

PENGUKURAN VISKOSITAS OLI DAN MINYAK GORENG MENGGUNAKAN SENSOR *MINI REED SWITCH MAGNETIC* BERBASIS ARDUINO

Umi Pratiwi¹⁾, Adilla Luthfia¹⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

Corresponding author : Umi Pratiwi
E-mail : umi.pratiwi.fis@unsoed.ac.id

Diterima 20 Agustus 2023, Direvisi 15 Oktober 2023, Disetujui 16 Oktober 2023

ABSTRAK

Viskositas merupakan sifat penting dalam banyak aplikasi industri seperti minyak, cat, adhesif, dan bahan kimia. Kualitas bahan material sebagai bahan baku industri memerlukan kualitas yang baik seperti sifat viskositas. Diperlukan sebuah alat pengukuran yang efektif dan presisi dalam mengetahui kualitas bahan berdasarkan sifat viskositasnya. Salah satunya pengukuran berbasis digital dan mikrokontroler. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat peraga viskositas yang dilengkapi dengan sensor *mini reed switch magnetic berbasis Arduino*. Alat peraga ini menggunakan sensor *mini reed switch magnetic* sebagai detektor pergerakan bola baja di dalam tabung. Sensor ini menghasilkan sinyal yang dikirim ke Arduino, kemudian mengolah data dan menampilkan nilai viskositas pada layar LCD. Metode penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen berbasis laboratorium dengan melakukan karakterisasi viskositas skala laboratorium menggunakan lima larutan fluida yaitu air, minyak goreng bekas, minyak goreng baru, oli bekas dan oli baru. Sampel viskositas dimasukkan ke dalam tabung, dan bola baja ditempatkan di dalam larutan. Motor stepper kemudian menggerakkan bola baja dengan kecepatan yang ditentukan, dan sensor *reed switch magnetic* mendeteksi pergerakan bola tersebut. Data yang diperoleh dari sensor dikirim ke Arduino, diolah, dan hasil viskositas ditampilkan pada layar LCD. Hasil pengukuran besar nilai viskositas fluida air, minyak goreng bekas, minyak goreng baru, oli bekas, dan oli baru berturut-turut menghasilkan (satuan Pa.s) 2,12; 3,18; 2,84; 3,52; dan 7,71. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat peraga viskositas ini mampu memberikan hasil yang akurat dan konsisten dalam mengukur viskositas larutan fluida dengan rata-rata eror 7,425% dibandingkan dengan alat peraga viskositas konvensional. Alat peraga ini juga dapat digunakan untuk mengukur viskositas berbagai jenis cairan dengan penyesuaian parameter yang sesuai.

Kata kunci: viskositas fluida; sensor *mini reed switch magnetic*.

ABSTRACT

Viscosity is an important property in many industrial applications such as oils, paints, adhesives, and chemicals. The quality of materials as industrial raw materials requires good quality such as viscosity properties. An effective and precise measurement tool is needed to determine the quality of materials based on their viscosity properties. One of them is digital and microcontroller based measurements. This research aims to design a viscosity demonstration tool equipped with an Arduino-based magnetic mini reed switch sensor. This teaching aid uses a mini reed switch magnetic sensor as a detector for the movement of steel balls in the tube. This sensor produces a signal which is sent to the Arduino, then processes the data and displays the viscosity value on the LCD screen. This research method uses laboratory-based experimental research by conducting laboratory-scale viscosity characterization using five fluid solutions, namely water, used cooking oil, new cooking oil, used oil and new oil. The viscosity sample is put into a tube, and a steel ball is placed in the solution. The stepper motor then moves the steel ball at a specified speed, and a magnetic reed switch sensor detects the movement of the ball. The data obtained from the sensor is sent to Arduino, processed, and the viscosity results are displayed on the LCD screen. The results of measuring the fluid viscosity values of water, used cooking oil, new cooking oil, used oil and new oil respectively produced (Pa.s units) 2.12; 3.18; 2.84; 3.52; and 7.71. The test results show that this viscosity probe is able to provide accurate and consistent results in measuring the viscosity of fluid solutions with an average error of 7.425% compared to conventional viscosity probes. This instrument can also be used to measure the viscosity of various types of liquids with appropriate parameter adjustments.

Keywords: fluid viscosity; magnetic mini reed switch sensor.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan dan industri berdampak pada pengembangan alat laboratorium digital (Pratiwi & Fatmaryanti, 2020). Pengukuran viskositas fluida merupakan hal yang penting. Viskositas fluida menggambarkan sifat aliran fluida, yaitu sejauh mana fluida mampu mengalir dengan mudah atau sebaliknya. Pengukuran viskositas fluida digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemrosesan industri, pengendalian kualitas, penelitian laboratorium, dan sebagainya (Mukharomah et al., 2021). Dalam upaya untuk mengukur viskositas fluida secara akurat dan efisien, banyak metode dan teknik telah dikembangkan (Astuti, 2020; Susanti & Asmoro, 2019).

Pengukuran viskositas fluida sederhana biasanya dilakukan di laboratorium fisika dengan metode bola jatuh (Hartono & Praharto, 2021; Tissos et al., 2014). Metode ini digunakan untuk menjatuhkan bola ke dalam tabung yang berisi fluida (pelumas atau OLI) dan kemudian menggunakan hukum Stokes untuk menghitung waktu tempuh. Alat uji viskometer sistem bola jatuh di laboratorium fisika masih dioperasikan secara manual, atau dengan kata lain masih bersifat manual (Mujadin et al., 2015; Susanti & Asmoro, 2019). Menurut penelitian yang telah dilakukan tentang viskometer sistem bola jatuh, hasil pengujian menunjukkan error yang tinggi antara 10 hingga 11 persen dari data aktual (karakteristik) pelumas uji yang digunakan dalam pengujian (Aritonang, 2017).

Salah satu pendekatan yang menarik adalah menggunakan sensor mini Reed Switch Magnetic berbasis Arduino. Arduino merupakan platform pengembangan perangkat keras sederhana yang fleksibel dan mudah digunakan (Deda & Purwanto, 2022). Sensor mini Reed Switch Magnetic merupakan jenis sensor yang merespon perubahan medan magnetik dengan menghasilkan pulsa listrik sebagai responsnya (Romadhon et al., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan sensor mini Reed Switch Magnetic berbasis Arduino sebagai alat pengukur viskositas fluida. Dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak yang dikembangkan, pengukuran viskositas fluida dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Sensor ini akan memberikan data tentang perubahan medan magnetik saat fluida mengalir melalui sensor, dan data tersebut dapat diolah menggunakan Arduino (Satoya & Sulaksono, 2021). Metode ini memiliki beberapa kelebihan. Pertama, penggunaan sensor mini Reed Switch Magnetic berbasis Arduino memungkinkan pengukuran viskositas

dilakukan secara real-time dan non-invasif, sehingga tidak diperlukan peralatan yang rumit atau prosedur yang kompleks. Kedua, Arduino sebagai platform pengembangan perangkat keras yang terbuka memungkinkan pengguna untuk mengatur dan mengelola data pengukuran dengan fleksibilitas tinggi.

Penelitian ini akan melibatkan beberapa langkah eksperimen. Pertama, sensor mini Reed Switch Magnetic akan dipasang pada aliran fluida yang akan diukur viskositasnya. Kemudian, medan magnetik yang dihasilkan oleh sensor akan direkam oleh Arduino. Selanjutnya, data yang diperoleh akan diproses dan diinterpretasikan menggunakan perangkat lunak yang telah dikembangkan (Gulo et al., 2022; Pratiwi et al., 2020; Rahmani et al., 2022). Viskositas suatu fluida merupakan daya hambat yang disebabkan oleh gesekan antara molekul-molekul cairan, yang mampu menahan aliran fluida sehingga dapat dinyatakan sebagai indikator tingkat kekentalannya. Nilai kuantitatif dari viskositas dapat dihitung dengan membandingkan gaya tekan per satuan luas terhadap gradien kecepatan aliran dari fluida. Menurut Young & Freedmen (2002) viskositas adalah gesekan internal fluida, Gaya viskos melawan gerakan sebagian fluida relatif terhadap yang lain (Khairunnisa, 2019). Menurut Sir George Stokes gaya hambat yang dialami oleh suatu bola ketika bergerak dengan kecepatan tertentu dalam suatu fluida. ketika mulai jatuh ke fluida, bola mengalami percepatan sehingga kecepatannya bertambah. Pada saat bersamaan gaya Stokes juga bertambah dan ada suatu saat resultan gaya tersebut adalah nol. Pada saat ini kecepatan bola mengalami nilai maksimumnya dan bernilai tetap (Ghurri, 2014; Setyanamurwan et al., 2022). Kecepatan ini yang disebut sebagai kecepatan Terminal (v_t). Menurut Young & Freedmen (2002) Pada saat bola mengalami kecepatan terminal maka berlaku persamaan berikut :

$$\eta = \frac{2r^2g}{9v_r}(\rho_b - \rho_f) \dots\dots\dots(1)$$

Dengan v_r merupakan kecepatan terminal (m/s), g sebagai percepatan gravitasi (m/s^2), ρ_b merupakan massa jenis benda (kg/m^3), r sebagai jari-jari bola (m), ρ_f merupakan massa jenis fluida (kg/m^3), dan η koefisien viskositas fluida (Pa.s)

Pengukuran viskositas fluida menggunakan sensor mini Reed Switch Magnetic berbasis Arduino ini diharapkan dapat memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Kelebihan metode ini, seperti kemudahan penggunaan, fleksibilitas, dan

kemampuan pengukuran real-time, dapat menjadi alternatif yang menarik dalam pengukuran viskositas fluida (Hasugian et al., 2020; Ms et al., 2021). Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pengukuran viskositas fluida (Romadhon et al., 2019)

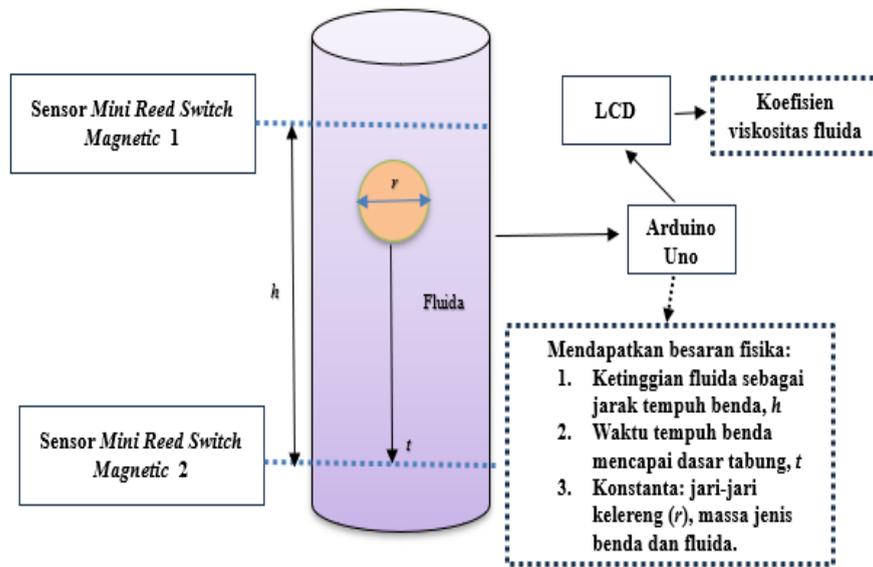
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini membaha tentang perancangan dan pembuatan alat pengukur koefisien viskositas menggunakan sensor *mini reed switch magnetic* menggunakan metode eksperimen berbasis laboratorium. Data yang

diperoleh dari output program hasil perancangan alat dan hasil perhitungan secara manual atau konvensional. Perancangan sistem ini meliputi perancangan perangkat perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) (Jamaludin et al., 2014; Masyruhan et al., 2020).

Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem pengukuran viskositas fluida merancang sifat kekentalan fluida, yaitu fluida air, minyak goreng bekas, minyak goreng baru, oli bekas, dan oli baru. Penggambaran blok diagram sistem kerja pengukuran viskositas fluida pada Gambar 1.

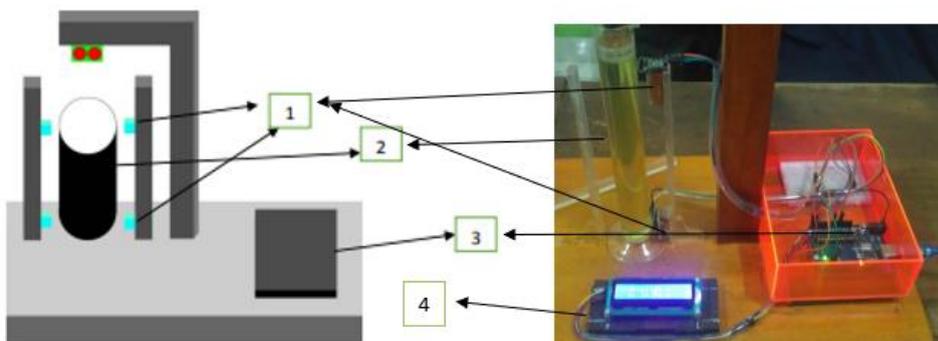


Gambar 1. Blok diagram pengukuran viskositas fluida

Rancangan Mekanis Alat Ukur

Perancangan alat pengukuran viskositas fluida menggunakan sensor *mini reed switch magnetic* untuk mendeteksi medan magnetik yang ada di sekitarnya (Afdali et al., 2017; Setiawan, 2009). Dimensi rancang-bangun dari rangka alat ukur viskositas fluida pada Gambar 2. Benda kelereng yang digunakan berupa

kelereng magnetik agar sensor mini reed switch dapat mendeteksi dengan diameter 2 cm dan tabung dengan volume tabung 100 ml. Sensor mini reed switch diperlukan dua buah sensor untuk mendeteksi kelereng magnetik di awal meluncur dan di akhir meluncur.



Gambar 2. Rancangan mekanis pengukuran viskositas fluida

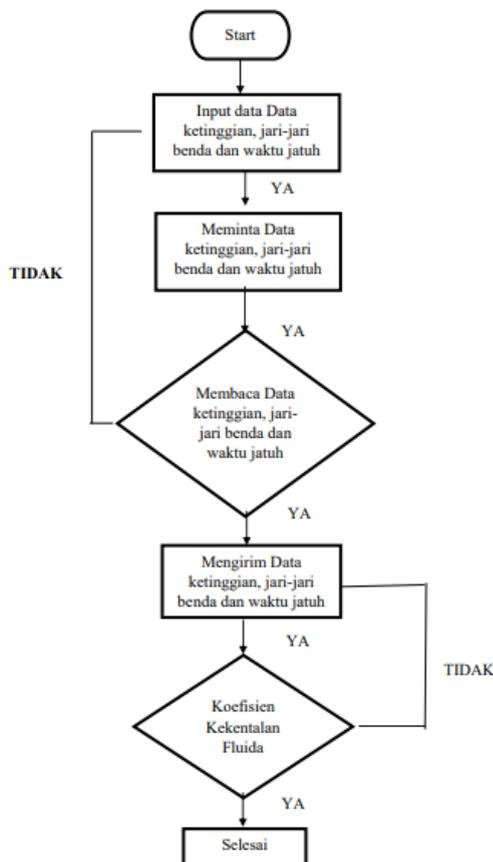
Diagram Alir Algoritma Alat Ukur

Rancangan perangkat lunak yang berfungsi untuk mengatur kinerja keseluruhan dari sistem yang terdiri dari beberapa perangkat keras sehingga sistem ini dapat bekerja dengan baik. Diagram alir program utama ditunjukkan dalam Gambar 3.

Pengukuran viskositas fluida memerlukan beberapa variabel fisika yang digunakan dalam perhitungan dengan proses pengukuran terdapat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Spesifikasi alat ukur viskositas fluida sebagai berikut.

- Processor : Arduino Uno R,
- Logic Supply : 5v DC,
- Sensor : Mini Reed Switch Magnetic,
- Rentang jarak sensor: 2 cm,
- Ukuran alat peraga : 23x16x30cm,
- Volume Tabung : 100 ml Tinggi Tabung : 25 cm,
- Diameter Bola : 2 cm.

Proses pengukuran viskositas dimulai dengan pembacaan data oleh sensor *mini reed switch* ketinggian, jari-jari benda dan waktu jatuh benda meluncur dalam tabung berisi fluida. Kemudian diperoleh data viskositas berdasarkan perhitungan dalam program arduino. Data akan ditampilkan dalam layar LCD.



Gambar 3. Flowchart alat pengukuran viskositas fluida

Pengujian Ketelitian

Berikut ini skema pengujian ketelitian alat yang direalisasikan. Setelah diperoleh data dari pengujian, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa data tersebut dan melakukan perhitungan analisis nilai persentase (%) keberhasilan dan persentase (%) kesalahan (error) pada alat viskositas fluida. Rumus-rumus pencarian persentase kesalahan dan keberhasilan adalah berdasarkan persamaan berikut ini (Afdali et al., 2017).

$$\%KBR = \frac{NS-NT}{NS} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$Ralat = \frac{\%Kesalahan}{100\%} \times NS \dots\dots\dots(4)$$

Dengan variabel *%Kbr* sebagai persentase keberhasilan, variabel *%kesalahan* sebagai persentase kesalahan, variabel *NS* sebagai nilai sebenarnya, dan variabel *NT* sebagai nilai yang terukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan alat pengukuran viskositas fluida perlu dilakukan uji kelayakan alat, yaitu dilakukan pengujian dan kalibrasi alat. Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui apakah alat tersebut bekerja atau tidak. Pengujian alat dilakukan pada lima fluida yaitu air, minyak goreng bekas, minyak goreng baru, oli bekas dan oli baru. Hasil pengujian viskositas dibandingkan dengan penghitungan manual yaitu menggunakan alat laboratorium seperti stopwatch, alat hitung, mikrometer sekrup, jangka sorong, penggaris, dan lain-lain. Hasil kalibrasi alat pengukuran viskositas menggunakan sensor mini reed switch dengan alat pengukuran manual ditunjukkan pada Tabel 2.

Setelah dilakukan penghitungan berdasarkan Tabel 2 tersebut, kemudian data tersebut diolah untuk mencari ketidakpastian dari alat peraga viskositas berbasis arduino. Hasil penghitungan ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 tersebut menunjukkan hasil penghitungan viskositas dengan alat peraga viskositas berbasis arduino dan alat peraga acuan. Alat peraga acuan adalah alat peraga manual seperti stopwatch, jangka sorong, dan lain-lain. Uji coba alat peraga viskositas menggunakan lima sampel fluida yaitu air, minyak goreng bekas, minyak goreng baru, oli bekas dan oli baru. Peneliti akan membandingkan hasil penghitungan kekentalan fluida dengan menggunakan alat peraga viskositas berbasis arduino dengan penghitungan viskositas dengan cara manual. Hasil uji coba alat peraga viskositas ditampilkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil kalibrasi alat pengukuran viskositas menggunakan sensor *mini reed switch* dengan alat pengukuran manual

Fluida		Pengukuran ke-5					Rerata	Selisih	Error
		1	2	3	4	5			
Air	Manual	2,07	2,07	1,90	1,58	2,03	1,93	-0,19	9,64%
	Alat	2,01	2,09	2,08	2,20	2,20			
Minyak goreng bekas	Manual	2,68	3,07	3,45	2,80	3,18	3,04	-0,14	4,68%
	Alat	3,07	2,98	3,00	3,42	3,42			
Minyak goreng baru	Manual	2,96	2,28	2,33	3,27	2,64	2,79	-0,15	5,42%
	Alat	2,63	2,82	2,86	2,85	3,05			
Oli bekas	Manual	3,97	3,80	3,25	3,43	3,47	3,548	-0,33	9,15
	Alat	3,97	3,89	3,88	3,8	4,02			
Oli baru	Manual	6,44	6,65	6,65	7,73	8,13	7,12	-0,59	8,23%
	Alat	7,85	7,84	7,67	7,52	7,65			
Rerata Error									7,42%

Perhitungan ralat alat pengukur viskositas oli dan minyak goreng diperoleh

perbandingan oli dan minyak goreng sebelum dan sesudah digunakan.

Tabel 3. Ralat alat pengukuran viskositas fluida menggunakan sensor *mini reed switch*

Sampel	η acuan (Pa.s)	η alatPeraga (Pa.s)	Error	Ralat (Pa.s)
Air	1,93	2,12	9,64%	(2,12 \pm 0,186)
Minyak goreng bekas	3,04	3,18	4,68%	(3,18 \pm 0,142)
Minyak goreng baru	2,70	2,84	5,42%	(2,84 \pm 0,146)
Oli bekas	3,58	3,51	9,15%	(3,51 \pm 0,328)
Oli baru	7,12	7,71	8,23%	(7,71 \pm 0,586)
Rerata Error			7,42%	(3,87 \pm 0,288)

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 hasil pengujian viskositas dengan menggunakan alat pengukuran viskositas dengan fluida air mempunyai nilai selisih sebesar - 0,19 dan error 9,64% sehingga dihasilkan hasil penghitungan koefisien viskositas air sebesar (2,12 \pm 0,186) Pa.s. pada fluida minyak goreng bekas diperoleh selisih sebesar -0,14 dengan error 4,68% sehingga penghitungan koefisien kekentalan minyak goreng bekas adalah (3,18 \pm 0,142) Pa.s. Pada fluida minyak goreng baru diperoleh selisih sebesar - 0,15 dengan error 5,42% sehingga diperoleh penghitungan koefisien kekentalan minyak goreng baru yaitu (2,84 \pm 0,146) Pa.s. Pada fluida oli bekas diperoleh selisih -0,33 dengan error sebesar 9,15% sehingga diperoleh penghitungan koefisien oli bekas yaitu (3,51 \pm 0,328) Pa.s. Pada oli baru diperoleh selisih sebesar -0,59 dengan error 8,23% sehingga diperoleh penghitungan koefisien kekentalan oli baru adalah (7,71 \pm 0,586) Pa.s. Rerata error total alat peraga viskositas dengan sensor mini reed switch magnetic berbasis arduino adalah

7,42%. Terjadi error pada alat peraga dapat terjadi karena beberapa faktor kesalahan yang terjadi dalam kegiatan pengambilan data viskositas dengan alat peraga diantaranya adalah sensitivitas sensor yang menyebabkan waktu jatuh sehingga didapatkan hasil koefisien kekentalan yang berbeda, kesalahan pengamat dalam menjatuhkan bola magnet kedalam fluida

Prosedur pelaksanaan percobaan pada fluida oli menggunakan oli baru dan bekas, pada oli baru dilakukan percobaan sebanyak lima kali percobaan dan oli baru belum pernah digunakan pada mesin motor ataupun dalam percobaan viskositas. Oli bekas menggunakan oli yang berbeda dari oli baru, tetapi memiliki tipe yang sama, oli bekas adalah oli yang sudah dimasukan ke mesin motor. Kemudian oli bekas dilakukan percobaan sebanyak lima kali percobaan. Pada fluida minyak goreng menggunakan minyak goreng baru dan minyak goreng bekas dengan merek yang berbeda. Percobaan pada minyak goreng baru yaitu minyak goreng yang belum pernah digunakan untuk percobaan. Sedangkan minyak goreng

bekas adalah minyak goreng yang sudah pernah digunakan dalam percobaan. Kedua fluida minyak goreng dilakukan percobaan sebanyak lima kali percobaan. Berdasarkan hasil pengujian alat peraga viskositas berbasis arduino terdapat error pada saat pengujian yang disajikan dalam Tabel 2 dan 3. Error pada pengujian terjadi karena sensitivitas sensor yang memiliki rentang yang dekat, pada saat pengujian dilakukan lima kali percobaan pada setiap fluida, fluida yang digunakan yaitu minyak goreng baru, minyak goreng bekas, oli bekas, oli baru dan air.

Error terbesar terjadi pada saat pengujian fluida air, hal ini terjadi karena pada saat pengujian air memiliki tingkat kekentalan yang kecil sehingga jatuhnya bola magnet sangat cepat dan sensor ada yang secara langsung menangkap sinyal yang diberikan oleh magnet dan ada yang lama karena rentang jarak sensor sehingga sensor lebih lama menangkap sinyal, hal ini menyebabkan perbedaan waktu jatuh benda dan viskositas yang berbeda. Meskipun perbedaan waktu yang kecil, tetapi menyebabkan efek yang cukup besar terhadap pengukuran viskositas. Sedangkan error terkecil pada fluida minyak goreng bekas, pada fluida ini terdapat error kecil karena fluida ini tergolong fluida yang tidak terlalu gelap sehingga sensor mudah mendeteksi sinyal, selain itu fluida ini cukup kental sehingga jatuhnya benda tidak terlalu cepat sehingga memudahkan sensor menangkap sinyal yang menyebabkan error yang diperoleh dalam pengujian kecil.

SIMPULAN

Alat pengukuran viskositas menggunakan sensor *mini reed switch* telah berhasil dirancang dan direalisasikan serta dapat bekerja dengan sangat baik. Nilai persentase hasil kalibrasi alat pengukuran viskositas rata-rata adalah sebesar 7,42%, persentase keberhasilan rata-rata pada pengukuran viskositas dengan eror adalah sebesar 7,42%, dan ralat pengukuran viskositas adalah $(3,87 \pm 0,288)$. Selain itu, alat pengukuran viskositas fluida dengan lima jenis fluida yang diukur menghasilkan perbandingan nilai viskositas fluida setelah digunakan dan sebelum digunakan dengan fluida acuan berupa fluida air. Hasil output nilai viskositas fluida yang ditampilkan LCD menggunakan I2C, akan memberikan kemudahan bagi para pengguna dan termonitoring secara efektif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para mahasiswa program studi pendidikan fisika Universitas Muhammadiyah

Purworejo peserta matakuliah Fisika Komputasi pada periode semester ganjil tahun akademik 2020/2021 dan Saudara Msy yang telah bersedia meluangkan waktu membantu pengerjaan alat ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Afdali, M., Daud, M., & Putri, R. (2017). Perancangan alat ukur digital untuk tinggi dan berat badan dengan output suara berbasis arduino uno. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(1), 106.
- Aritonang, J. (2017). *Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Viskometer Sistem Bola Jatuh*.
- Astuti, N. I. (2020). PENENTUAN VISKOSITAS FLUIDA DAN KECEPATAN TERMINAL BOLA UJI DENGAN PENDEKATAN TEORI DAN EKSPERIMEN. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 9(2), 34–40.
- Deda, M. B., & Purwanto, T. D. (2022). Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall Ugn 3503 Berbasis Nodemcu Esp8266. *Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES)*, 4(1), 36–42.
- Ghurri, A. (2014). Dasar-Dasar Mekanika Fluida. *Bukit Jimbaran: Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana*.
- Gulo, S., Suherdi, D., & Yetri, M. (2022). Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Telegram Berbasis Nodemcu. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 1(4), 137–141.
- Hartono, H., & Praharto, Y. B. (2021). Inovasi Viskometer Bola Jatuh Berbasis Mikrokontroler Arduino Arduini Mega 2560 Dengan Optimasi Parallax Data Acquisition (Plx Daq). *Iteks*, 13(1), 11–20.
- Hasugian, R. N., Arifin, I., Hady, M. A., Budiprayitno, S., & Widodo, S. T. (2020). Rancang Bangun Alat Ukur Viskositas Digital Pada Oli Menggunakan Sensor Efek Hall. *Jurnal AMORI*, 1, 2.
- Jamaludin, J., Suriyanto, S., Adiansyah, D., & Sucahyo, I. (2014). Perancangan dan Implementasi Sound Level Meter (SLM) dalam Skala Laboratorium Sebagai Alat Ukur Intensitas Bunyi. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 4(1), 42–46.
- Khairunnisa, K. (2019). Pembelajaran Fisika Berbasis Tracker dalam Penentuan Viskositas Air Menggunakan Metode Osilasi Tereadam. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan MIPA Dan Teknologi II*, 1(1), 108–115.

- Masyruhan, M., Pratiwi, U., & Al Hakim, Y. (2020). Perancangan Alat Peraga Hukum Hooke Berbasis Mikrokontroler Arduino Sebagai Media Pembelajaran Fisika. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 6(2), 134–145.
- Ms, A. U., Irianto, I., Ibadillah, A. F., & Laksono, D. T. (2021). ALAT PENDETEKSI KUALITAS OLI SEPEDA MOTOR BERDASARKAN TINGKAT VISKOSITAS BERBASIS MIKROKONTROLER. *SinarFe7*, 4(1), 6–9.
- Mujadin, A., Jumianto, S., & Puspitasari, R. L. (2015). Pengujian Kualitas Minyak Goreng Berulang Menggunakan Metoda Viskositas dan Perubahan Fisis. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 2(4), 229–233.
- Mukharomah, F., Mutiarani, A., Supiyadi, S., & Sulhadi, S. (2021). Gerak Harmonik Teredam Untuk Menentukan Koefisien Viskositas Fluida Berbantuan Software Tracker Video. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 6(1), 10–22.
- Pratiwi, U., Al Haddar, G., & Kristiawan, M. (2020). Arduino-Based Mini Reed Switch Magnetic Sensor Media: Implementation in Physics Learning to Improve Students' Analyzing Ability. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 5(1), 183–193.
- Pratiwi, U., & Fatmaryanti, S. D. (2020). Development of Physics Teaching Media Using Speed Sensors as Speed Analysis in Realtime Based on Arduino to Remind Students' Problem Solving Abilities. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 5(3), 151–158.
- Rahmani, Y., Hamdani, D., & Risdianto, E. (2022). Pengembangan alat peraga eksperimen fisika dasar 1 pada materi viskositas fluida. *Amplitudo: Jurnal Ilmu Dan Pembelajaran Fisika*, 1(2), 128–137.
- Romadhon, N., Pratiwi, U., & Al Hakim, Y. (2019). Keefektifan Alat Peraga Viskositas Dengan Sensor Mini Reed Switch Magnetic Berbasis Arduino Untuk Meningkatkan Kemampuan Analyzepeserta Didik. *Muslim Heritage*, 4(2).
- Satoya, G. A., & Sulaksono, D. H. (2021). Implementasi Sensor Magnetic Door Switch Untuk Keamanan Laci Uang Yang Berbasis Internet Of Things (IOT): Studi Kasus Toko Satoya. *POSITIF: Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 7(2), 127–132.
- Setiawan, I. (2009). *Buku Ajar Sensor dan Transduser*.
- Setyanamurwan, A. O., Astuti, I. A. D., & Suhendar, E. (2022). Analisis Koefisien Kekentalan Fluida pada Berbagai Merek Minyak Goreng Menggunakan Tracker. *Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 3(1), 42–50.
- Susanti, H., & Asmoro, C. P. (2019). Rekonstruksi Set Alat Percobaan Viskositas. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 4(1), 31–36.
- Tissos, N. P., Yulkifli, Y., & Kamus, Z. (2014). Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek HallmUgn3503 Berbasis Arduino Uno328. *Jurnal Sainstek: Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek HallmUgn3503 Berbasis Arduino Uno328*, 4(1), 71–83.