

PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM VISKOSIMETER ZAT CAIR

Karsumi*

SMA Negeri 2 Pati

Diterima: 1 November 2011. Disetujui: 12 Desember 2011. Dipublikasikan: Januari 2012

ABSTRAK

Optimalisasi pembelajaran melalui kegiatan laboratorium diharapkan dapat meningkatkan daya nalar dan daya pikir peserta didik yang selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan prestasi belajar. Dalam penelitian ini dikembangkan alat praktikum viskosimeter sebagai alat bantu mengajar alternatif untuk pokok bahasan fluida. Penelitian pengembangan ini dilakukan dengan beberapa langkah yaitu identifikasi masalah, tinjauan pustaka, identifikasi alat peraga yang sudah ada, pembuatan alat peraga, ujicoba, analisis alat, perbaikan alat, uji coba hasil perbaikan dan pembuatan manual alat praktikum. Pengembangan alat didasarkan pada prinsip gesekan zat cair terhadap bidang sentuh. Alat ini memanfaatkan bidang geser yang berupa kulit silinder yang berputar diantara fluida yang dibatasi oleh bejana. Hasil kalibrasi alat yang dilakukan dengan menggunakan uji t untuk taraf signifikansi 5% diperoleh t tabel 1,734; Sedangkan t hitung diperoleh 1,759. Hasil pengukuran koefisien viskositas beberapa jenis zat cair yang diukur pada suhu kamar antara lain: gliserin diperoleh $782,4 \cdot 10^{-3}$ Pas dengan kesalahan relatif 1,23%; dan olie diperoleh $214,2 \cdot 10^{-3}$ Pas dengan kesalahan relatif 7,23%.

ABSTRACT

Efforts to optimize learning through laboratory activities are expected to be able to increase reasoning and thinking power of students which can in turn improve their learning achievement. In this research, a viscosimeter instrument was developed as an alternative teaching aid of fluid topic. This R & D research was carried out through several stages: identifying problem, reviewing literature, identifying existing teaching aid, making teaching aid, testing the developed aid, analyzing and repairing the aid, testing the repaired aid, and developing manual of the aid. The aid was developed based on the principle of liquid friction on the contact area. The aid works on the basis of the rolling of friction surface, in a form of cylinder wall, in fluids surrounded by the container. The result of aid calibration performed shows that for significance level of 0.05, the ttable found is 1.734, while tvalue is 1.759. Additionally, the results of viscosity measurement of two kinds of liquid in room temperature are as follows: η glycerin = 782.4×10^{-3} Pas, with relative error 1.23% and η oil = 214.2×10^{-3} Pas with relative error of 7.23%.

© 2012 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

Keywords: development; practicum instrument; viscosimeter

PENDAHULUAN

Pada awal tahun dua ribu muncul arus perubahan paradigmatik, orientasi dan kebijakan pendidikan yang amat mendasar, yang kemudian melahirkan kebijakan pendidikan berorientasi kecakapan hidup dengan pendekatan pendidikan berbasis luas (Depdiknas, 2010).

Dalam rangka mewujudkan pendidikan

yang berorientasi pada kecakapan hidup tersebut Departemen Pendidikan Nasional pada tahun 2002 mulai mengimplementasikan pada semua jenis, jenjang dan satuan pendidikan baik di dalam maupun di luar sekolah, termasuk di SMA. Salah satu pendekatan yang dianggap paling berperan dalam upaya pengimplementasian kebijakan tersebut yang selama ini dikenal dengan pendekatan keterampilan proses. Meskipun diakui bahwa pendekatan yang mengarah pada pengajaran berbasis inquiri ini secara umum masih sangat sedikit dipergunakan oleh para guru dalam melakukan pembelajaran

***Alamat Korespondensi:**

Jalan A. Yani No. 4 Pati, Jawa Tengah, Indonesia
Telp./Fax.: (0295) 381211
Email: carzumy@gmail.com

(Luera, 2005).

Ilmu fisika dalam pembelajaran tidak dapat ditransaksikan semata-mata melalui transaksi informasi saja. Pemahaman yang mendalam hanya dapat terjadi melalui latihan keterampilan dan kadang-kadang juga melalui pengalaman. Jika hal ini dapat dilakukan dalam proses pembelajaran di kelas, maka anggapan tentang pelajaran fisika yang sulit sedikit demi sedikit dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan. Penyampaian pembelajaran Fisika harus sedapat mungkin membawa anak ke dalam kehidupan nyata, sebab dengan menggunakan situasi kehidupan nyata, siswa akan menemukan fisika lebih relevan dan pada gilirannya mereka akan lebih terlibat dan termotivasi dalam kelas (Popescu dan Morgan, 2007).

Fluida Statis merupakan satu materi dalam pelajaran Fisika yang sangat banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, namun pada kenyataannya siswa masih kesulitan dalam memahami konsep dan memecahkan permasalahan yang timbul. Oleh karena itu, perlu adanya upaya peningkatan penguasaan konsep Fluida Statis melalui pembelajaran yang melibatkan siswa secara langsung.

Pengembangan pola pikir dari hasil pembelajaran konsep fisika diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik menjadi lebih optimal. Hasil belajar seseorang ditentukan oleh berbagai faktor yang mempengaruhinya, baik internal maupun eksternal. Salah satu faktor yang ada di luar individu (eksternal) adalah tersedianya alat bantu belajar yang dapat memberikan kemudahan bagi individu untuk mempelajarinya, sehingga menghasilkan belajar yang lebih baik. Keterbatasan alat bantu belajar atau alat praktikum selama ini berpengaruh terhadap minat belajar siswa. Oleh sebab itu diperlukan optimalisasi penggunaan alat peraga atau alat praktikum dalam pembelajaran fisika khususnya dalam pembelajaran fluida statis agar hasil yang diperoleh menjadi lebih maksimal.

Demonstrasi dan eksperimen merupakan metode mengajar yang sangat efektif, sebab membantu para siswa untuk mencari jawaban dengan usaha sendiri berdasarkan fakta (data) yang benar (Sujana, 2010). Cara terbaik untuk menyampaikan ide-ide (konsep fisika) adalah melalui laboratorium atau demonstrasi, dimana siswa dapat melihat fisika dalam tindakan dan benar-benar menghargai alam dunia di sekitar mereka (Sethi, 2005). Menurut Ozek (2005), ketika siswa melakukan percobaan di laboratorium, mereka memperoleh pemecahan

masalah dan penelitian keterampilan, dan memiliki sikap positif terhadap sains.

Menurut Sudjana (2010), terdapat enam tingkatan keterampilan yang dapat diperoleh melalui pembelajaran psikomotor, yaitu: Gerakan reflex (keterampilan pada gerakan yang tidak sadar; Keterampilan pada gerakan-gerakan dasar; Kemampuan perseptual termasuk di dalamnya membedakan visual, membedakan auditif motorik dan lain-lain; Kemampuan di bidang fisik, misalnya kekuatan, keharmonisan, ketepatan; Gerakan-gerakan skill mulai dari keterampilan sederhana sampai pada keterampilan yang kompleks; Kemampuan yang berkenaan dengan non decursive komunikasi seperti gerakan ekspresif, interpretative.

Menurut Etkina (2005), terdapat banyak kegiatan yang dilakukan siswa setelah mereka membangun ide yang mewakili proses fisik dengan cara yang sederhana seperti membuat sketsa, diagram, grafik, tabel data dan persamaan matematika.

Secara terpisah kegiatan pembelajaran di atas dapat terjadi pada pembelajaran apapun dan dengan menggunakan metode apapun. Namun secara menyeluruh, kegiatan pembelajaran di atas hanya akan terjadi pada pembelajaran yang menekankan pada keterampilan proses dan kecakapan hidup. Pembelajaran yang demikian dapat dilakukan salah satunya dengan pembelajaran melalui kegiatan laboratorium dengan menggunakan metode eksperimen.

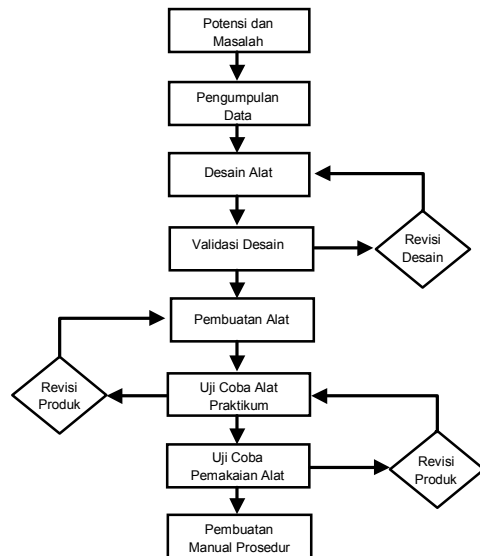
METODE

Langkah-langkah penelitian pengembangan meliputi menemukan potensi masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba produk, revisi produk, ujicoba pemakaian, revisi produk, produksi masal (Sugiyono, 2008).

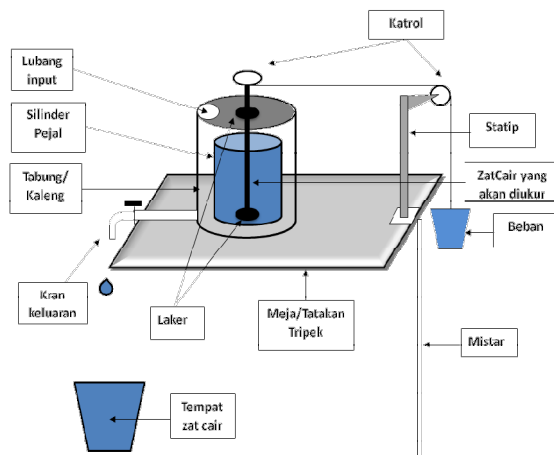
Desain dalam penelitian pengembangan alat praktikum secara singkat digambarkan pada diagram alur yang terdapat pada Gambar 1.

Pada tahapan selanjutnya dibuat desain alat praktikum viskosimeter yang didasarkan desain penelitian dan konsep gesekan zat cair dengan benda lain. Gesekan zat cair dalam alat ini diperoleh dari silinder yang berputar di dalam zat cair akibat diberi beban yang dihubungkan dengan tali. Pada saat beban dilepaskan, pada awalnya beban akan bergerak dengan percepatan (GLBB) akibat pengaruh percepatan gravitasi bumi. Namun karena ada

gaya gesek zat zat cair terhadap silinder yang berputar (viskositas) yang arahnya berlawanan, maka pada posisi tertentu, benda akan mengalami gerak tanpa percepatan (meskipun benda tetap bergerak). Saat inilah berlaku hukum I Newton, dimana $\Sigma F = 0$. Secara sederhana prototipe alat praktikum yang dikembangkan digambarkan dalam Gambar 2.



Gambar 1. Desain penelitian



Gambar 2. Skema Prototipe viscosimeter yang dikembangkan

Untuk merealisasikan desain alat menjadi alat praktikum yang nyata, diperlukan beberapa bahan dan alat seperti: 1).Sebuah silinder pejal dari bahan stainless steel dengan diameter 4,5 cm. 2).Bejana terbuat dari stainless steel sebagai tempat meletakkan zat cair. 3).Dua buah katrol tetap. 4).Sebuah statip yang relatif tinggi (Supaya tercapai). 5).Tatakan Tripak. 6).Mistar. 7).Stop Watch. 8).Beban. 9).Tali

Penghubung.

Alat ini bekerja berdasarkan hukum I Newton yang menyatakan bahwa benda akan diam atau bergerak lurus beraturan jika resultan gayanya sama dengan nol. Gaya-gaya yang bekerja pada alat ini meliputi gaya berat yang ditimbulkan oleh beban dan gaya gesek yang muncul saat silinder berputar.

Pada saat alat diberi beban pemberat, silinder akan berputar. Mula-mula beban akan bergerak dengan percepatan akibat pengaruh percepatan gravitasi bumi. Namun akibat adanya gaya gesek pada silinder maka gerak beban berubah dari gerak dipercepat menjadi gerak lurus dengan kecepatan konstan. Pada saat inilah sistem dikatakan dalam keseimbangan gaya antara gaya berat beban dan gaya gesek pada silinder.

Untuk menyederhanakan pemahaman selanjutnya dibuat model persamaan matematik berdasarkan keseimbangan gaya yang dipecah menjadi tiga bagian yaitu bagian gaya gesek yang diakibatkan oleh selimut silinder, bagian gaya gesek oleh bagian alas dan tutup silinder dan bagian gaya berat beban. Secara rinci penurunan persamaan matematik tersebut dijelaskan sebagai berikut:

Beban yang digantungkan pada ujung tali akibat pengaruh gravitasi bumi menghasilkan gaya berat beban yang besarnya:

Gaya gesek oleh selimut silinder:

Besarnya gaya gesek pada zat cair dinyatakan sebagai:

$$f_{\text{viskositas}} = k\eta v \quad (1)$$

dengan k adalah konstanta yang bergantung pada bentuk geometris benda (luas bidang benda yang bersinggungan dengan fluida=A dan ketebalan fluida=l), maka selanjutnya gaya gesek zat cair dapat ditulis:

$$f_{\text{viskositas}} = \frac{A}{l} \eta v$$

dan adalah kecepatan gerak linier selimut silinder yang besarnya bergantung dengan jari-jari silinder.

Komponen ketebalan fluida nilainya merupakan selisih jari-jari tabung bejana dengan silinder pejal yang berputar yaitu:

$l = \Delta r$; untuk seluruh permukaan silinder, maka nilai menjadi:

$$l = r_1 - r_d \quad (2)$$

Dengan demikian persamaan (1) dapat ditulis

$$f_{vis} = \frac{\eta (2\pi r_d h) v \left(\frac{rd}{rk}\right)}{(r_1 - r_d)}$$

$$f_{vis} = \frac{\eta 2\pi h v (r_d^2)}{(r_1 - r_d) r_k} \quad (3)$$

Gaya gesek tersebut muncul akibat pemberian beban yang menghasilkan gaya berat yang dihubungkan dengan tali ke silinder melalui sebuah katrol sehingga silinder berputar. Komponen gaya gesek tersebut berfungsi sebagai gaya penyeimbang bagi gaya berat W saat beban dilepaskan dan silinder mulai berputar. Sehingga pada saat ini kondisi alat memenuhi hukum I Newton maka komponen gaya berat beban dan gaya gesek viskositas dapat ditulis menjadi:

$$mg = \frac{\eta 2\pi h v (r_d^2)}{(r_1 - r_d) r_k}$$

$$\eta = \frac{mg(r_1 - r_d) r_k}{2\pi h v (r_d^2)}$$

Jika v dapat ditentukan dengan menghitung jarak yang ditempuh dibagi waktu tempuh (setelah mencapai gerak tanpa percepatan), dimana $\frac{x}{t}$, maka persamaan di atas dapat ditulis menjadi:

$$\eta = \frac{mg(r_1 - r_d) r_k}{2\pi h (r_d^2)} \left(\frac{t}{x}\right) \quad (4)$$

Gaya gesek oleh bagian alas dan tutup silinder. Dari persamaan gaya fiskositas sebelumnya:

$$f_{viscositas} = k\eta v$$

atau:

$$f_{viscositas} = \frac{A}{l} \eta v$$

dan mengganti A adalah bagian alas dan tutup silinder yaitu:

$$A = 2(\pi r^2) \quad (5)$$

dan v adalah kecepatan gerak silinder yaitu:

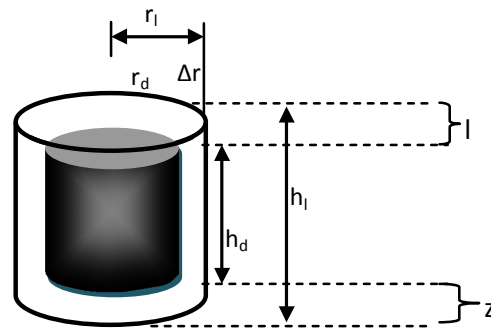
$$dv = \omega dr$$

$$v = (\omega \int_0^{r_d} dr)$$

$$v = \omega \cdot r_d$$

Sedangkan nilai ω diturunkan dari kecepatan gerak beban setelah mencapai seimbang, yaitu: $\omega = \frac{v}{r_k}$; sehingga nilai v menjadi:

$$v = \left(\frac{v}{r_k}\right) r_d \quad (6)$$



Gambar 3. Komponen ketebalan fluida

Komponen ketebalan fluida (untuk bagian ini) nilainya merupakan jarak antara luas bidang alas atau tutup dengan bagian dasar atau permukaan fluida digambarkan seperti pada Gambar 3.

Jika persamaan (5) dan (6) digabungkan maka akan diperoleh:

$$f_{vis} = \frac{(\eta 2 (\pi r_d^2) v \left(\frac{rd}{rk}\right))}{l}$$

$$f_{vis} = \frac{\eta 2 \pi v (r_d^3)}{l(r_k)} \quad (7)$$

Selanjutnya, jika persamaan (7) di atas dimasukkan ke dalam hukum I Newton dengan gaya berat, saat terjadi keseimbangan gaya $\Sigma F = f_{vis}$, dengan $\Sigma F = W$ dan dan gaya gesek zat cair $f_{vis} = \frac{\eta 2 \pi v (r_d^3)}{l(r_k)}$ akan diperoleh:

$$mg = \frac{(\eta 2 (\pi r_d^2) v \left(\frac{rd}{rk}\right))}{l}$$

$$\eta = \frac{mg(l) r_k}{2\pi v (r_d^3)} \quad (8)$$

Jika komponen kecepatan yang diperoleh dengan menghitung jarak yang ditempuh beban dibagi waktu tempuh (setelah mencapai gerak tanpa percepatan), dimana $v = \frac{x}{t}$, maka persamaan di atas dapat ditulis menjadi:

$$\eta = \frac{mg(l) r_k}{2\pi (r_d^3)} \left(\frac{t}{x}\right) \quad (9)$$

Persamaan akhir yang dapat digunakan untuk menentukan koefisien viskositas merupakan sebuah persamaan yang dapat menca-

kup seluruh permukaan silinder yang berputar dan bergesekan dengan fluida. Persamaan tersebut dapat diperoleh dari penjumlahan persamaan gaya berat dengan gaya gesek selimut tabung (persamaan 4) dan persamaan gaya berat dengan gaya gesek bagian alas tabung dan tutupnya (persamaan 9), yang secara detailnya adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{mg(r_1 - r_d) r_k}{2\pi h(r_d^2)} \left(\frac{t}{x}\right) + \frac{mg(l) r_k}{2\pi(r_d^3)} \left(\frac{t}{x}\right)$$

$$\eta = \left(\frac{r_1 - r_d}{h} + \frac{(l)}{r_d}\right) \left(\frac{r_k mgt}{2\pi r_d^2 x}\right) \quad (10)$$

dengan: m = massa benda
 g = percepatan gravitasi bumi
 r_d = jari-jari silinder pejal
 r_l = jari-jari silinder luar
 h = tinggi silinder pejal
 r_k = jari-jari katrol
 l = jarak antara permukaan/ bagian bawah dengan bidang alas/tutup silinder
 x = jarak tempuh
 t = waktu tempuh

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar viscosimeter yang telah dikembangkan seperti pada Gambar 4



Gambar 4. Foto viscosimeter yang telah dikembangkan

Setelah alat praktikum selesai dibuat dan model persamaan matematika selesai diturunkan, selanjutnya dilakukan uji coba alat praktikum viskositas secara mandiri dan berulang-ulang. Dari hasil percobaan yang dilakukan, didapatkan sebuah kondisi bahwa alat ini mempunyai faktor dasar koreksi yang besarnya 6,2677. Angka ini diperoleh dari angka-angka pada spesifikasi alat. Selain itu, alat ini juga mempunyai nilai koefisien koreksi yang diperoleh berdasarkan data empiris hasil percobaan. Besarnya angka koefisien tersebut adalah 1/25, sehingga angka koreksi dari alat

ini secara total adalah 0,2507 dengan rentang pemberian beban yang besarnya berkisar antara 50 gram sampai 200 gram. Untuk dapat memperoleh hasil pengukuran yang tepat, maka alat harus ditentukan dulu koefisiennya dalam keadaan kosong. Selanjutnya besarnya koefisien zat cair yang diukur diperoleh dari hasil pengukuran viskositas zat cair tersebut dikurangi koefisien alat dalam keadaan kosong tadi.

Langkah-langkah eksperimen dalam menggunakan alat praktikum viskositas ini adalah sebagai berikut: Alat dalam keadaan kosong, tali diputar pada bagian katrol, sehingga beban berada pada posisi atas. Setelah itu diletakkan beban pada ujung tali dan tahan. Selanjutnya beban dilepaskan, dan diamati pergerakan benda sampai diperoleh gerak tanpa percepatan. Saat benda bergerak tanpa percepatan (kecepatan konstan) dimulailah penghitungan jarak tempuh beban, hasilnya ditulis dalam lembar pengamatan. Pada saat yang sama diukur waktu yang diperlukan beban selama gerak yang diperhitungkan tersebut, hasilnya dicatat dalam lembar pengamatan. Data yang diperoleh selanjutnya diolah dengan

menggunakan persamaan: $\eta = 0,2507 \frac{mgt}{x}$ (Pas). Percobaan 1 sampai 6 diulang untuk zat cair yang akan ditentukan koefisien viskositasnya. Zat cair dimasukkan ke dalam silinder melalui lubang yang terdapat pada bagian atas. Ulangi percobaan untuk memperoleh hasil yang akurat. Hasil koefisien viskositas zat cair yang diukur diperoleh dari nilai koefisien viskositas zat cair tersebut dikurangi koefisien viskositas alat dalam keadaan kosong ($\eta = \eta_{(ukur\ zat)} - \eta_{(dasar)}$)

Setelah dilakukan percobaan secara mandiri, selanjutnya dilakukan uji coba oleh peserta didik untuk menguji keberfungsian dan keajegan alat dalam pengukuran. Hasil pengamatan di lapangan diperoleh bahwa alat ini dapat dengan mudah digunakan, terbukti dengan satu kali penjelasan dan pedoman praktikum yang diberikan, subjek ujicoba langsung dapat menggunakan alat tersebut sesuai dengan ketentuan.

Hasil pengukuran terhadap gliserin pada suhu 23°C diperoleh besarnya koefisien viskositas gliserin 0,7820 Pas atau $782,0 \times 10^{-3}$ Pas dengan standar deviasi 0,0163. Sedangkan hasil pengukuran koefisien viskositas terhadap air pada suhu yang sama diperoleh nilai 0,0009 Pas atau $0,9 \times 10^{-3}$ Pas dengan standart deviasi 0,0018. Selain terhadap gliserin dan air, pengukuran viskositas juga dilakukan terhadap olie

mesin (sepeda motor 4 tak). Dari hasil pengukuran diperoleh nilai viskositas sebesar $210,9 \times 10^{-3}$ Pas dengan standar deviasi 0,0152. Hasil pengukuran terhadap beberapa zat cair pada suhu udara terbuka diperoleh nilai koefisien viskositas seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Koefisien viskositas hasil pengukuran

Zat Cair	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran		
		Nilai Koefisien Viskositas	Standart Deviasi	Kesalahan relative
Gliserin	23	$776,8 \cdot 10^{-3}$	0,0095	1,23%
Oli Mesin	24	$214,2 \cdot 10^{-3}$	0,0155	7,23%

Hasil-hasil pengukuran terhadap beberapa zat cair tersebut jika dikonfirmasi dengan harga koefisien viskositas hasil pengukuran alat sebelumnya sebagai proses kalibrasi, dengan menggunakan uji t diperoleh hasil untuk $dk = 18$ ($n-2$) harga t_{tabel} dengan taraf signifikansi 5% adalah 1,734 dan diperoleh harga t_{hitung} 1,759. Hal ini menunjukkan tidak adanya perbedaan antara alat praktikum hasil pengembangan dan alat praktikum sebelumnya. Sedangkan hasil tersebut jika dikonfirmasi dengan hasil yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya, seperti penelitian yang dilakukan oleh Anwar Budianto (Tabel 2) dan harga standar di pasaran yang dirangkum oleh Mikrajuddin Abdullah (Tabel 3) memang masih terdapat perbedaan. Besarnya perbedaan tersebut untuk Gliserin sebesar $((830-776)/830) \times 100\% = 6,5\%$ lebih rendah, sedangkan untuk oli mesin sebesar $((214-200)/200) \times 100\% = 7\%$ lebih tinggi.

Tabel 2. Koefisien viskositas berbagai jenis zat cair I

Bahan	Suhu (t) °C	Viskositas (η) poise	Ketidaktastian
Air	27	$(0,3 \pm 0,01)$	3,86 %
	90	$(0,2 \pm 0,01)$	5,55 %
Minyak Goreng	27	$(2,3 \pm 0,02)$	1,05 %
	90	$(1,4 \pm 0,05)$	3,55 %
Olie	27	$(8,5 \pm 0,2)$	1,77 %
	90	$(1,5 \pm 0,04)$	2,88 %

(Budianto, 2008)

Tabel 3. Koefisien viskositas berbagai jenis zat cair II

Zat Cair	Temperatur	Koefisien viskositas, η (Pas)
Air	0°	$1,8 \cdot 10^{-3}$
	20°	$1,0 \cdot 10^{-3}$
	100°	$0,3 \cdot 10^{-3}$
Oli Mesin	30°	$200 \cdot 10^{-3}$
Gliserin	20°	$830 \cdot 10^{-3}$

(Abdullah, 2011)

Alat praktikum viskositas yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan bahan-bahan yang ada di pasaran yang nilai gesekannya tidak diketahui secara tepat. Tahap pembuatannya juga dikerjakan dengan bantuan bengkel yang sebenarnya mempunyai spesifikasi pada pengerjaan alat-alat besar (bengkel bubut). Hal ini mengakibatkan nilai dasar pengukurannya menjadi sangat besar (0,2507 Pas). Faktor lain yang mungkin juga berpengaruh adalah kecermatan pengguna dalam melakukan pengamatan.

Namun demikian, meskipun alat ini masih memiliki beberapa kekurangan seperti yang dikemukakan di atas, alat ini memiliki beberapa kelebihan antara lain dari segi kepraktisan dan kefleksibelan.

PENUTUP

Pengembangan alat praktikum viskositas zat cair yang dilakukan mempunyai nilai reliabilitas hasil pengukuran (r_{hitung}) yang besarnya 0,694 dimana nilai r_{tabel} untuk taraf signifikansi 0,05 adalah 0,444 yang artinya alat praktikum ini reliable sehingga dapat dipakai dalam penelitian. Alat praktikum viskositas zat cair secara signifikan menunjukkan hasil pengukuran yang tidak berbeda dengan pengukuran alat praktikum yang sudah ada sebelumnya. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pengukuran viskositas zat cair dengan uji t diperoleh $t_{\text{hitung}} = 1,759$ dengan taraf signifikansi 0,05 sedangkan harga t_{tabel} adalah 1,734.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2011. *Physics for Senior High School Grade XI*. Bandung: Esis
- Budianto, A. 2008. Metode Penentuan Koefisien Kekentalan Zat Cair Dengan Menggunakan Regresi Linear Hukum Stokes, Paper Presented at *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, Indonesia, 25-26 Agustus

- tus
Depdiknas. 2010. *Konsep Pendidikan Berbasis Keunggulan Lokal di SMA*. Jakarta: Depdiknas
- _____, 2006. *Kurikulum 2004 Standar Kompetensi Mata Pelajaran Fisika Sekolah Menengah Atas (SMA) dan Madrasah Aliyah (MA)*. Jakarta: Depdiknas
- Etkina, E. 2005. Physics teacher preparation: Dreams and reality, *Journal of Physics Teacher Education Online*. 3 (2): 3-9
- Luera, G.R. 2005. A conceptual change approach to teaching energy and thermodynamics to pre-service elementary teachers, *Journal of Physics Teacher Education Online*. 2 (4): 3 – 8
- Ozek, N. 2005. Use of J. Bruner's learning theory in a physical experimental activity, *Journal of Physics Teacher Education Online*. 2 (3): 19-21
- Popescu, A. & Morgan, J. 2007. Teaching Information Evaluation and Critical Thinking Skills in Physics Classes, *The Physics Teacher*. 45: 507 - 510
- Sethi, R.J. 2005. Using virtual laboratories and on-line instruction to enhance physics education, *Journal of Physics Teacher Education Online*. 2 (3): 22-26
- Sudjana, N. 2010. *Dasar-dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya
- Sugiyono. 2007. *Statistika untuk Penelitian* (Revisi Terbaru). Bandung: Alfabeta