

Rancang Bangun Viscometer Digital Dengan Pemanas Induksi Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535

Mohamad Wildan Sidiq Yasin
Pendidikan Teknik Elektro
Universitas Pendidikan Indonesia
email : wildan.sidiq@gmail.com

Abstrak – Kekentalan atau viskositas merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan suatu zat untuk mengalir. Dalam suatu proses industri, cairan dengan nilai viskositas tertentu sangat seringkali digunakan, contohnya adalah oli. Oli merupakan sesuatu hal yang penting bagi proses industri khususnya pada bagian mesin. Oli yang dibutuhkan tiap-tiap tipe mesin industri berbeda-beda karena setiap tipe mesin industri membutuhkan oli berkekentalan yang berbeda-beda. Maka untuk memenuhi kebutuhan proses industri tersebut, dirancanglah suatu alat ukur untuk mengukur nilai viskositas (*viscosity*) yang memiliki kesalahan pengukuran (*error*) di bawah acuan yang ditentukan oleh William D. Cooper yaitu sebanyak 2%. Alat ukur ini juga memiliki suatu perangkat pemanas induksi dan pengukur suhu oli yang sedang diuji. Metodologi dalam menyelesaikan penelitian ini adalah studi pustaka, perencanaan dan realisasi dan yang terakhir adalah perancangan dan pengujian. Setelah alat ukur ini dirancang dan diuji, didapatkan suatu hasil yaitu kesalahan pembacaan (*error*) pembacaan suhu yang didapatkan adalah sebesar 0,20% sementara *error* untuk pembacaan viskositasnya adalah 0,56%. Nilai *error* tersebut dapat terbilang sangat kecil karena masih di bawah 2% seperti batasan *error* yang diungkap oleh William D. Cooper. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa alat ukur yang telah dirancang termasuk dalam kategori baik dengan *error* yang sangat kecil.

Keywords: viskositas, motor DC, mikrokontroler, LCD, error

Abstract -- Viscosity or viscosity is a fluid property that is closely related to the resistance of a substance to flow. In an industrial process, fluids with a certain viscosity value are often used, for example, oil. Oil is something that is important for industrial processes, especially in engine parts. The oil required for each type of industrial machine is different because each type of industrial machine requires oil of a different viscosity. So to meet the needs of these industrial processes, a measuring instrument was designed to measure the viscosity value which has a measurement error (*error*) below the reference set by William D. Cooper, namely as much as 2%. The gauge also

includes an induction heating device and an oil temperature gauge being tested. The methodology in completing this research is literature study, planning and realization and the last is design and testing. After this measuring instrument was designed and tested, a result was obtained, namely the temperature reading error obtained was 0.20% while the error for the viscosity reading was 0.56%. The error value can be said to be very small because it is still below 2% as stated by William D. Cooper. So it can be concluded that the measuring instrument that has been designed is included in the good category with a very small error. Keywords: square edge antenna, stepped impedance resonator, band pass filter.

Keywords: viscosity, DC motor, microcontroller, LCD, error

I. LATAR BELAKANG

Setiap fluida yaitu gas atau cairan memiliki suatu sifat yang dikenal dengan viskositas. Viskositas dapat didefinisikan sebagai tahanan yang dilakukan suatu lapisan fluida terhadap suatu lapisan lainnya. Salah satu cara untuk menentukan viskositas cairan adalah dengan menggunakan metode kapiler dari Porseulle, salah satu variasi dari metode Porseulle tersebut adalah metode Ostwald.

Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan suatu zat untuk mengalir. Beberapa cairan ada yang dapat mengalir cepat, sedangkan zat lainnya mengalir secara lambat. Beberapa cairan seperti air, alkohol, dan yang lainnya memiliki nilai viskositas yang kecil dan kecepatan alir yang cepat, sedangkan cairan yang memiliki kecepatan alir yang lambat seperti oli, minyak, madu atau yang lainnya memiliki viskositas yang besar dan kecepatan alir yang lambat. Sehingga dapat diartikan bahwa viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu larutan atau fluida [1].

Viskositas digunakan untuk menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan. Viskositas suatu cairan akan menimbulkan gesekan antara lapisan-lapisan cairan

yang bergerak antara molekul yang satu dengan yang lainnya. Hambatan atau gesekan yang terjadi ditimbulkan akibat gaya kohesi yang ada di dalam suatu cairan, sedangkan viskositas gas ditimbulkan oleh peristiwa tumbukan yang terjadi antara molekulmolekul gas [2-4].

Dalam dunia industri, cairan dengan nilai viskositas tertentu sangat seringkali digunakan, contohnya adalah oli. Oli merupakan sesuatu hal yang penting bagi proses industri khususnya pada bagian mesin. Oli yang dibutuhkan tiap-tiap tipe mesin industri berbeda-beda karena setiap tipe mesin industri membutuhkan oli berkeketan yang berbeda-beda. Seperti pada mesin Milling CNC Excel PMC-10T24 yang menggunakan oli berjenis Esso Febis K68 dengan spesifikasi viskositasnya sebesar 68 cSt pada suhu 40°C, atau bisa juga menggunakan oli berjenis Mobil Vactra Oil no.2 dan juga Shell Turbo T68 yang sama-sama memiliki viskositas sebesar 68 cSt pada suhu 40°C. Kekentalan merupakan bagian yang sangat penting sekali karena berkaitan dengan seberapa besar resistansinya untuk mengalir. Sehingga sebelum menggunakan oli merek tertentu harus diperhatikan terlebih dahulu apakah koefisien kekentalan oli sudah sesuai atau tidak sesuai dengan tipe mesin. Selain dalam industri, viskositas dimanfaatkan juga oleh kalangan akademisi khususnya dalam dunia pendidikan sebagai bahan ajarnya [5].

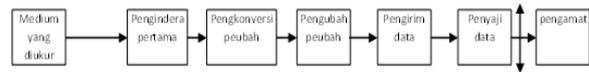
Alat yang dipakai untuk menentukan nilai viskositas dinamakan Viscometer. Namun permasalahan muncul dari segi nilai ekonomisnya yang tinggi. Seperti di salah satu situs penjualan *online* www.alibaba.com, viscometer digital dengan jenis viscometer TT-C801 dihargai dengan harga \$500 atau kurang lebih setara dengan Rp. 5.000.000,-. Bahkan pada situs *online* yang sama, harga viscometer digital dengan jenis NDJ-1B dihargai dengan harga \$1.700 atau bila dirupiahkan kurang lebih setara dengan Rp. 17.000.000,-. Diharapkan dengan diciptakannya alat *Viscometer Digital Dengan Pemanas Induksi Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535* ini dapat memberikan pengukuran akurat dengan biaya yang murah, dan selain itu juga dengan diciptakannya alat ini diharapkan dapat menjadi sebagai suatu media pembelajaran pada bidang instrumentasi khususnya di departemen pendidikan teknik elektro. Jangkauan suhu yang dapat ditampilkan dan diatur pada alat ini ialah mulai dari 24°C sampai 40°C. Sedangkan nilai viscositas yang dapat diukur oleh alat ini dimulai dari besaran 0 cSt (*Centy Stoke*) sampai 200 cSt (*Centy Stoke*) [6-7].

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan dan pembuatan sistem.

Konsep Umum Alat Ukur

Secara umum, konsep alat ukur dapat digambarkan pada dua kategori pokok, pertama operasi dan daya guna dilihat dari unsur-unsur fungsional alat ukur, dan kedua dilihat dari karakteristik statis dan dinamisnya.



Gambar 1. Unsur-unsur Fungsional Sistem Pengukuran
Untuk mengilustrasikan konsep diatas, medium yang diukur adalah berupa cairan, kemudian jumlah yang diukur adalah kuantitas data dari suhu dan viskositas. Pengindera peratama adalah sensor suhu LM35 dan Motor DC. Pengkonversi peubah adalah rangkaian-rangkaian dari komponen listrik dan opamp. Kemudian pengubah data dan pengirim data berupa Mikrokontroler Atmega 8535. Penyaji datanya adalah LCD 16x2 dan pengamatnya adalah pengguna (*user*) dari alat viskometer ini.

Spesifikasi Alat

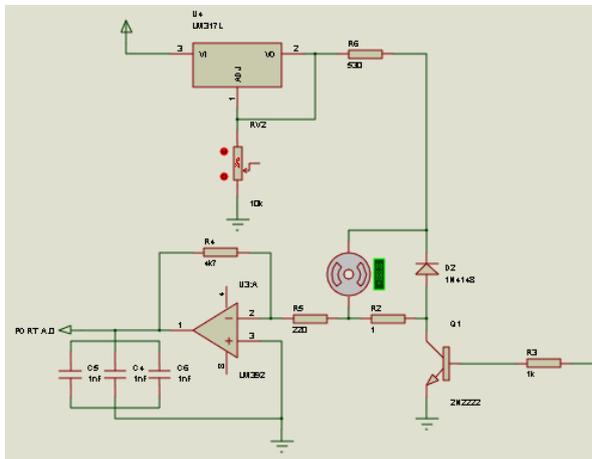
Alat viscometer ini mempunyai tiga fungsi utama yaitu untuk mengukur dan mengatur suhu suatu cairan, kemudian fungsi berikutnya adalah untuk mengukur viskositas suatu cairan. Jangkauan suhu yang dapat ditampilkan dan diatur ialah dari 24°C sampai 40°C. Sedangkan viscositas mulai dari besaran 0 cSt (*Centy Stoke*) sampai 200 cSt (*Centy Stoke*). Adapun untuk bagian-bagian utama dari alat yang dibuat adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler Atmega8535.
2. Motor DC 6 V.
3. Sensor Suhu LM 35.
4. LCD 2x16.
5. Dua buah Power supply 12 V dengan daya total 24W.
6. Tabung aluminium yang digunakan sebagai penampung (*reservoir*) cairan dengan diameter 1,75 cm dan tinggi 8,5 cm.
7. Lilitan kawat email yang dililitkan pada bagian luar *reservoir* sebagai pemanas induksi listrik.

Perancangan dan Pembuatan Alat Rangkaian Power Supply

Alat yang dibuat pada tugas akhir ini memerlukan dua buah power supply 12 volt yang terbagi untuk tegangan kerja sebesar 5 volt untuk komponen utama seperti mikrokontroler, LCD 16x2, motor DC maka digunakan IC regulator LM7805 yang kegunaannya yaitu untuk mengatur tegangan yang diperlukan oleh komponen alat yang memerlukan tegangan 5 volt. Sementara power supply 12 volt yang lainnya untuk

tegangan LM317, IC Opamp ua741cn. Cara kerja dari rangkaian ini adalah pada saat resistor $1K\Omega$ diberi tegangan 0 volt oleh mikrokontroler Atmega 8535 maka motor DC tidak akan berputar dan apabila resistor $1K\Omega$ diberi tegangan 5 volt oleh mikrokontroler Atmega 8535 maka motor DC akan berputar. Selama motor DC berputar maka jumlah hambatan pada motor dc tersebut akan berebeda-beda tergantung pada beban kerja yang diberikan pada motor dc tersebut, maka perubahan hambatan tersebut akan menyebabkan perubahan arus yang akan dimanfaatkan oleh IC Opamp ua741cn sebagai input untuk mikrokontroler Atmega 8535. Sementara itu, penggunaan regulator tegangan LM317 bertujuan untuk mengatur tegangan sumber motor DC, yang fungsinya sebagai pengkalibrasi. Skema rangkaian *driver* motor dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 7. Skema Rangkaian Driver Motor DC Sebagai Sensor Viskositas

Motor DC yang digunakan pada gambar di atas adalah motor DC 6 V dengan beberapa modifikasi seperti penambahan pengaduk (*mixer*) dan penambahan panjang dari batang komutator yang dapat dilihat pada gambar 3.8 sementara realisasi dari rangkaian *driver* motor ini yang menyatu dalam satu rangkaian dengan rangkaian lainnya dapat dilihat pada gambar 7.

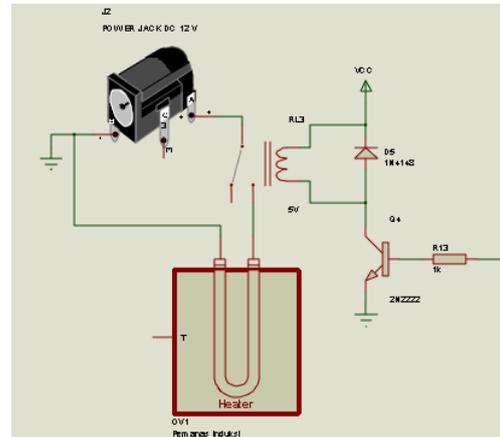


Gambar 8. Motor DC 6V

Rangkaian Pemanas Induksi

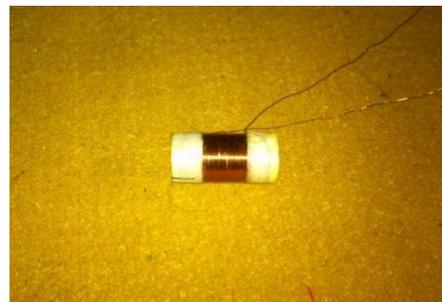
Komponen utama yang digunakan dalam rangkaian pemanas ini yaitu kawat email, transistor NPN 2N3904, resistor $1K\Omega$, dioda, relay 5 volt dan *power supply* 12 volt. Cara kerja dari rangkaian ini adalah pada saat resistor $1K\Omega$ diberi tegangan 0 volt oleh

mikrokontroler Atmega 8535 maka relay tidak akan berfungsi dan apabila resistor $1K\Omega$ diberi tegangan 5 volt oleh mikrokontroler Atmega 8535 maka relay akan berfungsi. Skema rangkaian pemanas induksi dapat dilihat pada gambar 9 sementara realisasi skema rangkaian ini yang menyatu dengan rangkaian lainnya dapat dilihat pada gambar 10



Gambar 9. Skema Rangkaian Pemanas Induksi

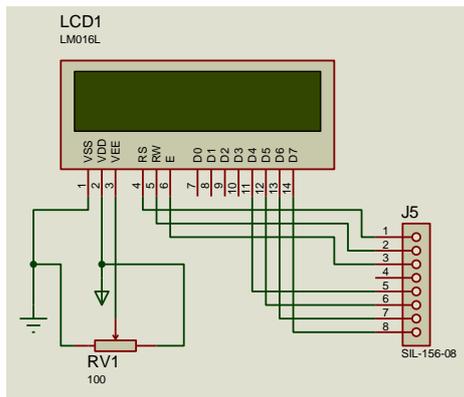
Ketika relay berfungsi, maka kawat email yang dililitkan pada *reservoir* akan dialiri tegangan dari power supply 12 volt, karena kawat email dialiri tegangan maka timbulah gelombang elektromagnetik yang menyebabkan *reservoir* yang terbuat dari aluminium menjadi panas yang disebabkan oleh arus eddy. Gambar *reservoir* aluminium yang dililit oleh kawat email dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Realisasi Reservoir Aluminium yang Dililit Oleh Kawat Email

Rangkaian LCD

LCD 2x16 pada rangkaianannya tidak memerlukan banyak komponen pendukung, hanya membutuhkan sebuah trimpot untuk mengatur kecerahan dari LCD tersebut. Dan pin lainnya dihubungkan ke *ground*, *power supply* dan mikrokontroler. Skema rangkaian LCD dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Skema Rangkaian LCD

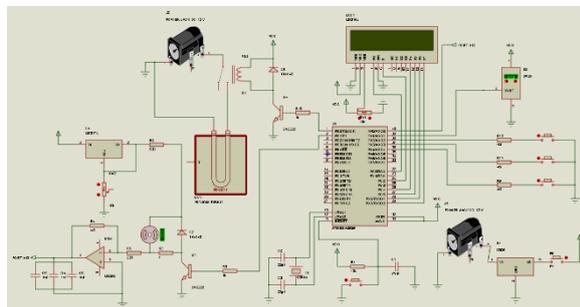
Setelah merancang skema rangkaian LCD seperti gambar 11, maka rangkaian tersebut direalisasikan untuk dibuat. Rangkaian LCD dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Realisasi Rangkaian LCD

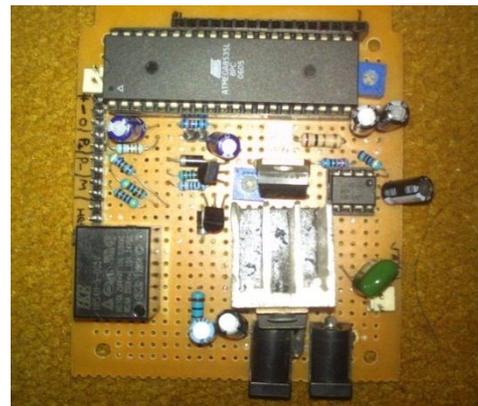
Rangkaian Sistem Viskometer Dengan Pemanas Induksi Secara Keseluruhan

Dari penjelasan sebelumnya sudah dijelaskan mengenai beberapa rangkaian yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini. Pada penjelasan dibawah ini, rangkaian – rangkaian diatas digabungkan menjadi satu kesatuan sistem yang akan digunakan dalam tugas akhir ini. Skema rangkaian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Skema Rangkaian Sistem Secara Keseluruhan

Setelah merancang skema rangkaian secara keseluruhan seperti gambar 13 diatas, maka rangkaian tersebut direalisasikan. Rancangan keseluruhan alat dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Realisasi Rangkaian Sistem Viskometer Dengan Pemanas Induksi Secara Keseluruhan

Perancangan Alat Viskometer Secara Keseluruhan

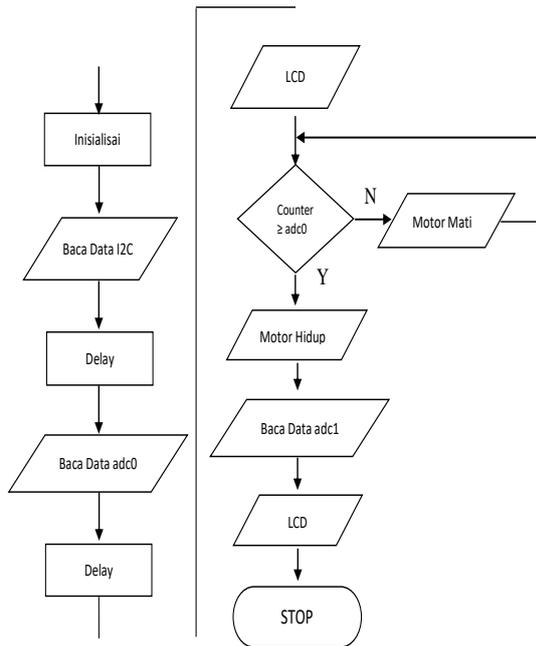
Alat ini dirancang untuk melakukan beberapa fungsi yaitu sebagai sistem pemanas induksi, pengukur suhu dan sebagai alat ukur viskometer. Volume ruang *reservoir* yang digunakan untuk menampung cairan yang akan diuji yaitu dengan ukuran diameter 1,75 cm dan tinggi 8,5 cm. Pada bagian bawah reservoir ditempatkan sensor suhu LM35 sementara di bagian atasnya ditempatkan motor DC untuk mengukur viskositas cairan yang akan diuji. Berikut ini adalah perancangan alat viskometer dengan pemanas induksi yang dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Alat Viskometer Dengan Pemanas Induksi

Diagram Alir Program

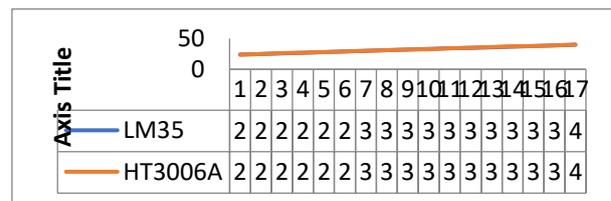
Diagram alir pemrogramannya adalah sebagai berikut :



Gambar 16. Diagram Alir Program

Tabel 1. Data Perbandingan LM35 dan Alat Ukur HT3006A

No	LM35	Alat Ukur
1	24 °C	23,8 °C
2	25 °C	25,1 °C
3	26 °C	26,2 °C
4	27 °C	27,1 °C
5	28 °C	28,1 °C
6	29 °C	28,8 °C
7	30 °C	30,2 °C
8	31 °C	31,1 °C
9	32 °C	32,1 °C
10	33 °C	32,8 °C
11	34 °C	34,1 °C
12	35 °C	35,1 °C
13	36 °C	36,2 °C
14	37 °C	37,1 °C
15	38 °C	37,7 °C
16	39 °C	39,1 °C
17	40 °C	40,2 °C
Total	Σ 544	Σ 545,1



Gambar 17. Grafik Perbandingan Pengukuran Sensor LM35 dan HT3006A

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Alat

Setelah semua rangkaian yang telah dirancang terhubung satu dengan lainnya, kemudian mikrokontroler juga sudah terisi program. Tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap alat tersebut. Uji coba dilakukan pada sensor LM35 dan pemanas induksi kemudian Motor DC untuk melihat bagaimana respon terhadap suhu, pemanasan dan ketelitian viskositas yang diukur. Pengujian ini dilakukan di dua tempat yaitu laboratorium elektronika industri UPI dan laboratorium fisika UPI.

Hasil Pengujian Sensor Suhu dan Pemanas Induksi

Pertama-tama pengujian sensor Suhu LM35 ini dimaksudkan untuk membandingkan nilai yang ditampilkan pada LCD dengan alat ukur suhu yang sudah berstandar yaitu alat ukur HT3006A yang dilakukan di Laboratorium Elektronika Industri pada tanggal 18 Desember 2014. Berikut ini tabel perbandingan nilai suhu yang dihasilkan oleh LM35 dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Untuk menghitung *error* dari pembacaan sensor LM35 dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{[|A - M| \times 100]}{A}$$

Dengan :

E = Error (%)

A = Σ nilai aktual

M = Σ nilai pengukuran

Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

$$E = \frac{[(40 - 40,2) \times 100]}{40,2}$$

$$E = \frac{20}{40,2}$$

$$E = 0,5\%$$

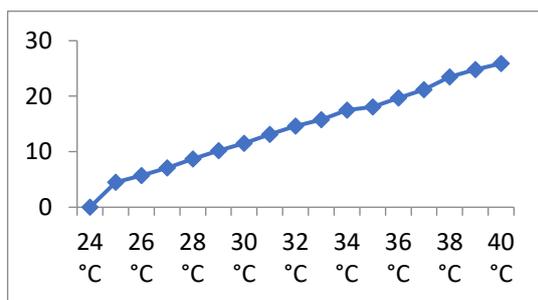
Dari hasil perhitungan di atas didapatkan *error* pembacaan sensor LM35 adalah sebesar 0,50%. Hal ini dapat dikatakan baik dalam dalam pembacaan suhu karena *error* yang diperoleh sangat kecil.

Kemudian sensor LM35 diuji terhadap pemanas (*Heater*) dengan medium air yang dilakukan di laboratorium elektronika industri UPI, pengujian ini

dimaksudkan untuk melihat bagaimana waktu yang diperlukan agar mencapai kondisi yang diharapkan oleh sistem. Kondisi suhu yang diharapkan dalam sistem ini adalah 24 - 40 °C. Karena suhu tersebut merupakan kondisi ideal untuk oli dapat bekerja optimal. Berikut ini adalah data hasil pengujian sensor pemanas induksi terhadap waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi yang ditentukan, dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1.

Tabel 2. Data Pengujian Pemanas Induksi Dengan Medium Air

No	Suhu	Waktu
1	24 °C	0
2	25 °C	3.5
3	26 °C	4.7
4	27 °C	6.1
5	28 °C	7.7
6	29 °C	9.2
7	30 °C	10.5
8	31 °C	12.1
9	32 °C	13.6
10	33 °C	14.8
11	34 °C	16.5
12	35 °C	17.1
13	36 °C	18.7
14	37 °C	20.2
15	38 °C	22.5
16	39 °C	23.8
17	40 °C	24.9



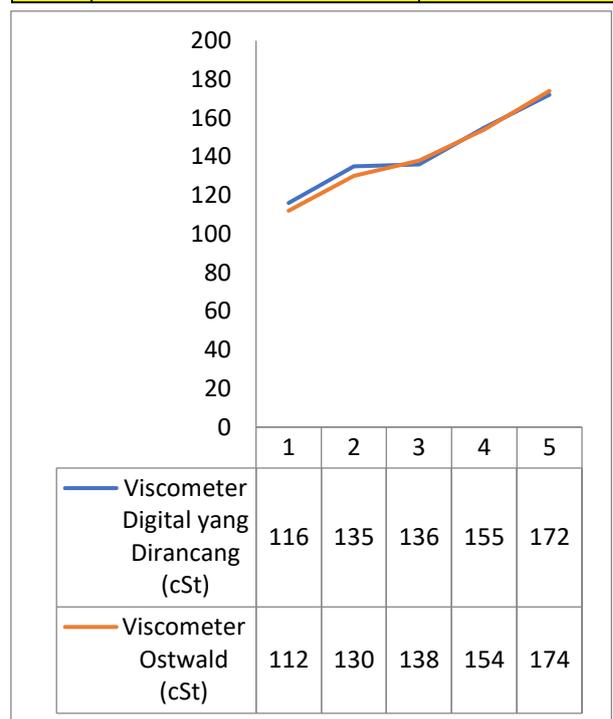
Gambar 18. Grafik Pengujian Respon Pemanas Induksi terhadap Waktu

Hasil Pengujian Pembacaan Viskositas

Selanjutnya Alat viskometer digital yang telah dirancang diuji dan dibandingkan hasil pengukurannya dengan alat ukur viskometer Ostwald yang sudah berstandar. Pengujian ini dilakukan di laboratorium fisika UPI pada tanggal 23 desember 2014. Berikut ini tabel perbandingan nilai Viskositas yang dihasilkan oleh viscometer yang dirancang dan alat ukur standar yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 3. Data Perbandingan Viskometer yang Dirancang dan Viskometer Ostwald

No	Viscometer Digital yang Dirancang (cSt)	Viscometer Ostwald (cSt)
1	116	112
2	135	130
3	136	138
4	155	154
5	172	174
Total	Σ 714	Σ 710



Gambar 19. Grafik Perbandingan Pembacaan Viskometer yang Dirancang dan Viskometer Ostwald

Untuk menghitung *error* dari pembacaan nilai viskositas dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Ganis, 2010) sebagai berikut:

$$E = \frac{[|A - M| \times 100]}{A}$$

Dengan :

E = Error (%)

A = Σ nilai aktual

M = Σ nilai pengukuran

Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

$$E = \frac{[(714 - 710) \times 100]}{710}$$

$$E = \frac{400}{710}$$

$$E = 0,56\%$$

Dari data pengujian di atas didapatkan *error* pembacaan viskometer digital yang dirancang adalah sebesar 0,56%. Hal ini dapat dikatakan baik dalam

dalam pembacaan viskositas karena *error* yang diperoleh kecil.

Temuan Penelitian

Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan alat kemudian berdasarkan hasil pengujian sensor suhu, pemanas induksi dan viskositas yang telah dilakukan, terdapat suatu temuan penelitian baik itu kesalahan atau *error* antara alat yang telah dirancang dengan alat yang sudah berstandar. Meskipun kesalahan atau *error* tersebut relatif kecil, kesalahan tersebut disebabkan oleh beberapa keterbatasan komponen listrik dan ketersediaan alat dan bahan. Temuan-temuan penelitian yang ditemukan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Kesalahan pengukuran suhu berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 yaitu $0,1^{\circ}\text{C}$ sampai $0,2^{\circ}\text{C}$ pada suhu 24°C sampai 40°C .
2. Rangkaian transduser driver motor DC bekerja dengan baik dengan perubahan nilai hambatan yang cukup presisi dengan kesalahan pengukuran 1cSt sampai 5cSt pada pengukuran viskositas antara 112cSt sampai 174cSt.
3. Rangkaian pemanas induksi yang diberikan tegangan sebesar 12V dengan arus 1A bekerja dengan perubahan suhu rata-rata pada medium air sebesar 1,5 detik setiap kenaikan suhu 1°C .
4. Kinerja *operational amplifier* (Op-Amp) yaitu ua741cn yang kurang linier pada saat tegangan output mendekati tegangan sumber menyebabkan terjadinya kesalahan pengukuran pada perhitungan nilai viskositas.
5. LCD 2x16 yang dipakai pada alat ukur yang telah dirancang ini dapat menampilkan informasi yang diinginkan bagi pengguna (*user*) alat ukur ini.
6. Syntax pemrograman Bascom yang telah dibuat mengalami beberapa kendala dalam menentukan nilai viskositas, suhu dan kontrol pemanas induksi namun dengan beberapa kali perubahan beberapa variable, syntax pemrograman Bascom ini dapat berfungsi dengan baik.
7. Tidak tersedianya alat dan bahan seperti penyedot oli sebanyak 6 ml yang presisi sehingga menyebabkan pengukuran viskositas kurang presisi juga.

Pembahasan Penelitian

Sesuai dengan temuan penelitian dan tujuan penelitian yaitu membuat alat Viskometer yang sekaligus mampu membaca dan mengatur suhu cairan yang akan diuji dengan ketelitian dibawah acuan yang

diperbolehkan, maka dapat diuraikan bahwa tujuan pada penelitian ini telah tercapai dengan kriteria error dibawah standar acuan 2% menurut William D. Cooper. Kesalahan pengukuran untuk suhu yang detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 memiliki error sebesar 0,50% sementara kesalahan pengukuran untuk pengukuran viskositas yang detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.2 memiliki error sebesar 0,56%. Error yang terjadi lebih disebabkan oleh keterbatasan kinerja komponen listrik, ketersediaan alat dan bahan kemudian keterbatasan waktu dan tempat yang dimiliki oleh penulis.

Kinerja sensor suhu LM35 sesuai dengan keterbatasan kinerja respon sensor LM35 yang menurut *datasheet*-nya memiliki *error* sekitar $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C . Namun dalam penelitian ini kesalahan tersebut dimanipulasi sehingga memiliki kesalahan pengukuran yaitu $0,1^{\circ}\text{C}$ sampai $0,2^{\circ}\text{C}$ pada suhu 24°C sampai 40°C . Namun nilai error tersebut masih di bawah nilai acuan yang ditetapkan oleh William D. Cooper yaitu 2% sehingga kesalahan atau error masih dapat diterima dan ditorelir.

Perubahan pemanas induksi pada setiap 1°C terhadap variable waktu menunjukkan grafik yang cukup linier menurut Gambar 4.2. Perubahan suhu yang paling lama ditunjukkan pada kondisi awal pemanasan yang disebabkan oleh perubahan transien arus induktansi. Induktor yang benar-benar kosong sama sekali (tidak ada medan magnet). nilai arus yang mengalir kumparannya adalah nol ampere. Jadi, pada kondisi awal ini, induktor seperti sebuah open circuit saat pertama kali dihubungkan ke sumber tegangan (induktor berusaha mempertahankan nilai arus nol ampere). Seiring berjalannya waktu, arus yang mengalir induktor akan naik dan berusaha mencapai nilai arus maksimumnya

Perbedaan nilai viskositas antara alat ukur standar yaitu viskometer Ostwald dan viskometer yang dirancang disebabkan oleh perubahan arus transduser motor dc yang dikuatkan oleh penguat (Op-Amp) ua-741cn kurang linier pada tegangan output yang mendekati tegangan sumbernya. Sehingga menghasilkan kesalahan pengukuran atau error sebesar 0,56%. Selain itu kesalahan pengukuran yang terjadi diakibatkan oleh kurang tersedianya alat dan bahan yang tersedia seperti penyedot (*sucker*) oli yang akan dicari nilai viskositasnya sebanyak 6 mL, kemudian keterbatasan dana dan waktu yang dimiliki oleh penulis selaku perancang alat ini. Namun walaupun demikian, alat ukur yang telah dirancang dan direalisasikan ini telah memenuhi standar di bawah acuan kesalahan (*error*) yang dikemukakan oleh William D. Cooper yaitu sebanyak 2%.

Analisis Sistem

Dari hasil pengujian sensor LM35 dan juga transduser motor DC 6V dalam sistem yang digunakan untuk viskometer digital ini dapat bekerja dengan baik. Pembacaan sensor LM35 terhadap suhu yang sedang diukur sudah sangat baik yaitu hanya memiliki *error* sebesar 0,50%. Begitu pula dengan transduser motor DC, pembacaan nilai viskositasnya hanya memiliki *error* sebesar 0,56%. Nilai *error* tersebut masih dibawah toleransi *error* yang diungkapkan William D. Cooper yaitu 2% sehingga dapat dikategorikan layak pakai. Ketelitian alat ukur ini terhadap alat ukur yang sudah berstandar terlihat cukup baik yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.3 yang menunjukkan hanya terjadi sedikit perbedaan pengukuran pada kedua alat yang dibandingkan. Respon waktu dari pemanas induksi juga untuk mencapai kondisi tertentu sudah menunjukkan grafik yang cukup baik pada gambar 4.2 yaitu grafik yang cukup linier.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian alat dapat disimpulkan bahwa rancang bangun Viskometer Digital dengan Pemanas Induksi menggunakan LM35 dan motor DC berbasis mikrokontroler Atmega8535 yang telah dirancang menunjukkan kinerja yang baik. Pembacaan sensor LM35 terhadap medium yang diukur sudah sangat baik, hanya memiliki *error* sebesar 0,50%. Begitu pula dengan transduser Motor DC, pembacaan untuk nilai viskositasnya hanya memiliki *error* sebesar 0,56%. Nilai *error* tersebut masih dibawah toleransi kesalahan atau *error* yang diungkapkan oleh William D. Cooper yaitu 2% sehingga dapat dikategorikan layak pakai. Ketelitian alat ukur ini terhadap alat ukur yang sudah berstandar terlihat cukup baik yang ditunjukkan dengan hanya terjadi sedikit perbedaan pengukuran pada kedua alat yang dibandingkan. Respon waktu dari pemanas induksi juga untuk mencapai kondisi tertentu sudah menunjukkan grafik yang cukup baik yaitu grafik yang cukup linier.

V. REFERENSI

- [1] T., Lutfiah. "Investigasi Viskositas Kinematik dan Konstanta Dielektrik Minyak Transformator Berdasarkan Perbedaan Warna." (2016).
- [2] J. W., Nababan. "Rancang Bangun Pemanas Induksi Berdaya Rendah dengan Menggunakan Solenoid Coil Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535". *Diss. Universitas Sumatera Utara*, 2015.
- [3] W. T. S., Lubis. Rancang Bangun Inkubator Skala Laboratorium dengan Sistem Pemanas Induksi (Induction Heating) Berbasis Mikrokontroler

- Atmega 8535. *Diss. Universitas Sumatera Utara*, 2017.
- [4] E. P. Sitohang, Dringhuzen J. Mamahit, and N. S. Tulung. "Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 7.2 (2018): 135-142.
- [5] G. E. Pramono, F. Muliawati, and N. F. Kurniawan. "Desain dan Uji Kinerja Generator AC Fluks Radial Menggunakan 12 Buah Magnet Permanen Tipe Neodymium (NdFeB) Sebagai Pembangkit Listrik." *Juteks* 4 (2017): 34-40.
- [6] L. B. Setyawan., D. Susilo, and A. V. Wicaksono. "Pemanas Listrik Menggunakan Prinsip Induksi Elektromagnetik." *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika* 14.02 (2015): 89-94.
- [7] A. Ananta, J. Irawan, dan S.C. Annisa. "Lampu Pintar Untuk Fire Emergency Evacuation Berbasis Plc Mitsubishi Fx 3g". *Jurnal Teknik Elektro Dan Sains*, 7(1). 2020