



Rancang Bangun Alat Praktikum Viskometer Berbasis Arduino

Infianto Boimau*, Ruth N. K. Mellu, Mesakh R. Manuain

*Program Studi Pendidikan Fisika, Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan
SoE, Jl. Badak No.5A Lokasi 2 SMK N 1 SoE 85511, Indonesia*

Penulis Penanggungjawab. E-mail: stafinfiantoboimau@stkipsoe.ac.id

Telp: +6285338150193

ABSTRAK

Telah dilakukan rancang bangun viskometer sebagai alat praktikum fisika untuk menentukan koefisien viskositas zat cair. Prinsip kerja viskometer menggunakan metode bola jatuh bebas berdasarkan konsep hukum Stokes. Rancang bangun viskometer meliputi beberapa tahap yaitu perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, perancangan sistem mekanik, dan pengujian kinerja viskometer. Perancangan perangkat keras terdiri dari sensor inframerah, tombol *push button*, arduino, LCD, dan catu daya. Perancangan perangkat lunak menggunakan pemrograman bahasa C# berbantuan *compiler IDE* arduino. Perancangan mekanik terdiri dari penyangga, induksi magnet, katrol, tabung kaca, tali, dan beban. Sedangkan pengujian kinerja viskometer dilakukan dengan mengukur koefisien viskositas gliserin dan oli. Hasil pengujian menunjukkan viskometer yang telah dikembangkan mampu mengukur koefisien viskositas gliserin sebesar $1,07 Pa.s$ dengan kesalahan relatif sebesar 11,57% dan koefisien viskositas oli mesin sebesar $1,57 Pa.s$ dengan kesalahan relatif sebesar 1,14%.

Kata Kunci : alat praktikum, viskometer, arduino, viskositas

ABSTRACT

A design of arduino-based viscometer as physics practicum tool has been conducted to determine coefficient of viscosity of liquid materials. The operational principle of viscometer used free falling ball based on Stokes concept. The construction covered some phases, such as designing hardware, designed software, designing the mechanic system, and testing viscometer's performance. Hardware construction covered infrared sensor, push button, arduino, LCD, and power supply. Software construction covered language programing C# assisted with arduino IDE compiler. Mechanic construction covered refutation, magnetic induction, pulley, glass tube, rope, and load. Meanwhile, performance testing of viscometer was done through measuring viscosity coefficient of glycerin and oil. The result showed that the developed viscometer was able to measure the viscosity of glycerin that reached in which its relative error was and the oil viscosity coefficient reached in which its relative error was .

Keywords : practicum tool, viscometer, arduino, viscosity

1. Pendahuluan

Fisika merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari berbagai gejala alam dan penjelasannya disajikan dalam konsep-konsep abstrak. Peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami berbagai konsep fisika yang abstrak karena penyampaian materi pembelajaran dilakukan melalui metode ceramah. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran sebagai alat bantu untuk mengubah materi ajar yang abstrak menjadi konkrit dan nyata dalam kehidupan sehari-hari peserta didik [1]. Selain itu, proses pembelajaran fisika tidak dapat dipandang sebatas transformasi informasi karena pemahaman yang

mendalam mengenai konsep fisika hanya dapat terjadi melalui latihan keterampilan maupun pengalaman [2]. Dengan demikian, diperlukan media pembelajaran sebagai alat bantu dalam proses belajar mengajar maupun kegiatan praktikum untuk mengoptimalkan transfer pengetahuan kepada peserta didik.

Salah satu media pembelajaran yang dapat diterapkan dalam proses pembelajaran fisika adalah alat peraga. Alat peraga digunakan sebagai alat bantu untuk memvisualisasikan konsep-konsep fisika maupun sebagai alat ukur dalam kegiatan praktikum. Alat peraga fisika yang masih melakukan pengukuran secara manual memiliki akurasi dan presisi yang rendah sehingga menghasilkan kesalahan

menghasilkan kesalahan pengukuran yang besar. Kekurangan alat peraga secara manual dapat diperkecil dengan mengembangkan alat peraga otomatis berbasis mikrokontroler atau arduino. Alat peraga otomatis dapat mengurangi pengaruh kesalahan manusia dalam melakukan pengukuran sehingga meningkatkan akurasi dan presisi pengukuran [3, 4, 5, 6]. Disamping itu, alat peraga berbasis arduino memiliki output digital dan mudah dalam pengoperasian (*user friendly*) sehingga mampu menarik minat peserta didik dalam belajar [7].

Arduino memiliki beberapa fitur penting yang dapat dimanfaatkan untuk rancang bangun alat peraga fisika, antara lain: *input output (I/O)* analog dan digital, timer, counter, interupsi, *analog to digital converter* (ADC), dan *pulses width modulation* (PWM) [1]. Suatu instrumen fisika (alat ukur) dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan mikrokontroler atau arduino dan beberapa komponen elektronik sebagai perangkat *input* maupun *output*. Berbagai komponen elektronik yang umumnya digunakan untuk rancang bangun alat peraga fisika, antara lain: sensor dan transduser, tombol *push button*, *Liquid Crystal Display* (LCD), *Light Emitted Diode* (LED), aktuator, dan catudaya [8,9]. Arduino dapat pula di-*interface*-kan dengan komputer untuk akuisisi dan pengolahan data yang lebih kompleks melalui komunikasi serial [10, 11].

Viskositas zat cair merupakan salah satu materi ajar dalam proses pembelajaran fisika dan dijadikan materi praktikum bagi peserta didik. Viskositas didefinisikan sebagai ukuran kekentalan zat cair. Ukuran kekentalan suatu zat cair ditentukan berdasarkan nilai koefisien viskositas. Viskometer adalah alat ukur untuk menentukan koefisien viskositas zat cair yang biasa digunakan dalam kegiatan praktikum di laboratorium. Pengukuran koefisien viskositas zat cair dengan viskometer pada umumnya menggunakan tiga metode, yaitu: (1) metode bola jatuh bebas berdasarkan hukum Stokes [12, 5]; (2) metode aliran fluida dalam pipa kapiler menggunakan hukum Poiseuille [13]; dan (3) metode rotasi silinder sesumbu [14, 2]. Metode yang paling sering digunakan untuk mengembangkan viskometer dalam penentuan viskositas zat cair adalah metode bola jatuh bebas.

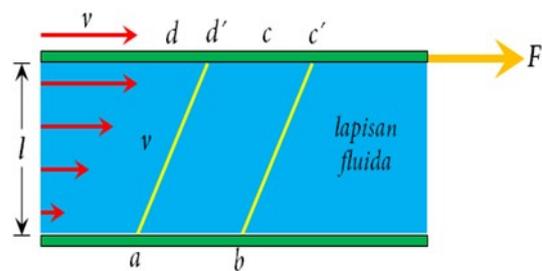
Viskometer dapat melakukan pengukuran secara manual maupun otomatis. Viskometer yang melakukan pengukuran secara manual memiliki akurasi dan validitas yang rendah karena dipengaruhi oleh kesalahan manusia (*human error*). Kekurangan ini dapat diatasi dengan mengembangkan viskometer yang mampu melakukan pengukuran secara otomatis. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan viskometer otomatis, antara lain: (1) rancang bangun

viskometer otomatis menggunakan pesawat Atwood dengan memanfaatkan sensor rotary encoder dan arduino [5]; (2) perancangan viskometer menggunakan sensor kumparan, ADC, dan timer [14]; (3) pengembangan viskometer digital berbasis sensor efek hall UGN3503 dan mikrokontroler ATmega8 [16]; (4) pembuatan viskometer digital menggunakan sensor efek hall UGN3503 berbasis arduino Uno328 [17]; dan (5) rancang bangun viskometer digital berbasis mikrokontroler ATmega16 menggunakan sensor fotodiode [18].

2. Dasar Teori

Viskositas suatu fluida berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir, dimana makin tinggi viskositas suatu fluida maka makin besar hambatannya sehingga fluida sulit mengalir. Viskositas fluida ditimbulkan oleh fluida yang bergerak atau benda padat yang bergerak di dalam fluida sehingga mengakibatkan gesekan antar lapisan fluida maupun benda padat dengan fluida. Untuk memahami konsep viskositas fluida, perhatikanlah fluida yang mengalir di antara dua pelat sejajar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pelat bawah dibuat diam, sedangkan pelat atas ditarik dengan gaya F sehingga bergerak dengan kecepatan konstan sebesar \bar{v} . Lapisan fluida yang bersentuhan dengan permukaan pelat atas memiliki kecepatan yang sama dengan

kecepatan pelat atas. Gradien kecepatan tiap lapisan fluida ditunjukkan menggunakan vektor kecepatan \bar{v} yang ditandai dengan panjang anak panah. Laju aliran dari tiap lapisan fluida memiliki kecepatan yang berbeda-beda. Lapisan fluida yang dekat dengan pelat atas memiliki kecepatan yang lebih besar dan semakin kecil mendekati lapisan fluida yang bersentuhan dengan pelat bawah. Aliran fluida pada tiap bagian lapisan fluida bersifat aliran laminar [19].



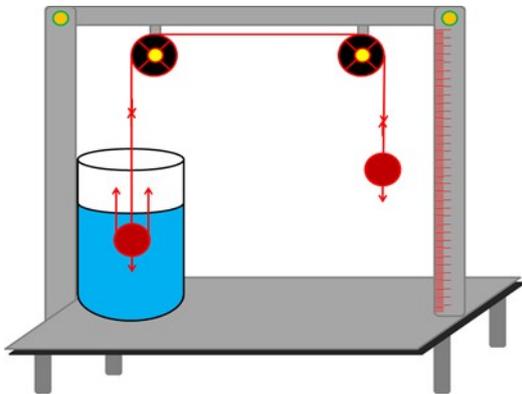
Gambar 1. Prinsip kerja viskositas fluida

Jika benda berbentuk bola dijatuhkan dalam fluida seperti ditunjukkan pada Gambar 2, maka mula-mula bergerak turun dengan kecepatan yang makin besar akibat adanya percepatan gravitasi. Pada suatu saat kecepatan benda tidak berubah lagi. Kecepatan ini dinamakan kecepatan terminal. Gaya yang bekerja selama bola jatuh adalah gaya tegangan tali (T), gaya Archimedes (F_A), gaya Stokes (F_s) dan gaya berat bola $m_2 (w_2)$. Ketika bola m_2 mencapai kecepatan terminal akibat

gesekan fluida, maka akan berlaku gaya-gaya yang bekerja pada benda m_1 dan m_2 berada dalam keadaan setimbang dan memenuhi hukum I Newton. Gaya-gaya yang bekerja dianalisis sebagai berikut:

Tinjau benda m_1

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \rightarrow T - w_2 = 0 \\ T &= m_2 g \end{aligned} \quad (1)$$



Gambar 2. Gaya-gaya pada sistem benda

Tinjau benda m_2

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \rightarrow w_2 - T - F_A - F_s = 0 \\ w_1 &= T + F_A + F_s \end{aligned} \quad (2)$$

dalam kasus ini dianggap bahwa massa tali, putaran katrol dan diameter katrol diabaikan sehingga tegangan tali dianggap sama, maka Persamaan (2) menjadi:

$$\begin{aligned} m_1 g &= m_2 g + \rho_f g V_b + 6\pi\eta r v_s \\ m_1 g - m_2 g &= \rho_f g \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) + 6\pi\eta r \left(\frac{s}{t}\right) \\ m_1 g - m_2 g - \rho_f g \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) &= 6\pi\eta r \left(\frac{s}{t}\right) \end{aligned}$$

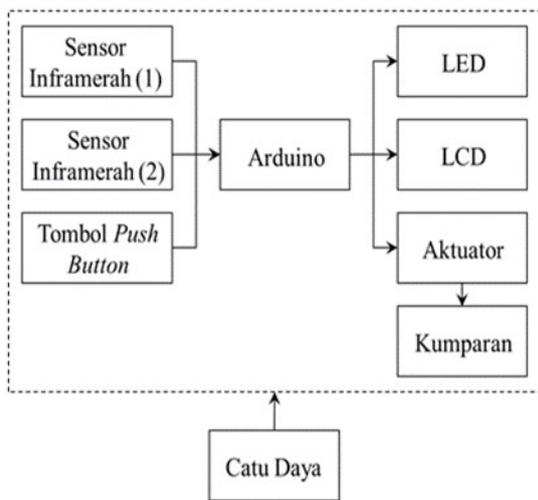
$$\begin{aligned} g \left(m_1 - m_2 - \frac{4}{3}\pi\rho_f r^3\right) &= 6\pi\eta r \left(\frac{s}{t}\right) \\ 6\pi\eta r s &= gt \left(m_1 - m_2 - \frac{4}{3}\pi\rho_f r^3\right) \\ \eta &= \frac{gt \left(m_1 - m_2 - \frac{4}{3}\pi\rho_f r^3\right)}{6\pi r s} \end{aligned} \quad (3)$$

dimana η adalah koefisien viskositas fluida ($Pa.s$), r jari-jari bola m_1 (m), ρ_f massa jenis fluida (kg/m^3), s jarak tempuh bola dalam fluida (m), t waktu yang tempuh bola dalam fluida (s), m_1 massa bola 1 (kg), $m_2 =$ massa bola 2 dan g percepatan gravitasi bumi (m/s^2).

3. Metode Perancangan

3.1. Perancangan Perangkat Keras

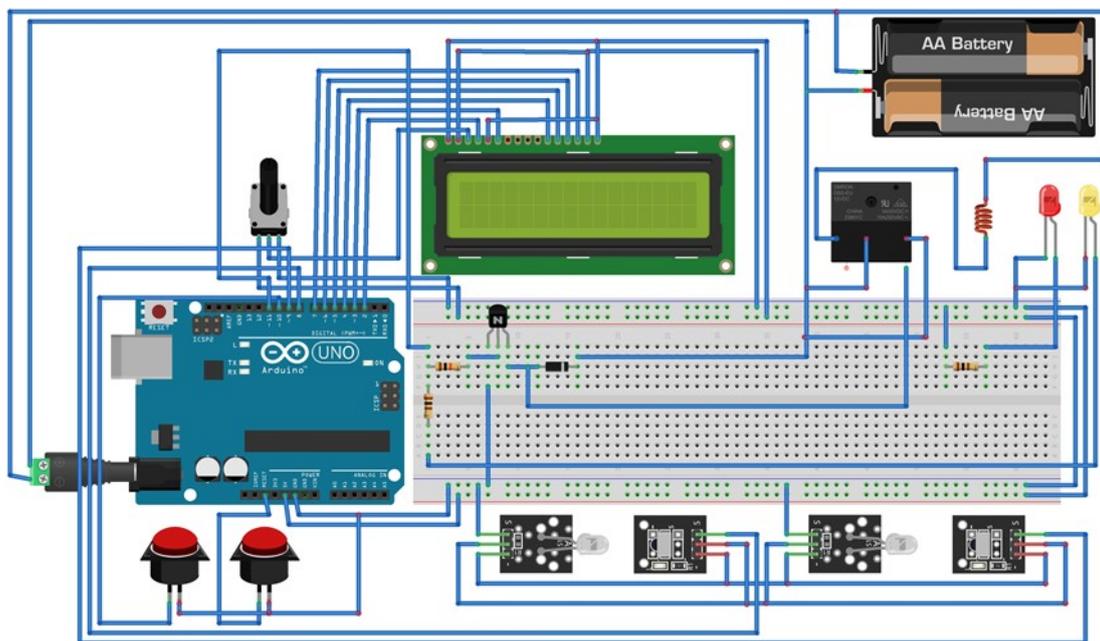
Prototipe yang dikembangkan dalam penelitian ini berbasis arduino uno. Prototipe ini terdiri dari perangkat keras elektronik. Perangkat keras elektronik terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu arduino, sensor inframerah (IR), tombol *push button*, LDC *display*, aktuator (relay), dan catu daya. Diagram perangkat keras alat praktikum ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan rangkaian perangkat keras alat praktikum ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram perangkat keras

Diagram kerja perangkat keras elektronik pada Gambar 3 menunjukkan

arduino berfungsi sebagai pengendali utama dalam peralatan untuk mengatur kerja semua perangkat elektronik mengukur waktu dengan timer internal arduino. Sensor inframerah digunakan sebagai detektor untuk mendeteksi gerak bola pejal, LCD sebagai penampil hasil pengukuran waktu, tombol *push button* sebagai tombol *input* untuk memberi masukan pada arduino, aktuator sebagai rangkaian untuk mengendalikan medan magnet pada batang besi, dan catu daya sebagai penyedia arus dan tegangan bagi rangkaian elektronik.



Gambar 4. Rangkaian perangkat keras alat peraga

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Sistem kerja perangkat keras berbasis arduino ini dikendalikan melalui perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman C#. Perangkat lunak dikembangkan dengan memanfaatkan compiler *Integrated Development Environment* (IDE) arduino. Perancangan perangkat lunak ini terdiri dari beberapa blok utama, yaitu deklarasi pustaka, deklarasi pin-pin arduino, pendefinisian variabel, pembuatan fungsi timer, pembuatan fungsi intrupt timer, setup *input/output*, membaca input sensor IR dan tombol *push button*, membuat fungsi logika, mengendalikan aktuator, dan menuliskan hasil cacahan waktu pada LCD display.

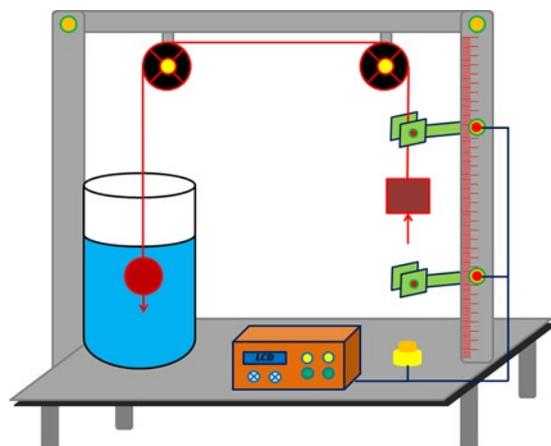
3.3. Perancangan Sistem Mekanik

Perancangan perangkat mekanik prototipe terdiri dari lintasan vertikal, penyangga, katrol, batang induksi magnet, mistar, tempat fluida, sensor IR, dan tali. Setup prototipe alat praktikum yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 5. Sensor IR yang dipasang pada sistem mekanik ini dapat digeser-geser untuk mengatur panjang lintasan yang akan ditempuh oleh bola sepanjang fluida. Sistem mekanik alat peraga ini juga dilengkapi dengan dua buah katrol yang berfungsi untuk menghubungkan

dua beban melalui tali. Tempat fluida yang digunakan berbentuk kotak dan terbuat dari kaca. Luas kotak fluida memiliki ketentuan jauh lebih besar dari ukuran bola sehingga menghindari gesekan antara dinding kaca dengan bola.

3.4. Pengujian Kinerja Prototipe

Pengujian kinerja alat peraga meliputi pengujian sistem kerja timer, pengujian sensor IR, pengujian LCD, pengujian aktuator dan pengujian kinerja alat praktikum untuk mengukur koefisien viskositas fluida dari beberapa cairan seperti gliserin dan pelumas mesin (oli). pengujian kinerja alat peraga dilakukan untuk mengetahui kemampuan komponen yang digunakan dan ketepatan alat peraga dalam mengukur besaran-besaran seperti panjang lintasan dan waktu. Hasil pengukuran koefisien viskositas alat praktikum dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan *tracking video* memanfaatkan *software logger pro*.



Gambar 5. Perancangan sistem mekanik

4. Hasil dan Pembahasan

Prototipe alat praktikum fisika dikembangkan menggunakan metode bola jatuh bebas bertujuan untuk menentukan koefisien viskositas fluida. Alat praktikum yang dibangun bekerja berdasarkan prinsip hukum Stokes dengan memanfaatkan pesawat Atwood dan hukum-hukum Newton. Prototipe hasil perancangan mampu melakukan pengukuran secara otomatis terhadap waktu tempuh bola sepanjang lintasan lurus dalam fluida. Hasil desain alat praktikum yang telah dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 6. Prototipe hasil rancang bangun diujicobakan dengan mengukur koefisien viskositas gliserin dan oli mesin.

Variabel utama yang diukur oleh prototipe ini adalah waktu yang diperlukan oleh bola pejal untuk menempuh panjang lintasan tertentu yang telah ditentukan dengan menempatkan sensor inframerah. Sensor inframerah yang digunakan dalam rancangan ini terdiri dari dua buah sensor dan diletakan pada jarak tertentu sesuai panjang lintasan yang telah ditetapkan. Peletakan sensor inframerah pertama harus memperhatikan agar ketika bola pejal m_2 bergerak sampai pada sensor tersebut maka bola pejal m_1 telah mencapai kecepatan terminal dalam

fluida. Waktu tempuh bola pejal m_2 dari sensor pertama ke sensor kedua dicacah menggunakan timer pada arduino. Pencacah waktu pada prototipe ini dilakukan secara otomatis apabila dibandingkan dengan menggunakan viskometer manual sehingga mampu mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh manusia (pengukur).

Prinsip kerja viskometer yang dibangun dalam penelitian ini, yaitu arduino menerima sinyal input dari tombol push button sebagai masukan untuk mengendalikan pengukuran. Sinyal input yang diterima arduino dipakai untuk mengendalikan output aktuator/ relay untuk menghilangkan medan magnet sehingga bola pejal dan bergerak. Bola pejal akan bergerak sepanjang lintasan dalam fluida sedangkan bola pejal bergerak melewati sensor inframerah pertama dan sensor inframerah kedua. Ketika bola pejal melewati sensor inframerah pertama maka arduino akan menerima sinyal input untuk memulai cacahan menggunakan timer arduino. Pencacahan waktu akan dihentikan oleh arduino apabila bola pejal melewati sensor inframerah kedua. Waktu yang dicacah ini akan ditampilkan pada LCD display untuk dibaca oleh pengguna.

Rancang bangun viskometer dalam penelitian ini menerapkan konsep gerak pada pesawat Atwood untuk membantu memudahkan dalam mendeteksi bola pejal yang bergerak dalam fluida. Pada umumnya

sensor inframerah atau sensor cahaya tidak memiliki presisi yang baik untuk mendeteksi gerak bola apabila bola tersebut bergerak dalam fluida yang keruh atau pekat dan berwarna gelap. Penelitian yang dilakukan oleh Aryanto, et al (2012) menemukan bahwa alat viskometer berbasis mikrokontroler menggunakan sensor cahaya (fotodioda) belum dapat digunakan untuk mengukur viskositas zat cair yang berwarna gelap [18]. Kelemahan sensor cahaya dalam mendeteksi gerak bola pejal dalam fluida disebabkan oleh cahaya yang terpancar dari transmitter tidak mampu menembus fluida yang pekat dan berwarna gelap untuk sampai ke receiver. Kekurangan sensor inframerah tersebut dapat ditangani dengan mengukur bola pejal yang bergerak di luar fluida (udara) sehingga tidak mengganggu keakuratan sensor dalam mendeteksi gerak bola pejal [20].

Hasil rancang bangun sensor inframerah terdiri dari dua bagian, yaitu transmitter dan receiver. Transmitter berfungsi untuk membangkitkan sinyal inframerah, sedangkan receiver berupa fototransistor berfungsi untuk menerima cahaya inframerah. Sinyal inframerah yang dibangkitkan oleh transmitter memiliki panjang gelombang dan memiliki energi yang kecil. Dalam keadaan tidak terhalang oleh bola pejal maka output sensor inframerah adalah

“HIGH”, sedangkan ketika cahaya inframerah terhalang oleh bola pejal maka *output* sensor inframerah adalah “LOW”. Perubahan logika pada *output* sensor inframerah ini dimanfaatkan sebagai sinyal *input* ke arduino untuk mendeteksi gerak bola pejal dan mengendalikan pencacahan waktu.

Arduino berfungsi sebagai perangkat pemrosesan data untuk mengelolah *input* dan *output*. Arduino memproses data berdasarkan logika perangkat lunak yang dikembangkan untuk menghasilkan suatu informasi bagi pengguna. Perangkat lunak dalam penelitian ini menggunakan bahasa C# dengan memanfaatkan compiler IDE arduino. Desain perangkat lunak terdiri dari 5 bagian, yaitu: deklarasi dan definisi variabel operasional, pembuatan *timer* dan *timer overflow*, membaca *input* tombol *push button* dan sensor inframerah menggunakan logika *if*, mengendalikan *output* aktuator, dan menuliskan hasil pengukuran di LCD display.

Pengujian kinerja alat praktikum dilakukan dengan mengukur koefisien viskositas gliserin dan oli mesin pada suhu 25°C. Koefisien viskositas (η) yang diperoleh dalam proses pengujian dianalisis menggunakan Persamaan (3). Hasil pengujian viskometer yang telah dikembangkan ditunjukkan pada Tabel (1). Hasil pengukuran koefisien viskositas gliserin diperoleh nilai sebesar $1070.10^{-3} Pa.s$ dengan standar deviasi

0,1238 dan kesalahan relatif sebesar 11,57%. Sedangkan hasil pengukuran koefisien viskositas oli mesin diperoleh nilai sebesar 1570.10^{-3} Pa.s dengan standar deviasi 0,0179 dan kesalahan relatif sebesar 1,14%.

Pada penelitian ini, hasil pengukuran koefisien viskositas viskometer hasil rancangan dibandingkan dengan pengukuran koefisien viskositas menggunakan metode *tracking video*. Analisis *tracking video* memanfaatkan

software logger pro untuk menentukan waktu tempuh bola pejal. Hasil pengukuran koefisien viskositas gliserin dan oli mesin dengan metode *tracking video* ditunjukkan pada Tabel (2). Hasil pengukuran koefisien viskositas gliserin diperoleh nilai sebesar 1170.10^{-3} Pa.s dengan standar deviasi 0,0707 dan kesalahan relatif sebesar 6,04%. Sedangkan hasil pengukuran koefisien viskositas oli mesin diperoleh nilai sebesar 1540.10^{-3} Pa.s dengan standar deviasi 0,0691 dan kesalahan relatif sebesar 4,48%.

Tabel 1. Koefisien viskositas menggunakan prototipe viskometer

Zat Cair	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran		
		Koefisien Viskositas (Pa.s)	Standar Deviasi	Kesalahan Relatif (%)
Gliserin	25	1070.10^{-3}	0,1238	11,57
Oli Mesin	25	1570.10^{-3}	0,0179	1,14

Tabel 2. Koefisien viskositas menggunakan analisis video logger pro

Zat Cair	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran		
		Koefisien Viskositas (Pa.s)	Standar Deviasi	Kesalahan Relatif (%)
Gliserin	25	1170.10^{-3}	0,0707	6,04
Oli Mesin	25	1540.10^{-3}	0,0691	4,48

Hasil pengukuran viskometer terhadap gliserin memiliki *persentase error* sebesar 8,55% lebih rendah apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan metode *tracking video*. Sedangkan hasil pengukuran viskometer terhadap oli mesin memiliki *persentase error* sebesar 1,95% lebih tinggi apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan metode *tracking video*. Hasil pengukuran yang diperoleh dalam penelitian ini berbeda secara signifikan apabila dibandingkan dengan nilai teoritik. Menurut Giancoli (2014) koefisien viskositas gliserin pada suhu 20°C sebesar $1500 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$ dan koefisien viskositas oli mesin pada suhu 30°C sebesar $200 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$ [18]. Sedangkan menurut Abdullah (2011) koefisien viskositas gliserin pada suhu 20°C sebesar $830 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$ dan koefisien viskositas oli mesin pada suhu 30°C sebesar $200 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$ [21].

Viskometer yang dikembangkan juga memiliki perbedaan hasil pengukuran apabila dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian serupa dalam upaya mengembangkan viskometer digital berbasis mikrokontroler maupun arduino. Penelitian yang dilakukan oleh Aryanto, *et al* (2012) diperoleh hasil pengukuran koefisien viskositas gliserin dalam rentang $1553,4 \cdot 10^{-3} - 1558,9 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$ [18]. Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Tissos, *et al* (2014)

diperoleh koefisien viskositas oli dan gliserin berturut-turut sebesar $10237 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$ dan $2286 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$ [16]. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Trisnawati & Sasono (2019) diperoleh koefisien viskositas rata-rata gliserin sebesar $1545 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$ [5].

Perbedaan hasil pengukuran yang diperoleh menggunakan viskometer yang dikembangkan dalam penelitian ini terhadap nilai teoritik maupun hasil penelitian lain disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: (1) pengaruh jenis zat cair yang digunakan berasal dari tipe yang berbeda, (2) pengaruh suhu lingkungan, (3) pengaruh metode pengukuran viskositas yang digunakan, (4) pengaruh metode analisis data yang digunakan, (5) pengaruh ketelitian alat ukur yang digunakan untuk mengukur massa dan panjang, dan (6) pengaruh tabung yang digunakan sebagai wadah fluida. Viskometer yang dikembangkan dalam penelitian ini masih menggunakan analisis sederhana dalam menghitung koefisien viskositas dengan mengabaikan putaran katrol dan massa tali seperti ditunjukkan pada Persamaan (3). Disamping itu, viskometer ini juga mempunyai kekurangan karena lintasan bola dalam fluida terkadang tidak lurus dan sering bertabrakan dengan dinding wadah. Namun demikian, alat praktikum ini memiliki kelebihan dari segi kepraktisan dan keefektifan sehingga menarik minat peserta didik dalam kegiatan praktikum.

5. Simpulan

Rancang bangun alat praktikum viskometer berbasis arduino dengan memanfaatkan sensor inframerah, tombol push button, LCD, aktuator, dan catu daya dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran untuk menunjang kegiatan praktikum di Laboratorium. Pengujian viskometer diperoleh koefisien viskositas gliserin sebesar 1,07 Pa.s dengan kesalahan relatif sebesar 11,57% dan koefisien viskositas oli mesin sebesar 1,57 Pa.s dengan kesalahan relatif sebesar 1,14%.

6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) RISTEK DIKTI yang telah membiayai dan memfasilitasi penelitian ini serta publikasinya melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP).

7. Referensi

1. Sauri, M. (2017). Pemanfaatan Arduino Nano Dalam Perancangan Media Pembelajaran Fisika. *Natural Science Journal*, 3(1): 474-480.
2. Karsumi, (2012). Pengembangan Alat Praktikum Viskosimeter Zat Cair. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 8(1): 8-14.
3. Yani, F., Badrun Y., and Retnowati, S. F. (2016). Otomatisasi Waktu Pada Pesawat Atwood Menggunakan Sensor HC-SR04. *Prosiding 1th Celscitech-UMRI*: Riau.
4. Nurhalija., Ardianti, D. I., Khairina., Fitra A. A., and Yakob, M. (2019). Pemanfaatan LM393 IR Sensor Modul Sebagai Pengukur Kecepatan Rotasi Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Hadron*, 1(1): 12-15.
5. Trisnawati E. and Sasono, M. (2019) Rancang Bangun Instrumen Untuk Penentuan Koefisien Viskositas Zat Cair Menggunakan Mesin Atwood Termodifikasi dan Terotomatisasi. *Jurnal Ilmu Alam dan Teknik Terapan*, 1(1): 52-63.
6. Nurjannah, N., Hasanah, L., & Aminudin, A. Analisis Jangkauan Dan Baud Rate Transmisi Data Pada Sistem Telemetri Temperatur Berbasis Mikrokontroler. *Wahana Fisika*, 1(1), 13-20.
7. Boimau, I., Irmawanto R., and Taneo, M. F. (2019). Rancang Bangun Alat Ukur Laju Bunyi di Udara Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino. *Cyclotron*, 2(2):1-7.
8. Muchlis, F. and Toifur, M. (2017) Rancang Bangun Prototype Media Pembelajaran Fisika Berbasis Microcontroller NodeMCU. *JRKPF UAD*, 4(1): 12-17.
9. Kause, M. C. and Boimau, I. (2019). Rancang Bangun Alat Peraga Fisika

- Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas). *Cyclotron*, 2 (1): 13-19.
10. Sari, U. (2019). Using the Arduino For the Experimental Determination of a Friction Coefficient by Movement on an Inclined Plane. *Phys. Educ.*, 54: 1-7.
 11. Sari, U. (2019). Using the Arduino For the Experimental Determination of a Friction Coefficient by Movement on an Inclined Plane. *Phys. Educ.*, 54: 1-7.
 12. Susanti, H. and Asmoro, C. P. (2019). Rekonstruksi Set Alat Percobaan Viskositas. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 4(1): 31-36.
 13. Jati B. M. E. and Rizkiani, A. P. (2015) Studi Penentuan Viskositas darah ayam dengan Metode Aliran Fluida di Dalam Pipa Kapiler Berbasis Hukum Poisson. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(57): 43-47.
 14. Samdara, R., Bahri S., and Muqorobin, A. (2008). Rancang Bangun Viskometer Dengan Metode Rotasi Berbasis Komputer. *Jurnal Gradien*, 4(2): 342-348.
 15. Ardiansyah, D. (2017). Perancangan dan Pembuatan Sensor Kumparan Untuk Percobaan Viskositas Dengan Metode Bola Jatuh. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 6(1): 5-9.
 16. Ramadhan, D., Serevina V., and Raihanati. (2016). Pengembangan Alat Praktikum Viskometer Metode Bola Jatuh Bebas Berbasis Sensor Efek Hall UGN3503 Sebagai Media Pembelajaran Fisika. *Prosiding Seminar Nasional Fisika-UNJ*: Jakarta.
 17. Tissos, N. P., Yulkifli and Kamus, Z. (2014). Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328. *Jurnal Saintek*, 6(1): 71-81.
 18. Aryanto, D., Saptaningrum E., and Wijayanto. (2012). Rancang Bangun Viskometer Fluida Metode Bola Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler AT-Mega16. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 8(2): 1-5.
 19. Giancoli, D. C. (2014). *Fisika (Prinsip dan Aplikasi)*, 7th ed., Jakarta: Penerbit Erlangga.
 20. Boimau, I. and Mellu, R. N. K. (2019). Development of Microcontroller-Based Free Fall Motion Learning Materials to Increase Students' Conceptual Understanding. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 4(1): 45-55.
 21. Abdullah, M. (2011). *Physics for Senior High School Grade XI*, Bandung: Esis.