terhadap lubang menjadi rapat sehingga mempunyai

gaya tarik menarik yang kuat, dan sebaliknya jika jari-jari lubang semakin melebar maka total muatan fluida terhadap lubang menjadi kurang rapat sehingga mempunyai gaya tarik menarik yang lemah. Kemudian antara fluida statika terhadap alas lubang disana juga di pengaruhi oleh gaya gravitasi.



Grafik 4 Antara  $\frac{d\Psi}{dR}$  terhadap  $R$  berdasarkan persamaan berikut.

Bagaimana pengaruh diameter kontak terhadap rapat muatan? Salah satu yang mempengaruhi tegangan permukaan adalah rapat muatan, sebuah gaya tarik dapat dianggap bekerja pada suatu bidang permukaan sepanjang suatu garis dipermukaan. Saat fluida mengalami tegangan permukaan maka ada gaya tarikan kebawah yang menyebabkan konsentrasi dan benda dalam keadaan menegang, kerapatan molekul dipengaruhi oleh densitas suatu fluida, semakin besar densitas bearti semakin rapat muatan-muatan fluida tersebut.hal ini karena muatan yang rapat mempunyai gaya tarik menarik antar muatan yang kuat, sebaliknya fluida yang mempunyai densitas kecil akan mempunyai tegangan permukaan yang kecil pula. Karena rapat muatan memiliki gaya tarik menarik antar muatan yang kuat, maka pengaruh diameter lubang terhadap rapat muatan fluida ialah semakin lebar permukaan alas atau diameter lubang sangat kecil bahkan tidak ada lubang pada alas maka kemungkinan muatan yang berada dipermukaan alas besar dan interaksi antara fluida terhadap alas statika juga besar. Sebaliknya jika permukaan alas mengecil atau diameter lubangnya sangat besar interaksi antara muatan diameter alas terhadap muatan fluida sangat kecil.

## PENUTUP Keimpulan

Hasil ekperimen menunjukkan bahwa perbedaan diameter lubang akan mempengaruhi gerak alir fluida sedangkan hasil analisis teori ialah Fluida di ujung tabung saat mengalami kesetimbangan antara gaya tegangan permukaan  $F$  dengan gaya gravitasi  $F_g$ , atau dapat ditulis,

$mg = 2\pi R\gamma \sin \theta$ ,  $\theta$  adalah sudut yang menentukan kesetimbangan antara tegangan permukaan fluida dan gaya gravitasi. Interval  $\theta$  dalam kesetimbangan adalah  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ , dengan sudut pada saat fluida sesaat akan jatuh dan pada jari-jari maksimum pada alas maka persamaanya dapat ditulis,  $R = \sqrt{\frac{3\gamma}{\rho g}}$

Jika gaya elektrostatis terlibat dalam statika tersebut, maka gaya yang dialami oleh fluida di ujung lubang adalah,  $F_e = QE$ . Medan luar diduga berasal dari alas yang bahannya memiliki muatan dan membangkitkan medan listrik rapat muatan dalam fluida dianggap homogen pada setiap titik dengan memasukkan pengaruh gaya elektrostatis, gaya-gaya pada dalam keadaan setimbang dapat dihitung, dimana nilai + atau - ditentukan dari jenis muatannya, sehingga operasi matematika yang dihasilkan secara keseluruhan hubungan parameter-parameter elektrostatis dengan statika dapat ditulis menggunakan persamaan konstanta yenti sebagai berikut,  $\Psi = \frac{3\gamma}{R^2} \mp \rho g$ .

### Saran

Saran untuk kedepannya bagi penulis ialah saya berharap semoga ada alat yang lebih canggih untuk melihat ada atau tidaknya muatan dalam suatu bahan agar ketika melaksanakan eksperimen lebih mempermudah melihat interaksi suatu bahan terhadap fluida dan lebih cepat mengetahui muatan positif atau negatif yang terdapat dalam suatu bahan, kemudian penulis berharap semoga kedepannya persamaan konstanta yenti bisa digunakan disekolah ataupun perguruan tinggi, dan kedepannya ada seorang ilmuwan fisika yang mengajak bekerjasama untuk meneliti lebih dalam tentang statika fluida yang melibatkan elektrostatis. Dan Saran penulis bagi pembaca ialah

semoga dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dengan lebih luas lagi dan dapat menemukan hal-hal baru tentang dunia pendidikan seperti halnya penulis menemukan bahwa ada interaksi fluida yang melibatkan elektrostatis yang sebelumnya kita hanya mengetahui bahwa fluida terhadap tegangan permukaan, kapilaritas, atau gaya adhesi dan kohesi yang terlibat, pesan penulis bagi pembaca jangan pernah takut untuk mencoba bereksperimen meskipun beberapa kali mengalami kegagalan. Karena orang sukses dalam pengetahuan ialah orang yang ingin mencari tahu kebenaran dari sebuah teori itu sendiri.

### DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli C. Douglas (2001). *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Jaedun, A. (2011). *Metodologi Penelitian Eksperimen*. Yogyakarta. Puslit Dikdasmen, Lemlit UNY
- Jewell-Larsen, N. E., Tran, E., Krichtafovitch, I. A., & Mamishev, A. V. (2006). Design and optimization of electrostatic fluid accelerators. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 13(1), 191-203.
- Mandel, Y., Manivanh, R., Dalal, R., Huie, P., Wang, J., Brinton, M., & Palanker, D. (2013). Vasoconstriction by electrical stimulation: new approach to control of non-compressible hemorrhage. *Scientific reports*, 3, 2111.
- Mariyanto, M., Amir, M. F., Utama, W., Hamdan, A. M., Bijaksana, S., Pratama, A., ... & Sudarningsih, S. (2019). Heavy metal contents and magnetic properties of surface sediments in volcanic and tropical environment from Brantas River, Jawa Timur Province, Indonesia. *Science of The Total Environment*, 675, 632-641.
- Rahmi, P.Z. (2016). Pengembangan Lembar Kegiatan Siswa Berbasis Problem Based Instruction (PBI) Materi Fluida Statis. *Jurnal EduFisika*, 1(02), Edisi Desember.
- Roberts, P. H., & Glatzmaier, G. A. (2000). Geodynamo theory and simulations. *Reviews of Modern Physics*, 72(4), 1081.
- UIN Ar-Raniry. (2016). *Laporan Viskositas*. Darussalam Banda Aceh. Laboratorium Pendidikan Fisika FKIP.
- Yulianto, E., Rofingah, J., Finda, A., & Hakim, F. N. (2016). Menentukan Tegangan Permukaan Zat Cair. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 2(2), 176-186.
- Yusrizal. (2012). *Fisika Dasar*. Darussalam: Banda Aceh.