

## STUDI SISTEM PENGUKURAN *SURFACE TENSION* MENGGUNAKAN METODE CINCIN DU NOUY

### *STUDY OF SURFACE TENSION MEASUREMENT SYSTEM USING DU NOUY RING METHOD*

Yasir<sup>1</sup>, Indra Wahyudin Fathona<sup>2</sup>, Asep Suhendi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

<sup>1</sup>ysir71@gmail.com, <sup>2</sup>indrafathona@gmail.com, <sup>3</sup>As.suhendi@gmail.com

---

#### Abstrak

*Surface tension merupakan kejadian tarik menarik antar molekul di permukaan cairan. Surface tension menjadi indikator untuk beberapa proses pada industri maupun proses biologi dan juga menjadi materi belajar bagi mahasiswa fisika, kimia ataupun lainnya yang mempelajari mekanika fluida. Ada beberapa metode untuk mengukur surface tension, tetapi tidak memiliki kepraktisan dalam penggunaannya, seperti membutuhkan alat-alat bantu lainnya (misal mikroskop atau alat pengolah citra lainnya). Alat-alat pengukur surface tension yang berada di pasaran juga memiliki harga yang terbilang mahal. Masalah itulah yang melatarbelakangi penelitian tentang alat surface tension yang dapat dibuat dengan harga yang lebih murah dari harga pasaran.*

*Metode yang digunakan adalah metode cincin du Nouy yaitu gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat cincin keluar dari permukaan cairan diukur dengan load cell. Gaya terbesar pada saat penarikan cincin keluar dari permukaan cairan adalah surface tension. Sensor load cell yang digunakan memiliki akurasi sebesar 94.44% dan error  $\pm 5.56\%$  terhadap alat ukur setandar. Alat ukur surface tension pada penelitian ini memiliki akurasi sebesar 90.79% dengan error sebesar  $\pm 9.21\%$ . Surface tension minimal yang terukur adalah 22.50 mN/m. Surface tension maksimal yang terukur adalah 72.64 mN/m.*

Kata kunci: Mekanika fluida, *Surface tension*, *Load cell*

---

#### Abstract

*Surface tension is attraction between molecules on the surface of a liquid. Surface tension is an indicator for several processes in industry and biological processes and also a learning material for students of physics, chemistry or others who study fluid mechanics. There are several methods for measuring surface tension, but they do not have practicality in their use, such as requiring other assistive devices (eg microscopes or other image processing devices). Surface tension measurement device on the market also have relatively high prices. That problem is the background of research on surface tension tools that can be made at a price lower than the market price.*

*The method used is the du duy ring method, the force required to lift the ring out of the liquid surface measured by a load cell. The biggest force when drawing a ring out of a liquid surface is surface tension. Load cell sensor used has an accuracy of 94.44% and an error of  $\pm 5.56\%$  against standard weight measuring devices. Surface tension measuring devices in this study have an accuracy of 90.79% with an error of  $\pm 9.21\%$ . The minimum surface tension measured is 22.50 mN/m. The maximum measured surface tension is 72.64 mN/m.*

Keywords: *Fluid mechanics*, *Surface tension*, *Load cell*

---

#### 1. Pendahuluan

Beberapa fenomena fisik yang tidak terlihat biasanya terabaikan oleh kita, salah satunya adalah fenomena tegangan permukaan (*surfaces tension*). Padahal fenomena-fenomena di sekitar kita jika dipelajari dapat bermanfaat untuk diri kita maupun untuk sekitar. Salah satu manfaat dari tegangan permukaan adalah menjadi indikator pada proses sintesis partikel dengan metode *electrospray* [1]. Selain itu, pengaturan besar kecil *surface tension* juga biasa dilakukan oleh perusahaan sabun untuk menyatukan air dengan minyak [2], tegangan permukaan juga mempengaruhi adsorpsi gliserol pada

hasil samping biodiesel [3]. Oleh karena itu alat ukur surface tension dapat membantu memudahkan pekerjaan tersebut. Namun, harga alat ukur surface tension di pasaran saat ini masih tinggi, padahal banyak mahasiswa ataupun pelajar dibidang material atau kimia yang membutuhkan alat tersebut [4].

Penelitian mengenai alat surface tension sudah pernah dilakukan menggunakan beberapa metode. Salah satunya penelitian yang memanfaatkan fenomena kapilaritas cairan untuk menganalisis tegangan permukaannya [5]. Metode kenaikan kapilar adalah metode kenaikan ketinggian cairan atau penurunan didalam tabung kapiler [6]. Selain itu, besar tegangan permukaan suatu cairan bisa juga diamati saat cairan itu jatuh (drop weight method). Metode ini mengukur waktu jatuhnya air pada jumlah tertentu atau pada kondisi aliran konstan [7, 8]. Ada juga metode bubble pressure, dimana tekanan didalam gelembung sebanding dengan tegangan permukaan, maka tegangan permukaan dapat diukur dengan mengukur tekanan gelembung [9]. Selain metode diatas, ada metode pendant drop. Yaitu metode yang mengukur surface tension dengan melihat bentuk dan dimensi dari tetesan cairan yang menggantung [10].

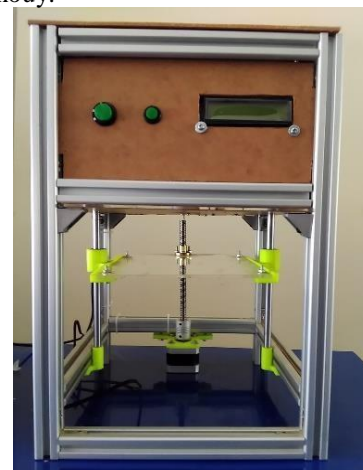
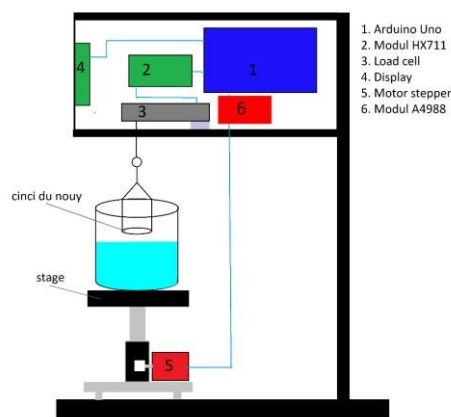
Metode diatas dapat mengukur surface tension tetapi dirasa cukup rumit karena membutuhkan alat bantu lain misalnya mikroskop (metode kapilaritas dan metode pendant drop), cukup sulit untuk dilakukan (metode bubble pressure), dan tidak otomatis (metode drop weight). Karena alasan itu, dipilih metode cincin du Nouy. Metode cincin du Nouy adalah metode untuk mengukur surface tension dengan cara menarik cincin keluar dari permukaan cairan dan mengukur gaya tariknya [11]. Kelebihan metode ini adalah simpel penggunaannya karena hanya mengukur besar usaha cincin keluar dari permukaan cairan [4, 12], dapat mengukur tegangan antarmuka cairan [11], dan bisa sangat cepat saat pengambilan data [12].

Jika dibanding dengan metode pendant drop, metode cincin du nouy lebih simpel dalam penggunaannya. Metode pendant drop harus cepat saat mengukur surface tension yang nilainya rendah [13]. Metode du nouy tidak harus melakukan pengukuran dengan cepat karena cairan yang diuji ditampung pada suatu wadah. Selain itu, metode pendant drop membutuhkan biaya besar untuk menghasilkan akurasi yang maksimal maksimal [13].

Pada penelitian ini, telah dibuat alat ukur surface tension dengan cara mengukur gaya tarik yang dihasilkan oleh surface tension menggunakan sensor load cell dengan metode cincin du Nouy. Sistem yang akan dibuat terdiri dari cincin du Nouy, load cell, motor stepper, microcontroller, dan display. Diharapkan alat yang dibuat ini dapat digunakan untuk keperluan penelitian di tingkat universitas dengan harga yang terjangkau.

## 2. Perancangan

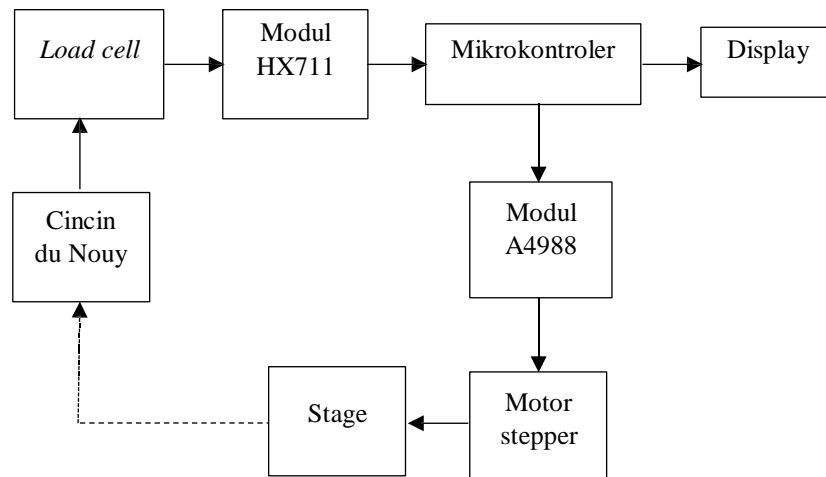
Alat ukur *surface tension* dengan metode cincin du Nouy adalah dengan mengukur tegangan maksimal dari suatu permukaan cairan dengan mencelupkan cincin du Nouy ke permukaan cairan kemudian ditarik perlahan sampai tidak ada lagi kontak antara cincin du Nouy dengan cairan yang ukur. Gaya terbesar pada saat pengukuran adalah nilai yang akan diambil pada pengukuran. Hal ini dikarenakan nilai gaya terbesar terjadi pada saat cincin du Nouy terlepas dari cairan yang diukur. Dan gaya pada saat cincin terlepas dari air adalah *surface tension*. Dengan diketahui cara mendapatkan nilai surface tension seperti yang sudah disebutkan di atas maka berikut adalah rancangan alat surface tension dengan metode cincin du nouy.



Gambar 1. (kiri) Desain mekanik alat ukur surface tension (tampak samping), (kanan) realisasi alat

Gambar 1 menunjukkan desain alat dan komponen yang digunakan pada alat ukur surface tension yang dibuat. Sebelum menjalankan alat, posisi cincin sudah tercelup kedalam cairan sekitar 0,5 cm dari permukaan. Ketinggian gelas penampung cairan diturunkan agar cincin mengalami penarikan oleh surface tension. Karena cincin terhubung dengan load cell (3), gaya tarik ini membuat regangan pada load cell. Resistansi yang terbaca oleh load cell akibat regangan tadi, dikuatkan oleh modul HX711 (2) dan diolah oleh microcontroller (1) dan dikonversi ke dalam satuan mN/m.

Cincin yang dibuat terbuat dari bahan tembaga. Dipasaran, cincin menggunakan bahan platina iridium. Namun penggunaan bahan platina iridium pada alat akan membuat harga alat ini tidak terjangkau. Maka dari itu dipilih tembaga karena harganya yang terjangkau dan juga sifat dari tembaga mendekati sifat platina dibandingkan dengan aluminium ataupun logam lain yang mudah ditemui dipasaran.



Gambar 2. Diagram blok alat

Gambar 3.4 menggambarkan diagram blok pada tugas akhir ini. Alat yang dibuat menggunakan satu buah sensor dan satu buah aktuator. Sensor yang digunakan adalah *load cell* sedangkan aktuator yang digunakan adalah motor *stepper*. Sensor *load cell* berfungsi untuk mengukur gaya pada permukaan air. *Load cell* dihubungkan ke modul HX711, dimana fungsi modul HX711 sebagai penguat dan juga sebagai pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Motor *stepper* digunakan untuk menaikkan atau menurunkan *stage*, tempat sampel cairan yang akan diukur. Motor *stepper* dihubungkan dengan modul A4988 yang berfungsi sebagai pengatur arah maupun kecepatan motor *stepper*. Sensor dan aktuator dihubungkan ke mikrokontroler kemudian data yang didapat ditampilkan pada display.

### 3. Pembahasan

#### 3.1. Kalibrasi Sensor

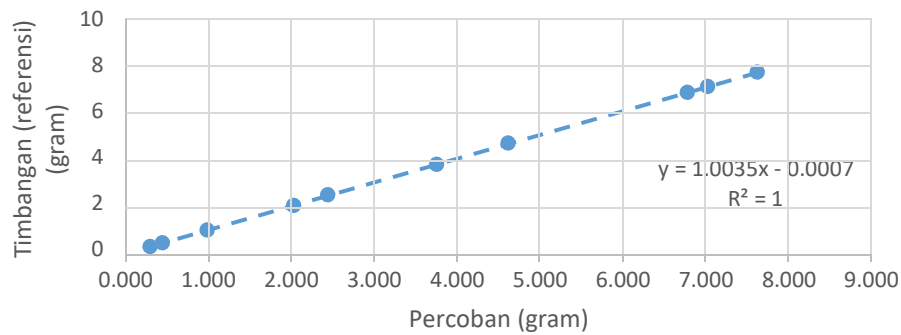
Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan dengan alat ukur berat yang ada dipasaran kemudian mengubah *calibration facor* (cf) yang ada di program agar hasil yang dapat sama dengan timbangan yang ada dipasaran. Cf didapatkan dengan metode *trial & error*. Didapat nilai cf sebesar -6170. Berikut adalah hasil pengujian dari setiap sampel yang diukur sebanyak 30 kali.

| Timbangan (referensi) (gram) | Load cell (gram) | stdev | Presisi (%) | Bias  | Akurasi (%) | Error (%) |
|------------------------------|------------------|-------|-------------|-------|-------------|-----------|
| 0.29                         | 0.300            | 0.022 | 78.32       | -0.01 | 81.09       | 18.91     |
| 0.45                         | 0.448            | 0.024 | 83.99       | 0.00  | 83.68       | 16.32     |
| 0.99                         | 0.987            | 0.019 | 94.36       | 0.00  | 94.08       | 5.92      |
| 2.03                         | 2.031            | 0.020 | 97.06       | 0.00  | 97.13       | 2.87      |

|           |       |       |       |      |       |      |
|-----------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 2.47      | 2.448 | 0.023 | 97.15 | 0.02 | 96.30 | 3.70 |
| 3.77      | 3.760 | 0.022 | 98.25 | 0.01 | 98.00 | 2.00 |
| 4.66      | 4.624 | 0.022 | 98.55 | 0.04 | 97.80 | 2.20 |
| 6.81      | 6.795 | 0.024 | 98.94 | 0.02 | 98.72 | 1.28 |
| 7.06      | 7.040 | 0.028 | 98.82 | 0.02 | 98.55 | 1.45 |
| 7.66      | 7.636 | 0.016 | 99.38 | 0.02 | 99.07 | 0.93 |
| Rata-rata |       |       | 94.48 |      | 94.44 | 5.56 |

Table 1. Hasil pengujian load cell

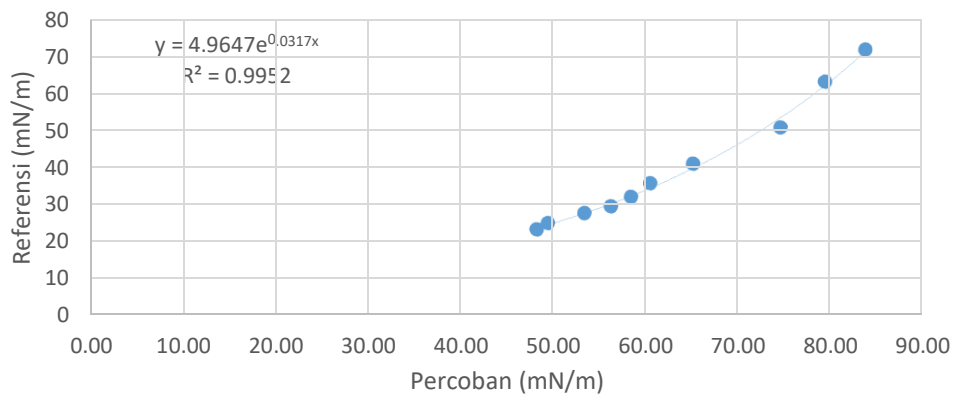
Dari tabel tersebut, dapat dilihat akurasi sensor *load cell* terhadap alat ukur standar adalah 94.44% dan error ±5.56%. Berikut adalah grafik perbandingan nilai timbangan dengan hasil percobaan.



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai timbangan (referensi) dengan hasil percobaan dengan load cell

**3.2. Kalibrasi Alat Ukur dan Hasil**

Setelah dilakukan kalibrasi pada sensor, kemudian dilakukan kalibrasi pada alat ukur dengan cara memplot nilai *surface tension* alat dengan nilai *surface tension* referensi [20]. Percobaan dilakukan dengan cairan metanol-air berbagai konsentrasi. Setiap pengukuran dilakukan sebanyak sepuluh kali kemudian dirata-rata. Selanjutnya, data hasil pengujian diplot pada *Microsoft Excel* lalu didapat persamaan regresi  $y = 4.9647e^{0.0317x}$ . Dimana persamaan regresi ini dimasukkan kedalam program arduino. Didapat tingkat linearitas sebesar  $R^2 = 0.9952$  dengan bentuk grafik yaitu eksponensial.



Gambar 4. Grafik hasil kalibrasi surface tension dengan larutan metanol-air

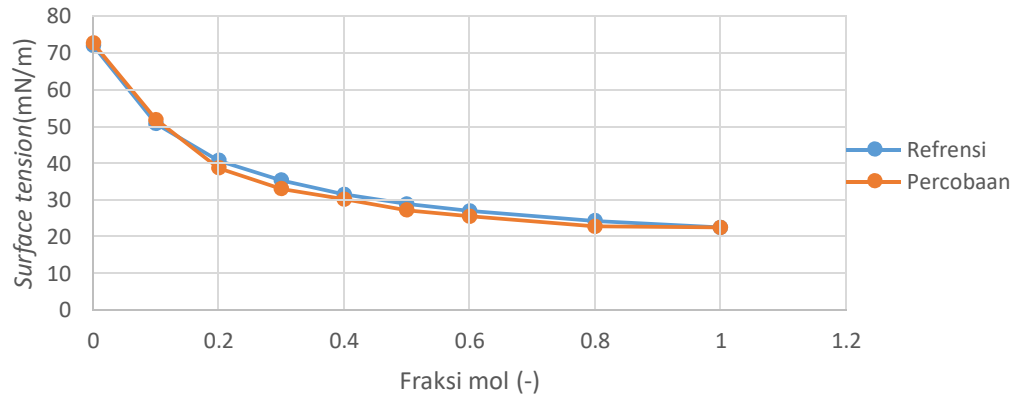
Setelah dilakukan kalibrasi, persamaan yang didapat dimasukkan ke dalam program kemudian pengujian dilakukan kembali untuk mengetahui hasil *surface tension* apakah sudah sesuai dengan

referensi atau belum. Hasilnya *error* menjadi jauh lebih kecil dibandingkan dengan sebelum kalibrasi. Berikut adalah hasil dari percobaan.

Table 2. Tabel hasil percobaan surface tension setelah kalibrasi

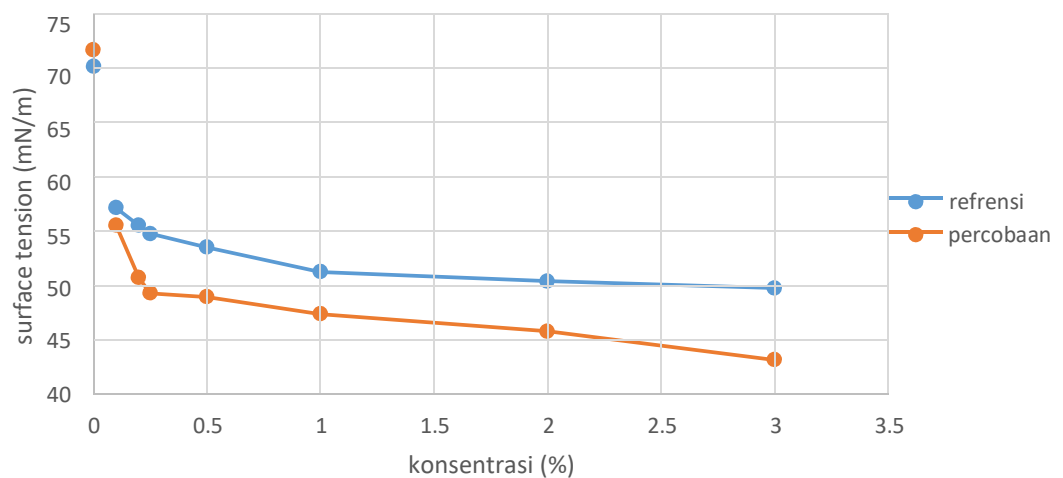
| Zat           | referensi (mN/m) | percobaan (mean) (mN/m) | stdev | Presisi (%) | Bias  | Akurasi (%) | Error (%) |
|---------------|------------------|-------------------------|-------|-------------|-------|-------------|-----------|
| metanol x=0   | 72               | 72.64                   | 1.85  | 92.35       | -0.64 | 93.17       | 6.83      |
| metanol x=0.1 | 50.7             | 51.85                   | 0.76  | 95.63       | -1.15 | 97.79       | 2.21      |
| metanol x=0.2 | 40.7             | 38.67                   | 0.78  | 93.94       | 2.03  | 89.25       | 10.75     |
| metanol x=0.3 | 35.3             | 33.00                   | 0.72  | 93.44       | 2.30  | 87.36       | 12.64     |
| metanol x=0.4 | 31.5             | 30.15                   | 0.62  | 93.82       | 1.35  | 89.81       | 10.19     |
| metanol x=0.5 | 28.9             | 27.19                   | 0.63  | 93.02       | 1.71  | 87.51       | 12.49     |
| metanol x=0.6 | 27               | 25.52                   | 0.68  | 92.02       | 1.48  | 86.97       | 13.03     |
| metanol x=0.8 | 24.3             | 22.73                   | 0.32  | 95.77       | 1.57  | 89.59       | 10.41     |
| metanol x=1   | 22.5             | 22.50                   | 0.33  | 95.64       | 0.00  | 95.63       | 4.37      |
| Rata-rata     |                  |                         |       | 93.96       |       | 90.79       | 9.21      |

Dapat dilihat dari table 2, alat ini memiliki akurasi sebesar 90.79% dengan *error* sebesar  $\pm 9.21\%$ . Berikut adalah grafik perbandingan nilai *surface tension* percobaan terhadap nilai *surface tension* referensi [14] setelah dilakukan kalibrasi.



Gambar 1 Grafik perbandingan nilai *surface tension* larutan metanol-air referensi dan percobaan setelah kalibrasi

Selain dengan larutan air-metanol, pengujian juga dilakukan dengan larutan air-PVA. Gambar 4.6 adalah grafik hasil percobaan yang disandingkan dengan referensi [15].



Gambar 2 Grafik perbandingan nilai surface tension referensi dan percobaan setelah kalibrasi, larutan PVA-air

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kali ini dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Alat ukur *surface tension* yang telah direalisasikan pada penelitian ini menggunakan sensor *load cell* yang dihubungkan dengan cincin du nouy. Cincin du nouy dibuat dari bahan tembaga dengan diameter 16,8 mm dan ketebalan kawat 0,4 mm dapat mengukur 22,5 mN/m sampai 72,64 mN/m.
2. Alat yang sudah direalisasikan memiliki akurasi sebesar 90.79% dan *error* sebesar  $\pm 9.21\%$ .

#### 5. Saran

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian yang telah dilakukan berikut adalah saran untuk penelitian selanjutnya.

1. Pengujian sebaiknya dilakukan dengan cairan yang memiliki data spesifikasi.
2. Menggunakan sensor *load cell* yang rentang ukurannya lebih kecil, karena gaya yang dihasilkan *surface tension* kecil.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Weldzikarvina, Asep Suhendi, Abrar, "Studi Sistem Elektrospray Untuk Sintesis Partikel Polimer Berbasis Polietilen Glikol (PEG)," 2018.
- [2] Sri Hidayati, A. Sapta Zuidar, dan Ferdi Yanto, "Optimation Condition for Methylester Sulphonate (MES) Processing from Jatropha Oil (Jatropha Curcas L.) and its Effect on the Interfacial Tension by Using Response Surface Methodology," 2009.
- [3] Yuniawan Hidayat, Sentot Budi Rahardjo, Syarief, "Optimasi Kapasitas Adsorpsi Gliserol Pada  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DAN Efek Tegangan Permukaannya Terhadap Daya Serap Adsorpsinya Sebagai Kajian Awal Pemisahan Gliserol Pada Limbah Biodiesel," 2010.
- [4] Muhamad Tang, Veinardi Suendo, "Pengaruh Penambahan Pelarut Organik Terhadap Tegangan Permukaan Larutan Sabun," 2011.
- [5] Hari Sri Wahyuni, "Pengukuran Tegangan Permukaan Larutan Detergen Menggunakan Apitan Kaca dengan Bantuan Analisis Foto," 2015.
- [6] Kondou, C., Nagata, R., Nii, N., Koyama, S., Higashi, Y., "Surface tension of low GWP refrigerants R1243zf, R1234ze(Z), and R1233zd(E)," 2015.
- [7] Boon-Beng Lee, Eng-Seng Chan, Pogaku Ravindra, Tanveer Ahmad Khan, "Surface tension of viscous biopolymer solutions measured using the du Nouy ring method and the drop weight methods," 2012.
- [8] C. Jho, R. Burke, "Drop Weight Technique for the Measurement of Dynamic Surface Tension," 1983.
- [9] Mitsuhiro Fukuta, Junki Sumiyama, Masaaki Motozawa, Tadashi Yanagisawa, "Surface tension measurement of oil/refrigerant mixture by maximum bubble pressure method," 2016.
- [10] Feenstra, P.A., Judd, R.L., Weaver, D.S., "A practical devise for surface tension measurement in volatile fluids," 2001.

- [11] Sina Ebnesajjad and Arthur H. Landrock, Adhesives Technology Handbook, Elsevier, oxford, UK, 2015.
- [12] Tai L. Huo, "The Effect of Dynamic Surface Tension on Oxygen Transfer Coefficient in Fine Bubble Aeration System", 1998.
- [13] Robert J. Good dan Robert R. Stromberg Surface and Colloid Science: Volume 11: Experimental Methods, Plenum Press, New York, 1989.
- [14] [20] F. Biscay, A. Ghoufi, P. Malfreyt, "Surface tension of water-alcohol mixture from monte carlo simulation," 2011.
- [15] [21] Amit Bhattacharya, "Studies on surface tension of poly(vinyl alcohol): Effect of concentration, temperature, and addition of chaotropic agents", 2003.