

PENGARUH PENGECERAN DAN JENIS SIRUP TERHADAP KEKENTALAN DENGAN METODE JATUH BENDA MENGGUNAKAN FALLING BALL METHOD

Berlinda Via Diadara^{*1}, Haryanto²

¹²Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta, Surakarta

¹d500190147@student.ums.ac.id, ²Haryanto@ums.ac.id

Abstrak

Viskositas merupakan parameter fisik penting dalam menentukan mutu produk pangan cair seperti sirup, karena berkaitan langsung dengan konsentrasi padatan terlarut serta stabilitas produk selama penyimpanan. Namun, kajian yang mengombinasikan pengaruh tingkat pengenceran dan variasi jenis sirup komersial terhadap viskositas melalui metode bola jatuh masih relatif terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pengenceran dan jenis sirup terhadap nilai viskositas berdasarkan prinsip Hukum Stokes. Lima jenis sirup komersial (Marjan, Kartika, Sunquic, ABC Squash, dan Freiss) diencerkan pada lima tingkat konsentrasi air (30–70%), kemudian waktu tempuh dan rapat massa diukur menggunakan metode bola jatuh. Hasil menunjukkan bahwa Sirup Kartika memiliki viskositas tertinggi, sedangkan Sunquic terendah, dan peningkatan proporsi air secara konsisten menurunkan waktu tempuh serta rapat massa pada seluruh sampel akibat melemahnya gaya kohesif antarmolekul gula. Data yang diperoleh selaras dengan persamaan gaya Stokes sehingga memvalidasi metode ini sebagai pendekatan sederhana namun akurat. Disarankan penelitian lanjutan mengintegrasikan variabel suhu serta pembandingan viskometer standar guna mendukung pengendalian mutu fisik produk sirup di industri pangan.

Kata kunci: viskositas, pengenceran, jenis sirup, *falling ball method*, Hukum Stokes

Abstract

Viscosity is a critical physical parameter determining the quality of liquid food products such as syrup, as it is closely linked to dissolved solid concentration and product stability during storage. However, studies combining the effects of dilution level and commercial syrup variation on viscosity through the falling ball method remain relatively limited. This study aims to analyze the influence of dilution and syrup type on viscosity values based on Stokes' Law. Five commercial syrup brands (Marjan, Kartika, Sunquic, ABC Squash, and Freiss) were diluted at five water concentration levels (30–70%), with travel time and fluid density measured using the falling ball technique. Results revealed that Kartika syrup exhibited the highest viscosity, while Sunquic showed the lowest, and increasing water proportion consistently reduced both travel time and density across all samples due to weakening intermolecular cohesive forces among sugar molecules. The obtained data were consistent with the Stokes force equation, validating this method as a simple yet accurate approach. Further research integrating temperature variables and standard viscometer comparison is recommended to support physical quality control of syrup products in the food industry.

Keywords: viscosity, dilution, syrup type, falling ball method, Stokes' Law

PENDAHULUAN

Viskositas merupakan sifat fisik fluida yang menggambarkan besarnya gesekan internal antarmolekul cairan sehingga menghambat aliran fluida tersebut. Tingkat kekentalan suatu cairan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain suhu, gaya tarik antarmolekul, serta ukuran dan jumlah

molekul zat terlarut di dalamnya, sehingga viskositas dapat dijadikan indikator kuantitatif untuk menilai karakteristik fisikokimia suatu fluida (Lubis, 2018).

Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk menentukan nilai viskositas adalah metode bola jatuh (*falling ball method*), yang didasarkan pada prinsip

Hukum Stokes melalui pengamatan kecepatan terminal benda bulat saat melewati medium cair. Metode ini terus dikembangkan dalam berbagai konteks penelitian, termasuk perancangan instrumen pengukuran berbasis sensor untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pengamatan waktu tempuh bola dalam fluida uji (Depari et al., 2024).

Sirup, sebagai salah satu produk pangan cair berupa larutan gula pekat, memiliki viskositas yang sangat dipengaruhi oleh konsentrasi padatan terlarut di dalamnya. Semakin tinggi kandungan gula pada suatu produk sirup, semakin besar pula nilai viskositas yang dihasilkan, karena gugus hidroksil pada molekul gula berikatan dengan molekul air melalui ikatan hidrogen sehingga meningkatkan resistensi aliran fluida. Karakteristik ini menjadikan viskositas sebagai salah satu parameter mutu fisik yang penting dalam industri minuman berbasis sirup, di samping atribut sensori seperti rasa dan warna (Saiful & Asnani, 2025).

Ditinjau dari perspektif termodinamika larutan, viskositas suatu cairan tidak hanya ditentukan oleh besarnya gaya tarik antarmolekul, tetapi juga oleh energi yang dibutuhkan molekul untuk saling melewati satu sama lain saat cairan mengalir, yang dikenal sebagai energi aktivasi aliran viskos. Semakin besar konsentrasi zat terlarut dalam suatu larutan, semakin tinggi pula hambatan termodinamis yang harus diatasi molekul pelarut untuk bergerak melewati molekul terlarut, sehingga nilai energi aktivasi alirnya turut meningkat (Yuan et al., 2024). Prinsip ini juga selaras dengan kajian sifat koligatif larutan, yang menunjukkan bahwa peningkatan jumlah partikel zat terlarut dalam suatu pelarut secara termodinamis mengubah keseimbangan energi sistem larutan, sebagaimana teramati pada perubahan titik didih larutan sukrosa akibat variasi konsentrasi (Haryati et al., 2026). Dengan demikian, pendekatan termodinamika memberikan kerangka teoretis tambahan untuk memahami

mengapa perubahan konsentrasi padatan terlarut pada sirup dapat memengaruhi resistensi alirnya secara signifikan.

Pengendalian viskositas juga menjadi perhatian penting pada berbagai produk pangan cair lainnya, tidak terkecuali minuman nabati, karena nilai viskositas yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi dapat menurunkan tingkat penerimaan konsumen serta memengaruhi kestabilan produk selama penyimpanan. Faktor suhu turut berperan signifikan dalam menentukan tingkat kekentalan suatu cairan, di mana kenaikan suhu umumnya melemahkan gaya kohesif antarmolekul sehingga viskositas cenderung menurun (Madliyani et al., 2019). Selain suhu, parameter proses seperti gaya geser mekanis pada tahap pengolahan turut memengaruhi struktur koloid dan nilai viskositas akhir suatu produk pangan cair, sebagaimana dilaporkan pada penelitian mutu minuman berbasis nabati (Maulana, 2026).

Berdasarkan uraian tersebut, kajian mengenai pengaruh tingkat pengenceran dan variasi jenis produk sirup komersial terhadap nilai viskositas melalui pendekatan metode bola jatuh masih relatif terbatas, khususnya yang mengombinasikan variabel pengenceran dan suhu secara simultan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tingkat pengenceran dan jenis produk sirup komersial terhadap nilai viskositas menggunakan metode jatuh benda berdasarkan prinsip Hukum Stokes serta kajian termodinamika larutan, sekaligus memberikan kontribusi data empiris bagi pengendalian mutu fisik produk sirup di industri pangan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tabung viskositas, mikrometer sekrup, stopwatch, neraca analitik, bola pejal berbahan logam dengan tiga variasi ukuran diameter, meteran, dan gelas ukur. Bahan uji yang digunakan berupa lima jenis sirup komersial, yaitu sirup

Marjan, Kartika, Sunquic, ABC Squash, dan Freiss, yang diperoleh dari salah satu pusat perbelanjaan di wilayah Kartasura, Jawa Tengah.

Tahapan Penelitian

Variasi pengenceran dibuat dengan menambahkan akuades ke dalam sirup pada lima tingkat konsentrasi, yaitu 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% air terhadap volume sirup, guna memperoleh gradien viskositas yang representatif untuk setiap jenis sirup semakin tinggi persentase air yang ditambahkan, semakin rendah konsentrasi padatan terlarut dalam larutan. Pengukuran viskositas pada setiap tingkat pengenceran dilakukan dengan menjatuhkan bola pada titik T hingga mencapai kecepatan terminal, kemudian waktu tempuh dicatat pada jarak

tetap sepanjang 40 cm dari titik pelepasan, dengan sepuluh kali pengulangan untuk setiap ukuran bola pada setiap tingkat pengenceran. Setiap pengukuran dilakukan pada suhu ruang yang terkontrol untuk meminimalkan sumber kesalahan seperti gelembung udara, ketidaksimetrian pelepasan bola, serta efek gesekan dinding tabung yang berpotensi memengaruhi akurasi waktu tempuh (Janitra & Setiyawan, 2025).

Metode Analisis Data

Data tingkat pengenceran, waktu tempuh bola, dan rapat massa cairan untuk setiap jenis sirup dicatat menggunakan lembar pengamatan berikut ini.

Tabel 1 Lembar Pengamatan Waktu Tempuh dan Rapat Massa Cairan pada Berbagai Tingkat Pengenceran dan Jenis Sirup Menggunakan Metode Bola Jatuh

Tingkat Pengenceran (% Air)	Kartika (A) t (s)	Kartika ρ (g/mL)	Marjan (B) t (s)	Marjan ρ (g/mL)	Sunquic (C) t (s)	Sunquic ρ (g/mL)	ABC Squash (D) t (s)	ABC Squash ρ (g/mL)	Freiss (E) t (s)	Freiss ρ (g/mL)
30	1,62	1,32	0,71	1,58	0,56	1,27	0,62	1,11	0,61	1,15
40	1,32	1,25	0,67	1,41	0,53	1,20	0,54	1,05	0,57	1,05
50	1,20	1,18	0,60	1,32	0,50	1,12	0,51	0,997	0,56	0,995
60	1,16	1,11	0,56	1,15	0,48	1,08	0,48	0,987	0,49	0,987
70	0,85	1,04	0,45	1,07	0,45	1,01	0,45	0,978	0,47	0,975

Tabel 1 digunakan sebagai instrumen pencatatan data pada setiap tingkat pengenceran untuk kelima jenis sirup selama pengukuran, yang selanjutnya menjadi dasar perhitungan nilai viskositas berdasarkan persamaan Hukum Stokes.

HASIL DAN PEMBAHASAN

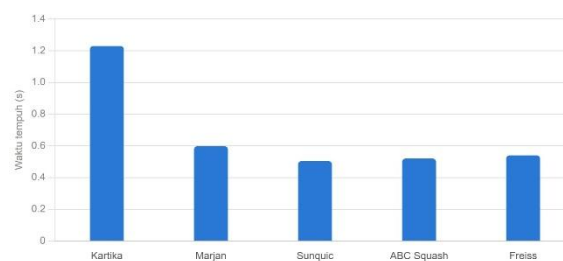
Hasil

Data waktu tempuh dan rapat massa cairan yang diperoleh dari pengukuran metode bola jatuh pada lima jenis sirup komersial dengan lima tingkat pengenceran disajikan pada Tabel 1. Secara umum, kedua parameter tersebut menunjukkan pola yang konsisten pada seluruh jenis sirup, yaitu cenderung menurun seiring meningkatnya persentase air yang ditambahkan dari 30% hingga 70%.

Perbandingan Waktu Tempuh Antarjenis

Sirup

Untuk membandingkan tingkat kekentalan relatif kelima sirup, dihitung rata-rata waktu tempuh bola pada seluruh tingkat pengenceran sebagaimana disajikan pada grafik berikut.



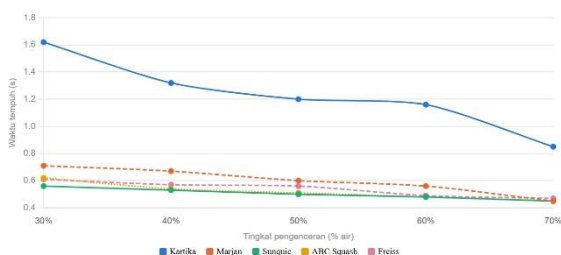
Grafik 1. Rata-rata waktu tempuh bola pada lima jenis sirup komersial.

Berdasarkan grafik tersebut, Sirup Kartika mencatatkan rata-rata waktu tempuh tertinggi (1,23 detik), diikuti oleh Sirup

Freiss (0,54 detik), ABC Squash (0,52 detik), Marjan (0,598 detik), dan Sunquic dengan waktu tempuh terendah (0,504 detik). Merujuk pada prinsip Hukum Stokes, waktu tempuh yang lebih lama mengindikasikan hambatan aliran yang lebih besar, sehingga Sirup Kartika dapat diasumsikan memiliki viskositas relatif paling tinggi, sedangkan Sirup Sunquic memiliki viskositas relatif paling rendah di antara kelima sampel.

Hubungan Tingkat Pengenceran terhadap Waktu Tempuh Bola

Pola perubahan waktu tempuh bola pada setiap tingkat pengenceran untuk kelima jenis sirup ditunjukkan pada grafik berikut ini.

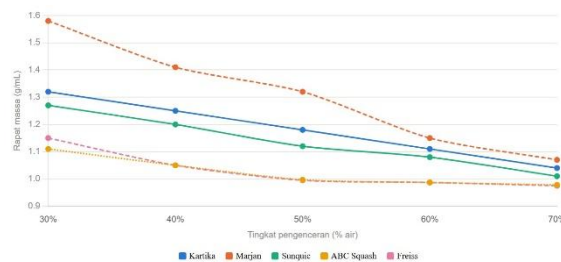


Grafik 2. Hubungan tingkat pengenceran (30–70% air) terhadap waktu tempuh bola pada lima jenis sirup.

Grafik tersebut memperlihatkan tren penurunan waktu tempuh yang konsisten pada seluruh sampel seiring meningkatnya persentase air, dengan Sirup Kartika menunjukkan penurunan paling tajam (dari 1,62 detik menjadi 0,85 detik), sementara keempat sirup lainnya menunjukkan pola penurunan yang relatif lebih landai dan saling berdekatan pada setiap tingkat pengenceran. Pola ini sejalan dengan prinsip bahwa penambahan air menurunkan konsentrasi padatan terlarut sehingga hambatan aliran fluida berkurang.

Hubungan Tingkat Pengenceran terhadap Rapat Massa Cairan

Pola perubahan rapat massa cairan pada kelima jenis sirup turut diamati pada setiap tingkat pengenceran, sebagaimana disajikan pada grafik berikut.



Grafik 3. Hubungan tingkat pengenceran (30–70% air) terhadap rapat massa cairan pada lima jenis sirup.

Sejalan dengan pola waktu tempuh, nilai rapat massa pada seluruh sampel juga menunjukkan kecenderungan menurun terhadap peningkatan persentase air, dengan Sirup Marjan mencatatkan rentang penurunan rapat massa paling besar (dari 1,58 g/mL menjadi 1,07 g/mL), sedangkan ABC Squash dan Freiss menunjukkan rapat massa yang relatif stabil pada kisaran 0,97–1,15 g/mL di seluruh tingkat pengenceran.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa peningkatan persentase air secara konsisten menurunkan waktu tempuh bola dan rapat massa cairan pada kelima jenis sirup, serta memperlihatkan perbedaan karakteristik viskositas yang jelas antarmerek sirup yang diuji, dengan Sirup Kartika sebagai sampel dengan viskositas tertinggi dan Sirup Sunquic sebagai sampel dengan viskositas terendah.

Pembahasan

Pengaruh Jenis Sirup terhadap Nilai Viskositas

Data waktu tempuh dan rapat massa pada Tabel 1 memperlihatkan variasi viskositas yang jelas antarmerek sirup, dengan Sirup Kartika secara konsisten mencatatkan waktu tempuh dan rapat massa tertinggi, sedangkan Sirup Sunquic menunjukkan nilai terendah. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa kelima produk sirup memiliki komposisi padatan terlarut yang tidak seragam meskipun tergolong dalam kategori produk yang sama. Molekul gula pada konsentrasi tinggi membentuk jejaring ikatan hidrogen yang lebih rapat dengan molekul air, sehingga meningkatkan

resistensi internal fluida terhadap pergerakan bola logam (Sukmawati Arifin, 2023). Prinsip ini sejalan dengan kajian mengenai hubungan konsentrasi gula terlarut dan tingkat kekentalan suatu larutan, yang menegaskan bahwa semakin tinggi kandungan gula, semakin besar pula hambatan alir yang dihasilkan (Astuti et al., 2022).

Pengaruh Tingkat Pengenceran terhadap Nilai Viskositas

Grafik 2 dan Grafik 3 menunjukkan pola penurunan waktu tempuh dan rapat massa yang konsisten pada kelima sirup seiring meningkatnya proporsi air dari 30% menjadi 70%. Penambahan air menurunkan konsentrasi molekul gula per satuan volume larutan sehingga jarak antarmolekul menjadi lebih renggang dan gaya kohesif antarmolekulnya melemah, yang pada akhirnya mengurangi hambatan aliran fluida terhadap bola yang dijatuhkan. Sirup Kartika mengalami penurunan waktu tempuh paling tajam karena konsentrasi awal padatan terlarutnya paling tinggi, sehingga ruang penurunan akibat pengenceran jauh lebih besar dibandingkan keempat sirup lainnya. Fenomena penurunan viskositas akibat penambahan komponen air pada produk pangan cair turut dilaporkan pada kajian mengenai pengaruh penambahan bahan berair terhadap parameter fisik produk sejenis (Nugroho & Wijayanti, 2021).

Validasi Data terhadap Prinsip Hukum Stokes

Hubungan antara waktu tempuh dan viskositas yang diamati pada penelitian ini konsisten dengan persamaan gaya Stokes, $F_s = 6\pi\eta rv$, yang menyatakan bahwa gaya hambat berbanding lurus dengan koefisien viskositas fluida. Waktu tempuh yang lebih lama menunjukkan kecepatan terminal bola yang lebih rendah, yang menurut prinsip tersebut berarti gaya hambat fluida terhadap bola lebih besar akibat nilai viskositas yang lebih tinggi. Pola ini juga sejalan dengan prinsip kerja metode bola jatuh yang telah terbukti valid untuk menentukan koefisien kekentalan berbagai jenis fluida melalui

pengukuran waktu tempuh benda pejal dalam medium cair (Laksono, 2022).

Tinjauan Termodinamika terhadap Perilaku Aliran Viskos

Fenomena ini turut dapat dimaknai melalui pendekatan termodinamika aliran viskos, di mana pergerakan molekul fluida melewati satu sama lain memerlukan sejumlah energi tertentu untuk mengatasi hambatan struktural larutan. Pada sirup dengan konsentrasi padatan terlarut tinggi seperti Kartika, molekul pelarut membutuhkan energi aktivasi alir yang lebih besar untuk melintasi jejaring antarmolekul gula-air yang lebih rapat, sehingga pergerakan bola logam di dalamnya menjadi lebih lambat. Sebaliknya, proses pengenceran menurunkan konsentrasi zat terlarut sehingga energi aktivasi yang dibutuhkan untuk aliran viskos ikut berkurang, yang menjelaskan penurunan waktu tempuh bola secara konsisten pada seluruh sampel (Yuan et al., 2024). Interpretasi termodinamika ini memperkuat penjelasan kimia fisik yang telah dikemukakan sebelumnya, sekaligus menegaskan bahwa viskositas bukan semata fenomena mekanis, melainkan juga cerminan dari keseimbangan energi molekuler dalam sistem larutan.

Implikasi bagi Pengendalian Mutu Fisik Produk Sirup di Industri Pangan

Perbedaan viskositas antar merek dan antartingkat pengenceran yang diperoleh dalam penelitian ini memiliki relevansi praktis bagi industri pangan, khususnya dalam menjaga konsistensi tekstur produk sirup selama proses produksi maupun penyajian kepada konsumen. Data empiris mengenai hubungan konsentrasi padatan terlarut dengan nilai viskositas dapat dijadikan salah satu acuan pengendalian mutu fisik guna mempertahankan stabilitas produk selama penyimpanan. Karakterisasi fisikokimia serupa lazim digunakan sebagai parameter kontrol mutu pada berbagai produk minuman komersial untuk memastikan konsistensi tekstur dan tingkat penerimaan konsumen (Asnia et al., 2024).

Kajian mengenai pengaruh konsentrasi bahan terlarut terhadap sifat fisikokimia produk pangan cair turut memperkuat relevansi temuan ini sebagai dasar optimalisasi formulasi produk sejenis (Herlinawati et al., 2022). Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi data dasar yang dapat diaplikasikan dalam optimalisasi formulasi maupun proses pengenceran produk sirup pada skala industri.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengungkap bahwa jenis sirup komersial dan tingkat pengenceran berpengaruh nyata terhadap nilai viskositas larutan yang diukur melalui *Falling Ball Method*. Sirup Kartika secara konsisten menunjukkan kekentalan tertinggi akibat kandungan padatan terlarut yang lebih besar, sedangkan Sirup Sunquic menunjukkan kekentalan paling rendah. Peningkatan proporsi air dari 30% hingga 70% terbukti menurunkan waktu tempuh bola dan rapat massa cairan secara proporsional pada seluruh sampel, yang mengindikasikan melemahnya gaya kohesif antarmolekul akibat berkurangnya konsentrasi gula terlarut. Hubungan antara waktu tempuh dan kecepatan terminal bola yang diperoleh juga terbukti selaras dengan prinsip Hukum Stokes, sehingga memperkuat validitas metode ini sebagai pendekatan sederhana namun akurat dalam menentukan karakteristik reologi cairan pangan.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian lanjutan disarankan untuk mengombinasikan variabel suhu secara simultan dengan tingkat pengenceran guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai perilaku viskositas sirup pada kondisi penyimpanan maupun konsumsi yang berbeda. Penggunaan alat ukur viskometer standar juga dianjurkan sebagai pembanding guna meningkatkan akurasi dan reliabilitas data. Bagi pelaku industri pangan, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan awal dalam

menetapkan standar pengenceran optimal untuk menjaga konsistensi tekstur dan mutu fisik produk sirup sebelum dipasarkan kepada konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Asnia, K. K. P., Maherawati, M., & Hartanti, L. (2024). Karakteristik fisikokimia minuman isotonik air kelapa dengan formulasi penambahan asam sitrat dan NaCl. *Agrointek*, 18(1), 40–48.
- Astuti, S. I., Lestari, P., Aprianingsih, T., Sumardani, T. Z., Wicaksana, G. C., & Sholiah, A. (2022). Pengaruh Suhu Terhadap Kelarutan Dan Viskositas Pada Gula Pasir. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.20961/inkui.v11i1.52179>
- Depari, S. S. B., Hamdani, D., & Medriati, R. (2024). Pengembangan alat peraga viskositas menggunakan sensor mini reed switch magnetic berbasis Arduino Uno. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(1), 18–30.
- Haryati, N., Hasna, S. M., Hanifah, S., Neswari, K. P., & Perdana, R. (2026). PENGARUH KONSENTRASI ZAT TERLARUT TERHADAP TITIK DIDIH: STUDI TERMODINAMIKA EKSPERIMENTAL. *Fisitek: Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*, 9(2).
- Herlinawati, L., Ningrumsari, I., & Anggraeni, T. (2022). Kajian Konsentrasi Gula Dan Asam Sitrat Terhadap Sifat Kimia Dan Organoleptik Selai Pisang Nangka (Musa Paradisiaca Formatypica). *AGRITEKH (Jurnal Agribisnis Dan Teknologi Pangan)*, 2(2), 72–89. <https://doi.org/10.32627/agritekh.v2i2.397>
- Janitra, A. A., & Setiyawan, T. (2025). Analysis of Oil Viscosity Through Experimental Testing with a Stokes' Law-Based Prototype. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 5(1), 99–109. <https://doi.org/10.52434/jpif.v5i1.4256>

- Laksono, M. A. (2022). Dampak Lama Penggunaan Minyak Pelumas Terhadap Viskositas Dengan Menggunakan Metode Bola Jatuh Berdasarkan Hukum Stokes. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 2(3).
- Lubis, N. A. (2018). The influence of liquid viscosity on falling time by falling ball method. *Fisitek: Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*, 2(2), 26–32.
- Madliyani, M. S., Nugraheni, I. K., & Artika, K. D. (2019). Pengaruh Variasi Pelumas Dan Kecepatan Mesin Terhadap Suhu Mesin Pada Sepeda Motor 150 Cc. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 114–120.
<https://doi.org/10.34128/je.v6i2.104>
- Maulana, F. S. (2026). Analysis of the effect of speed and rotation time of the centrifuge on the viscosity of soy milk. *Jurnal Rekayasa Mesin*.
- Nugroho, D. F., & Wijayanti, D. A. (2021). Pengaruh penambahan sari wortel pada yoghurt ditinjau dari aw, kadar air, viskositas, total asam tertitrasi dan kadar protein. *AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 5(1), 18–23.
- Saiful, M., & Asnani, A. (2025). Pengaruh konsentrasi gula terhadap karakteristik organoleptik sirup bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.). *Jurnal Riset Pangan (JRP)*,.
- Sukmawati Arifin, A. (2023). Efek Perkecambahan Biji Kedelai Terhadap Viskositas, Ph, Total Padatan Terlarut, Protein Terlarut, Dan Gugus Fungsi Pada Susu Kedelai. *Jurnal Agritechno*, 16(1), 47–54.
<https://doi.org/10.70124/at.v16i1.1183>
- Yuan, G., Salipante, P. F., Hudson, S. D., Gillilan, R. E., Huang, Q., Hatch, H. W., Shen, V. K., Grishaev, A. V, Pabit, S., & Upadhy, R. (2024). Flow activation energy of high-concentration monoclonal antibody solutions and protein–protein interactions influenced by NaCl and sucrose. *Molecular*