

## PEMBUATAN SISTEM PENGUKURAN VISKOSITAS FLUIDA SECARA DIGITAL MENGGUNAKAN SENSOR EFEK HALL UGN3503 BERBASIS ARDUINO UNO328

**Nurry Putri Tissos, Yulkifli, Zuhendri Kamus**

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang  
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat Padang, 25131  
E-mail: nurryputritissos@gmail.com*

The purpose of this research is to determine the performance specifications and design specifications of viscometer. Kind of this research is laboratory experiment. The result is the design of the measurement system consists of an UGN3503 sensor as the sensing iron ball and an electronic box, the system have the average relative accuracy is 96% with an average of 0.9706. The viscosity values for oil is 10,237 Pa s and cooking oil of 2,286 Pa s.

*Key words* : viscosity, arduino uno328, hall effect UGN3503

### PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi tak terlepas dari kemajuan Fisika, khususnya Elektronika. Salah satunya adalah perkembangan peralatan laboratorium sekolah. Dalam penggunaannya peralatan laboratorium sekolah ini masih banyak yang bersifat manual, sehingga menimbulkan kerugian waktu dan biaya. Hal ini bisa diminimalisir dengan membuat peralatan laboratorium yang bersifat manual menjadi digital. Salah satunya adalah viskometer.

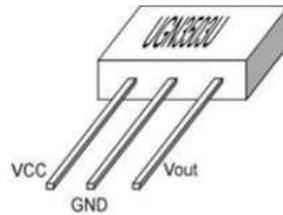
Viskometer merupakan alat yang digunakan untuk menentukan nilai viskositas fluida. Viskositas disebut juga dengan tingkat kekentalan suatu zat cair. Viskositas berasal dari perkataan *visceous* (Soedjojo, Peter, 1986). Viskositas merupakan ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan uji. Kekentalan tak lain adalah sifat cairan yang sangat erat kaitannya dengan hambatan dari suatu cairan uji dalam mengalir (Estien, Yazid, 2005). Hasil pengukuran viskositas dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{2tr^2g}{9d}(\rho b - \rho f)$$

Ada beberapa metode dalam menentukan viskositas, salah satu diantaranya adalah dengan metode bola jatuh. Prinsipnya adalah dengan mengukur kecepatan bola pejal dalam cairan dan terlebih dahulu menentukan parameter-parameter yang berhubungan dengan persamaan viskositas (Arif dan Eko, 2007).

Penelitian ini sejalan dengan Marmi (2009), penelitian ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya menggunakan sensor LDR yang terbatas pada cairan uji berwarna terang, karena sensor LDR merupakan sensor cahaya, untuk cairan uji yang berwarna gelap, maka tidak bisa melakukan pengukuran dengan sistem ini (Marmi, Zetri, 2009).

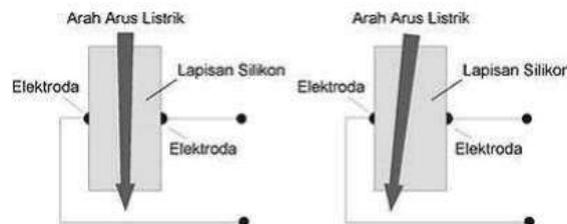
Penelitian ini mengembangkan penelitian sebelumnya menggunakan sensor medan magnet Efek Hall UGN3503. Efek Hall merupakan peristiwa berbeloknya muatan pada keping logam yang berada dalam medan magnet. Pembelokan aliran muatan ini mengakibatkan terjadinya beda potensial di antara sisi keping yang disebut potensial Hall (Bachtera, dkk, 2009). Bentuk fisik dari sensor Efek Hall UGN3503 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Sensor Efek Hall UGN3503

Sensor Efek Hall terbuat dari lapisan silikon dan dua buah elektroda. Ketika tak ada medan magnet yang mempengaruhi sensor, maka elektroda tersebut akan dialiri arus yang meng-

akibatkan elektroda tersebut seimbang dan menyebabkan tegangan keluaran bernilai 0 volt, dan sebaliknya (A. Ro'uf, 2011). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Ilustrasi Prinsip Kerja Sensor Efek Hall

Prinsip kerja utama sensor ini adalah Gaya Lorentz, merupakan gaya yang bekerja karena adanya muatan listrik yang bergerak dalam suatu medan magnet (Roni, Sinaga, 2013). Gaya Lorentz yang bekerja pada sebuah plat penghantar yang diberi medan magnet berlaku persamaan:  $F = qV \times B$ , Dimana:  $F$ = Gaya Lorentz (N);  $q$ = Muatan listrik (Coulomb);  $v$ = Kecepatan muatan (m/s);  $B$ = Medan magnet (Tesla).

Penelitian ini menggunakan Arduino Uno328 sebagai mikrokontroler untuk memprogram sistem. Arduino Uno328 merupakan *chip* mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler ATmega328 yang sudah dilengkapi dengan berbagai fitur yang memberi kemudahan-kemudahan bagi pemakai (Heri, dkk, 2013).

Mikrokontroler ATmega328 terdiri dari 14 pin *input* dan *output* digital yang bisa digunakan sebagai *output* PWM sebanyak 6 buah pin dan pin *input* analog sebanyak 6 buah dan

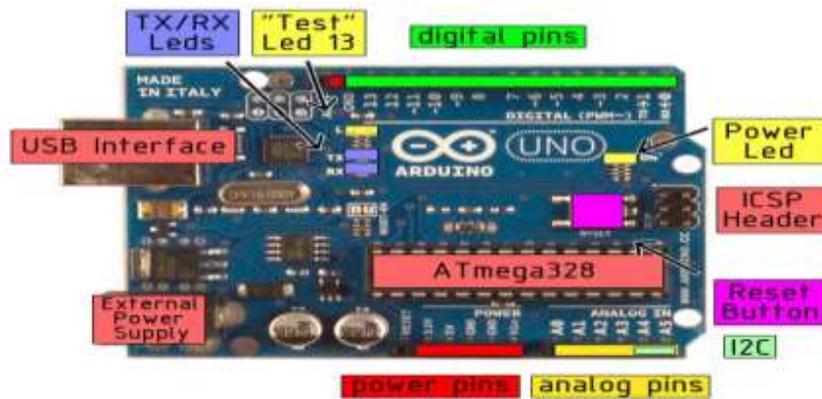
beberapa perangkat lainnya. Penggunaan mikrokontroler ini dapat dihubungkan langsung dengan komputer menggunakan kabel USB tanpa ada perangkat tambahan lainnya (Helmi, dkk, 2013).

Arduino Uno bukan hanya sebagai sebuah alat pengembangan saat ini, akan tetapi sebagai sebuah kombinasi *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang mampu berperan sebagai penulis program, merubah ke dalam bentuk biner serta meng-*upload* ke memory mikrokontroler (Feri, Djuandi, 2011).

Arduino Uno mengandung mikroprosesor dan dilengkapi dengan osilator 16 MHz (yang memungkinkan operasi berbasis waktu dilaksanakan dengan tepat), dan regulator (pembangkit tegangan) 5 volt. Sejumlah pin tersedia di papan. Pin 0 hingga 13 digunakan untuk isyarat digital, yang hanya bernilai 0 atau 1. Pin A0-A5 digunakan untuk isyarat analog. Arduino Uno dilengkapi dengan *Static Random-*

Acces Memory (SRAM) berukuran 2KB untuk memegang data, flash memory berukuran 32KB, dan Erasable Programmable Read-Only

Memory (EEPROM) untuk menyimpan program (Abdul, Kadir, 2012). Di bawah merupakan board Arduino Uno:



Gambar 3 Board Arduino Uno

Gambar 3 merupakan gambar papan Arduino Uno yang sudah dilengkapi dengan external power supply dan USB antar muka yang

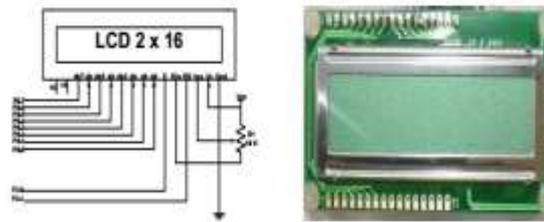
bisa langsung dihubungkan dengan komputer. Lebih lengkap mengenai deskripsi Arduino Uno ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Deskripsi Arduino Uno

Mikrokontroler	Atmega328
Operasi Voltage	5V
Input Voltage	7-12 V (Rekomendai)
Input Voltage	6-20 V (Limits)
I/O	14 Pin (6 untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32 KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 MHz

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa sebuah Arduino Uno sudah terintegrasi dengan sebuah mikrokontroler ATmega328 dengan tegangan operasi sebesar 5 volt dan penyimpanan memory sebesar 32KB. Hal ini memungkinkan Arduino Uno328 memiliki performa yang cukup baik dalam menjalankan eksekusi program yang sudah dirancang.

Untuk menampilkan data pengukuran pada sistem maka digunakan LCD, yang merupakan media penampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama (Didin, Wahyudin, 2006). LCD yang digunakan merupakan LCD 2x16 yang memiliki 2 baris dan mampu menampilkan data sebanyak 16 karakter. Bentuk fisik dari LCD 2x16 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Bentuk Fisik dan Rangkaian LCD 2x16

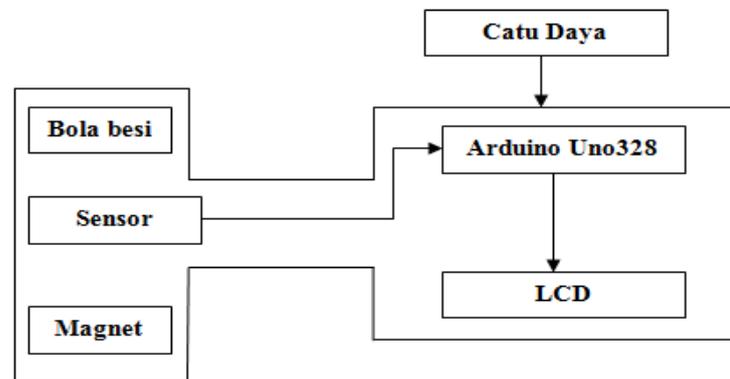
Operasi dasar LCD terdiri dari empat kondisi, yaitu instruksi mengakses proses internal, instruksi menulis data, instruksi membaca kondisi sibuk dan instruksi membaca data. Kombinasi instruksi dasar inilah yang dimanfaatkan untuk mengirim data ke LCD. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat atau tampilan lainnya yang diinginkan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Penelitian ini terdiri dari beberapa rangkaian kegiatan dimulai dari bulan Oktober 2013-Agustus 2014.

### Desain Perangkat Keras

Sistem pengukuran ini terdiri dari power supply sebagai catu daya, sensor UGN3503, rangkaian mikrokontroler Arduino Uno328 dan LCD sebagai penampil keluaran dari sistem yang dipasang pada *box*. Adapun blok diagram sistem tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 5 Blok Diagram Sistem

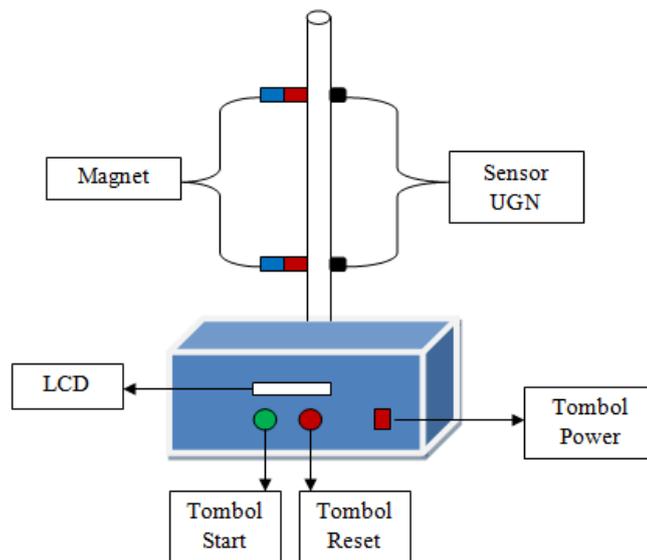
Pada Gambar 5 di atas terlihat blok diagram sistem yang dimulai dari power supply sebagai catu daya yang mengaktifkan sistem, sinyal input yang diberikan berasal dari sensor UGN3503. Bola besi yang melewati fluida, di dalam fluida diindera oleh sensor UGN3503 dan menyebabkan medan magnet dari sensor ini akan berubah karena sensor terhalang dengan magnet oleh bola besi ini. Besar kuat medan

magnet ini oleh sensor efek Hall dirubah menjadi besaran listrik berupa tegangan keluaran. Tegangan yang dihasilkan inilah yang akan diolah dan dicatat sebagai waktu tempuh oleh Arduino Uno328. Arduino Uno328 secara otomatis melakukan perhitungan hingga pada akhirnya diperoleh nilai koefisien gesekan fluida tersebut dan ditampilkan pada *display* LCD.

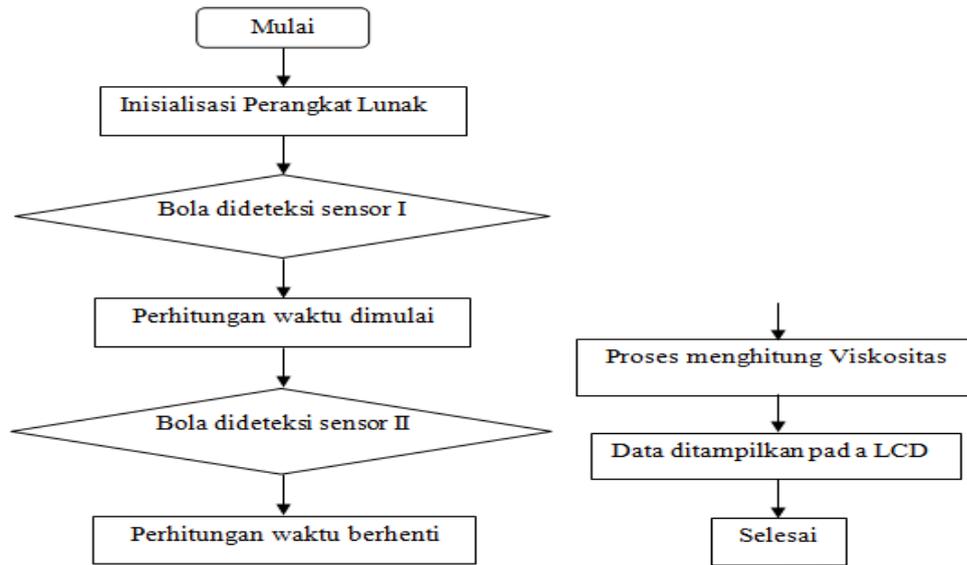
Selanjutnya, desain mekanik dari sistem diperlihatkan pada Gambar 6. Gambar 6 merupakan desain mekanik sistem pengukuran viskositas fluida secara di-gital menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328. Dimana di dalam box sudah dilengkapi dengan catu daya dan rangkaian Arduino Uno328. Wadah fluida yang digunakan adalah akrilik berbentuk tabung dengan panjang satu meter. Sedangkan box dibuat dengan ukuran panjang 24 cm, lebar 18 cm dan tinggi 14 cm. Pengolahan data secara otomatis dilakukan oleh Arduino Uno328 hingga nilai koefisien viskositas dapat ditampilkan pada display LCD.

Desain perangkat lunak pada sistem dimulai dari insialisasi perangkat lunak hingga pada akhirnya program siap di upload dan di compile. Setelah program siap untuk melakukan pengukuran, maka bola dijatuhkan melalui mulut tabung di atas permukaan sampel fluida. Pergerakan bola besi di dalam fluida akan diindera oleh sensor. Ketika bola melewati dan mengenai sensor, maka akan terjadi perubahan medan magnet yang juga mengakibatkan terjadinya perubahan tegangan keluaran pada sensor. Berdasarkan prinsip kerja sistem yang dirancang dan direncanakan maka algoritma pemrograman secara keseluruhan pada sistem pengukuran viskositas fluida secara digital menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328 dituliskan di Gambar 7.

### Desain Perangkat Lunak



Gambar 6 Desain Mekanik Sistem



Gambar 7 Desain Diagram Alir Sistem

Gambar 7 di atas merupakan desain diagram alir perangkat lunak pada sistem. Langkah awalnya adalah inisialisasi perangkat lunak dan selanjutnya data waktu tempuh bola melewati kedua buah sensor efek Hall UGN3503 dibaca oleh mikrokontroler, kemudian diolah oleh mikrokontroler dan terakhir nilai koefisien viskositas ditampilkan di LCD.

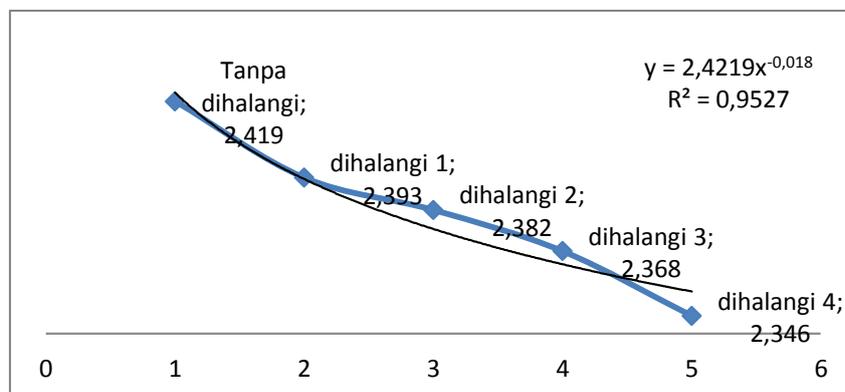
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data yang dilakukan pada sistem pengukuran ini meliputi karakteristik sensor UGN3503 yang digunakan, serta ketepatan dan ketelitian sistem. Data yang diperoleh dibandingkan dengan alat manual dan melakukan pe-

ngukuran berulang untuk masing-masing sampel fluida.

#### Karakteristik Sensor UGN3503

Sensor Efek Hall adalah sensor yang memberikan respon jika dipengaruhi oleh medan magnet. Pengaruh medan magnet tersebut akan memberikan efek pada tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor. Magnet yang digunakan adalah magnet batang, dimana kutub yang mengarah ke sensor adalah kutub Utara. Kutub Utara ini akan menghasilkan nilai tegangan keluaran yang berbanding terbalik dengan nilai medan magnet yang mempengaruhi sensor tersebut. Karakteristik sensor UGN3503 ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Karakteristik Sensor UGN3503

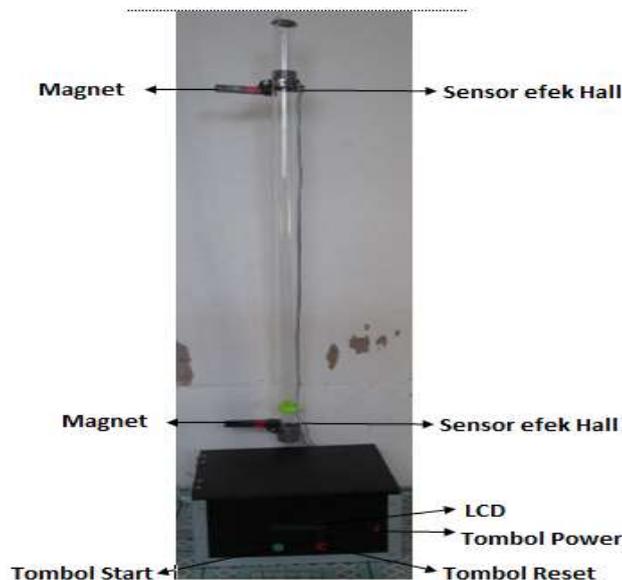
Gambar 8 di atas memperlihatkan bahwa nilai tegangan keluaran sensor dipengaruhi oleh medan magnet yang mempengaruhi sensor. Ketika antara sensor UGN3503 dan magnet tidak ada bola pejal yang menghalangi, maka nilai tegangan keluaran pada sensor akan bernilai lebih kurang setengah dari nilai tegangan masukan pada sensor, dan nilai tegangan keluaran pada sensor ini akan terus berkurang ketika antara sensor dengan magnet batang diletakkan atau dihalangi dengan bola besi. Semakin banyak bola besi yang menghalangi, maka nilai tegangan keluaran akan semakin kecil.

**Spesifikasi Performansi Sistem**

Spesifikasi performansi dari sistem ini meliputi pengidentifikasian fungsi-fungsi dari setiap bagian pembentuk sistem. Sistem pengukuran koefisien viskositas fluida secara digital ini menggunakan sensor efek Hall UGN3503

sebagai pendeteksi gerak bola besi yang melewati fluida di dalam tabung. Gerak bola ini digunakan sebagai timer on-off, dimana waktu tempuh bola melewati fluida digunakan dalam perhitungan penentuan viskositas oleh mikrokontroler.

Sistem ini dibangun dengan panjang tabung sampel satu meter, dengan diameter tabung sekitar 2 cm dan box dengan ukuran 24x18x14 cm untuk tempat rangkaian elektronika yang terbuat dari akrilik. Ukuran box sistem pengukuran viskositas secara digital menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328 ini dibuat dengan dimensi yang cukup besar agar bisa menahan dan menyangga tabung dengan panjang kurang lebih satu meter yang dipasang pada box. Hasil rancangan sistem ini secara fisik dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Foto Hasil Desain Sistem Pengukuran Viskositas Fluida secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328

Gambar 9 merupakan hasil desain sistem pengukuran viskositas fluida secara digital. Secara umum alat ini terdiri dari box tempat rangkaian elektronika pembangun sistem dan tabung yang berfungsi sebagai tempat sampel. Dimana pada tabung ini ditempelkan sensor UGN3503 dan magnet batang yang ditempatkan berse-

berangan dan berhadapan untuk mengindera bola besi yang dilewatkan ke dalam tabung yang berisi sampel yang akan diukur nilai viskositasnya tersebut.

Sistem pengukuran viskositas berbasis digital ini dilengkapi dengan sistem input dan sistem output. Sistem input terdiri dari tiga

tombol yang mempunyai masing-masing fungsi. Ketiga tombol tersebut adalah tombol power On/Off yang berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan sistem, tombol START yang berfungsi untuk memulai melakukan pengukuran dan tombol RESET yang berfungsi untuk mengembalikan mikrokontroler ke setting awal agar pengukuran selanjutnya bisa dilakukan. Sedangkan sistem output terdiri dari display LCD yang berfungsi untuk menam-

pilkan waktu tempuh bola besi dan nilai viskositas dari sampel yang diukur.

Rangkaian elektronika pembangun sistem dirancang sedemikian rupa dan ditempatkan dalam sebuah box. Dimana sistem pembangun ini terdiri dari papan Arduino Uno yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler 328, dan rangkaian catu daya. Hasil desain rangkaian elektronika sistem dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Foto Rangkaian Elektronika Pembangun Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328

Pada Gambar 10 di atas dapat dilihat secara umum rangkaian elektronika pembangun sistem dibangun oleh dua buah blok rangkaian. Blok sebelah kiri merupakan blok rangkaian catu daya, sedangkan blok yang berada di sebelah kanan merupakan rangkaian blok Arduino Uno328.

Rangkaian catu daya berfungsi sebagai pensuplai tegangan dan arus ke seluruh rangkaian yang ada. Rangkaian catu daya dibuat dengan tegangan keluaran 5 volt. Tegangan 5 volt ini digunakan untuk menghidupkan kit Arduino Uno328 agar dapat digunakan jika menggunakan sumber PLN, akan tetapi kit Arduino ini bisa digunakan dengan menggunakan kabel USB yang dapat disambungkan ke Personal Computer yang dapat berfungsi sekaligus sebagai sumber tegangan dan arus.

Rangkaian catu daya yang digunakan bersumber dari PLN yang terdiri dari transformator stepdown, diode, kapasitor, IC regulator 7805 dan resistor. Transformator

stepdown berfungsi untuk menurunkan tegangan 220 volt AC menjadi 6 volt AC, kemudian 6 volt AC akan disearahkan oleh dioda bridge, selanjutnya 6 volt DC akan diratakan oleh kapasitor. IC regulator tegangan 5 volt (7805) digunakan agar keluaran yang dihasilkan tetap 5 volt walaupun terjadi perubahan pada tegangan masukan.

Tegangan masukan 5 volt tersebut berfungsi untuk mengaktifkan kerja Arduino Uno328. Arduino Uno328 merupakan sebuah mikrokontroler yang tidak memerlukan rangkaian minimum dalam pengaktifan pengoperasiannya. Arduino ini bertugas untuk melakukan pengukuran waktu tempuh bola melewati fluida dan selanjutnya mengolah data waktu tempuh tersebut hingga didapatkan nilai viskositas dan ditampilkan pada display LCD. Untuk menjalankan fungsi tersebut, Arduino dihubungkan dengan beberapa perangkat eksternal baik itu masukan ataupun keluaran.

Perangkat eksternal tersebut dalam bentuk pin-pin I/O yang terintegrasi pada kit

Arduino Uno328. Pin-pin tersebut berjumlah 14 pin. Adapun yang digunakan sebagai perangkat eksternal tersebut adalah pin 13, 12, 5, 4, 3, dan 2 yang terhubung dengan output untuk LCD, pin A0 dan A1 untuk keluaran kedua sensor efek Hall UGN3503 yang digunakan pada sistem, pin 6 untuk tombol START dan tombol RESET pada pin 7.

Prinsip mendasar dari sistem pengukuran viskositas fluida secara digital menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328 ini adalah sensor yang dipasang berhadapan dengan magnet batang memiliki nilai medan magnet yang berbanding terbalik dengan besar tegangan keluaran yang dihasilkan pada sensor, hal ini dikarenakan magnet yang dipasang ke arah sensor merupakan kutub Utara yang merupakan kutub polaritas negatif.

Ketika bola besi belum dijatuhkan, tegangan keluaran sensor masih bernilai kecil. Itu artinya medan magnet yang terukur bernilai maksimum, sedangkan ketika bola besi dijatuhkan dan melewati sensor, maka nilai tegangan keluaran pada sensor akan berubah menjadi lebih besar dan mengalami peningkatan seiring menurunnya nilai medan magnet. Peningkatan nilai tegangan keluaran inilah yang menjadi tanda bagi mikrokontroler untuk mengaktifkan timer, sehingga timer pada mikrokontroler ON dan hingga pada akhirnya bola besi melewati sensor kedua di bagian bawah dan mikrokontroler menonaktifkan timer menjadi OFF.

Waktu yang dicatat timer pada mikrokontroler dari mulai ON sampai OFF inilah yang akan diolah oleh mikrokontroler sehingga dihasilkan nilai viskositas yang ditampilkan pada display LCD.

### **Spesifikasi Desain Sistem**

#### *Penentuan Ketepatan Sistem*

Ketepatan pengukuran sistem ditentukan dengan membandingkan data hasil pengukuran sistem dengan pengukuran alat ukur manual atau konvensional. Sebelum membandingkan

hasil pengukuran sistem dengan alat ukur manual tersebut, ada pengukuran beberapa parameter, diantaranya massa jenis fluida dan bola besi dan suhu masing-masing fluida.

Penentuan massa jenis fluida dilakukan dengan cara menimbang fluida di dalam tabung piknometer dengan volume tertentu yang sudah diketahui massanya, massa fluida di dalam tabung piknometer dikurangi dengan massa tabung piknometer kosong sehingga didapatkan massa sebenarnya dari masing-masing fluida. Setelah massa fluida di dalam tabung piknometer didapat, maka dapat dikalkulasikan dengan cara membagi massa tersebut dengan volume tabung piknometer. Hingga pada akhirnya diperoleh massa jenis fluida.

Sama halnya dengan massa jenis fluida, massa jenis benda atau bola besi didapatkan juga dengan cara menimbang massa benda dan membaginya dengan volume benda. Hanya saja volume benda disini dihitung dengan cara terlebih dahulu mengukur diameter benda dengan menggunakan mikrometer sekrup. Hal ini digunakan untuk mendapatkan jari-jari bola besi yang digunakan untuk menghitung volume benda. Setelah parameter massa dan volume bola besi didapat, maka dengan mengkalkulasikan juga didapat massa jenis bola besi.

Nilai massa jenis bola besi dan massa jenis fluida ini akan digunakan untuk menghitung nilai viskositas. Pengukuran dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk masing-masing sampel setiap variasi jarak. Untuk pengukuran dengan alat ukur standar, dilakukan hal yang sama dengan mengukur waktu tempuh bola menggunakan stopwatch sampai didapatkan nilai viskositas melalui perhitungan. Melalui perhitungan tersebut didapatkan nilai rata-rata, persentase kesalahan, ketepatan relatif dan persentase ketepatan.

Perhitungan nilai rata-rata, persentase kesalahan, ketepatan relatif dan persentase ketepatan untuk pengukuran dan perhitungan viskositas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Ketepatan Sistem Pengukuran Viskositas

No	Fluida	Viskositas Rata-Rata (Pa s)		Kesalahan (%)	Ketepatan	Ketepatan Relatif (%)
		Sistem	Standar			
1	Oli	10.237	10.53367	2.89	0.9710	97.1
2	Minyak Goreng	2.286	2.411415	5.48	0.9451	94.5

Dari Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa persentase kesalahan sistem cukup kecil yaitu mulai dari 2.89% sampai 5.48% atau ketepatan sistem dari 94.5% sampai 97.1%, dan dapat disimpulkan alat memiliki ketepatan yang cukup tinggi.

*Penentuan Ketelitian Sistem*

Penentuan tingkat ketelitian sistem dapat diketahui dengan cara melakukan pengukuran

berulang, yakni pengukuran massa tempuh bola melewati masing-masing fluida dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran. Berdasarkan hal tersebut dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, persentase kesalahan dan ketelitian. Berdasarkan data pengukuran berulang diperoleh hasil analitik yang dapat diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Statistik Ketelitian Sistem

No	Fluida	Ketelitian	$\bar{\eta}$ (Pa s)	$\Delta\eta$	$\bar{\eta} \pm \Delta\eta$	Kr (%)
1	Oli	0.9892	10.237	0.065	10.237±0.065	0.63
2	Minyak goreng	0.9520	2.286	0.087	2.286±0.087	3.8

Dari Tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa alat memiliki ketelitian yang cukup tinggi. Semakin kental fluida yang diukur ketelitian alat semakin tinggi. Sedangkan untuk sampel fluida yang cukup encer, maka ketelitian sistem akan sedikit berkurang dibandingkan dengan sampel fluida yang lebih kental.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat memberikan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun hasil penelitian yang diperoleh yaitu spesifikasi performansi sistem, ketepatan dan ketelitian pengukuran sistem.

Prinsip kerja dari sistem pengukuran viskositas fluida berbasis digital ini adalah sensor efek Hall akan mendeteksi bola besi yang dijatuhkan di atas permukaan fluida dalam sebuah tabung. Sensor efek Hall dipasang pada dinding tabung sebanyak dua buah dan dua buah magnet yang berada di sisi yang berlawanan dan

saling berhadapan dengan sensor efek Hall. Sensor dan magnet ini dipasang pada sebuah penjepit pada tabung sehingga bisa dinaikkan/turunkan untuk mengatur jarak tempuh sesuai dengan yang diinginkan. Ketika bola besi dijatuhkan, sensor pertama mendeteksi keberadaan bola besi dan mengaktifkan timer pada rangkaian Arduino. Setelah bola besi mencapai kecepatan terminal dan selanjutnya melewati sensor kedua yang berada di bagian bawah, maka sensor efek Hall kedua ini akan menghentikan timer pada rangkaian Arduino, sehingga waktu tempuh bola melewati fluida tersebut akan tampil pada *display* LCD dan rangkaian Arduino akan secara otomatis melakukan perhitungan hingga diperoleh nilai viskositas fluida yang juga ditampilkan pada *display* LCD.

Nilai viskositas ini dibandingkan dengan alat standar yang bersifat manual yang digunakan sebagai salah satu penunjang alat prak-

tikum di laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Dari hasil perbandingan tersebut, ketepatan sistem cukup tinggi dengan ketepatan relatif mulai dari 94.5% sampai 97.1%.

Adapun kesalahan yang terjadi pada sistem yang diakibatkan oleh kesalahan teknis dalam proses pengukuran adalah kurang tepatnya menjatuhkan bola di atas permukaan fluida, adanya bahan-bahan terlarut lain dalam sampel fluida yang mengganggu waktu tempuh bola, dan tidak stabilnya suhu fluida yang dapat mengganggu proses pengukuran, karena pada dasarnya secara tidak langsung suhu juga memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas fluida. Semakin tinggi suhu maka semakin kecil nilai viskositas dan sebaliknya.

Kesalahan di atas merupakan salah satu kelemahan dari sistem ini. Adapun kelemahan lainnya adalah, diameter tabung yang terlalu kecil, sehingga menyulitkan untuk memvariasikan bola dengan diameter yang lebih besar, selain itu kemampuan sensor efek Hall dalam mensensing bola besi masih terbatas, karena sensor efek Hall kurang mendeteksi atau bahkan tidak sama sekali mendeteksi bola besi yang berukuran lebih kecil. Sebagai solusinya adalah dengan menggunakan sensor yang lebih sensitif misalnya sensor *fluxgate*. Hal lain yang menjadi perhatian adalah sedikit menyulitkan melakukan pengukuran untuk sampel fluida yang cukup encer, karena bola pejal yang digunakan adalah bola besi yang memiliki massa cukup berat dibandingkan dengan kelereng sehingga kecepatan jatuhnya cukup cepat dalam melewati sampel fluida tersebut.

Selain hal di atas, kelemahan lainnya adalah tidak adanya penyaringan yang bisa digunakan untuk menampung bola besi di dasar tabung sehingga tidak bisa mengangkat bola besi yang sudah dijatuhkan ke dalam sampel fluida, sehingga dalam hal ini peneliti menggunakan tali yang dipasangkan pada sebuah pemberat untuk mengangkat bola besi tersebut, hal ini cukup menyulitkan dalam melakukan proses pengukuran. Akan tetapi hal ini bisa diatasi dengan menggunakan tabung dengan diameter yang lebih besar bagi pengembangan sistem pengukuran ini untuk peneliti selanjutnya.

Selanjutnya, secara teknis sistem pengukuran alat ini masih kurang efektif karena pada saat penggantian sampel fluida yang akan diukur, peneliti harus mengeluarkan sampel fluida melalui bagian atas tabung, padahal tabung tidak bisa dilepas dari *box*. Hal ini sedikit menyulitkan dalam teknisnya pengukuran.

Sedangkan untuk pengukuran jarak antara sensor bagian atas dan sensor bagian bawah masih menggunakan meteran yang tidak dipasang langsung pada bagian tabung, karena mengingat tabung sedikit berminyak akibat sampel fluida berupa oli dan minyak goreng. Hal ini menyebabkan peneliti sedikit kesulitan untuk mengukur jarak secara manual dan tidak dapat membaca langsung jarak antara kedua sensor pada tabung.

Sistem ini untuk pengembangan selanjutnya sebaiknya menggunakan *push button* untuk memilih program yang akan dieksekusi oleh mikrokontroler. Pemilihan program yang akan dieksekusi ini berarti memilih program sesuai dengan variasi jarak dan bola yang akan dilakukan pengukuran. Artinya, program dibuat sesuai dengan banyak variasi bola pejal dan variasi jarak. Ketika pengukuran nilai viskositas dilakukan, pengguna tinggal menekan tombol sesuai dengan variasi yang akan digunakan.

Keunggulan sistem ini adalah sistem mampu melakukan pengukuran sampel fluida dengan warna sampel fluida yang gelap dan menampilkan langsung data nilai viskositas fluida dan waktu tempuh bola pada *display LCD* setelah diolah dengan mikrokontroler Arduino Uno 328, yang merupakan mikrokontroler tanpa rangkaian minimum dan tanpa tambahan komunikasi serial yang dapat langsung dihubungkan dengan perangkat komputer atau laptop melalui koneksi USB yang mempermudah akses dalam pemrograman yang menggunakan mikrokontroler.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data serta pembahasan terhadap sistem pengukuran viskositas fluida secara digital berbasis mikrokontroler 328 ini maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil spesifikasi performansi sistem pengukuran viskositas fluida secara digital ini terdiri dari tabung viskositas dan *box* yang merupakan tempat

- diletakkannya rangkaian elektronika pembangun sistem. Rangkaian elektronika pembangun sistem ini terdiri dari kit Arduino dan rangkaian catu daya teregulasi serta modul LCD. Tabung viskositas berupa tabung dengan diameter kecil dan dilengkapi dengan dua pasang magnet batang dan sensor efek Hall UGN3503 yang dipasang saling berhadapan di dinding tabung yang berfungsi untuk mendeteksi bola besi yang melewati fluida di dalam tabung. Waktu tempuh bola besi dan nilai viskositas ditampilkan pada display LCD.
2. Hasil spesifikasi desain dari sistem adalah sebagai berikut:
    - a. Ketepatan dari sistem ini cukup tinggi yaitu untuk hasil pengukuran viskositas fluida memiliki ketepatan relatif rata-rata sistem adalah 95,8% dengan persentase kesalahan rata-rata sistem 4,2% .
    - b. Ketelitian sistem cukup tinggi dengan ketelitian rata-rata sistem 0.9706, standar deviasi rata-rata sistem 0.057 dan ketepatan relatif rata-rata sistem adalah 2.109%.

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, maka sebagai saran dalam tindak lanjut pengembangan penelitian tentang sistem ini adalah:

1. Sistem pengukuran viskositas fluida secara digital ini dapat dimanfaatkan sebagai sarana penunjang di laboratorium Fisika, khususnya laboratorium Fisika Dasar dan laboratorium sekolah.
2. Sistem pengukuran viskositas fluida secara digital ini terbatas pada bola pejal yang memiliki diameter kecil karena kurang sensitifnya sensor efek Hall dalam mendeteksi pergerakan bola pejal yang melewati fluida di dalam tabung berisi fluida. Hal ini bisa diatasi dengan penggunaan sensor yang lebih sensitif, misalnya sensor fluxgate.
3. Sistem pengukuran viskositas fluida secara digital ini hanya menampilkan nilai waktu tempuh dan viskositas pada display LCD, untuk pengembangan selanjutnya dapat digunakan sensor suhu untuk mendeteksi suhu sampel fluida dan sensor jarak yang dapat mengukur jarak antara dua buah sensor atas dan bawah pada tabung.
4. Pengembangan selanjutnya sebaiknya menggunakan variasi jarak yang sama antara sistem dengan alat standar, bola besi yang digunakan juga sama, dan diameter tabung wadah sampel fluida juga sama, agar lebih mudah dalam melakukan pengamatan dan perhitungan proses pengukuran.
5. Pengembangan selanjutnya sebaiknya menggunakan push button sehingga untuk penggantian variasi jarak dan bola pejal cukup dengan memilih dan menekan tombol yang sudah diset dan diprogram dengan mikrokontroler.

#### DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Bachtera, dkk. 2009. Pembuatan Magnetometer Bertranduser Efek Hall. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*. Vol. 5 (2).
- Djuandi F. 2011. *Pengenalan Arduino*. Dalam [www.tokobuku.com](http://www.tokobuku.com) . Diakses tanggal 14 Maret 2014.
- Helmi, dkk. 2013. *Rancang Bangun Magnetic Door Lock Menggunakan Keypad dan Solenoid Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Kadir A. 2012. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Peter S. 1986. *Azas-azas Ilmu Fisika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ro'uf A dan Saufy Z. 2011. Karakterisasi Sensor Efek Hall Ugn3503 untuk Mengukur Kemiringan. *IJEIS* Vol 1 (1)
- Sinaga R. 2013. Pengendali Kecepatan Motor Dc Menggunakan Sensor Hall Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Surtono A dan Susanto E. 2007. Aplikasi Sensor Fotodioda Pada Viskometer Bola Jatuh Berbantuan Komputer. *Jurnal Sains MIPA* Vol 13(3)
- Susanto H dkk. 2013. *Perancangan Sistem Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino*

- Uno r3 Atmega 328p dan xbee pro*. Riau: Universitas Maritim Ali Haji.
- Wahyudin D. 2006. *Belajar Mudah Mikrokontroler AT89S52 dengan Bahasa BASIC Menggunakan BASCOM-8051*. Yogyakarta: Penerbit Andi.Andi.
- Yazid E. 2005. *Kimia Fisika untuk Paramedis*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Zetri M. 2009. *Desain Sistem Timer Dikontrol Sensor LDR Untuk Menentukan Nilai Viskositas Fluida Menggunakan Metoda Bola Jatuh Berbasis Mikrokontroler AT89S52*. *Skripsi*. Universitas Negeri Padang.