

PEMBUATAN MEDIA PEMBELAJARAN PENGUKURAN VISKOSITAS DENGAN MENGGUNAKAN VISKOMETER DUA KUMPARAN DAN FREEWAVE3

LEARNING MEDIA DESIGN FOR VISCOSITY MEASUREMENT USE TWO COILS VISCOMETER AND FREEWAVE3

M. R. S. Shanti^{1,2,*}, A. Oktaviara¹, A. Sutresno^{1,2}, N. A. Wibowo^{1,2}

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika

²Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Matematika
Universitas Kristen Satya Wacana

Diterima: 11 Oktober 2013. Disetujui: 08 Desember 2013. Dipublikasikan: Januari 2014

ABSTRAK

Saat ini banyak cara dilakukan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dengan memanfaatkan media pembelajaran yang dirancang sendiri oleh guru. Pada penelitian dirancang media pembelajaran yaitu mengukur viskositas oli menggunakan metode viskositas bola jatuh dengan memanfaatkan dua kumparan sebagai sensor pendeteksi. Dimana dua kumparan dihubungkan dengan osiloskop dan hasilnya diolah menggunakan software freewave3. Dengan memberikan sinyal sinusoidal pada kumparan dan menjatuhkan bola kedalam tabung yang berisi fluida, akan didapatkan informasi perubahan tegangan saat bola tepat melewati kumparan. Dari data yang terekam pada software freewave3 dapat dihitung besar kecepatan terminal bola. Kecepatan terminal bola ditentukan dengan menghitung gradien dari grafik jarak terhadap waktu. Sehingga didapatkan nilai viskositas oli sebesar $\mu=0.85 \text{ Ns/m}^2$. Lembar kerja siswa diuji cobakan pada beberapa mahasiswa dan didapatkan 87,5% mahasiswa menganggap bahwa pengukuran viskositas dengan menggunakan viskometer dua kumparan adalah hal baru bagi mereka, mudah diikuti, mempermudah dalam memahami dan menghitung viskositas fluida, dan memotivasi mereka dalam belajar fisika.

ABSTRACT

Nowadays, there are many ways done to improve quality of learning by taking benefits from learning media designed by teacher. In this research, a viscosity measurement learning media was designed by applying two coils as transducer. Two coils were connected to oscilloscop and the result was managed by freeware3 software. By giving sinusoidal signal to the coils dan dropping ball into the tube containing oilt, an information of voltage change at the time of the ball passes the coil will be gathered. From the recorded data, the ball terminal velocity can be found by calculating the slope of distance-time graph, with the result of $\mu=0.85 \text{ Ns/m}^2$. Student worksheets were distributed to several students and it was found that 87,5 % of the students considered that the measurement was a new thing for them , easy to follow , make them easier to understand and calculate the viscosity of the fluid , and motivate them to learn physics.

© 2014 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

Keywords: viscosity, terminal velocity, two coils, fluid

PENDAHULUAN

Percobaan fisika dalam pembelajaran sangat membantu dalam memahami materi

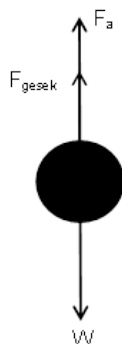
yang disampaikan (Made, 2010), salah satunya viskositas zat cair. Pengukuran viskositas dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti metode bola jatuh , bola bergulir, pipa kapiler, rotasi silinder kosentris, dan rotasi kerucut plat (Eunike, 2012). Diantara metode tersebut, metode bola jatuh adalah metode

***Alamat Korespondensi:**

Jl. Diponegoro 52 – 60 Salatiga 50711,
Jawa Tengah, Indonesia
E-mail: made.ray@staff.uksw.edu

yang sering digunakan karena kesederhanaannya pengukurannya. Namun metode tersebut mempunyai kelemahan karena pengukuran waktu jatuh bola sangat cepat, oleh karena itu dibutuhkan alat pendeteksi yang tepat dan teliti untuk mencatat waktu yang tepat. Penelitian kali ini dilakukan dengan menggunakan dua buah kumparan sebagai detektor waktu, untuk mendapatkan pencatatan waktu yang tepat dan teliti.

Sebuah benda yang bergerak jatuh didalam fluida bekerja tiga macam gaya antara lain gaya gravitasi atau gaya berat (w) dimana gaya ini yang menyebabkan benda bergerak ke bawah dengan suatu percepatan, gaya apung (F_a) dimana arah gaya ini ke atas besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda itu, dan gaya gesek (F_{gesek}) dimana arah gayanya keatas. Benda yang jatuh mempunyai kecepatan yang semakin lama semakin besar tetapi dalam medium ada gaya gesek yang semakin besar bila kecepatan benda jatuh semakin besar. Fluida yang viskositasnya besar akan menghasilkan harga k yang besar pula (Suciati & Surtono, 2009). K adalah konstanta yang bergantung pada bentuk geometris benda (Budianto, 2008). Berdasarkan perhitungan pada tahun 1845 oleh Sir George Stokes menunjukkan bahwa untuk benda yang bentuk geometrisnya bola nilai $K=6\pi r^3$. Arah ketiga gaya tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.

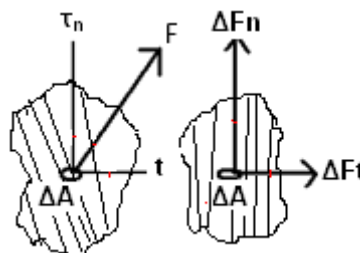


Gambar 1. Gaya-gaya yang bekerja pada sebuah benda yang bergerak jatuh didalam fluida

Suatu gaya yang bekerja didalam fluida ditunjukkan oleh Gambar 2, mempunyai vektor tegangan. Vektor tegangan adalah gaya yang dibagi dengan luas area tempat gaya bekerja. Tegangan normal (τ_n) bekerja tegak lurus terhadap area tersebut dan tegangan geser (τ) bekerja tangensial terhadap area tersebut. Tegangan geser inilah yang menghasilkan pergerakan fluida (Wiggert, 2008). Tegangan

geser ini dihitung dengan persamaan :

$$\tau = \frac{F_t}{A} \quad \text{* MERGEFORMAT (1)}$$



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada fluida

Bergeraknya benda dalam fluida mengalami kecepatan dimana kita menyebutnya du/dr sebagai gradien kecepatan dan r diukur tegak lurus terhadap suatu permukaan. Koefisien viskositas (μ) adalah tangensial terhadap permukaan tersebut. Sehingga tegangan geser dapat juga dinyatakan secara matematis sebagai berikut.

$$\tau = \mu \frac{du}{dr} \quad \text{* MERGEFORMAT (2)}$$

Persamaan (2) menyatakan bahwa Viskositas (kekentalan fluida) dari suatu fluida menghasilkan tegangan geser didalam suatu aliran yang menyebabkan terhambatnya suatu benda bergerak didalam fluida.

Dari persamaan (1) dan (2) koefisien Viskositas merupakan perbandingan antara tegangan geser dengan kecepatan sebagai berikut.

$$\mu = \frac{F_t/A}{du/dr} \quad \text{* MERGEFORMAT (3)}$$

Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan di dalam fluida. Semakin tinggi viskositas suatu fluida maka semakin besar hambatannya dan semakin sulit suatu benda bergerak di dalam fluida tersebut (Wiggert & Potter, 2008).

Benda yang bergerak dalam fluida kental mengalami gaya gesek yang besarnya dinyatakan dengan persamaan :

$$F_{gesek} = \frac{A}{r} \mu v_{terminal} \quad \text{* MERGEFORMAT (4)}$$

Dimana A/r adalah nilai konstanta maka persamaan (4) dapat dinyatakan berikut ini.

$$F_{gesek} = k \mu v_{terminal} \quad \text{* MERGEFORMAT (5)}$$

Dengan k adalah nilai konstanta benda

berbentuk bola $k = 6\pi r$. Maka besarnya gaya gesek (F_{gesek}) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{gesek} = k\mu v_{terminal} \quad \text{* MERGEFORMAT (6)}$$

Jika sebuah benda berbentuk bola bergerak jatuh dalam suatu fluida kental, kecepatannya akan bertambah karena pengaruh gravitasi bumi yang lebih besar dari pada kedua gaya penghambatnya ($F_a + F_{gesek}$). Percepatan bola secara berangsur-angsur akan berkurang karena pengaruh perubahan F_{gesek} yang semakin besar seiring dengan semakin besarnya kecepatan bola hingga resultan gaya yang bekerja pada bola sama dengan nol. Tepat sehingga mencapai kecepatan terbesar yang tetap (kecepatan terminal).

$$\sum F = 0 \quad \text{* MERGEFORMAT (7)}$$

$$F_{gesek} + F_a - W = 0$$

$$F_{gesek} = mg - F_a$$

$$6\pi r\mu v_{terminal} = \rho_b v_b - \rho_f v_b g$$

* MERGEFORMAT (8)

$$v_{terminal} = \frac{v_b g (\rho_b - \rho_f)}{6\mu r} \quad \text{* MERGEFORMAT (9)}$$

Karna benda yang digunakan berbentuk bola, maka volumenya $V_{bola} = \frac{4}{3}\pi r^3$ sehingga kecepatan terminal dinyatakan seperti berikut.

$$v_{terminal} = \frac{2r^2 g (\rho_b - \rho_f)}{9\mu}$$

* MERGEFORMAT (10)

$$\mu = \frac{2r^2 g (\rho_b - \rho_f)}{9v_{terminal}} \quad \text{* MERGEFORMAT (11)}$$

Dari persamaan (11) μ adalah koefisien viskositas (Ns/m^2), r adalah jari-jari bola (m), ρ adalah massa jenis bola besi (kg/m^3), ρ_f adalah massa jenis zat cair (kg/m^3), v_t adalah kecepatan terminal (m/s) dan g adalah percepatan gravitasi (m/s^2). Dari persamaan (11) juga dapat diketahui bahwa dengan mengetahui jari-jari bola, masa jenis benda, massa jenis fluida dan kecepatan terminal benda, akan didapatkan besar viskositas fluida. Untuk massa jenis

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b} \quad \text{dan untuk massa jenis fluida}$$

$$\rho_f = \frac{m_f}{V_f}$$

Beberapa penelitian pengukuran viskosi-

tas dengan metode bola jatuh yang sudah dilakukan antara lain menggunakan kamera digital sebagai sensor pada pengukuran viskositas yang dilakukan oleh Carles Viktor N.S (2011), pengukuran viskositas menggunakan jarum suntik dilakukan oleh Eunike R Dade (2012) dan pengukuran viskositas dengan menggunakan program mikrokontroler dilakukan oleh Stefanus (2012)

Mengacu dari penelitian diatas, penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah alternatif media pembelajaran tentang materi viskositas yang lebih teliti. Selain itu juga dapat melatih mahasiswa bekerja ilmiah, dan membantu memahami konsep-konsep dasar viskositas.

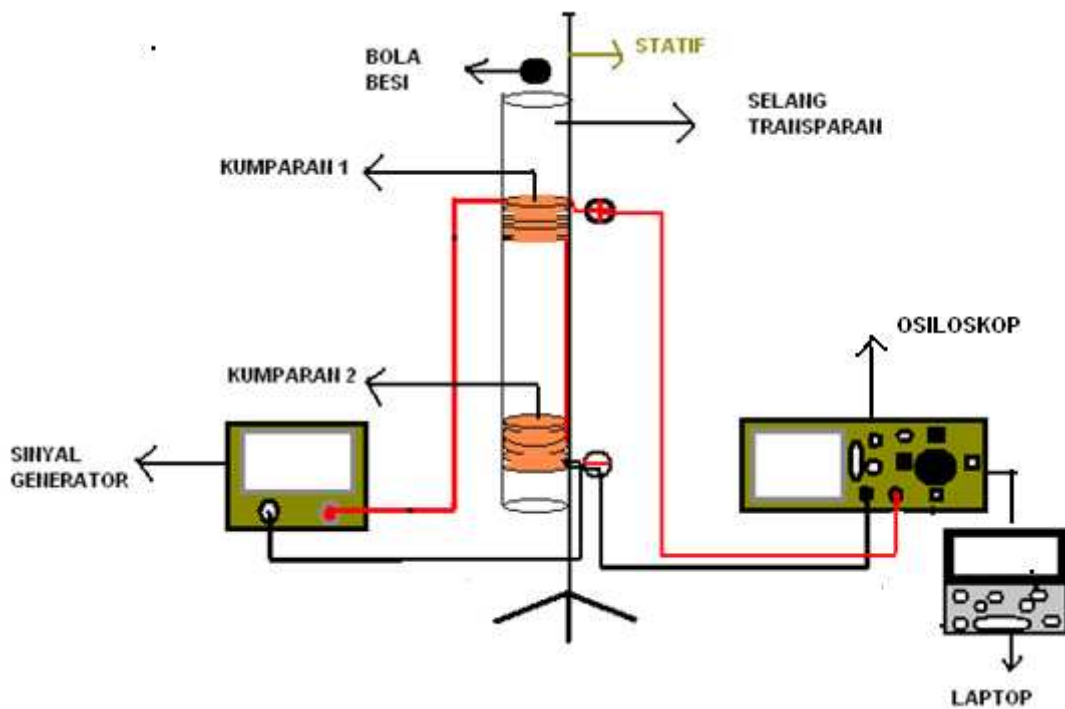
METODE

Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan adalah dua buah kumparan 1600 Wdg, laptop dengan *software Freewave3, digitalstorage oscilloscope*, sinyal generator, kabel, selang transparan dan oli. Adapun rancangan alat dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.

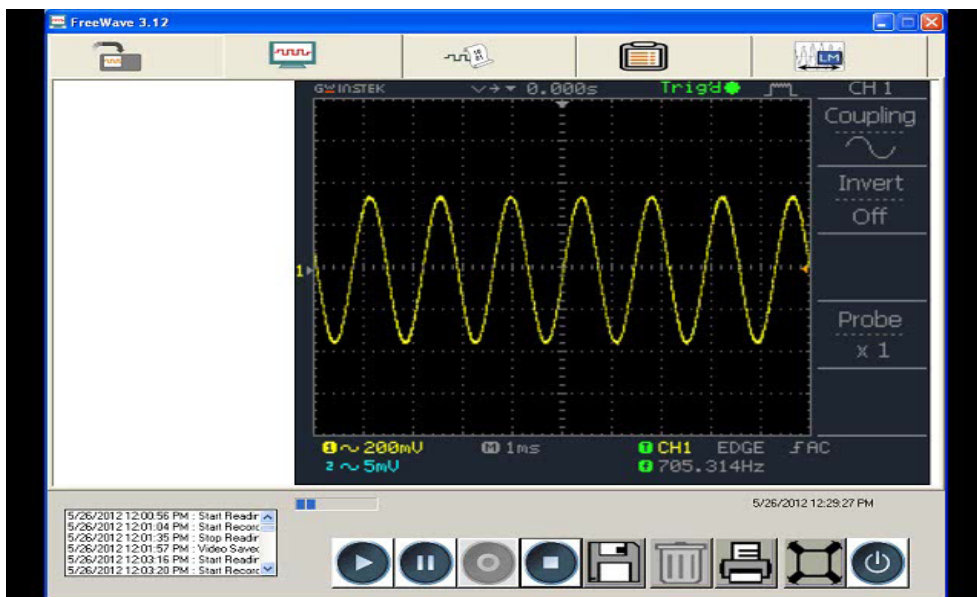
Proses penyusunan alat dilakukan dengan memasang kumparan pada selang transparan. Menghubungkan secara serial antara sinyal generator, kumparan 1 (kumparan atas) yang diletakkan 0,23 cm dari mulut selang dan kumparan ke 2 (kumparan bawah). Osiloscope dihubungkan secara paralel terhadap kedua kumparan. Kumparan 1 diletakkan tetap (dianggap sebagai titik acuan posisi nol), dan kumparan ke 2 diubah-ubah posisinya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kecepatan terminal terlebih dahulu.

Setelah kecepatan terminal didapatkan maka pengambilan data viskositas dimulai dengan memperhatikan memperhatikan jarak 2 kumparan yang menghasilkan kecepatan terminal.

Pencatatan posisi dan waktu dilakukan dengan cara mengaktifkan laptop dengan *software freewave3* yang disambungkan melalui osiloskop, memasang sinyal generator pada frekuensi 60 Hz. Kemudian bola besi dijatuhkan dalam tabung transparan. Dan waktu jatuhnya diukur dengan klik tombol *record* untuk merekam perubahan amplitudo pada grafik sinusoidal pada layar kemudian setelah bola besi sampai di dasar wadah klik tombol *off* dan *save*. Data yang berupa rekaman tegangan terhadap waktu yang sudah direkam melalui laptop dengan *software Freewave3* dilihat kamba-



Gambar 3. Rancangan alat



Gambar 4. Tampilan pada freewave3

li dan dicatat waktu tempuh bola saat bola besi melewati kumparan 1 sebagai t_1 (ditandai dengan naiknya amplitudo pada layar) dan saat melewati kumparan 2 adalah t_2 (ditandai dengan naiknya amplitudo kembali pada layar). Hasil percobaan yang didapatkan dalam bentuk gambar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, dan data base antara amplitudo dan waktu.

Setelah pembuatan alat dan pengambi-

lan data pada eksperimen dilakukan. Lembar kerja eksperimen dicobakan pada sekelompok mahasiswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran waktu jatuh bola (t) saat melewati dua buah kumparan yang diubah-ubah jaraknya adalah, dimana $t=t_2-t_1$ dan jarak antar dua buah kumparan adalah (s),

pengukuran jarak kumparan yang berbeda didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil percobaan

s (m)	t (s)
0.3	4
0.4	5
0.5	7
0.6	8
0.7	9
0.8	10
0.9	12

Data dari tabel 1 kemudian digrafikkan seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik jarak terhadap waktu saat bola dijatuhkan

Pada grafik diatas terlihat bahwa grafik terlihat linier terjadi pada posisi jarak 0,5 m -0,8 m. Yang artinya bahwa kecepatan bola saat itu bernilai konstan atau tetap, hal itu berarti bahwa saat bola melewati posisi 0,5m – 0,8 m resultan gaya yang bekerja pada bola tersebut sama dengan nol, sesuai persamaan (7). Atau gaya gesek nilainya sama dengan gaya hambat fluida.

Jarak itulah yang akan menjadi acuan pengambilan data berikutnya, khususnya untuk fluida oli (oli mesran).

Pengambilan data berikutnya dilakukan dengan jarak antara 0,5 m – 0,8 m. Di dapatkan hasil seperti terlihat pada grafik 6:



Gambar 6. Grafik jarak terhadap waktu pada daerah kecepatan terminal (0,5 m – 0,8 m).

Dari grafik pada gambar 6 di dapatkan bahwa gradien persamaan garis untuk posisi bola identik dengan besar kecepatan terminal bola yang bernilai 0.076 m/s. Jika diketahui bahwa massa bola besi 8.33×10^{-3} kg, volume bola besi sebesar 9.04×10^{-7} m³. Maka

ρ_{bola} dapat dihitung dari $\rho_{bola} = \frac{m_{bola}}{V_{bola}}$, yang besarnya adalah 9214.60 kg/m³. Selanjutnya untuk menghitung ρ_{fluida} dilakukan dengan mengukur volume fluida 3×10^{-4} m³ (oli mesran) dan massa fluida 0.34071 kg sehingga ρ_{fluida} dapat

di hitung dari $\rho_f = \frac{m_f}{V_f}$, dimana besarnya adalah 1135.7kg/m³ (Roy, 2013). Jika jari-jari bola besi yang digunakan sebesar 6×10^{-3} m. Maka sesuai persamaan (11), viskositas oli mesran dapat dihitung dan besarnya $\mu=0.85$ Ns/m².

Setelah uji alat dilakukan, lembar kerja diujikan pada sekelompok mahasiswa di dapatkan data sebagai berikut:

Hasil respon sekelompok mahasiswa (8 orang) setelah melakukan pengukuran viskositas menggunakan viscometer dua kumparan dan *freewave3* didapatkan bahwa;

Sebanyak 100% dari mahasiswa menjawab bahwa pengukuran viskositas dengan menggunakan dua kumparan merupakan hal baru dengan alasan belum pernah mengukur viskositas menggunakan dua kumparan terutama menggunakan *freewave3*.

Hal ini menunjukkan bahwa responden belum pernah melakukan percobaan tersebut. Beberapa alasan yang diungkapkan oleh responden adalah, selama ini eksperimen pengukuran viskositas dilakukan dengan cara manual atau pencatatan waktu menggunakan stop watch saja. *Freewave3* sangat membantu mereka untuk mengamati waktu jatuh bola dengan tepat. Ini menjadi latar belakang

Tabel 2. Tanggapan mahasiswa tentang pengukuran viskositas menggunakan viscometer dua kumparan dan freewave3

No	Pertanyaan tentang	Tanggapan siswa	Presentase
1	Pengukuran viskositas dengan menggunakan viscometer dua kumparan merupakan hal yang baru.	Hal baru	100%
		Bukan hal baru	0%
2	Penggunaan viscometer dua kumparan untuk mengukur viskositas fluida menarik	menarik	87.5%
		Tidak menarik	12.5%
3	Viscometer dua kumparan mempermudah menentukan kecepatan	Mudah	100%
		Sulit	0%
4	Viscometer dua kumparan mempermudah memahami pengertian viskositas.	Mudah	87.5%
		Sulit	12.5%
5	Langkah-langkah pembelajaran untuk mengukur viskositas mudah dipahami	Mudah	75%
		Sulit	25%
6	Viscometer dua kumparan memotivasi untuk belajar fisika	Termotivasi	100%
		Tidak termotivasi	0%

bahwa mereka belum pernah menggunakan *freewave3*.

Sebanyak 87.5 % mahasiswa menjawab bahwa pengukuran viskositas menggunakan dua kumparan merupakan hal yang menarik dengan alasan karena kemudahannya untuk menentukan kecepatan bola saat bergerak di dalam fluida dengan mengamati perubahan tegangan pada layar ataupun dengan mengamati data yang tersimpan pada *freewave3*. Saat ini siswa lebih cenderung menyukai melakukan eksperimen menggunakan komputer atau program-program laboratorium yang telah tersedia dibandingkan dengan eksperimen model klasik (Ganci, 2013). Pengamatan dengan *freewave3* lebih mudah dilakukan dengan mengamati perubahan tegangan pada layar. Karna besar tegangan yang dihasilkan oleh kumparan akan berubah menjadi semakin besar saat bola besi melewati kumparan tersebut. Dan besar tegangan akan turun kembali ketika bola besi sudah melewatinya. Hal ini sesuai dengan prin-

sip pada percobaan Faraday. Dengan adanya perubahan fluks magnet pada waktu tertentu akan menghasilkan GGL induksi.

Dan sebanyak 12.5 % mahasiswa menjawab tidak menarik dengan alasan kerumitan alat, mahasiswa tidak bisa melihat dengan jelas perubahan tegangan yang terjadi. Namun ketika peneliti mengamati dimana letak kesulitan mahasiswa tersebut, di dapatkan bahwa terdapat kesalahan pembacaan skala pada *freewave3* (kesalahan menset program) dan pemasangan frekuensi pada audio generator sehingga amplitudo yang dihasilkan kumparan tidak tampak. Hal ini menunjukkan bahwa seperti yang dikatakan oleh Molly Johnson (2001), bahwa pembelajar dengan praktek akan menghasilkan sesuatu yang baik, tetapi jika itu dikerjakan dengan benar.

Sebanyak 100 % mahasiswa menjawab pengukuran viskositas dua kumparan mempermudah dalam menentukan kecepatan dengan alasan dibantu dengan alat-alat yang menentu-

kung dan bisa langsung merekam jika tidak, maka sangat sulit untuk menentukan waktu jatuhnya bola. Termasuk menentukan kecepatannya. Responden dapat menentukan t_1 dan t_2 dengan benar saat membaca data di layar. Hal itu semakin dikuatkan ketika responden mampu menggambarkan grafik jarak terhadap waktu, dan menarik kesimpulan bahwa gradien pada grafik adalah besaran kecepatan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan eksperimen berbasis komputer sangat menolong dalam percobaan-percobaan fisika (Yaakov, 2007)

Sebanyak 87.5 % mahasiswa menjawab bahwa pengukuran viskositas dua kumparan mempermudah untuk memahami materi viskositas dengan alasan dengan praktikum langsung lebih mempermudah pemahaman materi. Kesadaran responden untuk melakukan *doing sciences* atau melakukan eksperimen sains (Paul, 2007), cukup besar. Hal ini berarti bahwa 87,5% responden dapat mengerti gejala dan peristiwa fisis dengan mengamati dan mengalami secara langsung dari eksperimen. Namun sebanyak 12.5 % mahasiswa menjawab tidak memahami dengan alasan teori harus dipahami secara mendalam dulu baru praktikum. Hal ini berarti untuk responden memerlukan penanaman konsep terlebih dahulu untuk pembelajaran eksperimen. Sehingga konsep *doing sciences* yang mendorong responden untuk melakukan percobaan tanpa harus membaca buku tidak dapat diterapkan pada responden ini.

Sebanyak 75 % mahasiswa menjawab bahwa langkah-langkah pembelajaran yang dibuat dalam mudah untuk dipahami dengan alasan langkah-langkah yang meliputi mencari data, menganalisa dan menyimpulkan data dapat diikuti dengan baik dalam lembar kerja dan petunjuknya tidak berbeli-belit dan langsung sehingga mudah dipahami. Model pembelajaran memberi pengalaman belajar langsung dan beraktivitas melakukan percobaan sangat menolong dalam memahami konsep (Jill & James, 2000)

Sebanyak 25 % mahasiswa menjawab tidak mudah dipahami dengan alasan karena lebih paham jika dijelaskan langsung daripada membaca. Kesulitan mahasiswa ini terletak pada pemahaman teori yang harus disampaikan dengan ceramah. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa tersebut mempunyai cara belajar yang berbeda.

Sebanyak 100 % mahasiswa menjawab bahwa termotivasi belajar fisika dengan alasan bahwa melalui praktikum maka percobaan-per-

cobaan fisika mudah dipahami dan menarik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran viskosimeter ini adalah cara terbaik untuk menyampaikan ide-ide atau konsep-konsep fisika dalam tindakan nyata. Karena menurut Afif (2012), melalui metode eksperimen dengan pengajaran langsung dapat menarik perhatian siswa untuk ikut serta dalam kegiatan eksperimen selama proses pembelajaran dan siswa dapat mengeluarkan pendapat mengenai konsep yang telah mereka temukan selama proses eksperimen sehingga siswa lebih mudah untuk menerima dan memahami konsep yang diajarkan.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa 87,5% dari mahasiswa yang menjawab kuisioner dengan konsistensi positif dalam pembuatan media pengukuran viskositas dengan metode dua kumparan dan freewave3 ini.

PENUTUP

Dari hasil uji alat yang diperoleh dengan merekam dan membaca perubahan tegangan pada software feewave3 didapatkan besarnya viskositas oli mesran Yang bermassa jenis $1135,7\text{kg/m}^3$ sebesar $\mu=0.85\text{Ns/m}^2$. Dan dari hasil uji ke responden mahasiswa. Secara keseluruhan 87,5% mahasiswa konsisten menganggap bahwa pengukuran viskositas dengan menggunakan viskosimeter dua kumparan adalah hal baru bagi mereka, mudah diikuti, mempermudah dalam memahami dan menghitung viskositas fluida, dan memotivasi mereka dalam belajar fisika. Sehingga secara keseluruhan pembuatan media pembelajaran viskositas dengan dua kumparan dapat digunakan baik alat maupun lembar kerja untuk pembelajaran. Pembuatan media pembelajaran ini juga membantu mahasiswa untuk melatih bekerja ilmiah dan memahami konsep viskositas. Dan 12,5% mahasiswa yang tidak dapat memahami kerja alat. Sehingga disarankan untuk responden ini membutuhkan model pembelajaran yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif Yuli Candra Prasetya dan Suliyanah. 2012. *Pengaruh Penerapan Metode Eksperimen Dengan Model Pengajaran Langsung (Direct Instruction) Terhadap Prestasi Belajar Siswa Kelas X Pada Materi Perpindahan Kalor Di SMA Negeri 1 Kedungadem BOJONEGORO*. Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Unnesa, Vol 2 No (1).
- Budianto A. 2008. *Metode Kekentalan Zat Cair dan*

- gan menggunakan Regresi Linear Hukum Stokes. Disajikan dalam Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta tanggal 25-26 Agustus.
- Eunike R.Dade. 2012. *Pengukuran Viskositas Menggunakan Alat Suntik(Spoit) dan Mouse Optik*. Skripsi Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Ganci, S.2013. *RC Circuit Experiment*. Journal Physics Education. Vol 29. No 3. Article Number 06
- Jill A. Marshall and James T. Dorward. 2000. *Inquiry experiences as a lecture supplement for preservice elementary teachers and general education students*. American. Journal. Physics. Vol 68 , S 27
- Made Rai Suci Shanti. 2010. *Penggunaan Strategi POE (Prediction Observation Explanation) Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa Ditinjau Dari Kreativitas Dan Kemampuan Intelektual* . Thesis Pasca sarjana Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Molly Johnson. 2001. *Facilitating High Quality Student Practice In Introductory Physics*. Journal American Assosiation of Physics Teachers.
- Paul Suparno. 2007. *Metode Pembelajaran Fisika Konstruktivistik Dan Menyenangkan*. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Roy H., M. R. S. Shanti, A. Setiawan. 2013. *Penentuan Batas Maksimal Penambahan Kontaminasi Air pada Oli murni untuk Memenuhi Standar Kelayakan Bahan Bakar*. Jurnal Ketenaga listrik dan Energi Terbarukan.
- Stefanus H.S, 2012, *Pengukuran Viskositas bola jatuh Dengan Mikrokontroler ATmega 8535*, Skripsi Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Suciati, Wahyu S dan Surtono, Arif. 2009. *Pemanfaatan Sensor Koil Sebagai Setektor Pencatat Waktu Pada Viscometer Metode Bola Jatuh Berbasis Komputer*. Jurnal sains dan teknologi, Universitas Lampung.
- Viktor Carles. 2011. *Pemanfaatan Kamera Digital Sebagai Media Pembelajaran*. Skripsi Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Wiggert David dan Potter Merle. 2008. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- Yaakov Kraftmaker. 2007. *Experiment And Demonstrations in Physiscs Bar-Ilan Physics laboratory*. Worlds scientific Publishing Co.Pte.Ltd