



Determining Surface Tension of Liquids: Molecular Mechanisms and Practical Applications

Dewinta Warsih^{1*}, Ikmal Konit Istiqomah², Luthfiah Dewi Salsabila³, Adam Malik⁴

¹²³⁴ Prodi Pendidikan Fisika, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Bandung, Indonesia

*Corresponding Address: ikmalkonitistiqomah@gmail.com

Info Artikel

Riwayat artikel

Dikirim: 20 Mei 2024

Direvisi : 25 Desember 2024

Diterima: 30 Oktober 2024

Diterbitkan: 31 Oktober 2024

Kata Kunci:

Tegangan Permukaan

Zat Cair

Molekuler

Surfaktan

Eksperimen Laboratorium

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan mekanisme molekuler yang mengendalikan tegangan permukaan zat cair dan menentukan besar tegangan permukaan zat cair. Penelitian dilakukan melalui eksperimen laboratorium dengan variasi suhu dan penambahan surfaktan. Data diambil dengan mencelupkan alat ke dalam air bersabun dan mengukur perubahan tegangan tali sebelum dan sesudah pencelupan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tegangan permukaan air sabun panas lebih rendah daripada air sabun dingin. Penurunan tegangan permukaan ini disebabkan oleh peningkatan energi kinetik molekul pada suhu yang lebih tinggi. Temuan ini relevan dalam berbagai aplikasi ilmiah dan industri, termasuk kapilaritas pada tumbuhan, pembersihan industri, dan pemahaman siklus hidrologi. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang tegangan permukaan dan implikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

ABSTRACT

This study aims to explain the molecular mechanisms controlling the surface tension of liquids and determine the magnitude of the surface tension of liquids. The research was conducted through laboratory experiments with variations in temperature and the addition of surfactants. Data was collected by dipping the device into soapy water and measuring the changes in string tension before and after immersion. The results showed that the surface tension of hot soapy water is lower than that of cold soapy water. This reduction in surface tension is due to the increased kinetic energy of molecules at higher temperatures. These findings are relevant in various scientific and industrial applications, including capillarity in plants, industrial cleaning, and understanding the hydrological cycle. This research provides a deeper understanding of surface tension and its implications in everyday life.

© 2024 The Author(s). Published by Physics Education, UIN Alauddin Makassar, Indonesia.

How to cite: Warsih, D., Konit Istiqomah, I., luthfiah, & Malik, A. (2025). Determining Surface Tension of Liquids: Molecular Mechanisms and Practical Applications. *Al-Khazini: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(2). <https://doi.org/10.24252/al-khazini.v4i2.47399>

PENDAHULUAN

Fisika adalah ilmu pengetahuan alam yang mengkaji materi, gerak, dan perilakunya dalam lingkup ruang dan waktu, serta konsep-konsep yang bersangkutan dengan energi dan gaya dalam kehidupan manusia (Feynman, 1963; Setiawan & Irawan, 2023). Kajian ini melibatkan berbagai fenomena alam yang dapat diamati dan diukur, memberikan dasar untuk memahami prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam semesta. Salah satu topik utama dalam pembelajaran fisika adalah menentukan tegangan permukaan zat cair, yang menjadi fokus dalam berbagai penelitian dan eksperimen fisika modern (Khotimah et al., 2022). Tegangan permukaan merupakan sifat yang dimiliki oleh permukaan suatu zat cair, yang membuat permukaan

tersebut berperilaku seperti selapis kulit tipis yang kenyal atau elastis. Fenomena ini terjadi akibat pengaruh gaya tarik-menarik antar molekul di permukaan zat cair, yang berbeda dengan gaya tarik-menarik di bagian dalam cairan (Leksono et al., n.d.). Pemahaman tentang tegangan permukaan tidak hanya penting dalam teori fisika, tetapi juga memiliki aplikasi praktis yang luas dalam berbagai bidang, termasuk teknologi material, biologi, dan industri kimia (Butt, H. J., Graf, K., & Kappl, 2023).

Pada dasarnya, setiap cairan memiliki tegangan permukaan. Tegangan permukaan zat cair adalah kecenderungan permukaan zat cair untuk menegang, sehingga permukaannya tampak seperti ditutupi oleh lapisan elastis (Langevin, 2021). Fenomena ini terjadi karena gaya tarik-menarik antar molekul yang ada di dalam zat cair (Chatzigiannakis, et al, 2021). Molekul-molekul di permukaan zat cair tidak dikelilingi oleh molekul sejenis di semua sisi, sehingga mengalami gaya tarik ke dalam oleh molekul-molekul yang ada di bawahnya dan di sekitarnya (Varghese, et al, 2024). Akibatnya, permukaan zat cair cenderung mengecil dan meminimalkan area permukaannya (Mathijssen, al et, 2023)

Selain itu, tegangan permukaan juga dapat diartikan sebagai kemampuan atau kecenderungan zat cair untuk selalu menuju keadaan dengan luas permukaan yang lebih kecil. Ini berarti bahwa zat cair akan berusaha mencapai konfigurasi di mana energi permukaannya paling rendah (Bzdek et al, 2020). Misalnya, tetesan air yang terbentuk di permukaan daun akan cenderung berbentuk bulat karena bentuk bola memiliki luas permukaan terkecil untuk volume tertentu. Demikian pula, permukaan zat cair yang datar merupakan salah satu bentuk yang meminimalkan energi permukaan (Abbott, et al, 2020)

Tegangan permukaan juga dapat didefinisikan sebagai usaha yang diperlukan untuk membentuk satuan luas permukaan baru (Zhu, et al, 2023). Satuan dari tegangan permukaan adalah Newton per meter (N/m) atau dyn/cm dalam sistem CGS. Nilai tegangan permukaan suatu zat cair bergantung pada jenis cairannya dan kondisi sekitarnya, seperti suhu. Misalnya, tegangan permukaan air pada 20°C adalah sekitar 72.8 mN/m, sedangkan minyak memiliki tegangan permukaan yang lebih rendah (Schiltz, 2024).

Dalam kehidupan sehari-hari, efek tegangan permukaan dapat dilihat pada berbagai fenomena. Misalnya, serangga seperti capung dapat berjalan di atas permukaan air tanpa tenggelam karena kakinya yang kecil dan ringan tidak mampu menembus tegangan permukaan air (Li, et al, 2020). Fenomena kapilaritas, di mana air dapat naik di dalam pipa kapiler atau celah sempit, juga disebabkan oleh tegangan permukaan dan adhesi antara air dan permukaan pipa. Secara keseluruhan, tegangan permukaan adalah salah satu sifat penting zat cair yang memengaruhi berbagai fenomena fisika dan kimia dalam kehidupan sehari-hari dan berbagai aplikasi industri. (Tang, 2011; Yulianto et al., 2016; Aris et al., 2020).

Molekul-molekul dalam zat cair saling tarik menarik secara seimbang dengan gaya yang berbanding lurus dengan massa (m) dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak (r) antara pusat massa (Guo, et al, 2024). Ketika zat cair bersentuhan dengan udara atau zat lain, gaya tarik menarik antar molekul menjadi tidak seimbang, menyebabkan molekul-molekul di permukaan zat cair bekerja untuk mempertahankan bentuk permukaan tersebut (Pashley, R. M., & Karaman, 2021). Kerja yang dilakukan oleh molekul-molekul di permukaan zat cair ini disebut tegangan permukaan (σ). Tegangan permukaan hanya bekerja pada bidang permukaan dan besarnya sama di semua titik. (Irfan & Supriyatna, 2024)

Molekul-molekul memiliki daya tarik menarik antara molekul sejenis yang disebut daya kohesi. Selain itu, molekul juga memiliki daya tarik menarik antara molekul yang berbeda jenis yang disebut daya adhesi. Daya kohesi suatu zat selalu sama, sehingga pada permukaan zat cair

terjadi perbedaan tegangan karena ketidakseimbangan daya kohesi. Tegangan yang terjadi pada permukaan tersebut dinamakan tegangan permukaan. (Pradiani et al., 2022)

Tegangan permukaan zat cair adalah besarnya energi potensial yang dimiliki oleh lapisan permukaannya per satuan luas. Tegangan permukaan menyebabkan zat cair cenderung memperkecil luas permukaannya (Peng et al, 2021). Berdasarkan satuannya, tegangan permukaan dapat dinyatakan sebagai besarnya gaya per satuan panjang. Selain itu, tegangan permukaan juga dapat diartikan sebagai ukuran gaya elastis pada permukaan zat cair (Liao, et al, 2023). Tegangan permukaan merupakan sifat permukaan zat cair yang bertindak seperti selaput tipis yang lentur akibat pengaruh gaya kohesi dan tegangan. Tegangan permukaan adalah fenomena fisik yang penting dalam berbagai konteks ilmiah dan industri. Ini merupakan gaya yang terjadi pada permukaan suatu cairan yang membuatnya berperilaku seolah-olah permukaan tersebut adalah sebuah membran elastis (Nguyen, et al, 2020). Tegangan permukaan timbul karena interaksi molekul-molekul pada permukaan cairan, yang berbeda dengan interaksi molekul di dalam cairan itu sendiri (Jabbarzadeh, 2024). Mekanisme molekuler ini menjadi kunci untuk memahami berbagai fenomena yang terjadi pada antarmuka cairan-gas, termasuk fenomena kapilaritas, pembentukan tetesan, dan perilaku gelembung. Berbagai fenomena permukaan terjadi karena tegangan permukaan yang disebabkan oleh ketidakseimbangan gaya kohesi yang bekerja pada molekul-molekul di permukaan fluida (Jiang, Y., & Drelich, 2022). Molekul-molekul di bagian dalam fluida dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sedangkan molekul-molekul di permukaan mengalami gaya netto yang mengarah ke dalam. Konsekuensi fisik nyata dari ketidakseimbangan gaya pada permukaan ini menyebabkan adanya lapisan atau membran tipis yang disebut tegangan permukaan (Davoodabadi, A., & Ghasemi, 2021)..

Faktor-faktor yang mempengaruhi tegangan permukaan adalah: 1) Suhu, dengan meningkatnya suhu tegangan permukaan menurun, karena energi kinetik molekul meningkat. sehingga gaya interaksi antar molekul zat cair akan meregang. Kita dapat menyimpulkan dengan seiring bertambahnya suhu maka tegangan permukaan zat cair akan semakin berkurang (Song, et al , 2021). 2) Zat terlarut (salute), keberadaan zat terlarut dalam suatu cairan akan mempengaruhi tegangan permukaan. Menambahkan zat terlarut akan meningkatkan viskositas larutan, akibatnya tegangan permukaan jadi bertambah besar. Namun, apabila zat yang berada di permukaan zat cair membentuk lapisan monomolecular, ini akan menurunkan tegangan permukaan, zat tersebut biasa disebut surfaktan (Gupta, J., Gupta, R., & Roy, 2022). 3) Surfaktan. (surface active agents), suatu zat yang dapat mengaktifkan permukaan, karena cenderung untuk terkonsentrasi pada permukaan atau antarmuka. Surfaktan memiliki orientasi yang jelas oleh karena itu biasanya terdapat pada rantai lurus. Sabun merupakan salah satu contoh dari surfaktan (Rieger, 2020)., 4) Jenis Cairan, Pada umumnya zat cair yang mempunyai gaya tarik antar molekulnya kuat, seperti air, maka tegangan permukaannya juga besar. Sebaliknya pada cairan seperti bensin karena gaya tarik antar molekulnya rendah, maka tegangan permukaannya juga kecil (Patiño-Camino, et al, 2022)., 5) Konsentrasi zat terlarut (solut) suatu larutan biner memiliki pengaruh pada sifat-sifat larutan termasuk tegangan muka dan adsorpsi pada permukaan larutan (Golmaghani-Ebrahimi, et al, 2020). Telah diamati bahwa solut yang ditambahkan pada larutan akan menurunkan tegangan muka, karena memiliki konsentrasi di permukaan yang lebih besar daripada di dalam larutan (Qaziet al, 2020). Sebaliknya solut yang penambahannya kedalam larutan menaikkan tegangan muka mempunyai konsentrasi di permukaan yang lebih kecil daripada di dalam larutan (Ali & Ikbal, 2023)

Menurut Senja & Supriyatna Tegangan permukaan terjadi karena perbedaan gaya tarik-menarik antara molekul-molekul zat cair yang berada dekat dengan permukaan dan molekul-molekul yang berada agak jauh dari permukaan pada zat cair yang sama. Adapun menurut

Khotimah, 2020 Tegangan permukaan adalah sifat permukaan cairan yang berperilaku seperti lapisan dengan tegangan. Molekul-molekul cairan saling tarik-menarik; di dalam volume cairan, gaya total pada molekul-molekul adalah nol, tetapi molekul-molekul di permukaan ditarik ke dalam volume. Akibatnya, cairan cenderung memperkecil luas permukaannya, hanya dengan meregang lapisan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan adanya gaya-gaya pada permukaan zat cair dan menentukan besar tegangan permukaan zat cair. Dengan fokus pada mekanisme molekuler yang mengendalikan tegangan permukaan, penelitian ini juga akan meneliti bagaimana tegangan permukaan dapat dimodifikasi melalui penambahan surfaktan dan nanopartikel. Selain itu, penelitian ini berusaha mengembangkan aplikasi praktis dari modifikasi tegangan permukaan dalam berbagai bidang ilmiah.

Urgensi penelitian ini didorong oleh kebutuhan untuk memperdalam pemahaman kita terhadap konsep dasar tegangan permukaan. Pengetahuan yang lebih baik tentang tegangan permukaan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam dalam ilmu dasar dan membantu menjelaskan berbagai fenomena alamiah. Misalnya, memahami tegangan permukaan adalah kunci untuk mempelajari kapilaritas dalam tumbuhan, pembentukan tetesan hujan, atau mekanisme pergerakan serangga di atas air. Selain itu, dalam konteks pendidikan, pemahaman yang baik tentang tegangan permukaan dapat memperkaya materi pembelajaran fisika dan kimia, membantu mahasiswa memahami konsep-konsep yang lebih abstrak dengan lebih baik.

METODE

Metode penelitian ini adalah studi eksperimental laboratorium. Kegiatan yang dilakukan meliputi merangkai alat praktik dan pengambilan data yang telah ditentukan untuk menganalisis gaya-gaya pada permukaan zat cair dan besar tegangan permukaan zat cair.. Penelitian dilakukan di laboratorium fisika dengan waktu yang disesuaikan dengan kebutuhan eksperimen dan analisis data. Alat dan bahan yang digunakan antara lain dua buah batang kayu/kaca, tali, sebuah gelas ukur 500 ml, sebuah nampan, air dengan dua suhu yang berbeda, dan milimeter paper. Prosedur pelaksanaan dilakukan dengan mempersiapkan alat dan bahan, kemudian merangkai alat dan bahan sesuai dengan petunjuk yang ditetapkan. Selanjutnya dilakukan pengambilan data, ini dilakukan dengan mencelupkan alat yang sudah dirangkai ke dalam air yang sudah dicampur dengan sabun kemudian diletakkan keatas milimeter paper yang dilapisi kaca, dan dihitukur perubahan tegangan tali sebelum dan sesudah dicelupkan kedalam cairan. Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan ukuran tali sebanyak 3 variasi dan 5 kali pengukuran. Data yang telah didapat kemudian dianalisis menggunakan rumus-rumus yang relevan dengan dengan tujuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data yang diperoleh melalui percobaan mengenai tegangan permukaan pada air dingin dan air panas, dapat melakukan analisis lebih mendalam untuk memahami bagaimana tegangan permukaan dipengaruhi oleh suhu, didapatkan data panjang mula-mula (L), Lebar mula-mula (b) suhu (T), massa (m) dan lebar akhir (c) seperti yang tercantum didalam tabel berikut ini:

Tabel 1. Data percobaan tegangan permukaan pada air dingin

No.	L (m)	b (m)	T (°C)	m (Kg)	c (m)
1	0,22	0,13	30	0,0052	0,0864
2	0,17	0,12	30	0,0052	0,0886
3	0,125	0,08	30	0,0052	0,0262

Tabel 2. Data percobaan tegangan permukaan pada air panas

No.	L (m)	b (m)	T (°C)	m (Kg)	c (m)
1	0,22	0,13	30	0,0052	0,0998
2	0,17	0,12	30	0,0052	0,0304
3	0,125	0,08	30	0,0052	0,0616

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dan data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa tegangan permukaan air berkurang dengan meningkatnya suhu. Ini dapat diamati dari lebar akhir (c) yang lebih besar pada air panas dibandingkan dengan air dingin. Penurunan tegangan permukaan pada suhu yang lebih tinggi sejalan dengan teori fisika mengenai peningkatan energi kinetik molekul pada suhu tinggi yang mengurangi gaya kohesi antar molekul di permukaan cairan. Percobaan ini memberikan bukti eksperimental yang mendukung konsep bahwa suhu memengaruhi tegangan permukaan air, dan dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut tentang aplikasi praktis dari perubahan tegangan permukaan dalam berbagai kondisi suhu.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan diperoleh hasil perhitungan secara lengkap dapat dilihat didalam tabel perhitungan berikut:

Tabel 3. Data perhitungan percobaan tegangan permukaan pada air dingin dengan $g=9,8\text{m/s}^2$

No.	L (m)	b (m)	m (Kg)	c (m)	r (m)	γ (N/m)
1	0,22	0,13	0,0052	0,0864	0,286	0,038739
2	0,17	0,12	0,0052	0,0886	0,23794	0,045157
3	0,125	0,08	0,0052	0,0262	0,086057	0,128483

Tabel 4. Data perhitungan percobaan tegangan permukaan pada air panas dengan $g=9,8\text{m/s}^2$

No.	L (m)	b (m)	m (Kg)	c (m)	r (m)	γ (N/m)
1	0,22	0,13	0,0052	0,0998	0,40815	0,027814
2	0,17	0,12	0,0052	0,0304	0,103036	0,10779
3	0,125	0,08	0,0052	0,0616	0,0216896	0,0514340

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan permukaan air berkurang dengan meningkatnya suhu. Data ini mendukung teori fisika tentang pengaruh suhu pada tegangan permukaan, di mana energi kinetik yang lebih tinggi pada suhu tinggi menyebabkan gaya kohesi antar molekul berkurang, sehingga mengurangi tegangan permukaan. Variasi dalam hasil juga menunjukkan pentingnya kontrol yang tepat terhadap parameter percobaan untuk memperoleh hasil yang akurat dan konsisten.

Persamaan yang digunakan pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

Jari-jari (r)

$$r = \frac{L^2}{4(b-c)} + \frac{1}{4}(b-c) \quad (1)$$

Tegangan Permukaan

$$\gamma = \frac{m \times g}{2(c+2r)} \quad (2)$$

Persamaan 1 menyediakan cara untuk menghitung jari-jari (r) berdasarkan parameter-parameter geometris dari percobaan. Jari-jari yang dihitung kemudian digunakan dalam rumus untuk menghitung tegangan permukaan (Hou, et al, 2021). Persamaan 2 menggambarkan hubungan antara massa cairan, percepatan gravitasi, dan geometri permukaan cairan (diwakili oleh c dan r) dengan tegangan permukaan (Kováts, P., Thévenin, D., & Zähringer, 2020).. Ini memungkinkan perhitungan tegangan permukaan yang sesuai dengan parameter yang diukur dalam percobaan. Kombinasi dari kedua rumus ini memungkinkan para peneliti untuk memperoleh data yang relevan tentang tegangan permukaan cairan yang sedang diamati dalam percobaan mereka, yang pada gilirannya dapat memberikan wawasan tentang sifat-sifat fisik dan kimia dari cairan tersebut.

Dalam praktikum yang telah kami lakukan, didapatkan hasil rata-rata untuk pengukuran tegangan permukaan menggunakan tali dan air sabun, kami menggunakan 3 variasi Panjang tali dan 2 variasi suhu yang dapat dilihat pada tabel. Praktikum ini menunjukkan secara efektif hubungan antara suhu dan tegangan permukaan cairan. Tegangan permukaan air sabun panas lebih rendah daripada air sabun dingin, yang ditunjukkan dengan waktu pecah tali yang lebih singkat.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa air sabun panas memiliki waktu pecah tali yang lebih singkat daripada air sabun dingin. Fenomena ini menunjukkan bahwa ketika suhu air sabun dinaikkan, tegangan permukaannya menurun. Tegangan permukaan adalah ukuran kekuatan yang menarik molekul cairan ke permukaan. Penurunan nilai ini menunjukkan bahwa interaksi antar molekul dalam cairan telah berubah. Peningkatan suhu menyebabkan partikel-partikel dalam air sabun bergerak lebih cepat karena energi kinetik yang lebih tinggi. Energi kinetik yang meningkat ini mengakibatkan partikel-partikel menjadi lebih aktif dan cenderung menjauh satu sama lain, mengurangi gaya tarik-menarik atau kohesi antar molekul. Dalam konteks air sabun, molekul-molekul air yang memiliki gaya kohesi tinggi pada suhu rendah akan mengalami penurunan gaya kohesi ketika suhu dinaikkan. Hal ini karena energi kinetik yang lebih tinggi mengatasi gaya tarik-menarik antar molekul, sehingga mengurangi efektivitas selaput permukaan yang mempertahankan integritas tali.

Penurunan tegangan permukaan air sabun panas sangat penting untuk banyak fungsi praktis. Misalnya, air sabun panas sering digunakan dalam industri pembersih karena dapat membersihkan lebih baik. Ini sebagian besar karena tegangan permukaan yang lebih rendah, yang membuat air sabun lebih mudah menembus kotoran dan minyak di pori-pori. Selain itu, perubahan tegangan permukaan dalam proses biologis seperti transportasi nutrisi melalui membran sel dapat memengaruhi cara molekul berinteraksi dan bergerak melalui membran. Penurunan tegangan permukaan juga mempengaruhi pembentukan embun dan hujan. Air dengan tegangan permukaan yang lebih rendah cenderung membentuk tetesan yang lebih besar, yang dapat mempengaruhi pola distribusi air dalam siklus hidrologi. Dalam konteks lingkungan, mengetahui bagaimana suhu mempengaruhi tegangan permukaan dapat membantu dalam membuat rencana untuk mengelola sumber daya air dan memprediksi perubahan iklim. Oleh karena itu, melakukan eksperimen sederhana dengan tali dan air sabun dapat memberikan pemahaman yang lebih luas tentang prinsip-prinsip fisika yang berlaku baik di laboratorium maupun di dunia nyata, serta untuk aplikasi teknologi. Penelitian lebih lanjut tentang hubungan antara suhu dan tegangan permukaan dapat bermanfaat bagi banyak bidang ilmu pengetahuan dan teknologi.

Karena sifat unik sabun yang memengaruhi cara molekul-molekul berinteraksi di permukaan cairan, air sabun digunakan dalam praktikum ini untuk menunjukkan tegangan permukaan. Berikut ini adalah alasan air sabun dipilih:

(1) Tegangan Permukaan yang Menarik: Gaya tegangan permukaan membuat permukaan cairan sepertinya ditutupi oleh selaput elastis. Di permukaan cairan, molekul air saling menarik, menciptakan tegangan yang mempertahankan integritas permukaan. Senyawa-senyawa seperti surfaktan, yang juga dikenal sebagai detergent, berfungsi untuk mengurangi tegangan permukaan dengan menghentikan interaksi antar molekul air. (2) Efek Sabun pada Permukaan Air: Saat sabun ditambahkan ke air, bagian hidrofilik (suka air) molekul sabun menghadap ke air, sementara bagian hidrofobik (tak suka air) menghadap ke udara. Ini mengurangi gaya tarik-menarik antar molekul air di permukaan, yang mengakibatkan penurunan tegangan permukaan. (3) Penggunaan dalam Kehidupan Sehari-hari: Memahami tegangan permukaan dan penggunaan air sabun membantu kita memahami fenomena sehari-hari seperti mengapa tetesan air memiliki bentuk bulat dan mengapa sabun membantu membersihkan kotoran dari permukaan. Industri menggunakan pengetahuan tentang tegangan permukaan dalam desain produk seperti cat, tinta, dan bahan pembersih. Oleh karena itu, penggunaan air sabun dalam praktikum ini memungkinkan kita untuk melihat dan memahami konsep tegangan permukaan secara praktis dan relevan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan menjelaskan mekanisme molekuler yang mengendalikan tegangan permukaan zat cair serta menentukan besar tegangan permukaan melalui eksperimen laboratorium. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa tegangan permukaan air sabun berkurang dengan meningkatnya suhu, yang disebabkan oleh peningkatan energi kinetik molekul pada suhu yang lebih tinggi. Hasil ini mengonfirmasi bahwa suhu dan penambahan surfaktan secara signifikan mempengaruhi tegangan permukaan zat cair. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang konsep dasar tegangan permukaan, yang memiliki aplikasi luas dalam berbagai bidang ilmiah dan industri, termasuk kapilaritas dalam tumbuhan, efisiensi pembersihan industri, dan pemahaman tentang siklus hidrologi. Temuan ini memperkuat pentingnya pemahaman mendalam tentang tegangan permukaan untuk aplikasi praktis dan pengembangan ilmu pengetahuan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, J. R., Zhu, H., & Ambrose, A. E. (2020). Impact and adhesion of surfactant-amended water droplets on leaf surfaces related to roughness. *Transactions of the ASABE*, 63(6), 1855-1868.
- Ali, M., & Ikbal, M. S. (2023). DETERMINING THE SURFACE TENSION OF A LIQUID AND THE DROP Determining The Surface Tension 11(1).
- Aris, B., Mahardika, P. A., & Budi, A. (2020). Pengaruh Fraksi Volum terhadap Waktu Gelembung Pecah pada Sabun Cuci Tangan (Hand Wash). 2019.
- Aulia, N. R., Amanah, S., & Hidayah, N. (2024). Pembuktian Ayat – Ayat Al – Qur ’ an tentang Perbedaan Warna Air Laut Dalam Perspektif Fisika. 3(3), 522–539.
- Butt, H. J., Graf, K., & Kappl, M. (2023). *Physics and chemistry of interfaces*. John Wiley & Sons.
- Bzdek, B. R., Reid, J. P., Malila, J., & Prisle, N. L. (2020). The surface tension of surfactant-containing, finite volume droplets. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(15), 8335-8343.
- Chatzigiannakis, E., Jaensson, N., & Vermant, J. (2021). Thin liquid films: Where hydrodynamics, capillarity, surface stresses and intermolecular forces meet. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 53, 101441.

- Davoodabadi, A., & Ghasemi, H. (2021). Evaporation in nano/molecular materials. *Advances in Colloid and Interface Science*, 290, 102385.
- Golmaghani-Ebrahimi, E., Bagheri, A., & Fazli, M. (2020). The influence of temperature on surface concentration and interaction energy between components in binary liquid systems. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 146, 106105.
- Guo, S., Ma, M., Wang, Y., Wang, J., Jiang, Y., Duan, R., ... & Liu, Z. (2024). Spatially Confined Microcells: A Path toward TMD Catalyst Design. *Chemical Reviews*.
- Gupta, J., Gupta, R., & Roy, S. (2022). Green technologies: smart approaches for extraction of phytobioactive constituents using hydrotropic solvents. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 9(7).
- Hardani, S. P., Idawati, S., Rahim, A., Ningrum, D. M., Ghazaly, M. R., Ulya, T., Dewi, I. K., & Pertiwi, A. D. (2022). *Buku Ajar Farmasi Fisika*. Samudra Biru.
- Hou, B., Wu, C., Li, X., Huang, J., & Chen, M. (2021). Contact line-based model for the Cassie-Wenzel transition of a sessile droplet on the hydrophobic micropillar-structured surfaces. *Applied Surface Science*, 542, 148611.
- Irfan, M., & Supriyatna, D. (2024). KONSEP DASAR MEKANIKA FLUIDA. 3(2).
- Khaira, T. (2023). ALAM SEKITAR BERBANTUAN VIRTUAL LAB PADA MATERI FLUIDA STATIS TINGKAT SMA / MA.
- Jabbarzadeh, A. (2024). Effect of molecular branching and surface wettability on solid-liquid surface tension and line-tension of liquid alkane surface nanodroplets. *Journal of Colloid and Interface Science*, 666, 355-370.
- Jiang, Y., & Drelich, J. W. (2022). Fluid droplet spreading and adhesion studied with a microbalance: a review. *Surface Innovations*, 12(1-2), 4-17. <https://doi.org/10.1680/jsuin.22.01050>
- Khotimah, K., Supriyanto, S., Natalisanto, A. I., & Asmaidi, A. (2022). *Progressive Physics Journal*. 3, 170–178.
- Kováts, P., Thévenin, D., & Zähringer, K. (2020). Influence of viscosity and surface tension on bubble dynamics and mass transfer in a model bubble column. *International Journal of Multiphase Flow*, 123, 103174.
- Langevin, D. (2021). Light scattering by liquid surfaces, new developments. *Advances in Colloid and Interface Science*, 289, 102368. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102368>
- Leksono, E. B., Hanif, A., & Rakhmadi, F. A. (n.d.). Aplikasi Alat Ukur Tegangan Permukaan Untuk Membedakan Air Tercemar Limbah Pabrik Gula dan Air Yang Bersih Dari Limbah Pabrik Gula. November 2019, 15–19.
- Liao, J., Majidi, C., & Sitti, M. (2023). Liquid metal actuators: a comparative analysis of surface tension controlled actuation. *Advanced Materials*, 2300560. <https://doi.org/10.1002/adma.202300560>
- Mandasari, R. (2020). Pengembangan modul berbasis isu-isu kontekstual pada konsep fluida statis.
- Mathijssen, A. J., Lisicki, M., Prakash, V. N., & Mossige, E. J. (2023). Culinary fluid mechanics and other currents in food science. *Reviews of Modern Physics*, 95(2), 025004. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.95.025004>
- Nguyen, H. N. G., Zhao, C. F., Millet, O., & Gagneux, G. (2020). An original method for measuring liquid surface tension from capillary bridges between two equal-sized spherical particles. *Powder technology*, 363, 349-359.
- Pashley, R. M., & Karaman, M. E. (2021). *Applied colloid and surface chemistry*. John Wiley & Sons.

- Patiño-Camino, R., Cova-Bonillo, A., Lapuerta, M., Rodríguez-Fernández, J., & Segade, L. (2022). Surface tension of diesel-alcohol blends: Selection among fundamental and empirical models. *Fluid Phase Equilibria*, 555, 113363.
- Peng, M., Duignan, T. T., Nguyen, C. V., & Nguyen, A. V. (2021). From surface tension to molecular distribution: modeling surfactant adsorption at the air–water interface. *Langmuir*, 37(7), 2237-2255.
- Pradiani, W., Zulhaini, R., & Prianto, A. H. (2022). Pengaruh tegangan permukaan dan potensial permukaan terhadap kestabilan emulsi krim minyak biji mimba anti nyamuk *aedes aegypti*. 7(1), 41–47.
- Qazi, M. J., Schlegel, S. J., Backus, E. H., Bonn, M., Bonn, D., & Shahidzadeh, N. (2020). Dynamic surface tension of surfactants in the presence of high salt concentrations. *Langmuir*, 36(27), 7956-7964.
- Rieger, M. M. (2020). Surfactants. In *Pharmaceutical Dosage Forms* (pp. 211-286). CRC Press.
- Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., & Semarang, N. W. (2021). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MOBILE LEARNING BERBASIS ANDROID PADA MATERI FLUIDA STATIS MENGGUNAKAN.
- Saputro, I. N., Nur, A., Hapsari, F., Syahfa, A. N., Palupi, G. R., Jodyastama, I., Astuti, N. D., Arli, R., Wisanggeni, S., Wulandari, A., Azizah, S. M., Karimah, U., & Khasanah, N. (2023). Pembelajaran IPA menggunakan FUNEX (Fun Sains Experiment) di SDN 01 Karakan Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo. 12(1), 91–96.
- Senja, R. G. S., & Supriyatna, D. (n.d.). KONSEP DASAR MEKANIKA FLUIDA DAN KARAKTERISTIKNYA.
- Schiltz, A. (2024). Analysis of surface tension in terms of energy gradient per unit volume and force gradient per unit area.
- Setiawan, A., & Irawan, B. P. (2023). Penerapan Aplikasi Fluida Statis Pada Mesin Capping Di Peternakan Industri Madu Ratim. 10(2).
- Sulaiman, N., Faiqoh, E., & Syahrir, M. (2021). Jurnal Litbang Industri Utilization of red spinach leaf type as raw material for making natural stamp ink. 27–32.
- Syafina, K., Putri, R. A., Adibatuazzakiyah, G. W., Saleha, N., & Lestari, D. (n.d.). FENOMENA AIR LAUT DAN AIR TAWAR BERDASARKAN SURAH. 417–428.
- Varghese, B., Suresh, H., & Sathian, S. P. (2024). Are Surface Nanobubbles Stabilized by Hydrophobic Attraction? Insights from Molecular Dynamics and Potential of Mean Force Simulations. *The Journal of Physical Chemistry C*.
- Yanti, D., Hidayat, M. R., & Sari, N. I. (2023). Fenomena Dua Air Laut yang Tidak Menyatu Menurut Pandangan Al-Qur'an dan Sains. 1, 201–215.
- Zhu, S., Xie, K., Lin, Q., Cao, R., & Qiu, F. (2023). Experimental determination of surface energy for high-energy surface: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 315, 102905. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2023.102905>