

REVIEW ARTICLE: METODE UJI TEGANGAN PERMUKAAN DALAM ZAT CAIR

Ika Lismayani Ilyas^{1*}, Retno Wahyuningrum^{1*}, Ines Septiani Pratiwi^{1*},
Riska Asmayanti¹, Murni¹, Nur Nisawati¹, Hasyim Asyari¹, Aulia Alfia¹, Putri Astin¹,
Arianto¹, Nopianti Sa'dan¹, Hikma¹, Regina Tri Olivia Marundu¹, Resky Rahayu
Ningsih¹

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas
Sembilanbelas November Kolaka,
Alamat e-mail: riskaasmayantibc@gmail.com

ABSTRACT

Surface tension is an important physicochemical property that plays a major role in determining the interfacial behavior of a liquid in various scientific and industrial applications. Accurate surface tension measurement is required to understand liquid interactions, optimize formulation processes, and predict the stability of dispersed systems such as emulsions. This review article examines and compares several commonly used methods in surface tension measurement, namely the capillary rise method, the Du Noüy ring method, the drop and drop–weight/volume comparison method, the maximum bubble pressure method (MBPM), and micro-droplet measurement using Atomic Force Microscopy (AFM). Each method is analyzed based on its working principle, level of accuracy, advantages, limitations, and suitability for various types of liquids. The results of the review show that classical methods such as Du Noüy and the stalagmometer remain relevant because they are practical and easy to use, while modern methods such as AFM offer high sensitivity for micro-droplet samples. Overall, selecting the appropriate measurement method must consider sample characteristics, instrument availability, and analytical objectives. This review is expected to serve as a comprehensive reference for researchers, students, and industry practitioners in determining the most suitable technique for surface tension measurement.

Keywords: *Surface Tension, Du Noüy Ring Method, Capillary Rise Method, Drop Method, Maximum Bubble Pressure Method, Atomic Force Microscopy (AFM) Method.*

ABSTRAK

Tegangan permukaan merupakan sifat fisikokimia penting yang berperan besar dalam menentukan perilaku antar muka suatu cairan pada berbagai aplikasi ilmiah maupun industri. Pengukuran tegangan permukaan yang akurat diperlukan untuk memahami interaksi cairan, mengoptimalkan proses formulasi, serta memprediksi stabilitas sistem terdispersi seperti emulsi. Artikel review ini mengkaji dan membandingkan beberapa metode yang umum digunakan dalam pengukuran

tegangan permukaan, yaitu metode kenaikan kapiler, metode cincin Du Noüy, metode tetes dan perbandingan tetes, metode tekanan gelembung maksimum (MPBM), serta pengukuran mikro-droplet menggunakan Atomic Force Microscopy (AFM). Setiap metode dianalisis berdasarkan prinsip kerja, tingkat akurasi, kelebihan, keterbatasan, serta kesesuaiannya untuk berbagai jenis cairan. Hasil kajian menunjukkan bahwa metode klasik seperti Du Noüy dan stalagmometer masih relevan karena praktis dan mudah digunakan, sementara metode modern seperti AFM menawarkan sensitivitas tinggi untuk sampel tetesan mikro. Secara keseluruhan, pemilihan metode pengukuran yang tepat harus mempertimbangkan karakteristik sampel, ketersediaan instrumen, dan tujuan analisis. Review ini diharapkan dapat menjadi rujukan komprehensif bagi peneliti, mahasiswa, dan praktisi industri dalam menentukan teknik pengukuran tegangan permukaan yang paling sesuai.

Kata Kunci: Tegangan Permukaan, Metode Cincin Du Noüy, Metode Kenaikan Kapiler, Metode Tetes, Metode Tekanan Gelembung Maksimum, Metode Atomic Force Microscopy (AFM).

A. Pendahuluan

Tegangan permukaan merupakan suatu fenomena fisika penting yang muncul akibat adanya gaya kohesi antar molekul dalam suatu cairan, di mana molekul-molekul di bagian dalam cairan saling tarik-menarik dengan sangat kuat, sementara molekul yang berada pada lapisan permukaan hanya mendapatkan tarikan dari molekul di bawah atau di sekitarnya. Ketidakseimbangan gaya ini menyebabkan permukaan cairan memiliki perilaku unik yang sangat berpengaruh terhadap berbagai proses fisik, seperti pembentukan tetesan, mekanisme pembasahan, fenomena kapilaritas, interaksi pada

batas antarmuka, hingga aspek stabilitas pada sistem terdispersi seperti emulsi. Dalam ranah kimia, farmasi, dan ilmu material, tegangan permukaan menjadi parameter fundamental untuk memahami karakteristik cairan murni maupun campuran yang berinteraksi secara kompleks di area antarmuka (Zega dan Gea, 2025).

Fenomena fisika yang ada di sekitar manusia sering kali menyimpan potensi besar jika ditelaah secara mendalam, termasuk fenomena tegangan permukaan (surface tension) (Yasir dkk., 2019). Tegangan permukaan merupakan perwujudan dari gaya kohesi antar molekul di lapisan permukaan cairan

yang tidak seimbang dengan molekul di bagian dalamnya. Akibat ketidakseimbangan gaya yang mengarah ke pusat cairan tersebut, permukaan cairan bertindak seperti memiliki lapisan elastis tipis yang cenderung memperkecil luas permukaan. Secara operasional, tegangan permukaan didefinisikan sebagai gaya per satuan panjang atau energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan permukaan baru (Ali dkk., 2022).

Pemahaman terhadap sifat dan karakteristik tegangan permukaan memiliki peran yang sangat vital, baik dalam konteks fenomena alam maupun berbagai bidang industri, teknologi, biologi, dan kesehatan. Dalam dunia industri, pengaturan tingkat tegangan permukaan digunakan dalam proses sintesis partikel berskala mikro dan nano, hingga optimasi pembuatan bahan bakar alternatif seperti biodiesel yang memerlukan kestabilan antarmuka tertentu (Yasir dkk., 2019). Sementara itu, dalam bidang medis dan penelitian laboratorium, tegangan permukaan memengaruhi efektivitas cairan antiseptik, dinamika aliran dalam perangkat mikrofluidik, serta berbagai aplikasi biofisika lain yang

sangat sensitif terhadap perubahan sifat antarmuka (Adhikari dkk., 2023). Oleh karena itu, kemampuan untuk mengukur tegangan permukaan secara benar, akurat, dan konsisten menjadi keterampilan dasar yang penting dimiliki oleh mahasiswa fisika, kimia, farmasi, maupun teknisi dan peneliti industri yang berkaitan dengan kajian mekanika fluida (Yasir dkk., 2019).

Beragam teknik telah dikembangkan untuk menentukan nilai tegangan permukaan cairan dengan pendekatan yang berbeda. Beberapa metode klasik yang sering digunakan antara lain metode kenaikan kapiler, metode berat tetes, metode tekanan gelembung, serta metode cincin du Nouy (Ali dkk., 2022). Tantangan terkait kemudahan penggunaan, biaya, ketelitian, dan rentang pengukuran mendorong perlunya tinjauan menyeluruh terhadap berbagai metode tersebut (Yasir dkk., 2019). Review artikel ini disusun untuk mengulas dan membandingkan berbagai metode uji tegangan permukaan, mulai dari pendekatan tradisional hingga teknik berbasis mikroskopi modern, dengan tujuan memberikan gambaran mengenai keunggulan, kekurangan,

dan kecocokan masing-masing metode berdasarkan jenis sampel serta tujuan pengukuran.

B. Metode Penelitian

Metode pengumpulan data dalam penyusunan artikel review ini dilakukan melalui pencarian literatur secara daring. Sumber referensi diperoleh dari platform pencarian akademik seperti Google dan Google Scholar. Literatur yang ditemukan kemudian diolah dan disusun mengikuti kerangka penulisan *review*. Rentang tahun publikasi yang digunakan adalah 2015 hingga 2025. Berdasarkan hasil studi literatur, artikel tersebut memuat informasi terkait uji tegangan permukaan pada cairan. Bagan alir pengumpulan data mengikuti pola diagram prisma seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Prisma

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Tegangan permukaan merupakan gaya per satuan panjang yang bekerja sejajar dengan permukaan cairan untuk menahan tarikan ke dalam, sehingga permukaan cairan tampak seperti memiliki lapisan elastis. Sifat ini membuat cairan cenderung mempertahankan luas permukaan sekecil mungkin dan mampu menopang benda kecil yang ada di permukaannya (Yulianto dkk., 2016). Pengukuran tegangan permukaan merupakan aspek penting dalam karakterisasi fisikokimia suatu cairan, terutama untuk aplikasi di bidang farmasi, kimia, formulasi emulsi, dan bahan industri. Berbagai metode telah dikembangkan untuk memperoleh nilai tegangan permukaan yang akurat sesuai karakteristik sampel, mulai dari metode klasik seperti kapiler hingga metode modern berbasis AFM. Berdasarkan lima jurnal yang direview, dapat dilakukan analisis perbandingan terkait prinsip kerja, kelebihan, akurasi hasil, serta kesesuaian metode terhadap jenis sampel yang diuji dilihat pada hasil review Tabel 1 .

Table 1. Hasil Review Metode Uji Tegangan Permukaan pada Zat Cair

No	Penulis	Judul	Metode	Hasil	Sampel
1.	Adhikari dkk., 2023	<i>Surface Tension of Liquids (Water, Chloroform and Acetone) by Capillary Rise Method</i>	Metode Kapiler	Hasil sesuai literatur: Air memiliki tegangan permukaan tertinggi, diikuti kloroform dan aseton. Nilai eksperimen mendekati standar (Air 69,4; Kloroform 24,6; Aseton 19,5 dyne/cm).	Air, Kloroform, dan Aseton
2.	Yasir dkk., 2019	Studi Sistem Pengukuran <i>Surface Tension</i> Menggunakan Metode Cincin <i>Du Nouy</i>	Metode Cincin <i>Du Nouy</i> (<i>Du Nouy Ring Method</i>)	Menghasilkan nilai tegangan permukaan dari gaya maksimum pada cincin. Hasil sesuai nilai referensi dengan akurasi 90,79% dan rentang ukur 22,50–72,64 mN/m	Larutan <i>methanol</i> – air dan Larutan PVA (<i>Polivinil Alkohol</i>) – air
3.	Sudersan dkk., 2023	<i>Method to Measure Surface Tension of Microdroplets Using Standard AFM Cantilever Tips</i>	<i>Microdroplet Berbasis AFM (Atomic Force Microscopy)</i> dengan pembanding Metode Pelat Wilhelmy/ <i>Wilhelmy Plate Method</i>	Metode AFM dengan ujung standar ini mampu mengukur tegangan permukaan mikro-droplet dengan kesalahan maksimal hanya <5% untuk minyak mineral dan larutan ionik dan <9% untuk gliserol dibandingkan metode makroskopis (<i>Wilhelmy plate</i>).	Minyak mineral, gliserol, dan larutan ionik

4.	Ali dkk., 2022	<i>Determining The Surface Tension Of A Liquid and The Drop Comparison Method</i>	Metode Tetes (Drop Method) yang dilanjutkan Metode Perbandingan (Drop Comparison Method)	Diperoleh hasil % beda sebesar 1,96% dengan ketidakpastian mutlak 1,68 dyne/cm dan Kesalahan relatif sebesar 2% oleh karena itu percobaan valid.	<i>Aquades</i> (air suling) dan Gliserin
5.	Benedetto dkk., 2015	<i>Critical Assessment of the Surface Tension Determined by the Maximum Pressure Bubble Method</i>	<i>Maximum Pressure Bubble Method</i> (MPBM)	Penelitian ini menghasilkan 0.07296 J/m ² untuk air (kesalahan 1.7%) dan 0.02532 J/m ² untuk ethanol 96% (kesalahan 1.8%). Glycerol, ethylene glycol, dan acetone masing-masing memiliki nilai 0.0659, 0.0467, dan 0.0223 J/m ² . Penerapan faktor koreksi β meningkatkan akurasi secara signifikan, menjadikan MPBM sebagai metode yang efektif untuk pengukuran tegangan permukaan berbagai cairan.	<i>Aquadest</i> , <i>Ethanol</i> 90%, <i>Glycerol</i> , <i>Ethylene Glycol</i> , <i>Acetone</i>

Metode Kenaikan Kapiler seperti yang digunakan oleh Adhikari dkk. (2023) bekerja berdasarkan fenomena kapilaritas, yakni kenaikan permukaan cairan dalam tabung kapiler akibat interaksi antara molekul cairan dan dinding tabung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air memiliki tegangan permukaan tertinggi, disusul kloroform dan aseton, dengan nilai eksperimen yang mendekati literatur standar. Keunggulan metode ini terletak pada kemudahan penggunaan serta peralatannya yang sederhana dan murah. Namun, akurasinya dipengaruhi oleh kebersihan dan ukuran tabung, serta hanya cocok untuk cairan dengan meniskus yang jelas (Adhikari dkk., 2023).

Metode Cincin Du Nouy yang dijelaskan oleh Yasir dkk. (2019) mengukur gaya maksimum untuk menarik cincin platina dari permukaan cairan. Hasil penelitian menunjukkan akurasi mencapai 90,79% dengan rentang pengukuran 22,50–72,64 mN/m, menandakan bahwa metode ini sangat sesuai untuk berbagai sampel cairan seperti campuran metanol–air dan PVA–air. Keunggulan metode ini adalah hasilnya stabil dan relatif akurat,

meskipun peralatan yang digunakan lebih mahal dan memerlukan kalibrasi serta perawatan rutin agar cincin terbebas dari kontaminasi (Yasir dkk., 2019).

Metode AFM (*Atomic Force Microscopy*) *Microdroplet* yang dilaporkan oleh Sudersan dkk. (2023) menawarkan pendekatan modern dengan menggunakan cantilever AFM untuk mengukur tegangan permukaan tetesan mikro. Metode ini menghasilkan tingkat akurasi yang sangat tinggi dengan kesalahan kurang dari 5% pada minyak mineral dan larutan ionik serta kurang dari 9% untuk gliserol. Keunggulan metode ini adalah kemampuannya mengukur volume sampel yang sangat kecil, yang tidak dapat diukur dengan metode makroskopis. Namun, kompleksitas operasional dan biaya peralatan menjadikannya kurang sesuai untuk laboratorium pendidikan dasar (Sudersan dkk., 2023).

Metode Tetes dan Perbandingan Tetes yang digunakan oleh Ali dkk. (2022) merupakan metode sederhana yang banyak digunakan karena peralatannya umum dijumpai di laboratorium. Hasil pengukuran tegangan permukaan

pada aquades dan gliserin menunjukkan persentase kesalahan hanya 1,96% dengan ketidakpastian mutlak 1,68 dyne/cm. Validitas ini menunjukkan bahwa meskipun sederhana, metode ini dapat memberikan hasil yang baik. Namun demikian, hasil sangat bergantung pada kondisi lingkungan seperti suhu, bentuk ujung alat, serta kestabilan pembentukan tetesan (Ali dkk.,2022).

Metode *Maximum Pressure Bubble* (MPBM) seperti yang dikaji oleh Benedetto dkk. (2015) menggunakan prinsip tekanan maksimum dalam pembentukan gelembung pada ujung kapiler untuk mengukur tegangan permukaan. Penelitian menunjukkan hasil sangat akurat dengan kesalahan rendah, seperti 1,7% untuk air dan 1,8% untuk etanol. Dengan penerapan faktor koreksi tertentu, akurasi metode ini meningkat secara signifikan. Namun, metode ini memerlukan peralatan yang lebih canggih dan sistem pengaturan tekanan yang stabil, sehingga lebih cocok untuk penelitian lanjutan atau penggunaan industri (Benedetto dkk., 2015).

Tegangan permukaan suatu cairan kemudian dipengaruhi oleh

beberapa faktor seperti suhu, jenis zat terlarut, keberadaan surfaktan, jenis cairan, serta konsentrasi solut. Peningkatan suhu menurunkan tegangan permukaan karena energi kinetik molekul meningkat sehingga gaya kohesi melemah, sebagaimana pada air yang menurun dari 0,076 N/m pada 0°C menjadi 0,059 N/m pada 100°C. Zat terlarut tertentu dapat meningkatkan viskositas dan tegangan permukaan, namun solut yang membentuk lapisan monomolekuler di permukaan terutama surfaktan justru menurunkannya secara signifikan. Surfaktan sendiri bersifat aktif permukaan dan berkumpul di antarmuka sehingga mengurangi gaya kohesi antar molekul. Jenis cairan juga berperan, di mana cairan dengan gaya tarik antarmolekul kuat seperti air memiliki tegangan permukaan tinggi, sedangkan bensin lebih rendah. Selain itu, konsentrasi solut menentukan apakah tegangan permukaan akan meningkat atau menurun: solut yang lebih banyak teradsorpsi di permukaan menurunkan tegangan permukaan, sedangkan solut yang terdispersi di dalam cairan dapat meningkatkannya (Yulianto dkk., 2016).

Berdasarkan beberapa metode uji tegangan permukaan dalam zat cair, metode Cincin *Du Nouy* dan metode tetes/perbandingan tetes muncul sebagai metode yang paling seimbang dari segi akurasi, kepraktisan, dan biaya operasional. Metode MPBM menawarkan akurasi tertinggi namun membutuhkan alat khusus, sementara Metode Kapiler tetap relevan sebagai metode sederhana untuk cairan murni. Metode AFM merupakan pilihan terbaik untuk pengukuran tegangan permukaan mikro-droplet, meskipun biayanya tinggi dan penggunaannya lebih kompleks. Kombinasi metode klasik dan modern berpotensi meningkatkan kualitas pengukuran dalam penelitian selanjutnya.

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil review berbagai metode uji tegangan permukaan pada zat cair, dapat disimpulkan bahwa setiap teknik memiliki prinsip kerja, keunggulan, dan keterbatasan yang berbeda sehingga pemilihannya harus disesuaikan dengan karakteristik sampel dan tujuan analisis. Metode *Du Noüy Ring* dan *Wilhelmy Plate* unggul dalam akurasi untuk zat cair

homogen, sementara metode pendant drop dan sessile drop menawarkan fleksibilitas lebih dalam mempelajari pengaruh komposisi dan antarmuka. Adapun metode stalagmometer tetap relevan sebagai teknik sederhana berbasis perhitungan jumlah tetesan, meskipun kurang presisi untuk sistem kompleks seperti emulsi. Secara keseluruhan, pemahaman komprehensif mengenai prinsip fisika interfacial dan validasi metode sangat penting agar hasil pengukuran tegangan permukaan dapat diinterpretasikan dengan tepat dan digunakan untuk mendukung pengembangan formulasi farmasi maupun rekayasa bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, D. R., Budha, T. B., Basnet, A., Adhikari, S. K., & Baral, S. P. (2023). Surface Tension of Liquids (Water, Chloroform and Acetone) by Capillary Rise Method. *BMC Journal of Scientific Research*, 6(1), 31-36.
- Ali, M., Ikbali, M. S., & Jusman. (2022). Determining the surface tension of a liquid and the drop comparison method. *JF (Jurnal Pendidikan Fisika)*, 11(1), 143-150.
- Benedetto, F. E., Zolotuchin, H., & Prado, M. O. (2015). Critical assessment of the surface tension

- determined by the maximum pressure bubble method. *Materials Research*, 18, 9-14.
- Sudersan, P., Muller, M., Hormozi, M., Li, S., Butt, H.-J., & Kappl, M. (2023). Method to Measure Surface Tension of Microdroplets Using Standard AFM Cantilever Tips. *Langmuir*, 39, 10367-10374.
- Yasir, Fathona, I. W., & Suhendi, A. (2019). Studi sistem pengukuran surface tension menggunakan metode cincin du Nouy. *e-Proceeding of Engineering*, 6(3), 10324-10331.
- Yulianto, E., Rofingah, J., Finda, A., & Hakim, F. N. (2016). Menentukan Tegangan Permukaan Zat Cair. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 2(2), 176-186.
- Zega, B., & Gea, G. A. P. (2025). Analisis Pengaruh Tegangan Permukaan Pada Sistem Mikrofluida. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 2(3), 37-44.