

# RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELAJUAN UDARA TIPE TERMAL TERINTEGRASI TERMOMETER UDARA BERBASIS SENSOR LM35 DAN PT100

## DEVELOPMENT OF THERMAL TYPE ANEMOMETER INTEGRATED WITH AIR THERMOMETER USING LM35 SENSOR AND PT100 SENSOR

Laila Katriani\*, Subroto, Asri Setyaningrum, Widi Sulistia N

Juridik Fisika FMIPA UNY

email : laila\_katriani@uny.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun alat ukur kelajuan udara tipe termal yang terintegrasi termometer udara menggunakan sensor LM35 dan PT100. Penelitian dimulai pada bulan Mei s/d Oktober 2016. Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta. Rancang bangun alat ukur kelajuan udara ini terdiri dari dua tahapan yaitu, perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan sistem sensor (LM35 dan PT100), perancangan IC LM317, perancangan pengolah data dan display. Perancangan perangkat lunak menggunakan bahasa C. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa keluaran sensor LM35, yaitu tegangan sebanding dengan perubahan temperatur, yang memiliki sensitivitas sebesar 0,009 volt/°C dan tegangan keluaran awal dari sensor pada saat temperatur 0 °C sebesar 0,041 volt. Keluaran sensor PT100, yaitu resistansi sebanding dengan perubahan temperatur yang memiliki sensitivitas sebesar 0,391 Ω/°C dan resistansi keluaran awal dari sensor pada saat 28 °C sebesar 100,8 Ω. Persen error dari pengujian alat ukur kelajuan udara tipe termal sebesar 4%.

Kata kunci: Anemometer, Termal, LM35, PT100

### Abstract

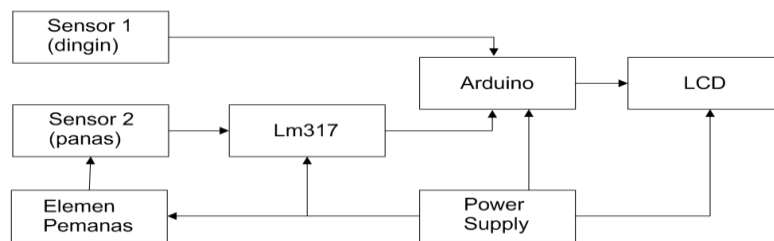
*This research aimed to design a thermal type anemometer integrated with air thermometer using Lm35 sensor and PT100 sensor. The study began in Mei until Oktober 2016. The study was conducted at the Laboratory of Electronics and Instrumentation, Department of Physics Education, State University of Yogyakarta. The design of the thermal type anemometer consists of two stages, namely, the design of the hardware and software design. Hardware design consists of a sensor system design (LM35 and PT100), LM317 design, system design for data processing and display. Software design using C language. Based on the results of tests that had been done, shows that the sensor output LM35, which is voltage is proportional to temperature changes, which had a sensitivity of 0.009 volts / °C and initial output voltage of the sensor when the temperature reach 0 °C is 0,041 volts. PT100 sensor output, which is resistance is proportional to temperature changes, which had sensitivity of 0.391 Ω/°C and initial output resistance of the sensor when temperature reach 28 °C is 100,8 Ω. Error percent of thermal-type air speed measuring instrument testing is 4%.*

Keywords: Anemometer, Thermal, LM35, PT100.

### Pendahuluan

Sistem pengukuran dan sistem kontrol merupakan salah satu kajian penting dalam bidang instrumentasi. Saat ini banyak sekali jenis sensor yang bisa diterapkan untuk melakukan pengukuran dan pengontrolan guna memberikan suatu nilai numerik yang sesuai dengan variabel yang diukur. Salah satu jenis sensor yang banyak dimanfaatkan oleh para peneliti yaitu sensor temperatur. Banyak jenis sensor temperatur, diantaranya yaitu sensor thermostat, thermistor, RTD, termokopel dan LM35.

Penelitian ini menggunakan sensor LM35 dan PT100 (termasuk keluarga besar RTD) untuk merancang alat ukur kelajuan angin (anemometer). Anemometer merupakan alat yang sangat penting dalam penelitian fisika atmosfer dan biasa digunakan oleh BMKG untuk memprediksi perkiraan cuaca, terutama untuk penerbangan dan peringatan dini bencana.



**Gambar 1.** Diagram blok rangkaian kelajuan udara tipe termal

Anemometer juga banyak dijual di pasaran, tetapi harganya relatif mahal. Oleh sebab itu, penting kiranya untuk membuat anemometer berbasis sistem pengukuran dan sistem kontrol dengan sensor LM35 dan PT100 yang dalam penerapannya nanti menggunakan kontrol adaptif sehingga dapat terintegrasi dengan pengukuran suhu lingkungan sekitar. Selain itu, LM35 dan PT100 juga tergolong ke dalam jenis sensor yang mudah untuk didapat, sehingga untuk pengembangannya tidak ada kendala dalam mendapatkan komponen. Diagram blok rangkaian anemometer tipe termal dapat dilihat pada Gambar 1.

Untuk menentukan kelajuan angin, anemometer bekerja dengan cara mendeteksi adanya perubahan pada beberapa kondisi fisik dari fluida atau efek dari fluida yang terdeteksi dari aliran. Anemometer dapat mengukur kelajuan total, kelajuan pada suatu bidang, atau komponen kelajuan pada arah tertentu. Misalkan, mangkok anemometer mengukur kelajuan yang tegak lurus dengan sumbu rotasi dari mangkok tersebut. Anemometer biasanya mengukur aliran gas turbulen [1].

Angin memiliki arah dan kelajuan. Arah angin menunjukkan dari mana angin itu berasal, misalnya angin utara adalah angin yang bertiup dari arah utara, sedangkan angin timur adalah angin yang bertiup dari arah timur. Untuk menyatakan arah angin digunakan ukuran

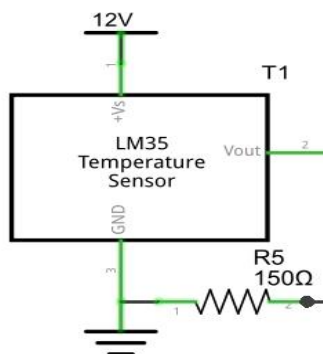
“derajat”. Angin dari Utara arahnya dinyatakan 360 derajat, dari Timur 90 derajat, dari Selatan 180 derajat, dari Barat 270 derajat. Nol derajat tidak digunakan untuk menyatakan arah, namun untuk menyatakan angin yang sangat lemah atau tidak ada angin. Susunan arah angin tersebut dinamakan “mata angin”.

Kelajuan angin dinyatakan dalam km/jam, m/sekon, atau dalam knot (1 knot = 1 mil/jam = 1,8 km/jam). Dalam pelayaran kelajuan angin yang lazim digunakan yaitu dalam satuan knot sedangkan dalam penerbangan selain knot juga digunakan ukuran km/jam atau m/sekon. Selain kelajuan, angin juga memiliki energi yang besarnya setara dengan kelajuannya, makin kencang kelajuan angin maka makin besar pula energi yang dibawanya.

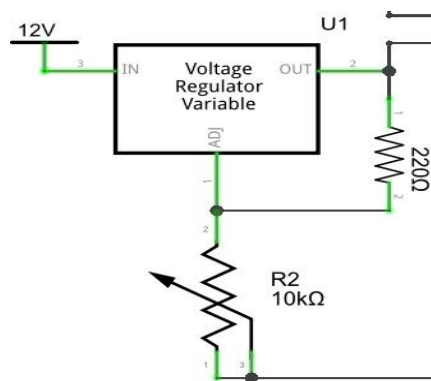
**Metode Penelitian**

Rancang Bangun Perangkat Keras

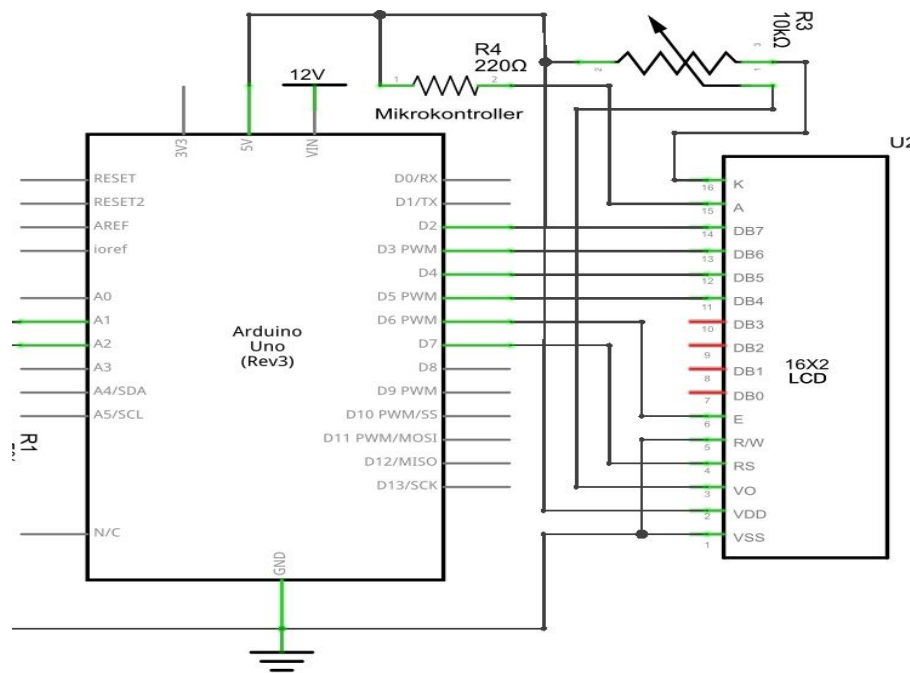
1. Rangkaian Sensor Suhu LM35  
Rangkaian ini terdiri dari satu buah sensor suhu LM35 dan satu buah resistor 150 Ω. Seperti pada Gambar 2.
2. Rangkaian Sensor Suhu PT100 dan IC LM317  
Rangkaian ini terdiri dari satu buah sensor PT100, satu buah IC LM317, dan satu buah resistor 220 Ω. Sensor PT100 berada pada R<sub>2</sub> 10kΩ yang terhubung ke *adjust*. Seperti pada Gambar 3.



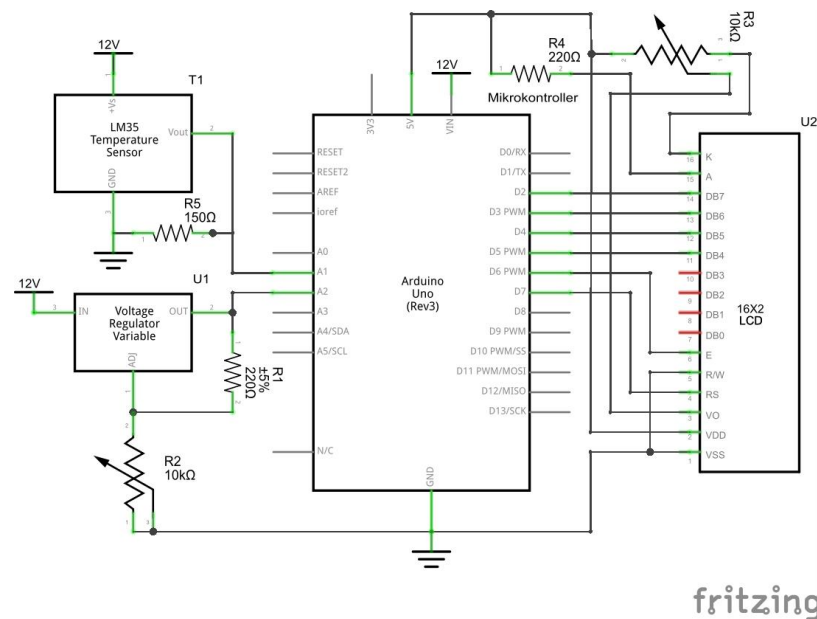
**Gambar 2.** Rangkaian Sensor Suhu LM35



**Gambar 3.** Rangkaian sensor suhu PT100 dengan IC LM317



Gambar 4. Rangkaian Arduino Uno dan Display (LCD 2x16 karakter)



Gambar 5. Rangkaian kelajuan udara tipe termal

3. Rangkaian Arduino dan Mikrokontroler Atmega 328, serta LCD 2x16 Karakter

Rangkaian ini terdiri dari, satu buah Arduino Uno, satu buah mikrokontroler ATmega328, satu buah LCD 2x16 karakter, dua buah resistor 220 Ω dan 10kΩ. seperti pada Gambar 4.

4. Rangkaian Kelajuan Udara Tipe Termal

Rangkaian ini terdiri dari rangkaian sensor LM35, rangkaian sensor PT100 dengan IC LM317,

rangkaian Arduino Uno yang sudah di pasang mikrokontroler ATmega328 dan LCD 2x16 karakter sebagai penampil, seperti pada Gambar 5.

Rancang Bangun Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program mikrokontroler ini yaitu Arduino yang menggunakan bahasa C. Untuk memudahkan

membuat perangkat lunak (*software*), terlebih dahulu dibuat algoritma sebagai berikut.

1. Membuat deklarasi variabel dan library liquidCrystal.h
2. Menentukan plot pin LCD yang digunakan
3. Mengatur inisiasi untuk memulai fungsi LCD dan indeks array pembacaan sensor
4. Pembacaan data sensor 1 dan menghitung rata-rata lima data terakhir yang dibaca
5. Menghitung nilai suhu yang dibaca sensor 1 (pin A1)
6. Pembacaan data sensor 2
7. Menghitung nilai suhu yang dibaca sensor 2 (pin A2)
8. Menghitung beda suhu antara sensor 1 dan sensor 2
9. Menghitung nilai kelajuan udara berdasarkan fungsi kelajuan dengan beda suhu
10. Mengulangi proses *looping*
11. Menampilkan nilai suhu udara dan kelajuan udara pada LCD

**Prinsip Kerja Alat**

Anemometer tipe termal bekerja berdasarkan data sensor termal. Sensor termal yang dipakai adalah sensor tipe LM35 (sensor 1) dan PT100 (sensor 2). Sensor 1 (dingin) menggunakan LM35 untuk mengukur suhu udara dan sebagai pengkoreksi/kalibrator. Sensor 2 (panas) adalah sensor yang mengukur respons suhu elemen pemanas yang terpengaruh oleh kelajuan angin. Sensor 1 diberi suplay tegangan 12 volt. Data keluaran sensor 1 berupa tegangan linier yang bisa langsung diproses dengan Arduino dalam bentuk data analog yang dikonversi ke digital. Keluaran LM35 diberikan *pull-down* resistor (R5) sebesar 150 Ω untuk menstabilkan keluaran.

Sensor 2 membutuhkan elemen pemanas yang diberi tegangan 5 volt. Data keluaran sensor 2 berupa resistansi linier yang perlu diproses lebih lanjut menjadi data tegangan linier melalui regulator LM317 agar dapat diproses dengan Arduino. Kontrol resistor (R1) diatur agar output tidak melebihi 5 volt, karena lebih dari 5 volt Arduino

bisa rusak. Sensor PT100 berada pada posisi R2. Arduino memproses dengan cara membandingkan data keluaran sensor 1 dan sensor 2 kemudian ditampilkan pada LCD dalam bentuk data suhu udara dan kelajuan udara. Potensio R3 adalah pengatur kecerahan LCD dan R4 adalah resistor pembatas tegangan LED *backlight* LCD. Rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 5.

**Hasil dan Pembahasan**

**1. Pengujian Sensor Suhu LM35**

Pengujian sensor suhu ini dilakukan dengan memasukkan sensor LM35 dan termometer ke dalam air yang ditambah batu es, kemudian dipanaskan di dalam cangkir listrik 400 watt. Agar pengukuran dapat dilakukan maka daya pada cangkir listrik itu diturunkan dengan menggunakan dimmer. Grafik hubungan antara perubahan temperatur dan tegangan keluaran pada LM35 dapat dilihat pada Gambar 6.

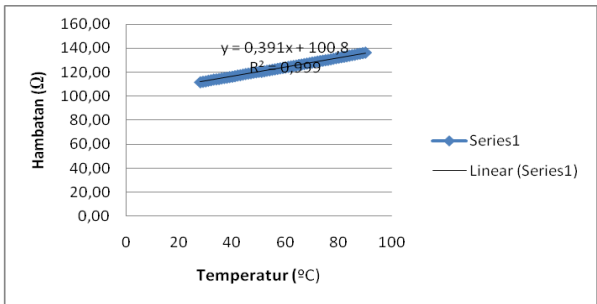
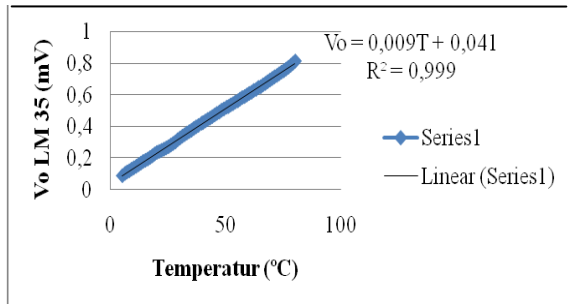
Dari hasil tersebut terlihat bahwa keluaran sensor LM35 sebanding dengan perubahan temperatur. Dengan menggunakan pendekatan garis linear didapatkan hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan temperatur dalam bentuk :

$$V_o = 0,009T + 0,041(V) \quad [1]$$

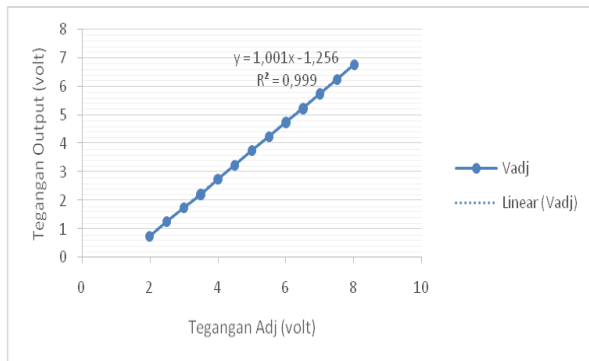
Dari persamaan dapat dijelaskan bahwa kenaikan tegangan keluaran sensor berbanding secara linear dengan kenaikan temperatur, dengan koefisien determinasi dari hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan temperatur didapatkan  $r^2 = 0,999$ .

**2. Pengujian Sensor Suhu PT100**

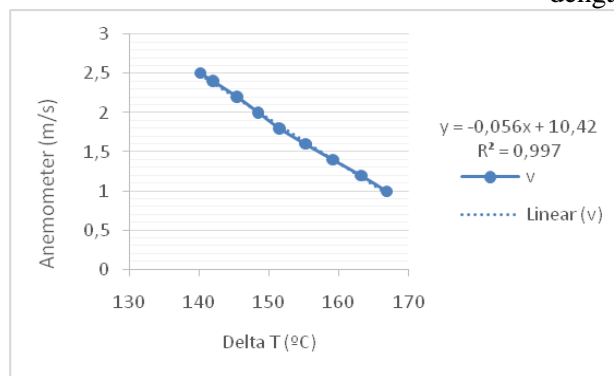
Pengujian sensor suhu ini dilakukan dengan cara menempatkan sensor PT100 dan termometer pada posisi yang sama, kemudian dipanaskan menggunakan elemen pemanas. Grafik hubungan antara perubahan temperatur dan hambatan keluaran pada PT100 dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 6.** Grafik hasil pengujian sensor LM35DZ

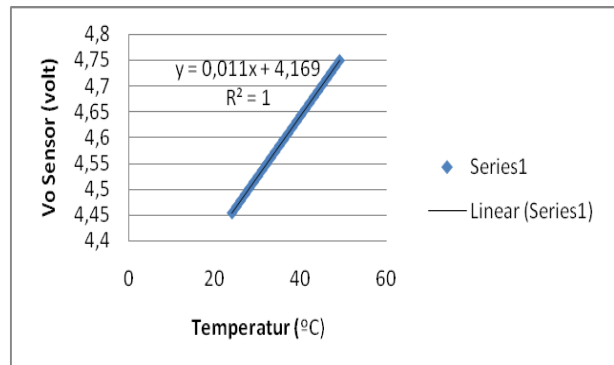


**Gambar 8.** Grafik hasil pengujian IC LM317



**Gambar 10.** Grafik hasil pengujian delta T (sensor LM35 dengan PT100)

**Gambar 7.** Grafik hasil pengujian sensor PT100



**Gambar 9.** Grafik hasil pengujian sensor PT100 dengan LM317

Dari hasil tersebut terlihat bahwa keluaran sensor PT100 sebanding dengan perubahan temperatur. Dengan menggunakan pendekatan garis linear didapatkan hubungan antara hambatan keluaran sensor dengan temperatur dalam bentuk:  $R_o = 0,391T + 100,8(\Omega)$  [2]

Dari persamaan dapat dijelaskan bahwa kenaikan hambatan keluaran sensor berbanding secara linear dengan kenaikan temperatur, dengan koefisien determinasi dari hubungan antara hambatan keluaran sensor dengan temperatur didapatkan  $r^2 = 0,999$ .

**3. Pengujian IC LM317**

Pengujian LM317 pada rangkaian ini dilakukan dengan cara memberikan variasi tegangan *adjust* dengan menggunakan sebuah potensiometer. Grafik hubungan antara tegangan *adjust* dengan tegangan keluaran dapat dilihat pada Gambar 8.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa hubungan antara tegangan *adjust* dan tegangan keluaran adalah linear. Hal tersebut terlihat dari korelasi linearnya 0,999.

**4. Pengujian Sensor Suhu PT100 dengan IC LM317**

Pengujian sensor suhu PT100 dengan LM317 ini dilakukan dengan menggunakan elemen pemanas yang diatur menggunakan dimmer. Pemanasan dilakukan mulai dari 24 °C – 49 °C, dengan resistansi sensor sebesar 105, 74 Ω - 114,77 Ω, yang menghasilkan tegangan keluaran sensor sebesar 4,45 volt – 4,74 volt. Grafik hubungan antara perubahan temperatur dan tegangan keluaran pada PT100 dengan LM317 dapat dilihat pada Gambar 9.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa keluaran sensor PT100 dengan LM317 sebanding dengan perubahan temperatur. Dengan menggunakan pendekatan garis linear didapatkan hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan temperatur dalam bentuk:  $V_o = 0,011T - 4,169(V)$  [3]

Dari persamaan dapat dijelaskan bahwa kenaikan tegangan keluaran sensor berbanding secara linear dengan kenaikan temperatur, dengan koefisien determinasi dari hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan temperatur didapatkan  $r^2 = 1$ .

**5. Pengujian delta T (sensor LM35 dengan PT100)**

Pengujian delta T (temperatur atau suhu sensor LM35 dengan PT100) ini dilakukan dengan mengirimkan keluaran dari sensor 1 dan sensor 2 ke pin mikrokontroler ATmega328 yang sudah diprogram dan terpasang di Arduino Uno untuk dilakukan proses perbandingan keluaran antara sensor 1 dan sensor 2. Pengambilan data dilakukan dengan cara mendekatkan sistem rangkaian dan anemometer digital ke kipas angin yang diatur kecepatan putarnya menggunakan dimmer. Grafik hubungan antara perubahan anemometer dan delta T dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa keluaran delta T berbanding terbalik dengan anemometer. Dengan menggunakan pendekatan garis linear didapatkan hubungan antara delta T dengan anemometer digital dalam bentuk :

$$Vo = -0,056T + 10,42(m/s) \quad [4]$$

Dari persamaan dapat dijelaskan bahwa kenaikan keluaran sensor berbanding secara linear dengan kenaikan temperatur, dengan koefisien determinasi dari hubungan antara hambatan keluaran sensor dengan temperatur didapatkan  $r^2 = 0,997$ .

**6. Pengujian Hasil Pembacaan Sensor dengan Anemometer Digital**

Pengujian hasil pembacaan sensor ini dilakukan untuk melihat seberapa akuratnya tingkat ketelitian dari alat ini untuk mendeteksi kelajuan udara dibandingkan dengan hasil pembacaan kelajuan udara dari anemometer digital. Data kelajuan angin diambil dengan menggunakan kipas angin dengan kelajuan maksimum 1,4 m/s. Variasi data dilakukan dengan menggunakan dimmer. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Perbandingan pembacaan kelajuan udara yang ditampilkan pada LCD dengan pembacaan kelajuan udara yang ditampilkan oleh anemometer digital

Anemometer digital (m/s)	Anemometer Termal (m/s)	Error
0,90	0,80	11,00%
1,00	1,05	5,00%
1,10	1,15	4,50%
1,20	1,20	0,00%
1,30	1,30	0,00%

1,40	1,37	2,00%
------	------	-------

Berdasarkan Tabel di atas terlihat bahwa ada ketidaksesuaian hasil nilai pembacaan kelajuan udara pada LCD dengan hasil pembacaan oleh anemometer digital. Selisih pembacaan tidak terlalu besar dan nilai ini masih dapat ditolerir dengan prosentase kesalahan 4%.

**7. Pengujian Perangkat Lunak**

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah program yang dituliskan dalam mikrokontroler ATmega328 dapat berkerja sesuai dengan yang diinginkan. Program ditulis dengan menggunakan Arduino 1.6.12, dengan menggunakan program bahasa C. Terlebih dahulu program yang akan diisi kedalam mikrokontroler ATmega328 ditulis secara lengkap, kemudian dikompile dan sukses. Selanjutnya program ditanamkan ke dalam mikrokontroler ATmega328 yang sudah terpasang pada Arduino Uno dengan menggunakan kabel USB. Secara keseluruhan perangkat lunak berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

**Simpulan**

Dari penelitian ini dapat dihasilkan alat ukur kelajuan udara tipe termal dengan menggunakan sensor LM35 (sensor 1) sebagai pengkoreksi dan PT100 (sensor 2) sebagai sensor yang mengukur respons suhu elemen pemanas yang terpengaruh oleh kelajuan angin. Arduino memproses dengan cara membandingkan data keluaran sensor 1 dan sensor 2 kemudian ditampilkan pada LCD dalam bentuk data suhu udara dan kelajuan udara.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh tegangan keluaran sensor 1 bertambah secara linear dengan kenaikan suhu, dengan sensitivitas 0,009V/°C dan nilai awal 0,041V. Hambatan keluaran sensor 2 bertambah secara linier dengan kenaikan suhu, dengan nilai awal 100,8 Ω dan sensitivitas 0,391 Ω/°C. Hasil pengukuran kelajuan udara dengan menggunakan alat ukur kelajuan udara tipe termal memiliki persen error sebesar 4%.

**Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dekan FMIPA UNY yang telah memberikan izin penelitian bagi penulis. Dosen-dosen di lingkungan FMIPA UNY , atas segala

masukannya sehingga penelitian ini berjalan dengan baik. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

#### **Pustaka**

- [1]. McGraw-Hill. 2005. Concise Encyclopedia of Science & Technology, Fifth Edition. Pennsylvania State University.
- [2]. Agung Nugroho Adi. 2010. *Mekatronika* Yogyakarta. Graha Ilmu
- [3]. *AllDatasheet*. 2016. Texas Instrument.
- [4]. Abdul Kadir. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Yogyakarta. Penerbit ANDI.
- [5]. Bolton, W. 2006. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Jakarta. Penerbit Erlangga
- [6]. Bentley, John P. 2005. *Principles of Measurement System*. Malaysia. Pearson Prentice Hall.