

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

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Tugas Akhir Jurusan Fisika Sebagai Salah Satu
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



NURRY PUTRI TISSOS

18423 / 2010

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PEMBUATAN SISTEM PENGUKURAN VISKOSITAS FLUIDA SECARA

DIGITAL MENGGUNAKAN SENSOR EFEK HALL UGN3503

BERBASIS ARDUINO UNO328

Nama : Nurry Putri Tissos

NIM : 18423

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

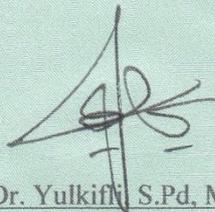
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2014

Disetujui Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Yulkifi, S.Pd, M.Si
NIP. 19730702 200312 1 002



Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si
NIP. 19751231 200012 1 001

PENGESAHAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Judul : Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital
Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino
Uno328

Nama : Nurry Putri Tissos

Nim/Bp : 18423/2010

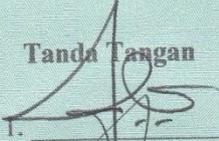
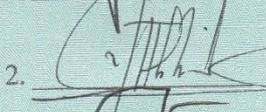
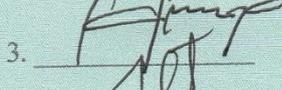
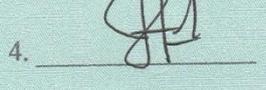
Jurusan : Fisika

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2014

Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si	2. 
3. Anggota	: Drs. H. Asrizal, M.Si	3. 
4. Anggota	: Drs. Hufri, M.Si	4. 
5. Anggota	: Yohandri, M.Si, Ph.D	5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 12 Agustus 2014

Yang menyatakan,


METERAI
TEMPEL
PALANG NEGARA RIWAYAT KEANGKATAN
DB002ACF262392817
ENAM RIBU RUPIAH
6000 DJP

Nurry Putri Tissos

ABSTRAK

Nurry Putri Tissos : Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328

Ilmu pengetahuan tak terlepas dari peran elektronika, terutama dalam perkembangan peralatan laboratorium sekolah yang merupakan ujung tombak pendidikan. Saat ini, peralatan laboratorium yang ada masih bersifat manual dalam penggunaannya. Penelitian ini membuat sebuah sistem pengukuran viskositas fluida secara digital yang mampu menampilkan nilai viskositas secara otomatis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui spesifikasi performansi dan spesifikasi desain pembuatan sistem pengukuran viskositas fluida secara digital menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium, untuk pengukuran viskositas dengan metode bola jatuh. Teknik pengukuran dan pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan terhadap nilai viskositas yang ditampilkan pada LCD. Pengukuran secara tidak langsung dilakukan untuk menentukan ketepatan dan ketelitian dari sistem pengukuran viskositas secara digital dan pengukuran viskositas secara konvensional. Data yang diperoleh melalui pengukuran dianalisis melalui dua cara yaitu secara statistik dan grafik.

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dapat diungkapkan dua hasil penting dari penelitian ini. Pertama, hasil desain sistem pengukuran terdiri dari sensor efek Hall UGN3503 sebagai pengindera bola besi yang melewati fluida, *box* sistem dimana rangkaian pembangun sistem alat ukur diletakkan. Kedua, sistem pengukuran viskositas fluida secara digital menggunakan sensor efek Hall UGN3403 berbasis Arduino Uno328 memiliki ketepatan dan ketelitian yang cukup tinggi, ketepatan relatif rata-rata pengukuran adalah 96% dengan ketelitian rata-rata 0,9706. Adapun nilai viskositas untuk sampel oli 10.237 Pa s dan sampel minyak goreng sebesar 2.286 Pa s.

KATA PENGANTAR



Segala puji dan syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa, karena dengan berkat dan rahmatNya peneliti telah dapat melaksanakan dan menulis tugas akhir ini. Sebagai judul penelitian dari tugas akhir peneliti ini adalah “Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328”.

Dalam melaksanakan dan menulis tugas akhir ini peneliti banyak mendapat bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si sebagai Pembimbing I sekaligus sebagai Penasehat Akademik, dan Bapak Zuhendri Kamus, S.Pd, M.Si sebagai Pembimbing II atas segala bantuannya yang tulus dan ikhlas memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Drs. H. Asrizal, M.Si, Bapak Drs. Hufri, M.Si, Bapak Yohandri, M.Si Ph.D sebagai dosen penguji pada Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA UNP.
4. Staf administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika FMIPA UNP.
5. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam laporan penelitian ini masih terdapat beberapa kelemahan atau kekurangan. Adanya saran dan kritikan dari

pembaca akan lebih menyempurnakan laporan ini di masa yang akan datang. Mudah-mudahan hasil laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada seluruh pembaca.

Padang, Agustus 2014

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Pembatasan Masalah	4
C. Perumusan Masalah	5
D. Pertanyaan Penelitian	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Tinjauan Tentang Sistem Pengukuran	7
B. Tinjauan Tentang Spesifikasi Produk	9
C. Tinjauan Tentang Viskositas.....	10
D. Tinjauan Tentang Sensor Efek Hall UGN3503	15
E. Tinjauan Tentang Arduino Uno328	21
F. Tinjauan Tentang LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
A. Tempat dan Waktu Penelitian	26
B. Jenis Penelitian.....	26

C. Alat dan Bahan.....	28
D. Desain Penelitian.....	29
E. Prosedur Penelitian.....	33
F. Teknik Pengumpulan Data.....	35
G. Teknik Analisa Data.....	36
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	39
A. Hasil Penelitian.....	39
B. Pembahasan.....	49
BAB V PENUTUP.....	53
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sistem Pengukuran.....	8
2. Gradien Kecepatan Alir.....	11
3. Gaya yang Bekerja Pada Saat Bola Dengan Kecepatan.....	14
4. Ilustrasi Prinsip Kerja Sensor Efek Hall	16
5. Efek Hall Pada Suatu Konduktor Setelah Diberi Medan Magnet.....	17
6. Sensor Efek Hall UGN3503.....	18
7. Blok Diagram Rangkaian Internal UGN3503.....	19
8. <i>Board</i> Arduino Uno.....	23
9. Bentuk Fisik dan Rangkaian Display LCD 2 x 16.....	24
10. Blok Diagram Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328.....	29
11. Desain Mekanik Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328.....	30
12. Desain Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem Pengukuran Viskositas Secara Digital Menggunakan Sensor UGN3503 Berbasis Arduino Uno328.....	32
13. Karakteristik Sensor UGN3503	40
14. Foto Hasil Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328.....	42
15. Foto Rangkaian Elektronika Pembangun Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328	43
16. Tampilan <i>Display</i> LCD	45
17. Skematik Rangkaian Elektronik Secara Keseluruhan.....	59

18. Foto Pengambilan Data Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328.....	74
19. Foto Alat Standar yang Digunakan Beserta Sampel	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Sensor UGN3503	20
2. Deskripsi Arduino Uno	23
3. Fungsi Pin pada LCD	25
4. Alat dan Bahan Penelitian.....	28
5. Ketepatan Sistem Pengukuran Viskositas.....	48
6. Data Statistik Ketelitian Sistem	48
7. Hasil Pengukuran Viskositas dengan Sistem	64
8. Hasil Pengukuran Viskositas dengan Alat Standar.....	64
9. Data Statistik Ketelitian Pengukuran Viskositas Sampel Oli	65
10. Data Statistik Ketelitian Pengukuran Viskositas Sampel Minyak Goreng .	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skematik Rangkaian Elektronika Pembangun Sistem Pengukuran Viskositas Fluida secara Digital.....	59
2. Data Hasil Pengukuran.....	60
3. Data Statistik Ketepatan Pengukuran Viskositas Dibandingkan Alat Ukur Standar	64
4. Data Statistik Ketelitian Pengukuran Viskositas dengan Sistem	65
5. Program Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328.....	66
6. Foto Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Aduino Uno328 dan Pengambilan Data serta Alat Standar yang Digunakan.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) pada era globalisasi sekarang ini mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hasil IPTEK tersebut telah banyak memberikan kemudahan dan keuntungan bagi manusia. Salah satu disiplin ilmu yang memberikan andil cukup besar dalam perkembangan teknologi itu adalah Fisika. Fisika telah memberikan dasar yang kuat pada kemajuan teknologi, artinya teknologi erat hubungannya dengan kemajuan fisika.

Kemajuan ilmu fisika ini mempengaruhi kemajuan pada bidang lain seperti bidang elektronika yang merupakan aplikasi dan terapan dari ilmu Fisika. Banyak peralatan elektronika saat ini memberikan manfaat dan kemudahan-kemudahan dalam melakukan aktivitas sehari-hari, bahkan dalam menunjang ilmu pengetahuan pun peranan elektronika juga banyak memberikan manfaat diantaranya banyak alat-alat elektronika yang digunakan dalam penelitian ilmiah.

Peran elektronika dalam menunjang ilmu pengetahuan salah satunya adalah dengan telah berkembangnya berbagai peralatan laboratorium sekolah. Laboratorium merupakan ujung tombak pendidikan, karena di dalam laboratorium dilakukan berbagai macam kegiatan praktek penunjang tercapainya proses belajar mengajar. Akan tetapi peralatan laboratorium ini masih bersifat manual dalam penggunaannya, baik dalam pencarian,

penyimpanan, dan pengolahan data, sehingga dalam pelaksanaannya menimbulkan kerugian waktu dan biaya.

Kerugian waktu dan biaya tersebut dapat diatasi dengan perancangan dan pembuatan sistem dari berbagai digitalisasi alat laboratorium. Salah satu alat yang dirancang dan dibuat adalah viskometer. Viskometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur viskositas atau kekentalan dari suatu fluida. Viskositas manual masih menggunakan gelas ukur sebagai wadah cairan dan menggunakan stopwatch untuk mencatat waktu tempuh bola yang melewati cairan ketika mencapai kecepatan terminal. Sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk memperoleh nilai viskositas dari fluida tersebut.

Ada beberapa cara atau metode yang digunakan dalam penentuan koefisien viskositas fluida, seperti metode bola jatuh. Metode ini menggunakan sebuah bola yang dijatuhkan pada sebuah tabung berisi fluida yang akan diukur, kemudian dicatat waktu tempuh bola dari satu titik ke titik yang lain yang sudah ditentukan (Setiadi: 2012).

Viskositas erat kaitannya dengan fluida yang memiliki tingkat kekentalan tertentu, misalnya pelumas mesin yang biasa dikenal dengan nama oli. Kekentalan pelumas mesin ini bergantung pada SAE (*Asociety of Automotif Engginers*). SAE inilah penentu kekentalan dari sebuah pelumas. Oli merupakan bahan penting bagi kendaraan bermotor. Selain itu kekentalan ini menyangkut ketebalan dari oli atau seberapa besar resistensinya untuk mengalir. Pelumasan oli mesin digunakan untuk menghindari terjadinya gesekan langsung antar logam pada mesin, sehingga tingkat keausan logam

dan tingkat kerusakan mesin dapat dikurangi. Memilih dan menggunakan oli yang baik dan benar untuk kendaraan bermotor merupakan langkah yang tepat untuk merawat mesin dan peralatan agar tidak cepat rusak dan mencegah pemborosan, baik dari segi biaya maupun tenaga mesin itu sendiri.

Untuk mendapatkan minyak pelumas yang sempurna, karakteristik dan jenis oli yang digunakan harus diperhatikan. Faktor kekentalan atau viskositas, bahan dasar oli merupakan besaran yang harus disesuaikan dengan klasifikasi mesin. Dengan demikian jenis minyak pelumas yang sesuai dapat digunakan menurut tipe, performa, maupun kebutuhan penggunaannya (Nugroho, 2012).

Minyak goreng atau minyak makan juga memiliki kekentalan tertentu. Kekentalan minyak goreng menjadi salah satu penentu kualitas minyak goreng itu sendiri. Semakin kental minyak goreng, semakin kurang bagus kualitas minyak goreng tersebut.

Pentingnya mengetahui nilai viskositas atau kekentalan fluida, maka dipandang perlu untuk menciptakan sebuah instrumen digital yang dapat melakukan perhitungan nilai viskositas secara otomatis dan menggunakan sensor yang mampu mengindera bola di dalam fluida serta mencatat waktu tempuh dari bola tersebut. Waktu tempuh bola dalam fluida ini merupakan data yang diolah pada Arduino sehingga didapatkan nilai koefisien viskositas fluida yang ditampilkan pada LCD. Penghitungan secara digital ini diharapkan mampu meminimalisir kesalahan yang dilakukan secara manual.

Penelitian ini sejalan dengan Marmi (2009), membuat sistem pengukuran penentuan nilai viskositas fluida menggunakan metoda bola jatuh dan sensor LDR sebagai pengontrol timer. Dimana penelitian ini memiliki kelemahan yang memerlukan pengembangan, yakni: penggunaan sensor LDR yang merupakan salah satu sensor cahaya, sehingga sulit dalam mengamati gerak bola untuk fluida yang berwarna gelap. Penggunaan sensor efek Hall diharapkan dapat menjawab masalah ini, karena tidak seperti sensor LDR, sensor efek Hall mampu mengindera gerak bola sekalipun dalam cairan berwarna gelap. Selain itu penelitian ini hanya menampilkan nilai waktu tempuh bola melewati sampel fluida pada *display* LCD sementara nilai viskositas masih harus ditentukan dengan cara manual, masalah ini diharapkan dapat diatasi dengan penggunaan Arduino Uno untuk pengolahan data secara otomatis hingga mampu menampilkan nilai viskositas pada *display* LCD.

Dari uraian yang telah dipaparkan, maka dipandang perlu untuk merancang dan mendesain sebuah alat viskometer secara digital dengan spesifikasi desain dan spesifikasi performansi yang lebih baik. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk mengangkat penelitian dengan judul **“Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino Uno328 ”**.

B. Pembatasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah maka peneliti merasa perlu membatasi masalah dalam penelitian ini. Sebagai pembatasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Besaran yang terukur hanya waktu tempuh bola dan besar nilai viskositas setelah diolah dengan Arduino serta ditampilkan pada LCD
2. Spesifikasi performansi meliputi identifikasi fungsi setiap bagian pembentuk sistem alat ukur
3. Spesifikasi desain yang diteliti meliputi ketepatan dan ketelitian sistem
4. Bola yang digunakan adalah bola besi dan sampel fluida yang digunakan adalah oli merk Evalube SAE 40W dan minyak goreng curah
5. Metode penentuan viskositas yang digunakan adalah metode bola jatuh.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini. Sebagai perumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana karakteristik sensor UGN3503, spesifikasi performansi dan desain dari sistem pengukuran viskositas fluida secara digital menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328?”

D. Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana karakteristik sensor UGN3503 yang digunakan?
2. Bagaimana spesifikasi performansi dari sistem pengukuran viskositas fluida secara digital dengan menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328?
3. Bagaimana spesifikasi desain dari sistem pengukuran viskositas fluida secara digital dengan menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat sebuah viskometer secara digital dengan menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328. Sedangkan tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan karakteristik sensor UGN3503 yang digunakan.
2. Menjelaskan spesifikasi performansi dari sistem pengukuran koefisien viskositas fluida secara digital dengan menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328.
3. Menjelaskan spesifikasi desain dari sistem pengukuran koefisien viskositas fluida secara digital dengan menggunakan sensor efek Hall UGN3503 berbasis Arduino Uno328.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada:

1. Kelompok kajian Elektronika dalam pengembangan instrumentasi berbasis Elektronika, khususnya dalam sistem digitalisasi Viskometer
2. Jurusan Fisika, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian Elektronika dan dalam upaya pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
3. Laboratorium Fisika dan laboratorium sekolah, untuk menunjang alat-alat praktikum berbasis digital.
4. Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang penelitian fisika.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan tentang Sistem Pengukuran

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sistem pengukuran atau instrumentasi semakin berperan penting dalam kehidupan manusia. Sistem tersebut sangat membantu pekerjaan-pekerjaan manusia, baik pekerjaan yang bersifat monoton dan kontinyu maupun pekerjaan dinamis dan sensitif lainnya.

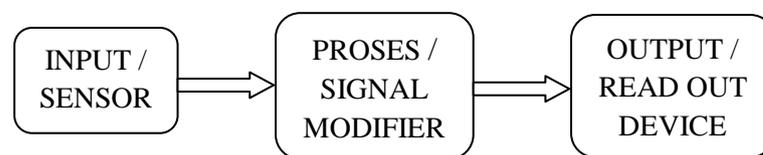
Sistem adalah kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sistem merupakan kumpulan / group / komponen apapun baik fisik yang saling berhubungan satu sama lain dan bekerja sama secara harmonis untuk mencapai satu tujuan tertentu (Istiningsih, 2009). Jadi, sistem adalah tolak ukur dari pencapaian suatu tujuan.

Pengukuran berarti membandingkan sesuatu yang telah ditentukan sebagai standar dengan sesuatu yang belum diketahui untuk mendapatkan besaran kuantitatif dari sesuatu yang diukur tersebut (Hardianto, Nur, 2012). Hal ini sesuai dengan pendapat Alonso (1980:12) “Pengukuran adalah suatu teknik untuk mengkaitkan pada suatu bilangan pada suatu sifat fisis dengan membandingkannya dengan suatu besaran standar yang telah diterima sebagai suatu satuan”. Pengukuran merupakan kegiatan membandingkan suatu sifat fisis bilangan dengan besaran standar yang telah ditetapkan dalam sistem pengukuran.

Sistem pengukuran diperlukan agar hasil pengukuran dapat benar-benar akurat, presisi dan dapat dipertanggung-jawabkan. Sistem pengukuran adalah sekumpulan proses atau aktifitas atau prosedur, dengan masukan (input) berupa alat ukur, software dan orang dengan tujuan (output) mendapatkan data pengukuran terhadap karakteristik yang sedang diukur (Koes dan Joko, 2009: 16). Sistem pengukuran merupakan suatu kegiatan dimana inputnya berupa alat ukur, *software* dan orang sehingga didapatkan data pengukuran sebagai output.

Sistem pengukuran terdiri dari beberapa bagian. Secara umum sistem pengukuran dibagi menjadi tiga bagian. Hal tersebut adalah sebagai berikut:

Input devices (sensor), *Intermediate means* (signal modifier) dan *Output devices* (read out device).



Gambar 1 . Sistem Pengukuran (Maandag, 2013)

Bagian input disebut juga sebagai elemen sensor atau transduser. Dimana tugas sensor adalah merubah suatu besaran fisis menjadi besaran fisis yang lain. Sejalan dengan Wilson (2005:16) sensor adalah “*convert a signal or stimulus (representing a physical property) into an electrical output*”. Sensor merupakan sebuah piranti atau alat yang mengkonversi sebuah sinyal atau rangsangan menjadi sebuah keluaran listrik. Sedangkan transduser akan mengubah energi nonlistrik menjadi energi listrik sehingga dalam sebuah proses dapat dilakukan baik secara otomatis maupun manual (Agus, 1999: 1).

Bagian proses tugasnya melakukan pengolahan data atau sinyal yang diberikan oleh bagian input untuk dimodifikasi, dikuatkan atau diubahnya menjadi bentuk lain sesuai dengan besaran/*signal* yang dibutuhkan *read out device*. Bagian output atau *read out device* tugasnya memperagakan informasi yang dihasilkan bagian proses dalam bentuk sesuai dengan kebutuhan sistem yang diperlukan (Maandag, 2013).

Sistem pengukuran sangat erat kaitannya dengan sebuah alat ukur. Alat ukur adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk melakukan proses pengukuran (Yefri, 2011). Alat ukur merupakan komponen sistem pengukuran yang berfungsi sebagai sarana pembandingan antara obyek ukur dan standar ukur, agar nilai obyek ukur dapat ditentukan secara kuantitatif dalam satuan standarnya. Ciri-ciri dari alat ukur yang baik adalah yang memiliki kemampuan ulang yang kuat, kepekaan yang tinggi, histeresis yang kecil dan linearitas yang memadai. Selain itu spesifikasi dari suatu alat ukur juga menjadi kriteria baik atau tidaknya sebuah alat ukur.

B. Tinjauan tentang Spesifikasi Produk

Sistem pengukuran dirancang untuk memenuhi spesifikasi tertentu. Spesifikasi merupakan pendeskripsian secara mendetail tentang produk hasil penelitian. Menurut Ilham (2009: 1) “Spesifikasi adalah ukuran (metrik) dan nilai dari ukuran tersebut (nilai metrik)”. Secara umum spesifikasi digolongkan atas dua tipe yaitu spesifikasi performansi dan spesifikasi desain.

1. Spesifikasi Performansi

Spesifikasi performansi merupakan suatu uraian rinci mengenai material-material atau komponen-komponen pembentuk sistem serta mengidentifikasi fungsi-fungsi dari setiap komponen pembentuk sistem tersebut. Menurut Ulrich (2001) “performansi dapat juga diartikan sebagai kesesuaian produk dengan fungsi utama dari produk itu sendiri”. Spesifikasi performansi biasanya berkaitan dengan ketelitian, kestabilan relatif dan kecepatan. Ketelitian dari suatu sistem pengukuran atau alat ukur merupakan bagian dari desain performansi dari alat ukur tersebut.

2. Spesifikasi Desain

Spesifikasi desain sering juga disebut sebagai spesifikasi produk. Spesifikasi produk adalah metrik dan nilai metrik yang harus dicapai oleh sebuah produk dan bukan bagaimana produk harus bekerja (Ilham: 2009). Spesifikasi desain tergantung pada sifat alami dari material yang digunakan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Cabrera (2007), “Spesifikasi desain atau spesifikasi produk merupakan penjelasan tentang ketepatan dan ketelitian dari pengukuran, toleransi, bahan pembentuk sistem, ukuran sistem, dimensi sistem, dan uji produk”. Spesifikasi desain ini lebih kepada nilai atau harga yang menjadi tujuan akhir dari sebuah produk.

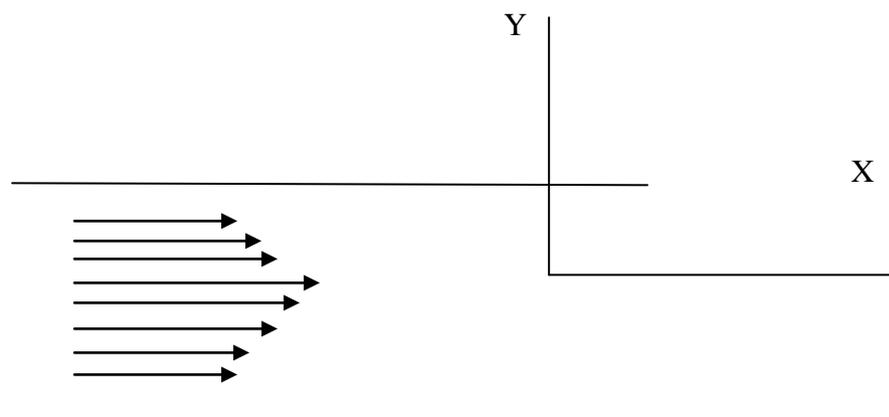
C. Tinjauan tentang Viskositas

Viskositas disebut juga dengan tingkat kekentalan suatu zat cair. Viskositas berasal dari perkataan *visceous* (Soedjojo, 1986:118). *Viscosity may be thought of as the internal friction of a fluid* (Sears, Zemansky, 1954:244).

Viskositas dapat dianggap sebagai gerakan di bagian dalam (internal) suatu fluida.

Sejalan dengan Yazid, Estien (2005:101) viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Beberapa cairan ada yang dapat mengalir cepat, sedangkan lainnya mengalir secara lambat. Cairan yang mengalir cepat mempunyai viskositas kecil, sedangkan cairan yang mengalir lambat mempunyai viskositas besar. Jadi, viskositas tidak lain menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan.

Kalau gaya gesekan antara permukaan-permukaan dua benda padat sebanding dengan gaya tekan satu permukaan terhadap yang lain, maka gaya gesekan antara permukaan benda padat dengan medium dimana benda itu bergerak sebanding dengan kecepatan gerak benda tersebut terhadap mediumnya, sedangkan gaya gesekan antara lapisan-lapisan itu, sepanjang tegak-lurus arah mengalirnya cairan seperti pada Gambar 2:



Gambar 2. Gradien Kecepatan Alir

Dengan arah aliran sepanjang sumbu X pada Gambar 2. Gradient kecepatannya ialah dv / dy di mana sumbu Y tegak lurus sumbu X. Gaya gesekan itu sebanding dengan luas permukaan yang bergesekan, A, sehingga kita dapat menulis gaya gesekan tersebut sebagai berikut:

$$F = \eta A (dv / dy) \quad (1)$$

dengan η sebagai tetapan pembanding lurus yang dinamakan tetapan viskositas atau lebih tepat koefisien viskositas yang besarnya tergantung jenis dan suhu fluida; untuk larutan, besarnya koefisien viskositas tergantung pada konsentrasi atau kepekatan larutan itu (Seodojo, 2004: 45-46).

Pada dasarnya hambatan gerakan benda di dalam fluida itu disebabkan oleh gaya gesekan antara bagian fluida yang melekat ke permukaan benda dengan bagian fluida disebelahnya di mana gaya gesekan itu sebanding dengan koefisien viskositas η fluida. Menurut Stokes, gaya gesekan itu diberikan oleh apa yang disebut rumus Stokes:

$$F = 6 \pi r \eta v \quad (2)$$

Keterangan:

F = Gaya gesekan

r = jari-jari bola

η = koefisien viskositas

v = kecepatan jatuh bola

Pada dasarnya penentuan η dengan menggunakan rumus Stokes sangatlah sederhana. Dengan menggunakan metode bola jatuh, maka sewaktu bola dijatuhkan ke dalam bejana yang berisi cairan atau fluida yang hendak

ditentukan koefisiennya viskositasnya, oleh gaya beratnya, bola akan semakin cepat jatuhnya. Tetapi sesuai dengan rumus Stokes, makin cepat gerakannya, makin besar gaya gesekannya sehingga akhirnya gaya berat itu tepat seimbang dengan gaya gesekan dan jatuhnya bolapun dengan kecepatan tetap sebesar v sehingga berlaku persamaan:

$$mg = 6 \pi r \eta v \quad (3)$$

dimana mg merupakan gaya berat bola. Dengan memperhitungkan gaya ke atas Archimedes yang juga bekerja pada bola, maka akan dihasilkan persamaan:

$$\eta = \frac{2}{9} r^2 \frac{\rho - \rho_1}{v} g \quad (4)$$

Rumus di atas hanya berlaku, asalkan besarnya kecepatan tidak sampai menimbulkan turbulensi. Bila ini terjadi, maka gaya penahan atau gaya gesekan fluida jauh lebih besar dari pada yang dihitung menurut hukum Stokes.

Bila setelah t detik bola telah mencapai kecepatan terminal v dan telah menempuh jarak sebesar d maka persamaan dapat ditulis sebagai:

$$\eta = \frac{2tr^2g}{9d} (\rho_b - \rho_f) \quad (5)$$

Keterangan:

d = jarak tempuh bola (m)

t = waktu tempuh bola (s)

r = jari-jari bola (m)

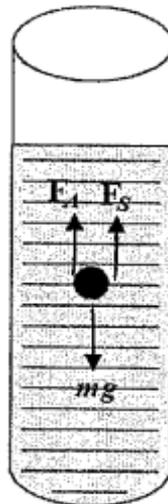
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

η = koefisien viskositas (Pa s)

ρ_b = massa jenis bola (Kg/m^3)

ρ_f = massa jenis fluida (Kg/m^3)

Berdasarkan persamaan di atas, dengan mengukur jari-jari bola, kecepatan jatuh v sewaktu kecepatan itu tetap, dan diketahuinya ρ_b , ρ_f dan g , dapatlah dihitung koefisien viskositas cairan η di dalam bejana tersebut (Soedjo, 2004:52). Gaya-gaya yang bekerja pada saat bola berada dalam kecepatan tetap dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Gaya yang Bekerja Pada Saat Bola Dengan Kecepatan Tetap (Anwar, 2008)

Keterangan:

F_s = gaya Stokes

F_A = gaya ke atas

mg = gaya berat

Satuan viskositas fluida dalam sistem cgs adalah dyne det cm^{-2} , yang biasa disebut dengan istilah poise, dimana 1 poise sama dengan 1 dyne det

cm^{-2} . Viskositas dipengaruhi oleh perubahan suhu. Apabila suhu naik maka viskositas menjadi turun atau sebaliknya (Anwar, 2008).

Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengukur viskositas, diantaranya adalah dengan metode bola jatuh. Prinsip pengukuran viskositas dengan metode bola jatuh adalah dengan cara mengukur kecepatan bola pejal jatuh di dalam cairan uji. Dengan terlebih dulu diketahui data jari-jari bola, massa jenis cairan dan percepatan gravitasi maka viskositas cairan dapat dihitung. Kecepatan bola jatuh diketahui dengan cara mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tertentu (Arif dan Eko, 2007).

D. Tinjauan tentang Sensor Efek Hall UGN3503

Sensor efek Hall adalah salah satu sensor magnetik. Sensor magnetik adalah sebuah transduser yang mengubah fluks magnetik menjadi suatu nilai besaran berupa tegangan. Sensor efek Hall merupakan sensor yang bekerja berdasarkan prinsip Efek Hall.

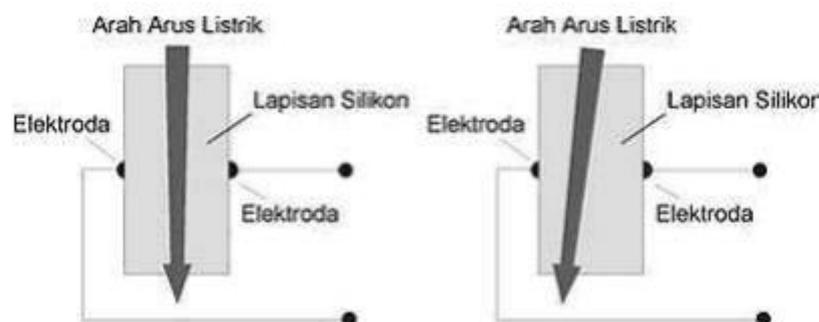
Efek Hall adalah fenomena terdefleksinya muatan pada keping logam yang diletakkan dalam medan magnet. Defleksi aliran muatan menyebabkan beda potensial di antara sisi keping yang disebut potensial Hall (Bachtera, dkk: 2009).

Menurut Ramsden (dalam Ro'uf dan Saufy: 2011), sensor efek Hall terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing sisi silikon. Hal ini akan menghasilkan perbedaan tegangan pada outputnya ketika lapisan silikon ini dialiri oleh arus listrik. Tanpa adanya pengaruh dari medan magnet maka arus yang mengalir pada silikon tersebut akan tepat di

tengah-tengah silikon dan menghasilkan tegangan yang sama antara elektroda sebelah kiri dan elektroda sebelah kanan sehingga menghasilkan beda tegangan 0 volt pada outputnya.

Ketika terdapat medan magnet yang mempengaruhi sensor ini maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati atau menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Ketika arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silikon sebelah kiri maka terjadi ketidakseimbangan tegangan output dan hal ini akan menghasilkan sebuah beda tegangan pada outputnya.

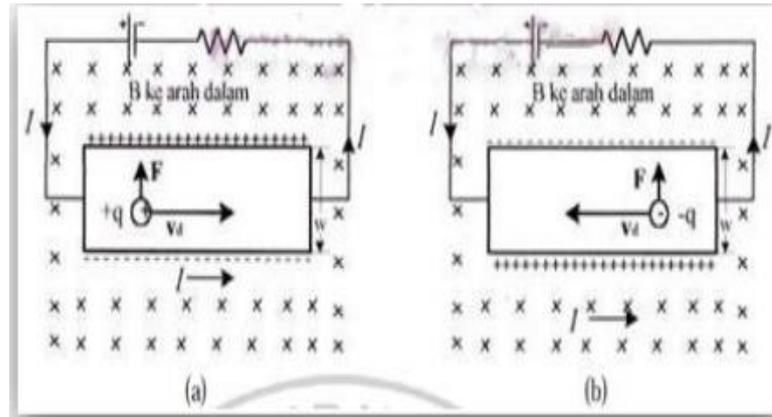
Semakin besar kekuatan medan magnet yang mempengaruhi sensor ini akan menyebabkan pembelokan arus di dalam lapisan silikon ini akan semakin besar dan semakin besar pula ketidakseimbangan antara kedua lapisan silikon pada sensor. Semakin besar ketidakseimbangan tegangan ini akan menghasilkan beda tegangan yang semakin besar pada output sensor ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar ilustrasi berikut:



Gambar 4. Ilustrasi Prinsip Kerja Sensor Efek Hall (Maya, Fatmawati: 2009)

Gaya Lorentz adalah prinsip kerja utama dari sensor efek Hall. Bila penghantar berarus di dalam medan magnet, maka pada penghantar akan

timbul gaya yang disebut dengan Gaya Lorentz. Gaya Lorentz adalah gaya yang ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak atau oleh arus listrik yang berada dalam suatu medan magnet. Efek Hall pada suatu konduktor dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 5. Efek Hall Pada Suatu Konduktor Setelah Diberi Medan Magnet (Roni, Sinaga: 2013)

Sebuah penghantar konduktor berbentuk plat dialiri arus I , terlihat bahwa muatan positif bergerak ke arah kanan menuju kutub negatif dari sumber arus, sedangkan muatan negatif bergerak lurus ke arah kiri menuju kutub positif sumber arus. Oleh Karena itu tidak ada beda potensial pada ujung-ujung plat konduktor.

Bila plat penghantar diberi medan magnet, seperti gambar yang arahnya tegak lurus ke arah dalam, maka muatan pada plat konduktor akan mengalami gaya Lorentz sebesar:

$$F = qV \times B \quad (6)$$

Keterangan:

F = Gaya Lorentz (N)

q = Muatan listrik (Coulomb)

v = Kecepatan muatan (m/s)

B = Medan magnet (Tesla)

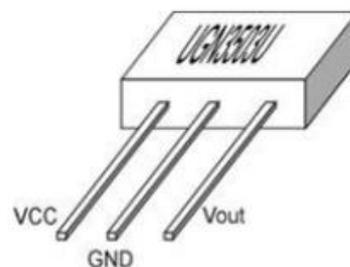
Muatan positif akan mengalami gaya Lorentz ke arah atas. Maka pada bagian plat konduktor seolah-olah akan berjajar muatan positif (kutub positif), sedangkan muatan negatif akan mengalami gaya Lorentz ke arah bawah, maka pada bawah plat konduktor seolah-olah akan berjajar muatan negatif (kutub negatif). Oleh karena itu akan timbul medan listrik dan beda potensial pada penghantar. Besarnya potensial ini merupakan tegangan Hall.

Sensor yang digunakan dalam desain ini adalah sensor efek Hall UGN3503. Sensor ini dipilih karena relatif murah, mudah digunakan dan mempunyai performa yang cukup baik. Sensor efek Hall UGN3503 mempunyai 3 pin, yakni:

Pin 1: VCC, pin tegangan suplay

Pin 2: GND, pin ground

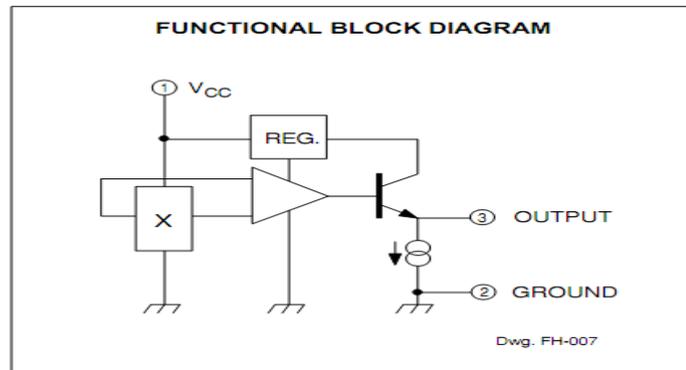
Pin 3: Vout, pin tegangan output.



Gambar 6. Sensor Efek Hall UGN3503
(Datasheet UGN3503)

Sensor efek Hall UGN3503 telah dilengkapi dengan beberapa elemen yaitu berupa elemen Hall sebagai sensor, linier *amplifier*, serta emitter

follower pada keluarannya. Blok diagram fungsional dari sensor UGN3503 dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 7. Blok Diagram Rangkaian Internal UGN3503 (Datasheet UGN3503)

Dari gambar 7 dapat dilihat X adalah elemen Hall, sedangkan REG adalah regulator. Bila supply diberikan pada terminal *input* sensor efek Hall, maka supply di bawa register untuk mengkonversi bilangan biner ke dalam bentuk tegangan. Terminal sensor efek Hall yang lain dihubungkan pada komparator yang berfungsi untuk membandingkan tegangan keluaran dengan tegangan *input*. Komparator digunakan untuk menyediakan sebuah set *point* yang mengkonversi sensor linier menjadi *switch* digital yang sesuai. Keluaran komparator dihubungkan pada transistor yang berfungsi memperkuat arus keluaran dari rangkaian.

Di dalam sensor ini sudah dibangun sebuah penguat yang memperkuat sinyal dari rangkaian sensor dan menghasilkan tegangan output di tengah-tengah tegangan supply. Sensor ini bila mendapat pengaruh dari medan magnet dengan polaritas kutub utara akan menghasilkan pengurangan tegangan output, sebaliknya jika pengaruh medan magnet dengan polaritas

kutub selatan maka akan menghasilkan peningkatan tegangan outputnya (Yulastri: 2012).

Adapun karakteristik elektrik dari sensor efek Hall dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Karakteristik Sensor UGN3503

Karakteristik	Simbol	Kondisi Tes	Batas			
			Min	Typ	Max	Satuan
Tegangan operasi	Vcc		4.5	-	6	Volt
Suplai arus	Icc		-	9.0	13	mA
Tegangan null	Vout	B=0 G	2.25	2.5	2.75	V
Sensitivitas	ΔV_{out}	B=0-900 G		0.75	1.3	1.75
Bandwith (-3dB)	BW		-	23	-	kHz
<i>Broadband output noise</i>	Vout	BW=10Hz-10KHz	-	90	-	μV
Resistensi output	Rout		-	50	220	Ω

(Sumber: Datasheet UGN3503)

Dalam penelitian ini, sensor UGN3503 digunakan sebagai pendeteksi bola besi yang dijatuhkan dalam wadah yang berisi fluida. Ketika bola besi melewati sensor pertama, maka hal ini mengakibatkan perubahan medan magnet pada sensor UGN3503. Perubahan medan magnet ini mengakibatkan perubahan tegangan keluaran. Perubahan tegangan yang dihasilkan ini memberikan tanda pada rangkaian Arduino dan dicatat sebagai waktu start. Begitu juga ketika bola besi melewati sensor yang berada di bagian bawah atau sensor kedua, dan selanjutnya dicatat sebagai waktu berhenti atau stop pada rangkaian Arduino.

Setelah waktu tempuh bola besi didapat, maka pengolahan data selanjutnya dilakukan secara otomatis oleh Arduino hingga diperoleh nilai koefisien viskositas fluida yang ditampilkan pada *display* LCD.

E. Tinjauan tentang Arduino Uno328

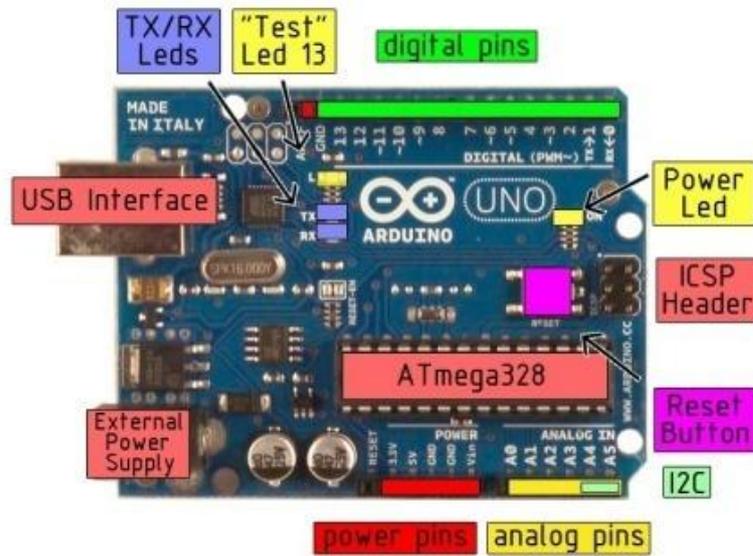
Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler ATmega328. Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor dimana didalamnya sudah terdapat CPU, *Read Only Memory* (ROM), *Random Access Memory* (RAM), *Input-Output*, *timer*, *interrupt*, *Clock*, dan peralatan *internal* lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik dalam satu *chip* yang siap dipakai (Heri, Susanto, dkk:2013).

Mikrokontroler ATmega 328 memiliki 14 pin *input* dan *output* digital dimana 6 dari *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*) dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, *ICSP header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB dan AC adaptor sebagai suplay atau baterai untuk menjalankannya (Helmi, dkk: 2013).

Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi juga kombinasi dari *hardware*, bahasa pemograman dan *Integrated Development Environment* (*IDE*) yang canggih. *IDE* adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory* mikrokontroler (Feri, Djuandi: 2011).

Papan arduino yang terintegasi dengan mikrokontroler ATmega328 dilengkapi dengan berbagai fitur. Fitur-fitur tersebut antara lain:

- *Universal Asynchronous Receiver / Transmitter (UART)* adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422, dan RS-485.
- 2KB RAM pada memori kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variabel-variabel di dalam program.
- 32KB RAM *flash memory* bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan program-program yang dimuat dari komputer. Selain program, *flash memory* juga menyimpan *bootloader*, merupakan program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan. Setelah *bootloader* selesai dijalankan, berikutnya program di dalam RAM akan dieksekusi.
- 1KB EEPROM bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan.
- *Central Processing Unit (CPU)*, bagian dari mikrokontroler untuk menjalankan setiap instruksi dari program.
- Port Input/Output, pin-pin untuk menerima data (input) digital atau analog, dan mengeluarkan data (output) digital atau analog.



Gambar 8. Board Arduino Uno (datasheet Arduinio-uno-schematic)

Lebih lanjut mengenai deskripsi Arduino Uno ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Deskripsi Arduino Uno

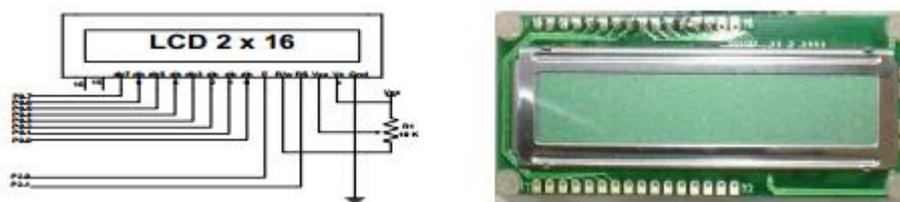
Mikrokontroler	Atmega328
Operasi Voltage	5V
Input Voltage	7-12 V (Rekomendai)
Input Voltage	6-20 V (Limits)
I/O	14 Pin (6 untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32 KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 MHz

(Sumber: Atmel, 2009)

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa sebuah Arduino Uno sudah terintegrasi dengan sebuah mikrokontroler ATmega328 dengan tegangan operasi sebesar 5 volt dan penyimpanan memory sebesar 32 KB. Hal ini memungkinkan Arduino Uno328 memiliki performa yang cukup baik dalam menjalankan eksekusi program yang sudah dirancang.

F. Tinjauan tentang LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alal–alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer. LCD memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan perangkat lain untuk menampilkan sebuah data, antara lain hemat energi, ringan dan proses perancangan yang relatif lebih mudah dan mampu menampilkan karakter sesuai dengan yang diinginkan. LCD yang tersedia saat ini terdiri atas LCD grafik dan LCD teks. LCD grafik mampu menampilkan data dalam bentuk *image*, sedangkan LCD teks akan menampilkan karakter. LCD teks yang umum digunakan adalah 2X16 (2 baris X 16 karakter), 2X20 dan 4X20. Bentuk fisik LCD diperlihatkan pada Gambar 9:



Gambar 9. Bentuk Fisik dan Rangkaian Display LCD 2 x 16 (Didin, 2006)

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.

Modul LCD terdiri dari sejumlah memory yang digunakan untuk *display*. Semua teks yang dituliskan ke modul LCD disimpan di dalam memory ini, dan modul secara berurutan membaca memory ini untuk menampilkan teks ke modul LCD itu sendiri (Yanuar, dkk:2010). Adapun fungsi dari pin LCD tercantum pada Tabel 3:

Tabel 3. Fungsi Pin pada LCD

No	Simbol	Level	Keterangan
1	V _{ss}	-	Dihubungkan ke 0 V (ground)
2	V _{cc}	-	Dihubungkan dengan tegangan supply +5V dengan toleransi $\pm 10\%$
3	V _{ee}	-	Digunakan untuk mengatur tingkat kontras LCD.
4	RS	H/L	Bernilai logika '0' untuk input instruksi dan bernilai logika '1' untuk input data.
5	R/W	H/L	Bernilai logika '0' untuk proses 'write' dan bernilai logika '1' untuk proses 'read'
6	E	H	Merupakan sinyal enable. Sinyal ini akan aktif pada falling edge dari logika '1' ke logika '0'.
7	DB0	H/L	Pin Data D0
8	DB1	H/L	Pin Data D1
9	DB2	H/L	Pin Data D2
10	DB3	H/L	Pin Data D3
11	DB4	H/L	Pin Data D4
12	DB5	H/L	Pin Data D5
13	DB6	H/L	Pin Data D6
14	DB7	H/L	Pin Data D7
15	V+BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan tegangan sebesar 4-4.2 V dengan arus 50-200 mA
16	V-BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan ground.

(Sumber: Lingga, 2006)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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%.

B. Saran

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 botton* sehingga untuk penggantian variasi jarak dan bola pejal cukup dengan memilih dan menekan tombol yang sudah diset dan diprogram dengan mikrokontroler.