

MEDIA PEMBELAJARAN ALAT UJI KEKENTALAN MINYAK PELUMAS BOLA BAJA JATUH BEBAS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

(LEARNING MEDIA TEST EQUIPMENT viscosity LUBE OIL FREE FALL BALL STEEL USING MICROCONTROLLER)

Asyik Tabah Yanuary

Email: asyiksiti89@gmail.com Prodi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang

Ramelan

Email: Ramelan@yahoo.co.id Prodi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat media pembelajaran alat uji kekentalan minyak pelumas menggunakan bola baja jatuh bebas. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development*, yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Penulis membuat alat pengukur kekentalan minyak pelumas menggunakan bola baja jatuh bebas dengan desain, alat, dan bahan yang sudah dirancang terlebih dahulu, yang nantinya akan digunakan untuk mengukur kekentalan minyak pelumas. Minyak pelumas yang akan diuji adalah minyak pelumas *multigrade* yang biasa digunakan masyarakat umum dengan SAE 5W-30, 5W-50, 10W-30, 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-40, dan 20W-50 dari berbagai merk. Hasil penelitian yang melibatkan pakar dan mahasiswa, menunjukkan bahwa alat uji kekentalan minyak pelumas yang layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Kata kunci: media pembelajaran, kelistrikan otomotif, teknik otomotif, lembaga calon guru

Abstract

This study aims to make learning media lubricating oil viscosity test tool using a steel ball free fall. This research in the Research and Development, the research methods used to produce a specific product and test the effectiveness of the product. The author makes gauges viscosity lubricating oil using a steel ball falls freely with the design, tools, and materials that have been designed in advance, which will be used to measure the viscosity of lubricating oil. Lubricating oil to be tested is a lubricating oil multigrade used public with the SAE 5W-30, 5W-50, 10W-30, 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-40 and 20W-50 from various brands. The results of studies involving experts and students, indicating that the test tool lubricating oil viscosity fit for use as a medium of learning.

Keywords: learning media, automotive electrical learning, automotive engineering, teacher training institution

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan jaman, rasa ingin tahu masyarakat tentang teknologi sangatlah tinggi. Terutama minat pada dunia teknologi otomotif. Hal ini dikatakan sangat diminati masyarakat karena semakin banyaknya produsen kendaraan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia. Dalam dunia otomotif sangat tidak cocok jika informasi yang digunakan dalam menambah pengetahuan hanya sebatas teori saja. Informasi yang tersedia hendaknya mampu memberikan kontribusi dan mengajak masyarakat untuk mengetahui proses kerja dan selanjutnya melakukan demonstrasi alat. Seperti alat praktikum di sekolah sebagai media pembelajaran.

Kegiatan praktikum di laboratorium memberikan kontribusi besar dalam pembentukan kompetensi yang telah ditetapkan. Ketiadaan dukungan alat praktikum mengakibatkan kesulitan dalam mengembangkan metode pengajaran dan menciptakan iklim belajar yang kondusif.

Pengetahuan tentang minyak pelumas terhadap masyarakat umum dan terhadap mahasiswa jurusan teknik mesin secara khusus tentang minyak pelumas saat ini hanya sebatas dengan melihat merk yang terkenal, tidak melihat spesifikasi khususnya kekentalan minyak pelumas tersebut. Pa-

dahal melalui pengetahuan tentang kekentalan minyak pelumas kita bisa mengetahui manfaat serta batasan-batasan yang diperbolehkan untuk mesin kendaraan yang akan kita gunakan sesuai dengan kondisi cuaca di lingkungan kita.

Salah satu parameter minyak pelumas yang paling utama adalah viskositas. Viskositas yaitu ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan di dalam fluida. Semakin besar indeks viskositas fluida, maka semakin besar gaya gesek yang ditimbulkan sehingga menghambat benda untuk bergerak di dalam fluida tersebut. Dalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair.

Tingkat kekentalan fluida dinyatakan dengan koefisien viskositas. Jika semakin kental suatu fluida, maka gaya gesek yang dibutuhkan juga makin besar, dalam hal ini gaya gesek berbanding lurus dengan koefisien kekentalan. Melalui penelitian ini, penulis mengadakan penelitian dengan judul "Media Pembelajaran Alat Uji Kekentalan Minyak Pelumas Bola Baja Jatuh Bebas Menggunakan Mikrokontroler".

Pengertian media ada dua macam, yaitu arti sempit dan arti luas. "Arti sempit", bahwa media itu berwujud : grafik, foto, alat mekanik dan elektronik yang digunakan untuk menangkap,

memproses, serta menyampaikan informasi. Menurut "arti luas", yaitu kegiatan yang dapat menciptakan suatu kondisi sehingga memungkinkan peserta didik dapat memperoleh pengetahuan, keterampilan dan sikap yang baru. (Musfiqon, 2012: 26).

Bahan pelumas adalah bahan-bahan yang digunakan di dalam proses pelumasan terutama pada elemen mesin yang bergerak. (Suprpto, 2004: 75). Suatu bahan cairan dapat dikategorikan sebagai pelumas jika mengandung bahan dasar berupa minyak atau *glycol* dan bahan aditif.

Pelumas dapat dibedakan jenisnya berdasarkan bahan dasar atau *base oil*, bentuk fisik, dan tujuan penggunaan. Jenis yang pertama dilihat dari bahan dasarnya ada 3 jenis pelumas, yaitu pelumas dari bahan nabati, hewani, dan sintesis. Jenis yang kedua dilihat berdasarkan bentuk fisiknya ada 3 jenis, yaitu minyak pelumas, gemuk pelumas, dan cairan pelumas. Jenis yang ketiga adalah pelumas dilihat berdasarkan tujuan penggunaannya ada 4 jenis, yaitu pelumas kendaraan, pelumas industri, pelumas penerbangan, dan pelumas perkapalan. Dari semua jenis-jenis pelumas tersebut memiliki tingkat kekentalan yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi, kondisi, dan kebutuhannya masing-masing.

Salah satu parameter minyak pelumas adalah viskositas. Semakin besar indeks viskositas fluida, maka semakin besar gaya gesek yang ditimbulkan sehingga menghambat benda untuk bergerak di dalam fluida tersebut. Dalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair. Sedangkan dalam gas, viskositas timbul sebagai akibat tumbukan antara molekul gas.

Jenis minyak pelumas menurut kekentalannya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *Single Grade Oil* dan *Multiple Grade Oil*, dimana keduanya mempunyai karakteristik yang berbeda satu sama lain, yaitu minyak pelumas yang berderajat kekentalan tunggal (*Single Grade Oil*) adalah minyak pelumas yang mempunyai satu sifat kekentalan saja, misalnya SAE 10, SAE 20, SAE 30 dan masih banyak lagi. *Single Grade Oil* adalah penentuan kekentalan pada suhu udara normal yaitu 20°C mempunyai tingkat kekentalan tertentu, maka apabila pada suhu yang lebih rendah akan menjadi lebih pekat atau kental dan pada suhu yang lebih tinggi akan menjadi lebih encer tingkat kekentalannya.

Sedangkan minyak pelumas yang berderajat kekentalan ganda (*Multiple Grade Oil*) adalah minyak pelumas yang mempunyai sifat kekentalan ganda, biasa disebut minyak pelumas spesial. Contoh, minyak pelumas spesial SAE 10W / 30, SAE 10W / 40, SAE 20W / 50 dan masih banyak lagi. Kode huruf W di atas adalah kependekan dari *winter* (musim dingin), berarti oli tersebut telah men-

alami uji tes pada musim dingin dan memiliki sifat kekentalan SAE 10 dan SAE 20, sehingga dalam keadaan dingin oli tersebut tidak terlalu kental. Pada SAE 25W minyak pelumas dapat bertahan hingga suhu -5°C dan memiliki tingkat kekentalan sama seperti SAE 25. Begitu juga SAE 20W yang dapat bertahan hingga suhu -10°C dan memiliki tingkat kekentalan sama seperti SAE 20.

Selain itu oli ini akan berubah menjadi lebih encer setelah temperatur menjadi lebih panas. Dengan adanya sifat yang ganda tersebut, maka harga minyak pelumas jenis ini akan menjadi lebih mahal dari oli biasa (*Single Grade Oil*). Minyak pelumas yang mempunyai tanda SE (*Station Engine*) dibelakangnya menunjukkan minyak pelumas tersebut telah mengalami pengujian pada perusahaan perminyakan di Amerika Serikat, badan penguji yang sudah terkenal, yaitu API (*American Petroleum Industry*). (Suprpto, 2004: 76).

Dalam kerja alat uji kekentalan minyak pelumas yang dibuat, salah satu hukum yang bekerja adalah hukum Archimedes. Hukum Archimedes menyatakan bahwa gaya apung yang bekerja pada benda yang dimasukkan dalam fluida sama dengan berat fluida yang dipindahkannya. (Giancoli, 2001: 333)

Khusus untuk benda berbentuk bola dengan gaya Stokes (F_s), jika η adalah koefisien kekentalan, r adalah jari-jari bola baja, dan v adalah kecepatan relatif bola terhadap fluida, maka gaya gesekan fluida dirumuskan sebagai:

$$F_s = 6\pi\eta rv$$

Jika V_b menyatakan volume bola, serta g gravitasi bumi, ρ_b adalah massa jenis bola, dan ρ_f massa jenis fluida dimana $\rho_b > \rho_f$ maka berlaku rumus:

$$W = \rho_b \cdot V_b \cdot g$$

Karena dalam hukum Stokes berlaku gaya Archimedes (F_A) maka menjadi:

$$F_A = \rho_f \cdot V_b \cdot g$$

Massa jenis bola ρ_b dan massa jenis fluida ρ_f dapat diukur dengan menggunakan:

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b}$$

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

Persamaan $W = \rho_b \cdot V_b \cdot g$ dan $F_A = \rho_f \cdot V_b \cdot g$ jika disubstitusikan menjadi:

$$F_s = V_b g (\rho_b - \rho_f)$$

Dengan menstutbutusikan persamaan $F_s = 6\pi\eta rv$ dan $F_s = V_b g (\rho_b - \rho_f)$ maka diperoleh:

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

Jarak (d) yang ditempuh bola setelah bergerak dengan kecepatan terminal dalam waktu tempuhnya (t) mempunyai kecepatan:

$$\frac{d}{t} = \frac{2r^2 g (\rho_b - \rho_f)}{9\eta}$$

Dengan demikian waktu tempuhnya adalah:

$$t = \frac{9d\eta}{2r^2 g (\rho_b - \rho_f)}$$

Dengan mengukur kecepatan akhir bola yang radius dan berat jenisnya telah diketahui, maka viskositas fluida dapat ditentukan.

Untuk memperoleh nilai viskositas fluida, persamaan $t = \frac{9d\eta}{2r^2 g (\rho_b - \rho_f)}$ dirubah dalam bentuk:

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho_b - \rho_f) t}{9d} = k(\rho_b - \rho_f) t$$

dimana,

$$k = \frac{2r^2 g}{9d}$$

Satuan Sistem Internasional (SI) untuk koefisien viskositas adalah $\text{Ns/m}^2 = \text{Pa}\cdot\text{s}$ (pascal sekon). Satuan CGS (centimeter gram sekon) untuk koefisien viskositas adalah $\text{dyne}\cdot\text{s}/\text{cm}^2 = \text{Poise (P)}$. Viskositas juga sering dinyatakan dalam sentipoise (cP) yang besarnya seperseratus poise. Satuan Poise digunakan untuk mengenang seorang Ilmuwan Perancis, Jean Louis Marie Poiseuille. (Giancoli, 1998: 347).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. (Sugiyono, 2009: 297).

Penulis membuat alat pengukur kekentalan minyak pelumas menggunakan bola baja jatuh bebas dengan desain, alat, dan bahan yang sudah dirancang terlebih dahulu, yang nantinya akan digunakan untuk mengukur kekentalan minyak pelumas. Minyak pelumas yang akan diuji adalah minyak pelumas *multigrade* yang biasa digunakan masyarakat umum dengan SAE 5W-30, 5W-50, 10W-30, 10W-40, 15W-40, 15W-50, 20W-40, dan 20W-50 dari berbagai merk.

Viskometer yang menggunakan metode bola jatuh ada yang konvensional, dimana pengukuran waktu tempuh bola masih menggunakan *stop-watch* yang tingkat ketelitiannya rendah. Ada juga viskometer yang berbasis mikrokontroler, dimana pengukuran waktu dilakukan secara digital oleh program penghitungan yang sudah dimasukkan ke

dalam mikrokontroler sehingga tingkat ketelitiannya tinggi.

Hal tersebut terbukti berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan oleh Aryanto dkk (2012: 1) diketahui bahwa percobaan dengan menggunakan viskosimeter berbasis mikrokontroler diperoleh viskositas gliserin dalam rentang (1,5534-1,5589) $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$. Viskositas gliserin yang diukur menggunakan viskosimeter konvensional besarnya dalam rentang (1,4749-1,8703) $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$.

Proses pertama yang dilakukan adalah perancangan desain untuk dudukan tabung, sensor, dan rangkaian pencatat waktu dengan menggunakan ukuran yang sudah ada. Proses kedua adalah pembuatan rangkaian penghitung waktu yang dilengkapi dengan mikrokontroler dan sensor fotodioda serta pemotongan tabung ukur. Proses ketiga adalah perakitan dari komponen-komponen tersebut menjadi satu bagian.

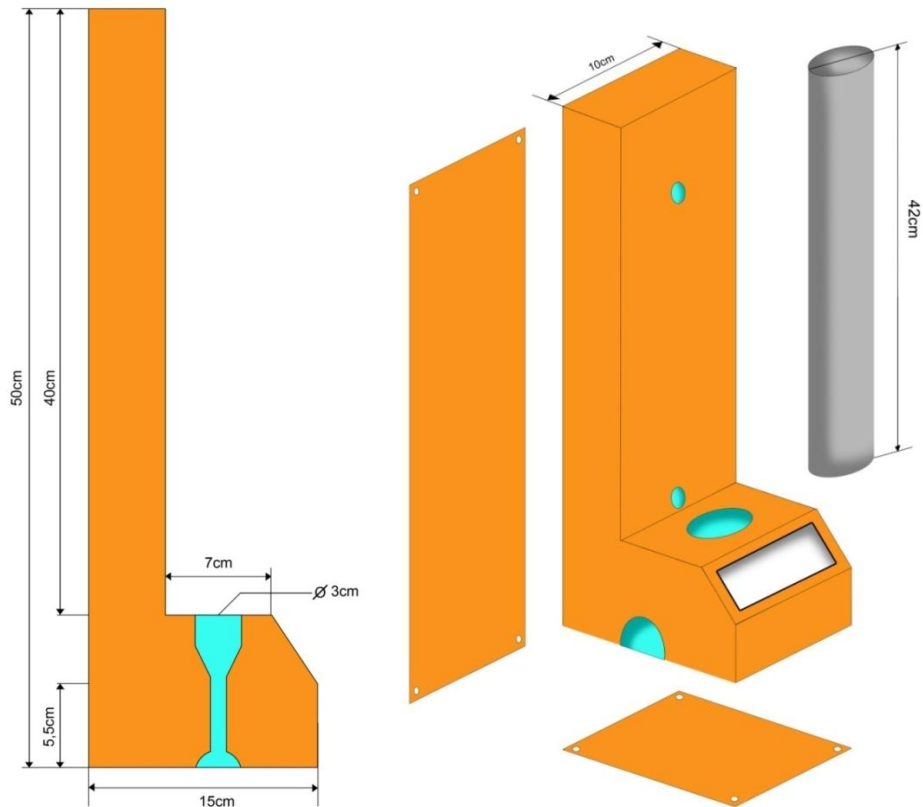
Tahap berikutnya adalah memasukkan rumus viskositas kedalam mikrokontroler yang selanjutnya dilakukan kalibrasi antara fotodioda dengan pencatat waktu agar pada saat bola baja melewati sensor fotodioda, pencatat waktu dapat langsung memulai penghitungan. Setelah semua selesai, alat dapat langsung diuji coba pemakaian untuk mengukur kekentalan minyak pelumas.

Tahap penelitian ini adalah pengumpulan informasi tentang alat pengukur kekentalan minyak pelumas yang akan dibuat, pembuatan desain alat pengukur kekentalan minyak pelumas, validasi dan perbaikan desain, pembuatan alat pengukur kekentalan minyak pelumas, validasi dan perbaikan alat pengukur kekentalan minyak pelumas, uji coba pemakaian alat pengukur kekentalan minyak pelumas.

Pengujian dilakukan dengan cara menguji kerja tiap komponen alat pengukur kekentalan minyak pelumas yang dibuat, perbaikan alat pengukur kekentalan minyak pelumas, apabila setelah dilakukan uji coba kerja alat terdapat kekurangan dan kelemahan, simpulan. Pengambilan data dilakukan pada saat uji coba adalah bekerjanya alat pengukur kekentalan minyak pelumas menggunakan bola baja jatuh bebas sesuai dengan prosedur kerja alat. Data yang didapat dari hasil uji coba pengujian alat adalah berupa lamanya waktu bola jatuh. Kemudian data tersebut akan digunakan untuk menghitung viskositas dari minyak pelumas. Hasil dari perhitungan tersebut dibandingkan dengan viskositas minyak pelumas berdasarkan spesifikasinya

HASIL PENELITIAN

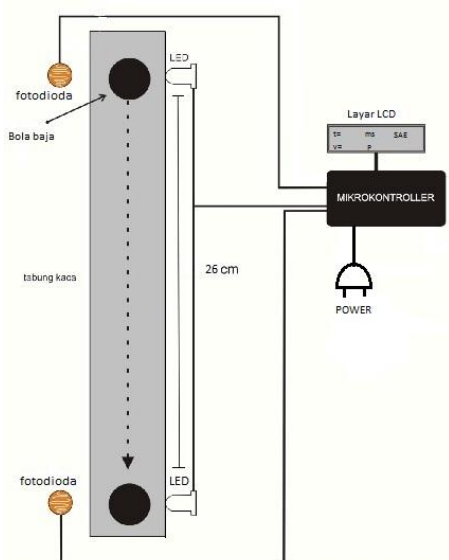
Rancangan alat yang dibuat terdiri dari mikrokontroler ATMega328, beberapa komponen



Gambar 1. Desain alat uji kekentalan minyak pelumas

elektrik lainnya, komponen mekanik seperti bola baja, tabung kaca transparan dan alat tambahan berupa timbangan digital dan wadah untuk mengukur massa fluida. Hasil perancangan viskometer bola baja jatuh bebas ditunjukkan pada gambar 2.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemotong kaca, gergaji besi, obeng, tang, bor listrik, las asitelin. Bahan yang dibutuhkan adalah tabung kaca 1 buah, sensor fotodiode 6 buah (masing-masing sensor 3 buah), *steel ball*/ bola baja diameter 8mm, plat besi 2mm, mur dan baut, pipa besi, rangkaian timer atau pencatat waktu, papan akrilik.



Gambar 2. Alur perancangan komponen viskometer bola jatuh

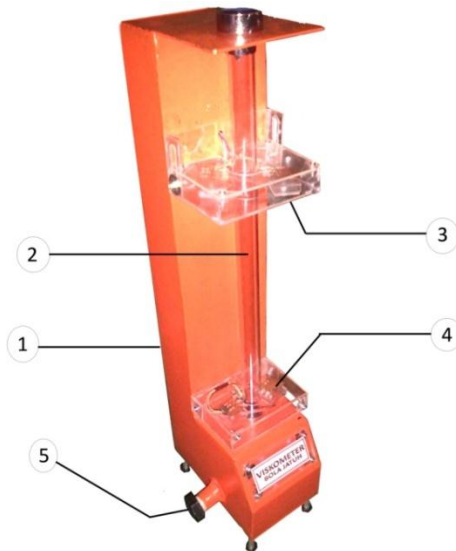


Gambar 3. Hasil jadi perancangan viskometer bola jatuh

PEMBAHASAN

Alat pengukur kekentalan minyak pelumas yang telah dibuat adalah bentuk sederhana dari viskometer yang sudah ada. Dudukan tabung pengukur terbuat dari plat besi yang dilas dengan dimensi tinggi 50 cm yang dilubangi pada bagian depan sebagai tempat sensor. Tabung pengukur terbuat dari tabung kaca dengan tinggi 340 mm, diameter luar 20 mm, diameter dalam 18 mm, dan batas ketinggian sensor 260 mm. *Timer counter* atau pencatat waktu yang digunakan adalah jenis digital dengan ketelitian seperseratus detik. Tampilan menggunakan layar LCD dengan resolusi 16x2 pixel..

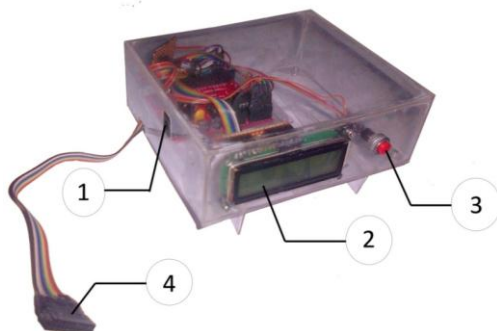
Alat uji kekentalan minyak pelumas yang dibuat terdiri dari dua bagian. Bagian pertama adalah tabung pengukur. Bagian kedua adalah pencatat waktu. Masing-masing bagian terdiri dari beberapa komponen yang bekerja secara mekanik dan elektrik.



Gambar 4. Komponen tabung pengukur

Keterangan:

- 1) Rangka utama
- 2) Tabung kaca
- 3) Sensor fotodiode atas
- 4) Sensor fotodiode bawah
- 5) Lubang pembuangan minyak pelumas



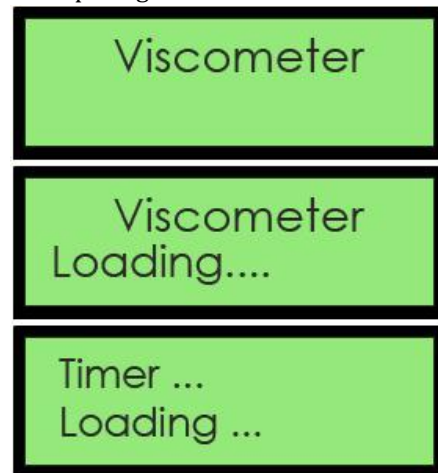
Gambar 5. Komponen pencatat waktu

Keterangan:

- 1) Terminal daya
- 2) Layar LCD
- 3) Tombol pengatur ulang
- 4) Soket penghubung sensor

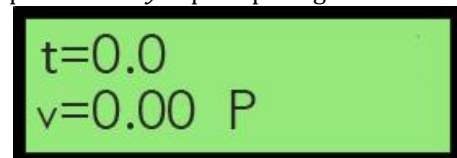
Prosedur kerja dari alat ini adalah komponen posisi ON jatuhkan bola baja ke dalam tabung dan fotodiode atas kemudian melakukan pengecekan apakah ADC 0, 1, dan 2 bekerja atau tidak. Jika ADC 0, 2, dan 3 bekerja maka *timer* akan menyala dan memulai penghitungan waktu, pada LCD akan tampil waktu yang berjalan. Saat obyek melewati fotodiode bawah dan mengecek ADC 3, 4, dan 5 bekerja atau tidak. Jika sudah bekerja maka sensor akan mengirim sinyal untuk menghentikan *timer*. LCD akan menampilkan waktu yang ditempuh oleh bola baja dan mikrokontroler akan menghitung nilai viskositas. Apabila dilakukan penghitungan ulang maka proses akan kembali ke pengecekan fotodiode atas dan melakukan proses selanjutnya.

Penggunaan alat uji kekentalan minyak pelumas dengan bola baja jatuh bebas ini sangat mudah. Setelah menghubungkan alat dengan arus listrik, dapat kita lihat tampilan layar seperti diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan awal layar LCD

Indikator yang menunjukkan bahwa alat siap digunakan untuk menghitung, adalah munculnya tampilan *standby* seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan *standby* alat uji

Pengaturan ulang alat uji dapat dilakukan setelah alat digunakan untuk menguji kekentalan minyak pelumas, dan akan kembali pada tampilan

standby. Tampilan pengaturan ulang yang muncul adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Tampilan LCD saat atur ulang

Pengaturan ulang juga dapat dilakukan apabila tampilan layar tidak sesuai yang seharusnya. Lakukan pengaturan ulang hingga muncul tampilan seperti gambar 8 di atas.



Gambar 9. Tampilan viskometer saat terdapat kerusakan

Setelah alat uji siap, langkah pengukurannya adalah memasukkan fluida yang berupa minyak pelumas sampai tabung terisi penuh. Jatuhkan bola baja dari atas tabung, saat bola baja melewati sensor pertama maka sensor akan bekerja dan mengirimkan sinyal kepada pencatat waktu yg akan memulai waktu penghitungan. Kemudian saat bola baja mencapai dasar tabung di mana terdapat sensor kedua yang akan mengirim sinyal untuk menghentikan pencatatan waktu. Dari jarak waktu tempuh yang ada, dapat dihitung menggunakan rumus dan didapat hasil dari kekentalan minyak pelumas tersebut.

Tahap pertama pengujian alat adalah menguji kerja sensor fotodiode. Pengujian ADC (*Analog Digital Converter*) atau pengubah analog ke digital internal dilakukan dengan cara kalibrasi sensor atas dan sensor bawah menggunakan perangkat lunak yang terdapat pada *driver* Arduino.

Pengujian alat uji kekentalan minyak pelumas dilakukan pada bermacam-macam minyak pelumas *multi grade*, yaitu minyak pelumas dengan SAE 5W-30, 10W-30, 10W-40, 5W-50, 15W-40, 20W-40, 15W-50, dan SAE 20W-50. Berdasarkan jarak antar sensor fotodiode 26 cm, hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian kekentalan minyak pelumas *multi grade*

Tingkat viskositas SAE	Waktu (s)	Viskositas (Poise)
5W-30	0,586	5,310
10W-30	0,702	6,362
10W-40	0,819	7,422
5W-50	0,830	7,521
15W-40	0,882	7,993
20W-40	1,081	9,796
15W-50	1,178	10,675
20W-50	1,512	13,701

Uji coba alat sebagai media pembelajaran dilakukan dihadapan sepuluh mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin. Berdasarkan hasil uji media pembelajaran yang dilakukan pada sepuluh mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dengan menggunakan angket, dapat disimpulkan sebagai media pembelajaran yang valid dan dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Semakin besar viskositas pelumas maka semakin besar daya redam terhadap benda yang jatuh di dalam pelumas tersebut yang menyebabkan semakin lama juga waktu tempuh bola baja. Hal itu disebabkan adanya gaya gesek yang semakin besar tergantung tingkat kekentalan sehingga menimbulkan kohesi antar molekul yang terdapat di dalam minyak pelumas.

Pelumas full synthetic merupakan pelumas yang memiliki tingkat viskositas kecil, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak antar sensor yang ada kurang dari 0,5 detik. Pengukuran dengan ketelitian seperti ini jika menggunakan stopwatch manual tidak akan dapat terekam oleh pencatat waktu.

Massa jenis fluida, dalam hal ini minyak pelumas sangat mempengaruhi waktu tempuh bola baja. Berdasarkan gaya yang bekerja saat bola jatuh dengan kecepatan tetap, yaitu gaya Archimedes (F_A) dan gaya Stokes (F_s) bahwa semakin besar massa jenis minyak pelumas menyebabkan semakin besar pula kedua gaya yang bekerja pada bola jatuh tersebut.

Pengoperasian viskometer menggunakan mikrokontroler lebih mudah dan ketepatan hasil ukur lebih akurat dibandingkan dengan

menggunakan viskometer manual. Karena waktu tempuh bola baja ditentukan oleh dua sensor yang memulai dan menghentikan waktu tempuh. Dalam kaitannya sebagai media pembelajaran, mahasiswa lebih tertarik mempelajari dan memahami viskositas minyak pelumas karena penggunaannya yang mudah.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Telah dihasilkan media pembelajaran alat uji kekentalan minyak pelumas menggunakan bola jatuh bebas berbasis mikrokontroler.
2. Viskometer yang telah dibuat terdiri dari 2 bagian yaitu, bagian tabung pengukur dan bagian pencatat waktu. Bagian tabung memiliki komponen rangka utama, tabung kaca, sensor fotodiode atas, sensor fotodiode bawah, dan lubang pembuangan minyak pelumas. Bagian pencatat waktu memiliki komponen seperti terminal daya, layar LCD, tombol pengatur ulang, soket penghubung sensor, dan rangkaian mikrokontroler.
3. Telah dilakukan uji coba melibatkan pakar dan mahasiswa, dan hasilnya adalah alat uji kekentalan minyak pelumas yang layak digunakan sebagai media pembelajaran

Saran

1. Proses memasukkan oli sebaiknya dilakukan secara perlahan, agar tidak terdapat banyak gelembung yang dapat menimbulkan turbulensi

dalam tabung yang mempengaruhi waktu tempuh.

2. Batas penggunaan viskometer tersebut hanya untuk minyak pelumas dengan tingkat kekentalan SAE 70 saja, karena minyak pelumas dengan tingkat kekentalan lebih tinggi berwarna sangat pekat sehingga sensor fotodiode tidak dapat menembus cairan tersebut.
3. Pembuatan viskometer selanjutnya lebih baik menggunakan sensor *metal detector* agar bola baja yang digunakan untuk mengukur dapat dipindai dalam cairan dengan kepekatan warna yang tinggi.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan cara variasi berat bola baja dan variasi jarak antar sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, Didik; Ernawati Saptaningrum; Wijayanto. 2012. Rancang Bangun Viskosimeter Fluida Metode Bola Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler ATMEGA16. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Volume 8, nomor 2: 120208-1 – 120208-5.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika edisi kelima*. Jakarta. Erlangga.
- Musfiqon, HM. 2012. *Pengembangan Media dan Sumber Pembelajaran*. Jakarta: Prestasi Pustaka Raya
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfa Beta.
- Suprptono. 2004. *Paparan Kuliah Bahan Bakar dan Pelumas*. Semarang.