



VISCOSITY ANALYSIS OF BIODIESEL PRODUCTS DISTRIBUTED VIA PIPELINE

ANALISIS VISKOSITAS PADA PRODUK BIOSOLAR YANG DI DISTRIBUSIKAN MENGGUNAKAN PIPELINE

**Aryobismo Widyanto¹, Dini Rahmasari², Syifana Maylia Hapsari³,
Jessica Atanie Eleonora. K⁴**

^{1,2,3,4} Program Studi Logistik Migas Politeknik Energi dan Mineral Akamigas

E-mail: aryobismowidyanto@gmail.com¹, dinirdb@gmail.com², syifanamayy57@gmail.com³,

jessicaatanie19@gmail.com⁴

ARTICLE INFO

Correspondent:

Aryobismo Widyanto
aryobismowidyanto@gmail.com

Key words:

**Viscosity, Biodiesel,
Pipeline**

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 790 - 803

ABSTRACT

This study aims to identify the viscosity of B50 and B70 product samples using the Anton Paar 3001 viscometer. The viscosity of oil plays a crucial role in pipeline transportation for oil products, with high viscosity resulting in reduced flow and potential issues in the pipeline system. The analysis process follows guidelines outlined in ASTM D445 and Standard SNI 7182:2015. The study utilizes the Viscometer Anton Paar SVM 3001 to measure the viscosity of B50 and B70 products in pipelines. Equipment and material preparation is conducted, followed by product creation and kinematic viscosity measurement. After measurement, the equipment is cleaned with Toluene. This research method provides guidance for viscosity analysis in pipeline distribution. Kinematic viscosity measurements for B50 products in two trials showed values consistent with the SNI 7182:2015 standard, namely 3.3540 mm²/s and 3.3197 mm²/s. Similarly, for B70 products, with viscosity values of 3.908 mm²/s and 3.8708 mm²/s, indicating compliance with distributable specifications. Increasing fluid viscosity leads to increased friction with pipeline walls, affecting pressure drop and energy loss in distribution systems. Viscosity measurement is crucial for analyzing the quality and performance of fuel products like biodiesel. This practical exercise is highly relevant in logistics, as understanding fuel viscosity aids in supply chain management, distribution, and product quality monitoring. B70 products, with higher FAME content, tolerate higher maximum speeds in laminar flow than B50. The presence of free acids in products can cause corrosion in logistic equipment, making monitoring Total Acid Number (TAN) essential to maintain logistics system quality and performance. TAN practicals are valuable tools in minimizing downtime and ensuring operational efficiency in logistics.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

Koresponden

Aryobismo Widyanto
aryobismowidyanto@gmail.com

Kata kunci:

Viskositas, Biosolar,
Pipeline

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Hal: 790 - 803

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi viskositas pada sampel produk B50 dan B70 menggunakan alat viskometer Anton Paar 3001. Viskositas minyak memiliki peran penting dalam pengiriman melalui pipa untuk produk migas, dengan viskositas yang tinggi mengakibatkan pengurangan aliran dan potensi masalah dalam sistem pipa. Proses analisis mengikuti pedoman dalam ASTM D445 dan Standar SNI 7182:2015. Penelitian ini menggunakan Viskometer Anton Paar SVM 3001 untuk mengukur viskositas produk B50 dan B70 dalam pipa. Persiapan alat dan bahan dilakukan, diikuti dengan pembuatan produk dan pengukuran viskositas kinematik. Setelah pengukuran selesai, alat dibersihkan dengan Toluene. Metode penelitian ini memberikan panduan untuk analisis viskositas dalam distribusi pipa. Hasil pengukuran viskositas kinematik untuk produk B50 dalam dua percobaan menunjukkan nilai yang sesuai dengan standar SNI 7182:2015, yaitu 3,3540 mm²/s dan 3,3197 mm²/s. Begitu pula untuk produk B70, dengan nilai viskositas 3,908 mm²/s dan 3,8708 mm²/s, menunjukkan kesesuaian dengan spesifikasi yang dapat didistribusikan. Ketika viskositas suatu fluida meningkat, gesekan dengan dinding pipa juga meningkat, yang dapat berdampak pada penurunan tekanan dan kerugian energi dalam sistem distribusi. Pengukuran viskositas adalah langkah penting dalam menganalisis kualitas dan performa produk BBM seperti biodiesel. Praktikum ini memiliki relevansi yang signifikan dalam bidang logistik karena pemahaman tentang viskositas BBM membantu dalam manajemen rantai pasok, distribusi, dan pemantauan kualitas produk. Produk B70, dengan kandungan FAME lebih tinggi, memiliki toleransi kecepatan maksimum yang lebih besar dalam keadaan laminar daripada B50. Kehadiran asam bebas dalam produk dapat menyebabkan korosi pada peralatan logistik, sehingga pemantauan Total Acid Number (TAN) menjadi penting untuk menjaga kualitas dan kinerja sistem logistik. Praktikum TAN menjadi alat yang berharga dalam meminimalkan downtime dan menjaga efisiensi operasional dalam logistik.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Viskositas adalah sifat dari fluida diam yang diajarkan dalam kuliah fisika dasar. Ini menggambarkan gesekan antara lapisan-lapisan yang berdekatan dalam fluida. Dalam gas, viskositas disebabkan oleh tumbukan antar molekul gas, sedangkan dalam cairan, viskositas muncul karena adanya gaya kohesi antara molekul-molekulnya (Damayanti, Lesmono, and Prihandono 2018). Semakin tinggi viskositas suatu cairan,

semakin lambat atau sulit benda bergerak di dalamnya, sementara semakin rendah viskositasnya, semakin cepat benda bergerak di dalam cairan tersebut. Viskositas cairan juga dapat diartikan sebagai ukuran atau koefisien kekentalan dari cairan tersebut (Habiburrohman & Fauzi, 2020). Bentuk umum hubungan ini, yang disebut persamaan Newton, menyatakan bahwa geseran yang dihasilkan oleh sebuah fluida secara langsung berbanding lurus dengan gaya yang diberikan dan berbanding terbalik dengan viskositasnya. Kesamaannya dengan hukum kedua Newton tentang gerak ($F = m.a$) seharusnya terlihat jelas (Sariyerli, dkk., 2018).

Ada beberapa faktor yang memengaruhi viskositas fluida, di antaranya adalah suhu. Viskositas cenderung berkurang ketika suhu meningkat, dan sebaliknya. Suhu memiliki korelasi yang erat dengan viskositas, dimana semakin tinggi suhu, semakin rendah nilai viskositasnya. Viskositas merupakan salah satu parameter penting dalam industri distribusi bahan bakar, termasuk pada proses distribusi bahan bakar seperti biosolar (Habiburrohman & Fauzi, 2020). Viskositas memengaruhi kinerja aliran fluida dalam pipa distribusi dan dapat berdampak signifikan pada efisiensi proses distribusi serta penggunaan energi. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang viskositas bahan bakar seperti biosolar sangatlah penting dalam konteks pengelolaan dan optimisasi proses distribusi (Sani, 2020).

Kekentalan merupakan karakteristik dari sebuah cairan (fluida) yang disebabkan oleh interaksi gesekan antara molekul-molekul cairan tersebut dan gaya kohesi di dalamnya. Gesekan ini menghambat aliran cairan. Tingkat kekentalan sebuah cairan (viskositas) diukur dengan angka tertentu yang mengidentifikasi cairan tersebut. Hukum Viskositas Newton menyatakan bahwa tegangan geser dalam sebuah fluida tertentu adalah sebanding dengan viskositasnya untuk laju perubahan bentuk sudut yang spesifik (Fuad, 2020). Fenomena ini sangat penting untuk minyak pelumas dan fluida operasional. Terdapat rentang viskositas optimal untuk cairan yang digunakan sebagai pelumas untuk setiap sistem teknis. Meningkatkan viskositas melalui penurunan suhu menghasilkan hasil negatif bagi mesin dan potensi kerugian fungsional saat melawan hambatan gesek. Dalam kasus ekstrem, peningkatan viskositas cairan pelumas dapat mencegah mesin beroperasi atau merusak beberapa bagian. Di sisi lain, penurunan viskositas sebagai akibat dari peningkatan suhu dari cairan pelumas dapat menyebabkan penurunan ketebalan film minyak (kebocoran) di antara elemen-elemen yang dilumasi, dan akibatnya, meningkatkan ausnya permukaan yang berkontak atau bahkan penyitaan mesin (Wolak *et al.* 2020). Penelitian yang dilakukan (Khalid *et al.* 2020) proses ekstraksi memiliki dampak pada bentuk dan ukuran partikel, seperti yang terlihat dalam penelitian ini yang berfokus pada ekstraksi daun kapas. Polimer KLNC memiliki viskositas lebih tinggi daripada xanthan gum, dan uji shear rate menunjukkan bahwa keduanya bersifat pseudoplastik. Selain itu, polimer KLNC juga menunjukkan ketahanan terhadap salinitas tinggi. Uji thermal menunjukkan bahwa viskositas polimer KLNC meningkat dengan meningkatnya suhu, sementara polimer xanthan gum menunjukkan kebalikan. Oleh karena itu, Biopolimer KLNC memiliki potensi untuk dikembangkan dan diteliti lebih lanjut. Sementara penelitian dari (Krisnaningsih, dkk., 2020) penambahan pati talas sebesar 1,5% sebagai stabilizer menghasilkan kualitas yogurt yang optimal dari segi viskositas dan kesukaan terhadap tekstur yogurt.

Viskositas adalah salah satu sifat paling penting dari minyak dan memiliki dampak langsung pada proses pelumasan (de Paula Pedroza *et al.* 2013). Saat memilih

viskositas minyak untuk sepasang gesekan tertentu, dua tujuan utama harus diperhatikan untuk mencapai pelumasan yang lancar, yaitu meminimalkan gesekan dan menciptakan lapisan minyak permanen. Dari sudut pandang pelumasan yang optimal pada mesin dan perangkat, minyak pelumas seharusnya sedikit mengubah viskositasnya saat suhu berubah, yaitu kurva perubahan viskositas seharusnya memiliki sudut kemiringan yang sekecil mungkin (Braga, dkk., 2014). Hal ini memudahkan saat memulai pada suhu rendah, dan pada suhu tinggi memastikan pelumasan optimum melalui ketahanan lapisan minyak. Ketergantungan perubahan viskositas pada suhu ditandai oleh indeks viskositas (VI) (Martini, dkk., 2018). Sebagai hasil dari proses penuaan (polimerisasi, kondensasi), nilainya meningkat, sedangkan nilainya menurun ketika bahan bakar yang tidak terbakar masuk ke dalam sistem pelumasan (Kral et al. 2014).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Yudhitiara, dkk., 2017) hasilnya menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa terhadap konsep viskositas dan satuannya masih rendah. Tidak ada mahasiswa yang memiliki pemahaman penuh tentang konsep tersebut, 2% siswa memiliki pemahaman tetapi kurang yakin, 25,5% mengalami miskonsepsi, dan 72,5% mahasiswa sama sekali tidak memahami konsep tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa masih memiliki kesulitan dalam memahami materi viskositas dan satuan yang terkait. Faktor-faktor seperti metode pembelajaran, pola pikir siswa, buku teks, serta pengalaman dan pengetahuan yang terbatas mungkin berkontribusi terhadap rendahnya pemahaman siswa terhadap materi tersebut. Keterbatasan peralatan praktikum dalam mengilustrasikan konsep fisika, dan juga ketidakakuratan metode pembelajaran, seringkali menimbulkan kesulitan bagi siswa dalam memahami materi tersebut. Maka dari itu, pelatihan praktikum untuk menentukan viskositas cairan dengan memanfaatkan konsep getaran teredam diadakan untuk membantu meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami prinsip-prinsip fisika (Asih et al. 2022).

Untuk membantu mahasiswa mengatasi kesulitan dalam memahami konsep viskositas, pendekatan yang efektif adalah menyediakan materi pembelajaran yang relevan dan disesuaikan dengan konteks situasi belajar. Laboratorium menjadi salah satu metode yang memungkinkan individu untuk mendalami pemahaman atas materi yang dipelajari dengan lebih baik (Koni 2022). Praktikum Laboratorium Fisika diperlukan untuk memahami konsep fisika dalam pembelajaran, salah satunya adalah hukum untuk menentukan nilai viskositas suatu cairan (Habiburrohmah & Fauzi 2020). Melalui praktikum, kemampuan mahasiswa dalam proses ilmiah dan pengamatan dapat ditingkatkan, sekaligus memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk berlatih menggunakan peralatan serta merangsang rasa ingin tahu, kreativitas, dan inovasi. Selain itu, praktikum juga dapat membantu membentuk sikap kejujuran ilmiah pada mahasiswa (Fitriani *et al.* 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi viskositas pada sampel produk yang diuji, yakni B50 dan B70, dengan menggunakan alat viskometer Anton Paar 3001. Viskositas minyak memegang peranan penting dalam pengiriman melalui pipa untuk produk migas. Viskositas adalah ukuran dari seberapa besar resistensi yang ditunjukkan oleh fluida (dalam hal ini, minyak) terhadap pergerakan relatif sepanjang arah alirannya. Ini mengindikasikan bahwa minyak dengan viskositas yang lebih tinggi akan mengalami pengurangan aliran dan berpotensi menimbulkan masalah

dalam sistem pipa pengiriman. Proses analisis dalam praktikum ini mengikuti pedoman yang diuraikan dalam ASTM D445 dan Standar SNI 7182:2015.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Viscometer Anton Paar SVM 3001 sebagai alat untuk mengevaluasi viskositas dari produk B50 dan B70 yang dipindahkan melalui saluran pipa. Tahap awal melibatkan persiapan peralatan dan bahan, termasuk viscometer, syringe, gelas beaker, FAME, Pertadex, dan Toluene. Pembuatan produk dilakukan dengan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan untuk masing-masing jenis biodiesel, yaitu B50 dan B70, yang melibatkan pencampuran FAME dan Pertadex menggunakan magnetic stirrer. Setelah produk terbentuk, langkah berikutnya adalah mengukur viskositas kinematik menggunakan Viscometer Anton Paar SVM 3001.

Prosedur pengukuran viskositas dimulai dengan menyalakan viscometer dan memastikan kebersihan sel alat. Metode pengukuran diatur sesuai dengan standar yang ditetapkan, termasuk pengaturan suhu dan jenis bahan atau produk yang diuji. Contoh uji kemudian disiapkan dan disuntikkan ke dalam alat menggunakan *syringe*. Proses pengukuran dilakukan sesuai dengan instruksi alat, termasuk penyuntikan ulang contoh uji jika diperlukan. Setelah pengukuran selesai, hasilnya dicetak untuk analisis lebih lanjut.

Setelah pengukuran selesai, alat dibersihkan menggunakan Toluene. Langkah pembersihan mencakup penggunaan Toluene untuk membersihkan sel alat dan menjalankan menu layar pembersihan untuk memastikan kebersihan sel. Setelah alat dibersihkan, hasil pengujian yang telah dicetak dapat dianalisis lebih lanjut. Proses ini diulang untuk setiap contoh uji, dengan menjaga kebersihan alat di antara pengujian yang berbeda. Dengan demikian, metode penelitian ini memberikan panduan yang jelas untuk analisis viskositas menggunakan Viscometer Anton Paar SVM 3001 pada produk B50 dan B70 yang dipindahkan melalui saluran pipa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran viskositas kinematik pada biodiesel B50 dan B70 ditampilkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Tabel menunjukkan nilai viskositas kinematik dalam satuan mm^2/s untuk setiap percobaan yang dilakukan.

Tabel 1. Hasil Viskositas Kinematik pada B50

No.	Bahan Biodiesel 50% (B50)	Viskositas Kinematik
1	Percobaan 1	3.3540 mm^2/s
2	Percobaan 2	3.3197 mm^2/s

Tabel 1 menampilkan hasil viskositas kinematik untuk biodiesel B50 dalam dua percobaan yang berbeda. Pada percobaan 1, viskositas kinematik biodiesel B50 adalah 3.3540 mm^2/s , sedangkan pada percobaan 2, viskositas kinematiknya adalah 3.3197 mm^2/s . Dari hasil ini, terlihat bahwa terdapat perbedaan kecil antara viskositas kinematik dalam kedua percobaan. Meskipun perbedaannya kecil, perbedaan ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti variasi dalam proses percobaan, kondisi lingkungan, atau ketelitian alat pengukur.

Tabel 2. Hasil Viskositas dari B70

No.	Bahan Biodiesel 70% (B70)	Viskositas Kinematik
1	Percobaan 1	3.9083mm ² /s

Pada biodiesel B50, nilai viskositas kinematik berkisar antara 3.3197 mm²/s hingga 3.3540 mm²/s, dengan rata-rata sekitar 3.3369 mm²/s. Sedangkan pada biodiesel B70, nilai viskositas kinematik berkisar antara 3.8708 mm²/s hingga 3.9083 mm²/s, dengan rata-rata sekitar 3.8895 mm²/s. Perbedaan antara nilai viskositas kinematik pada B50 dan B70 dapat diamati dari hasil percobaan. Secara umum, terdapat kecenderungan bahwa biodiesel B70 memiliki nilai viskositas kinematik yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan B50. Hal ini mungkin disebabkan oleh komposisi yang berbeda dari kedua jenis biodiesel tersebut, di mana kandungan FAME (Fatty Acid Methyl Ester) yang lebih tinggi pada B70 dapat meningkatkan kekentalan cairan. Meskipun perbedaan antara nilai viskositas kinematik pada setiap percobaan tidak terlalu signifikan, namun untuk aplikasi industri, perbedaan kecil ini dapat mempengaruhi performa sistem distribusi atau proses penggunaan biodiesel tersebut. Oleh karena itu, pengukuran viskositas yang akurat dan konsisten sangat penting untuk memastikan kualitas dan keandalan produk biodiesel.

Dari hasil pengukuran viskositas kinematik pada biodiesel B50, terdapat perbedaan kecil antara nilai viskositas pada percobaan 1 dan 2, dengan nilai rata-rata sekitar 3.3369 mm²/s. Sedangkan pada biodiesel B70, juga terdapat perbedaan yang kecil antara nilai viskositas pada kedua percobaan, dengan nilai rata-rata sekitar 3.8895 mm²/s. Hal ini menunjukkan bahwa viskositas kedua jenis biodiesel cenderung stabil dalam rentang yang terukur, namun demikian, perlu diperhatikan bahwa ketepatan dan konsistensi pengukuran harus tetap ditingkatkan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Kekentalan atau viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan zat air (*fluid*) yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan. Pada masalah sehari-hari (dan hanya untuk zat alir), kekentalan adalah ketebalan atau gesekan internal. Kekentalan menjelaskan ketahanan internal zat alir untuk mengalir dan mungkin dapat dipikirkan sebagai pengukuran dari pergeseran zat alir. Seluruh zat alir (kecuali superfluida) memiliki ketahanan dari tekanan dan oleh karena itu disebut kental, tetapi zat alir yang tidak memiliki ketahanan tekanan dan tegangan disebut zat alir ideal.

Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap produk B50 dan B70 menggunakan alat *Viscometer Anton Paar SVM 3001*. Sample biodiesel menggunakan produk pertadex dan FAME dengan cara mencampur keduanya sesuai perbandingan pertadex dan FAME yang telah kami tentukan yaitu 50:50 dan 30:70. Pada praktikum ini saat menginjeksi produk dalam alat, diusahakan agar tidak terjadi gelembung udara pada selang inject di alat *Viscometer Anton Paar 3001* penting untuk menjaga kualitas pengukuran viskositas. Gelembung dapat menyebabkan gangguan pada hasil pengukuran karena mereka dapat mengganggu pergerakan cairan atau menambahkan air yang tidak diinginkan ke dalam sampel. Pada hasil praktikum yang kita lakukan pada produk B50 pada percobaan pertama adalah 3.3540 mm²/s dan untuk percobaan kedua mendapatkan \ hasil viskositas 3.3197 mm²/s, kemudian kami melakukan pengujian juga pada produk B70 sebanyak 2 kali dengan mendapatkan hasil untuk percobaan pertama medapatkan hasil viskositas sebesar

3.9083 mm²/s dan untuk percobaan kedua sebesar 3.8708mm²/s dari hasil yang kami dapatkan bahwa produk mengalami perbedaan viskositas, perbedaan tersebut dapat terjadi dikarenakan suhu ruangan pada laboratorium. Sample yang diuji dapat dinyatakan onspec sesuai dengan SNI 7182:2015 yang menyatakan bahwa maksimal viskositas pada produk biodiesel terdapat pada range 2,3-6,0 sesuai dengan hasil yang didapatkan yaitu untuk produk B50 pada percobaan pertama mendapatkan hasil 3.3540 mm²/s dan untuk percobaan kedua mendapatkan hasil 3.3197 mm²/s, untuk produk B70 percobaan pertama hasil yang didapatkan 3.9083mm²/s dan percobaan kedua 3.8708 mm²/s dari hasil tersebut bahwa produk yang kita analisis dapat didistribusikan.

Seperti yang kita ketahui bahwa pendistribusian minyak ada yang melalui pipa. Viskositas juga berpengaruh pada aliran fluida saat pendistribusian melalui jalur pipa. Viskositas yang lebih tinggi dari biodiesel dibandingkan dengan minyak diesel konvensional dapat menyebabkan aliran yang lebih lambat dan turbulen. Ini bisa mengakibatkan pembentukan deposit di dalam dan di luar pipa, yang dapat menyebabkan penumpukan dan mengganggu pendistribusian biodiesel. Nilai normalisasi spesifik viskositas ketika mendistribusikan biodiesel melalui sistem pipa tidak ditentukan secara universal, karena dapat bervariasi berdasarkan beberapa faktor termasuk jenis biodiesel, desain pipa, dan kondisi pengoperasian. Namun, biodiesel biasanya memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar diesel, yang biasanya berkisar antara 50-60 mPa s (milipascal detik). Sebagai perbandingan, minyak diesel ringan memiliki kisaran viskositas sekitar 2-5 mPa s, sedangkan minyak diesel berat berkisar antara 10-30 mPa s.

Pada pipa terdapat 2 aliran fluida yaitu aliran fluida laminar dan aliran fluida turbulen. Aliran laminar terjadi apabila semakin besar nilai viskositas maka semakin cepat fluida mengalami kondisi berkembang penuh (kecepatan stabil), kemudian aliran fluida laminar akan terjadi pula apabila semakin besar densitas dan viskositas maka rata-rata kecepatan fluida semakin rendah dan kondisi berkembang penuh tidak pernah tercapai dalam jarak 10 m, dan semakin meningkat viskositas dan semakin menurun densitas maka kondisi berkembang penuh semakin cepat tercapai dalam jarak 10 m begitu pula sebaliknya. Kemudian aliran fluida turbulen, yang khas dari aliran turbulen adalah karakteristiknya yang cenderung acak. Hal ini terjadi baik pada kecepatan, *pressure*, *shear stress*, temperatur, dan variabel-variabel lain yang memiliki medan. Selain itu, aliran turbulen disebabkan oleh *vorticity* 3 dimensi yang juga bergerak acak. *Vorticity* adalah perputaran partikel fluida. Pada aliran turbulen, *shear stress* dan *pressure drop* akan jauh lebih tajam dibanding dengan aliran laminar. Hal ini disebabkan karena *viscous sublayer* pada aliran turbulen sangat tipis. Kondisi ini menyebabkan ketidak sempurnaan dari dinding pipa akan masuk ke *sublayer* dan memengaruhi karakteristik aliran.

Pada struktur aliran turbulen, ada beberapa lapisan yang dibedakan berdasarkan jarak daerah dari dinding pipa. Salah satunya adalah *viscous sublayer*. *Viscous sublayer* adalah lapisan yang sangat tipis dan paling dekat dengan dinding pipa. Pada lapisan ini, tegangan geser *viscous* lebih dominan dibandingkan dengan turbulen dan kecepatan aliran sangat kecil sehingga aliran laminar. Semakin besar viskositas fluida, maka semakin besar *viscous sublayer*-nya, semakin besar kecepatan aliran maka *viscous sublayer*-nya semakin tipis. Sifat dari *viscous sublayer* berpengaruh dari kekasaran dinding pipa. Bila kekasaran pipa lebih kecil dibenading tebal dari *viscous sublayer*,

maka kekasaran terendam oleh viskositas sehingga tidak terlalu berpengaruh. Situasi ini dinamakan *hydraulically smooth flow*. Jika kekasaran pipa lebih besar dari tebal *viscous sublayer*, bisa menyebabkan gangguan aliran dan pressure drop. Situasi ini dinamakan *hydraulically rough flow*. *Viscous sublayer* ini juga bisa menyebabkan distorsi jika batas aliran laminer pada dekat dinding dan aliran turbulen tidak rata. Aliran yang cepat ketika menyentuh dinding, akan berdeformasi dari kecil hingga seluruh permukaan saling bertabrakan dan menyebabkan turbulensi. Adapun beberapa pengaruh viskositas lainnya pada pipa antara lain pengaruh pada gesekan yaitu viskositas fluida, viskositas fluida dapat mempengaruhi seberapa jauh fluida mampu meluncur di dalam pipa tanpa menciptakan gesekan yang signifikan. Fluida dengan viskositas yang lebih tinggi akan mengalami gesekan yang lebih besar dengan dinding pipa, yang dapat menyebabkan penurunan tekanan dan peningkatan kerugian energi dalam bentuk hambatan arus dan performa Pipa, dalam sistem distribusi, seperti distribusi gas, viskositas dapat mempengaruhi efisiensi dan daya yang dapat disampaikan melalui pipa. Fluida dengan viskositas yang lebih tinggi akan lebih sulit untuk dialirkan melalui sistem, yang dapat menyebabkan penurunan performa dan peningkatan biaya operasional. Selain pada pipa viskositas juga dapat merusak mesin, viskositas tinggi menyebabkan campuran terbakar dalam mesin karena bahan bakar bergerak lambat melalui filter bahan bakar dan saluran bahan bakar dan menyebabkan atomisasi bahan bakar buruk dan volatilitas rendah, menyebabkan pembakaran tidak sempurna, endapan mesin yang parah, kokas *injektor* dan *ring piston* lengket.

Viskositas pada *viscous sublayer* pipa memiliki pengaruh langsung terhadap operasional penyaluran produk migas melalui jalur pipa. *Viscous sublayer* adalah lapisan dekat dinding pipa di mana gelombang kecepatan sangat rendah atau hampir nol, sehingga tarikan *shear* utama ditentukan oleh viskositas molekuler fluida. Adapun beberapa cara dimana viskositas mempengaruhi operasional antara lain kontrol aliran, pada aliran jika terdapat viskositas yang tinggi dapat mengurangi fluktuasi kecepatan aliran dalam *viscous sublayer*, yang memungkinkan kontrol aliran yang lebih baik. Ini penting untuk menjaga kestabilan aliran dan mencegah kerusakan komponen yang terkait dengan aliran gas, kemudian perubahan kecepatan aliran, pada pengaruh ini kecepatan aliran di *viscous sublayer* secara proporsional terhadap viskositas dan *invers* terhadap kecepatan rata-rata aliran. Jika kecepatan aliran naik, *viscous sublayer* menjadi lebih tipis dan distribusi kecepatan menjadi lebih seragam, yang mungkin tidak menguntungkan operasional jika tujuannya adalah untuk mencapai debit tertentu, dan yang terakhir perubahan geometri, pada perubahan geometri viskositas yang tinggi dapat mengubah bentuk profil kecepatan dalam aliran pipa, yang dapat mempengaruhi energi yang diperlukan untuk mendorong fluida melalui sistem. Perubahan ini dapat mempengaruhi daya yang dibutuhkan oleh pompa atau sistem penyaluran lainnya. Viskositas pada *viscous sublayer* pipa mempengaruhi bagaimana fluida bergerak melalui pipa, yang pada gilirannya mempengaruhi efisiensi dan stabilitas sistem penyaluran produk migas. Penting untuk mempertimbangkan viskositas saat merancang operasional sistem agar mendapatkan hasil yang optimal.

Dalam konteks pipa distribusi migas, viskositas cairan yang mengalir melalui sistem juga dapat mempengaruhi karakteristik aliran, seperti *hold-up* cairan dan kecepatan

gelombang. Pemahaman tentang pengaruh viskositas inipenting untuk merancang dan mengoperasikan sistem distribusi yang efisien dan aman.

Tabel 3. Hasil Praktikum Viskositas

Sampel	Kin. Visc (mm ² /s)	
	Percobaan 1	Percobaan 2
B50	3,3540	3,3197
B70	3,9083	3,8708

Dari Tabel 3, dapat diamati bahwa terdapat hasil pengukuran viskositas kinematik untuk dua sampel, yaitu B50 dan B70, dalam dua percobaan yang berbeda. Untuk sampel B50, hasil pengukuran viskositas kinematik pada percobaan 1 adalah 3,3540 mm²/s, sedangkan pada percobaan 2 adalah 3,3197 mm²/s. Sedangkan untuk sampel B70, hasil pengukuran viskositas kinematik pada percobaan 1 adalah 3,9083 mm²/s, dan pada percobaan 2 adalah 3,8708 mm²/s. Dari hasil ini, terlihat bahwa pada kedua sampel, yaitu B50 dan B70, terdapat perbedaan antara hasil pengukuran viskositas kinematik antara percobaan 1 dan percobaan 2. Meskipun perbedaannya kecil, perbedaan tersebut menunjukkan adanya variasi dalam pengukuran. Ketika membandingkan antara sampel B50 dan B70, terlihat bahwa viskositas kinematik B70 cenderung lebih tinggi daripada B50 pada kedua percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa B70 memiliki kekentalan yang lebih tinggi daripada B50. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh perbedaan dalam komposisi kimia dan struktur molekul dari kedua sampel.

Pada dasarnya viskositas sendiri merupakan kekentalan dari suatu fluida. Tujuan dari dilakukannya praktikum ini adalah agar mahasiswa dapat mengetahui viskositas dari suatu produk bbm, yang dianalisis dengan menggunakan alat *Viscometer Anton PAAR SVM 3001*. Adapun tujuan lainnya ialah agar mahasiswa dapat menganalisis viskositas produk yang didistribusikan menggunakan jalur *pipeline*. Dalam praktikum ini, menggunakan 2 *sample* produk yaitu Biodiesel B5 dan B70.

Praktikum ini dilakukan sebanyak 2x percobaan pada masing-masing sampel. Untuk *sample* pertama percobaan pertama dengan menggunakan produk B50 mendapat hasil 3.3540 mm²/s, sedangkan pada percobaan kedua medapatkan hasil 3.3197 mm²/s. Pada praktikum viskositas yang kedua dengan menggunakan *sample* B70 di percobaan pertama mendapat hasil 3.9083 mm²/s, sedangkan pada percobaan kedua mendapat hasil 3.8708 mm²/s. dari kedua hasil tersebut dikatakan wajar karena tidak lebih dari 0,5. Perbedaan nilai hasil pengukuran kedua percobaan tersebut bisa terjadi karena kesalahan praktikan saat melakukan teknik pengujian. Bisa juga terjadi karenakondisi peralatan yang sebelumnya lama tidak terpakai serta kualitas dari *sample* itu sendiri. Dikarenakan *sample* yang diuji pada praktikum kali ini merupakan *sample* buatan praktikan itu sendiri yaitu percampuran dari produk pertadex dan FAME. Semua *sample* yang di uji pada praktikum kali ini bisa dikatakan layak didistribusikan atau onspec karena sesuai dengan nilai viskositas pada syarat mutu biodiesel SK Dirgen Migas146.K/10/DJN/2020 yaitu berkisar antara 2,3 - 6 mm²/s.

Nilai viskositas yang terlalu tinggi dapat membuat atomisasi bahan bakar dan udara menjadi kurang yaitu berupa evaporasi yang lebih miskin sehingga mempengaruhi kerja alat dan pembakaran menjadi tidak sempurna. Namun, apabila nilai viskositas yang lebih rendah dapat menyebabkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar. Atau dengan kata lain semakin tinggi nilai viskositas kinematiknya, semakin lambat

aliran cairan tersebut dalam pipa, karena gaya gesekan antara cairan dengan dinding pipa menjadi lebih besar. Semakin rendah nilai viskositas kinematiknya, maka dapat menyebabkan hilangnya tekanan yang lebih besar dalam *system* sehingga berpotensi kerusakan pada peralatan seperti pompa dan katup. Apabila hal tersebut terjadi membuat proses pada distribusi produk migas menjadi terhambat. Viskositas yang semakin rendah dalam *range* spesifikasi akan menyebabkan biodiesel mengalir dengan mudah sehingga meningkatkan kinerja sistem pembakaran mesin.

Viskositas merupakan resistensi terhadap aliran fluida melalui pipa kecil yang disebabkan oleh gaya gravitasi atau tekanan aliran. Semakin tinggi fraksi fluida, semakin besar viskositasnya dan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk aliran. Keterkaitan praktikum ini dengan bidang logistik sangatlah erat. Dalam industri minyak dan gas, logistik memiliki peran krusial dalam mengelola rantai pasok, distribusi, pemantauan kualitas, efisiensi transportasi, dan manajemen inventaris. Memahami viskositas bahan bakar melalui praktikum ini memberikan manfaat besar bagi para profesional logistik dalam membuat keputusan yang tepat terkait penanganan, penyimpanan, dan distribusi bahan bakar. Hal ini juga membantu memastikan efisiensi dan kepatuhan terhadap standar kualitas yang ditetapkan. Dengan demikian, praktikum mengenai viskositas bahan bakar memperkuat hubungan antara logistik dan operasi sehari-hari dalam industri minyak dan gas, memberikan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor kunci yang mempengaruhi manajemen rantai pasok dan distribusi yang efisien.

Tabel 4. Data Viskositas Dinamik

Viskositas Dinamik		
Percobaan ke	Biodiesel B50	Biodiesel B70
1	2.7675 mPa S	3.2877 mPa S
2	2.7389 mPa S	3.2556 mPa S

Tabel 4 menggambarkan data viskositas dinamik untuk dua percobaan pada biodiesel B50 dan B70. Pada biodiesel B50, viskositas dinamik pada percobaan pertama adalah 2.7675 mPa S, sedangkan pada percobaan kedua adalah 2.7389 mPa S. Sementara itu, pada biodiesel B70, viskositas dinamik pada percobaan pertama adalah 3.2877 mPa S, dan pada percobaan kedua adalah 3.2556 mPa S. Dari data tersebut, terlihat bahwa biodiesel B70 memiliki viskositas dinamik yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel B50 dalam kedua percobaan. Ini menunjukkan bahwa biodiesel B70 memiliki kekentalan yang lebih besar daripada B50 dalam kondisi dinamik tertentu. Perlu diingat bahwa viskositas dinamik mengukur respons fluida terhadap gaya geser yang diberikan pada kecepatan aliran tertentu. Oleh karena itu, perbedaan dalam viskositas dinamik antara kedua biodiesel ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan dalam komposisi kimia, struktur molekul, atau sifat-sifat fisik lainnya dari kedua sampel.

Tabel 5. Data Viskositas Kinetik

Viskositas Kinematik		
Percobaan ke	Biodiesel B50	Biodiesel B70
1	3.3540 mm ² /s	3.9083 mm ² /s
2	3.3197 mm ² /s	3.8708 mm ² /s

Tabel 5 menampilkan data viskositas kinematik untuk dua percobaan pada biodiesel B50 dan B70. Untuk biodiesel B50, viskositas kinematik pada percobaan pertama adalah $3.3540 \text{ mm}^2/\text{s}$, sedangkan pada percobaan kedua adalah $3.3197 \text{ mm}^2/\text{s}$. Sementara itu, untuk biodiesel B70, viskositas kinematik pada percobaan pertama adalah $3.9083 \text{ mm}^2/\text{s}$, dan pada percobaan kedua adalah $3.8708 \text{ mm}^2/\text{s}$. Dari data tersebut, dapat diamati bahwa biodiesel B70 memiliki viskositas kinematik yang lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel B50 dalam kedua percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa B70 memiliki kekentalan yang lebih besar daripada B50 pada suhu dan tekanan tertentu. Viskositas kinematik mengukur kekentalan relatif suatu cairan terhadap laju aliran. Perbedaan dalam viskositas kinematik antara kedua biodiesel ini dapat disebabkan oleh perbedaan dalam komposisi kimia, struktur molekul, atau sifat-sifat fisik lainnya dari kedua sampel.

Tabel 6. Data Density

<i>Density</i>		
Percobaan ke	Biodiesel B50	Biodiesel B70
1	825.13 kg/m ³	841.23 kg/m ³
2	825.04 kg/m ³	841.06 kg/m ³

Tabel 6 menampilkan data densitas untuk dua percobaan pada biodiesel B50 dan B70. Untuk biodiesel B50, densitas pada percobaan pertama adalah 825.13 kg/m^3 , sedangkan pada percobaan kedua adalah 825.04 kg/m^3 . Sementara itu, untuk biodiesel B70, densitas pada percobaan pertama adalah 841.23 kg/m^3 , dan pada percobaan kedua adalah 841.06 kg/m^3 . Dari data tersebut, terlihat bahwa biodiesel B70 memiliki densitas yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel B50 dalam kedua percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa B70 memiliki massa jenis yang lebih besar daripada B50 pada kondisi yang sama. Perbedaan dalam densitas antara kedua jenis biodiesel ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan dalam komposisi kimia, struktur molekul, atau sifat-sifat fisik lainnya dari kedua sampel. Namun, dapat juga disimpulkan bahwa densitas biodiesel cenderung meningkat dengan peningkatan persentase FAME dalam campuran.

Para praktikan melakukan uji viskositas pada dua produk biodiesel, yaitu B50 dan B70, yang dibuat dengan campuran Pertadex dan FAME dalam proporsi tertentu. Setiap produk dicampur menggunakan stirrer pada suhu sekitar 40°C untuk mempercepat reaksi pencampuran. Viskositas menjadi fokus utama karena memengaruhi laju aliran pada mesin. Viskositas yang tidak sesuai dapat mempengaruhi pembakaran dan kinerja mesin diesel. Menurut standar SNI, viskositas yang diperbolehkan untuk biodiesel adalah 2,5–6 cSt. Hasil percobaan menunjukkan kedua produk memenuhi standar tersebut. Selain viskositas, para praktikan juga menghitung distribusi dalam pipa menggunakan rumus bilangan Reynolds. Semakin besar densitas suatu produk, semakin besar pula angka Reynoldnya. Aliran laminar terjadi ketika angka Reynolds maksimal 2100, sementara aliran turbulen terjadi di atas 4000. Produk B70 memiliki densitas dan viskositas lebih tinggi daripada B50, sehingga memungkinkan kecepatan maksimum yang lebih tinggi dalam pipa. Dari hasil pembacaan densitas, dapat disimpulkan bahwa biodiesel B70 memiliki kecepatan maksimum yang lebih tinggi, sekitar 16.52% lebih besar daripada B50. Hal ini karena densitas yang lebih tinggi juga

berarti viskositas yang lebih tinggi, memungkinkan aliran dengan kecepatan yang lebih tinggi dalam pipa.

Tabel 7. Hasil Praktikum Viskositas

Sampel	Kin. Visc (mm ² /s)	
	Percobaan 1	Percobaan 2
B50	3,3540	3,3197
B70	3,9083	3,8708

Tabel 7 menyajikan hasil praktikum viskositas kinematik untuk sampel B50 dan B70 dalam dua percobaan yang berbeda. Untuk sampel B50, viskositas kinematik pada percobaan 1 adalah 3,3540 mm²/s, sedangkan pada percobaan 2 adalah 3,3197 mm²/s. Sedangkan untuk sampel B70, viskositas kinematik pada percobaan 1 adalah 3,9083 mm²/s, dan pada percobaan 2 adalah 3,8708 mm²/s. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa viskositas kinematik untuk kedua sampel, B50 dan B70, cenderung menurun antara percobaan 1 dan percobaan 2. Meskipun perbedaannya kecil, tren penurunan ini menunjukkan variasi dalam pengukuran atau mungkin pengaruh dari faktor-faktor eksternal seperti suhu atau kebersihan peralatan. Selain itu, perbandingan antara sampel B50 dan B70 menunjukkan bahwa B70 memiliki viskositas kinematik yang lebih tinggi daripada B50 dalam kedua percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa B70 memiliki kekentalan yang lebih besar daripada B50 pada kondisi percobaan yang sama.

Pada praktikum ini, viskositas kinematik biodiesel B50 dan B70 diukur menggunakan metode Viscometer Anton Paar SVM 3001. Viskositas kinematik menggambarkan kekentalan fluida dan diukur dalam satuan mm²/s. Hasil pengukuran menunjukkan viskositas rata-rata untuk B50 adalah 3,3369 mm²/s, sedangkan untuk B70 adalah 3,8896 mm²/s. Perbedaan viskositas antara keduanya menunjukkan bahwa B70 sedikit lebih kental daripada B50, mungkin karena perbedaan dalam komposisi bahan baku dan proses pembuatan. Meskipun terdapat perbedaan kecil antara hasil pengukuran dari dua percobaan untuk setiap sampel, tingkat akurasi yang konsisten dalam pengukuran tetap terjaga. Implikasi praktikum ini sangat penting dalam memahami karakteristik viskositas kedua jenis biodiesel yang diuji. Analisis lebih lanjut terhadap viskositas kinematik dapat memberikan wawasan yang berharga dalam penggunaan biodiesel dalam berbagai aplikasi, khususnya terkait efisiensi aliran dalam sistem pipa dan mesin pembakaran. Pemahaman tentang viskositas juga esensial dalam proses produksi dan pengolahan biodiesel secara efisien dan ekonomis. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang viskositas, dapat diambil langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja biodiesel dalam berbagai aplikasi industri.

SIMPULAN

Hasil pengukuran viskositas kinematik untuk produk B50 dalam dua percobaan menunjukkan nilai 3,3540 mm²/s dan 3,3197 mm²/s, yang sesuai dengan standar SNI 7182:2015. Sedangkan untuk produk B70, nilai viskositas adalah 3,908 mm²/s dan 3,8708 mm²/s, menunjukkan bahwa kedua sampel termasuk dalam spesifikasi yang dapat didistribusikan. Ketika viskositas suatu fluida meningkat, gesekan dengan dinding pipa juga meningkat, yang dapat mengakibatkan penurunan tekanan dan kerugian energi dalam sistem distribusi. Pengukuran viskositas adalah langkah

krusial dalam menganalisis kualitas dan performa produk BBM seperti biodiesel. Nilai viskositas yang sesuai dengan standar mutu menunjukkan kelayakan produk untuk didistribusikan, sementara nilai yang tidak sesuai dapat memengaruhi kinerja sistem pembakaran mesin dan proses distribusi BBM.

Praktikum ini memiliki relevansi yang signifikan dalam bidang logistik karena pemahaman tentang viskositas BBM membantu dalam manajemen rantai pasok, distribusi, dan pemantauan kualitas produk. Nilai viskositas dinamik berbanding terbalik dengan kecepatan maksimum fluida dalam keadaan laminar, sementara density setara dengan kecepatan maksimum fluida dalam keadaan laminar. Penambahan FAME dalam produk dapat meningkatkan density dan viskositas. Produk B70, dengan kandungan FAME lebih tinggi, memiliki toleransi kecepatan maksimum yang lebih besar dalam keadaan laminar daripada B50.

Kehadiran asam bebas dalam produk dapat menyebabkan korosi pada mesin, saluran bahan bakar, atau peralatan lainnya, yang dapat mengganggu operasi logistik secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemantauan dan pengukuran *Total Acid Number* (TAN) menjadi penting untuk menjamin kualitas dan kinerja sistem logistik. Praktikum TAN menjadi alat yang berharga dalam menjaga efisiensi operasional dan meminimalkan downtime dalam logistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asih, Retno, Sudarsono Sudarsono, Suminar Pratapa, Suasmoro Suasmoro, Zaenal Arifin, M. Zainul Asrori, and Haniffudin Nurdiansah. 2022. Analisis Pemahaman Materi Getaran dan Viskositas dari Siswa SMA Trensains Tebuireng Jombang pada Pelatihan Praktikum Penentuan Viskositas Zat Cair Menggunakan Konsep Getaran Teredam. *Sewagati* 6(2). doi: 10.12962/j26139960.v6i2.223.
- Braga, Jez Willian B., Araci Araújo dos Santos Junior, and Ingrid S. Martins. 2014. *Determination of Viscosity Index in Lubricant Oils by Infrared Spectroscopy and PLSR*. *Fuel* 120:171-78. doi: 10.1016/j.fuel.2013.12.017.
- Damayanti, Yanisa, Albertus Djoko Lesmono, and Trapsilo Prihandono. 2018. Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng Sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika. *JURNAL PEMBELAJARAN FISIKA* 7(3):307-14. doi: 10.19184/jpf.v7i3.8606.
- Fitriani, Riska, Shella Maryani, Diki Chen, Febri Tia Aldila, Agnes Aktapianti Br.Ginting, Nanda Hasbullah Sehab, and Mashelin Wulandari. 2021. Mendeskripsikan Keterampilan Proses Sains Siswa melalui Kegiatan Praktikum Viskositas di SMAN 1 Muaro Jambi. *PENDIPA Journal of Science Education* 5(2):173-79. doi: 10.33369/pendipa.5.2.173-179.
- Fuad, Muhammad. 2020. "Aplikasi Android Penentuan Viskositas Zat Cair." other, Universitas Hasanuddin.
- Habiburrohman, Agus Wahid, and Fauzi Fauzi. 2020. Rancang Bangun Alat Viskositas Zat Cair Menggunakan Sensor Inframerah sebagai Detektor Waktu pada Praktikum Viskositas Zat Cair Matakuliah Fisika Dasar. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Fisika Indonesia* 2(2). doi: 10.29303/jppfi.v2i2.57.

- Khalid, Idham, Fitra Ayu Lestari, Muhammad Khairul Afdhol, and Fiki Hidayat. 2020. Potensi Biopolimer dari Ekstraksi Nanoselulosa Daun Kapas sebagai Agen Peningkatan Viskositas pada Injeksi Polimer. *Petro: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan* 9(4):146–53.
- Koni, Martha. 2022. Analisis Indeks Bias, Difraksi dan Tingkat Viskositas Zat Cair dengan Metode Eksperimen di Laboratorium MIPA STKIP Weetebula. other, STKIP Weetebula.
- Kral, Jan, Branislav Konecny, Jan Kral, Kamil Madac, Gabriel Fedorko, and Vieroslav Molnar. 2014. *Degradation and Chemical Change of Longlife Oils Following Intensive Use in Automobile Engines*. *Measurement* 50:34–42. doi: 10.1016/j.measurement.2013.12.034.
- Krisnaningsih, Aju Tjatur Nugroho, Tri Ida Wahyu Kustyorini, and Magdalena Meo. 2020. "Pengaruh Penambahan Pati Talas (*Colocasia Esculenta*) Sebagai Stabilizer Terhadap Viskositas Dan Uji Organoleptik Yogurt." *Jurnal Sains Peternakan* 8(1):66–76. doi: 10.21067/jsp.v8i01.4566.
- Martini, Ashlie, Uma Shantini Ramasamy, and Michelle Len. 2018. *Review of Viscosity Modifier Lubricant Additives*. *Tribology Letters* 66(2):58. doi: 10.1007/s11249-018-1007-0.
- de Paula Pedroza, Ricardo Henrique, Jábine Talitta Nunes Nicácio, Bruno Souza dos Santos, and Kássio Michell Gomes de Lima. 2013. *Determining the Kinematic Viscosity of Lubricant Oils for Gear Motors by Using the Near Infrared Spectroscopy (NIRS) and the Wavelength Selection*. *Analytical Letters* 46(7):1145–54. doi: 10.1080/00032719.2012.751542.
- Sani. 2020. "Pengaruh Pelarut Phenol pada Reklamasi Minyak Pelumas Bekas." Universitas Negeri Surabaya.
- Sariyerli, Gokce Sevim, Orhan Sakarya, and Umit Yuksel Akcadag. 2018. "Comparison Tests for the Determination of the Viscosity Values of Reference Liquids by Capillary Viscometers and Stabinger Viscometer SVM 3001." *International Journal of Metrology and Quality Engineering* 9:7. doi: 10.1051/ijmqe/2018004.
- Wolak, Artur, Grzegorz Zając, Kamil Fijorek, Piotr Janocha, and Arkadiusz Matwijczuk. 2020. *Experimental Investigation of the Viscosity Parameters Ranges – Case Study of Engine Oils in the Selected Viscosity Grade*. *Energies* 13(12):3152. doi: 10.3390/en13123152.
- Yudhittiara, Rika Febriani, Nathan Hindharto, and Mosik Mosik. 2017. Identifikasi Miskonsepsi Menggunakan Cri dan Penyebabnya pada Materi Mekanika Fluida Kelas XI SMA. *UPEJ Unnes Physics Education Journal* 6(2):81–89. doi: 10.15294/upej.v6i2.16076.