

**PENGUNAAN TUNGSTEN FILAMEN LAMPU PIJAR SEBAGAI
DETEKTOR KECEPATAN ANGIN BERDASARKAN CARA KERJA
*CONSTANT TEMPERATURE ANEMOMETER (CTA)***

Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh
Siti Munawaroh
06620005

**Kepada
PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2013**

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Pengajuan Munasqosyah
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Siti Munawaroh
NIM : 06620005
Judul Skripsi : Penggunaan Tungsten Filamen Lampu Pijar Sebagai
Detektor Kecepatan Angin Berdasarkan Cara Kerja
Constant Temperature Anemometer (CTA)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Bidang Fisika

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunafsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 19 Juni 2013
Pembimbing



Widayanti, M.Si.
NIP. 19760526 200604 2 005



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-07/R0

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/2001/2013

Skrripsi/Tugas Akhir dengan judul : Penggunaan Tungsten Filamen Lampu Pijar Sebagai Detektor Kecepatan Angin Berdasarkan Cara Kerja Constant Temperature Anemometer (CTA)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Siti Munawaroh
NIM : 06620005
Telah dimunaqasyahkan pada : 01 Juli 2013
Nilai Munaqasyah : A/B
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Widayanti, M.Si
NIP.19760526 200604 2 005

Penguji

Frida Agung Rahmadi, M.Sc
NIP.19780510 200501 1 003

Penguji II

Tatik Juwaryah, M.Sc

Yogyakarta, 08 Juli 2013
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP. 19580919 198603 1 002

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 7 Mei 2012



Siti Munawaroh
06620005

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan karya ini untuk :

Keluargaku tercinta,
Bunda yang penuh cinta kasih dalam membesarkan dan
mendidik putra-putrinya

Ayah yang selalu memberi teladan dan menjadi inspirasi
terbesar dalam menjalani kehidupan

Kakak yang selalu menjadi pendukung setiap gerak langkahku

Adik yang selalu mengertai dalam suka dan duka

Semoga ikatan ini, akan kekal untuk selamanya dalam bingkai
kasih sayang dan pengabdian.

Almamaterku, Universitas Islam Sunan Kalijaga Yogyakarta

MOTTO

“Aku adalah apa yang aku baca”

“Aku belajar diam dari banyaknya bicara”

“Aku belajar sabar dari sebuah kemarahan”

“Aku belajar mengalah dari suatu keegoisan”

“Aku belajar menangis dari kebahagiaan, dan”

“Aku belajar tegar dari kehilangan”

“Orang yang paling bahagia, tidak selalu memiliki sesuatu yang terbaik. Tetapi hanya berusaha menjadikan setiap apapun yang hadir dalam hidupnya yang terbaik”

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirobbil'alamin, sekiranya itulah kata yang bisa terucap atas segala mahadaya karunia dan ni'mat Allah Swt. yang telah dianugerahkan kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan tugas akhir ini, yang bertemakan "Penggunaan Tungsten Filamen Lampu Pijar Sebagai Detektor Kecepatan Angin Berdasarkan Cara Kerja *Constant Temperature Anemometer (CTA)*".

Sholawat dan salam kehadiran Baginda Rosulullah Saw. tidak hentinya teriring atas secercah pemikirannya membebaskan belenggu kebodohan umat manusia. Tanpa pendidikan, perubahan tidak akan mungkin terwujud adanya. Semoga syafa'atnya mampu menerangi seluruh umat manusia di yaumul kiyamah.

Perjalanan yang panjang dalam proses menempuh pendidikan tentunya tidak penulis lalui sendirian. Banyak bantuan dan bimbingan yang diberikan oleh berbagai pihak yang tidak mungkin dapat semuanya disebutkan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Prof Drs. H. Akh. Minhaji, MA, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Nita Handayani, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika.
3. Bapak Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Fisika angkatan 2006.
4. Ibu Widayanti, M.Si. selaku Dosen Pembimbing, yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis.

5. Ibunda dan Ayahanda tercinta yang selalu memberikan ruh kehidupan, motivasi dan do'a-do'anya yang senantiasa penulis nantikan.
6. Saudaraku-saudaraku yang selalu menjadi tumpuan curahan hati penulis dalam suka dan duka.
7. Bapak Kari Tri Adji (Jaringan GUSDURIAN), terimakasih atas dukungannya kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
8. Rekan-Rekanita IPNU-IPPNU Daerah Istimewa Yogyakarta, terimakasih atas kebersamaannya dalam menuju proses kedewasaan.
9. GKR Pembayun dan Keluarga besar DPD KNPI DIY, terimakasih atas kekeluargaan dan proses kehidupan yang telah diberikan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat di Aufklarung Distric PMII Rayon Fakultas Sains & Teknologi, terimakasih atas persaudaraan dan kekeluargaannya.
11. Teman-temanku di jurusan Fisika 2006, terimakasih atas kebersamaannya selama ini. Sukses untuk kalian semua.
12. Segenap penghuni Asrama Astri Aulia & Ibunda Barirotul Syamlan, terimakasih atas motivasi yang selalu diberikan kepada penulis.

Akhirnya, penulis berharap semoga penelitian ini berguna dan digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 7 Mei 2012

Penyusun

Siti Munawaroh
06620005

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
NOTA DINAS PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Studi Pustaka	9
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 Sensor	12
2.2.2 Fluida	22
2.2.2.1 Sifat Dasar Fluida	23
2.2.2.2 Jenis Aliran Fluida	26
2.2.2.3 Faktor Aliran Fluida	28
2.2.2.4 Jenis Alat Ukur Aliran Fluida	28
2.2.3 Anemometer Hot-Wire	35
2.2.4 Tungsten	40
2.2.5 Mikrokontroler ATmega 8535	43

a. Arsitektur	45
b. Fitur	46
c. Konfigurasi	47
d. ADC	48
2.2.6 LCD	49
BAB III CARA PENELITIAN	52
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	52
3.1.1 Alat Penelitian	52
3.1.1.1 Rangkaian Detektor Angin	52
3.1.1.2 Blower	55
3.1.1.3 Catu Daya	55
3.1.1.4 Venturimeter	55
3.1.2 Bahan Penelitian	57
3.2 Tata Laksana Penelitian	57
3.2.1 Pengumpulan Bahan.....	57
3.2.2 Perancangan Sistem.....	57
3.2.3 Pengujian Sensor.....	59
3.2.4 Karakterisasi Sensor	59
3.2.5 Flowchart.....	60
3.2.6 Penulisan Laporan Ilmiah.....	61
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Hasil Penelitian.....	62
4.2 Pembahasan	65
BAB V KESIMPULAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kerapatan Bahan	23
Tabel 2.2 Koefisien Kekentalan Fluida	25
Tabel 2.3 Karakteristik Tungsten	40
Tabel 3.1 Karakterisasi Sensor	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fungsi transfer	16
Gambar 2.2 Fungsi transfer dari hysteresis	17
Gambar 2.3 Perkiraan linier untuk fungsi transfer nonlinier	18
Gambar 2.4 Pengulangan kesalahan dan fungsi transfer zona dead-band	19
Gambar 2.5 Jenis Aliran Fluida	26
Gambar 2.6 Tabung Venturimeter	29
Gambar 2.7 Plat Orifice	33
Gambar 2.8 Flow Nozzle	33
Gambar 2.9 Pitot Tube	34
Gambar 2.10 Rangkaian CCA	37
Gambar 2.11 Rangkaian CTA	38
Gambar 2.12 Tungsten lampu pijar	40
Gambar 2.13 Struktur atom tungsten	41
Gambar 2.14 Diagram pita energi padatan tungsten	41
Gambar 2.15 Arsitektur Mikrokontroler ATmega 8535	45
Gambar 2.16 Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 8535	47
Gambar 2.17 Cara kerja ADC	49
Gambar 2.18 LCD ILM 16 x 2	51
Gambar 3.1 Rangkaian LCD dan Mikrokontroler.....	52
Gambar 3.2 Rangkaian detektor angin.....	53
Gambar 3.3 Rangkaian Catu Daya	55
Gambar 3.4 Venturimeter.....	56

Gambar 3.5 Sistem Kerja Alat.....	58
Gambar 3.6 Diagram Flowchart	61
Gambar 4.1 Alat Detektor Angin	62
Gambar 4.2 Fungsi Transfer	62
Gambar 4.3 Repeatabilitas	64
Gambar 4.4 Hysteresis	64

**PENGUNAAN TUNGSTEN FILAMEN LAMPU PIJAR SEBAGAI
DETEKTOR KECEPATAN ANGIN BERDASARKAN CARA KERJA
CONSTANT TEMPERATURE ANEMOMETER (CTA)**

Siti Munawaroh
06620005

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang penggunaan tungsten filamen lampu pijar sebagai detektor kecepatan angin berdasarkan cara kerja *constant temperature anemometer*. Alat yang dibuat adalah detektor kecepatan angin yang berguna untuk mengukur kecepatan angin dan menampilkannya dalam LCD. Tungsten (filamen lampu pijar) dirangkakan pada rangkaian listrik anemometer hot-wire jenis suhu konstan (*constant temperature anemometer*). Cara kerja dari alat ini adalah mengubah besaran kecepatan angin menjadi tegangan listrik. Prinsip dasarnya, filamen yang telah dipanaskan dengan arus listrik akan menurun suhunya apabila terkena angin. Suhu yang hilang ini sebanding dengan kecepatan angin yang melewati filamen. Kecepatan angin akan mendinginkan filamen karena ada perpindahan panas secara konvektif dari filamen ke udara. Detektor kecepatan angin ini dikalibrasikan dengan alat lain yang mempunyai besaran ukur yang sama, yaitu venturimeter. Alat ini memiliki jangkauan pengukuran kecepatan angin 0,018-0,174 m/s dengan sensitivitas 0,371 Volt/ms⁻¹ dan linieritas 0,99. Beberapa karakteristik yang diperoleh menunjukkan bahwa detektor angin dari tungsten filamen lampu pijar mempunyai kemampuan mengubah rangsangan fisik yang diberikan berupa besaran kecepatan angin menjadi sinyal tegangan listrik, sehingga memenuhi definisi sebagai sensor. Filamen ini juga mampu mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain sehingga disebut sebagai transduser.

KATA KUNCI: tungsten, filamen lampu pijar, angin, *constant temperature anemometer*, venturimeter, sensor, transduser .

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mahasuci Allah yang telah menciptakan manusia dengan segala kesempurnaannya. Tanpa disadari tubuh kita terdiri dari banyak perangkat, baik lunak maupun keras. Perangkat keras terdiri dari organ tubuh, sedangkan perangkat lunak adalah sistem yang digunakan untuk memproses rangsangan yang diterima dari luar. Perangkat lunak ini juga mempunyai kemampuan untuk menciptakan inovasi-inovasi baru dalam kehidupan, sehingga mampu menghasilkan produk yang akan memudahkan manusia dalam menyelesaikan tugas sehari-hari. Organ tubuh kita mempunyai kemampuan untuk menerima rangsangan fisik dari lingkungan yang akan diterjemahkan oleh otak, dan memberikan indikasi sebagai hasil pengukuran terhadap rangsangan yang diterima. Namun nilai ini tidak pasti untuk setiap orang, karena masing-masing mempunyai ketahanan tubuh yang berbeda.

Rangsangan fisik yang diterima tubuh manusia dapat ditentukan nilainya dengan menggunakan alat ukur, misalnya untuk menentukan suhu digunakan termometer. Setiap pengukuran idealnya mempunyai nilai tertentu pada kondisi yang sama. Berdasarkan dari fungsi tubuh sebagai indera perasa, maka dikembangkanlah detektor buatan yang bertujuan untuk mengetahui nilai pasti dari rangsangan yang diterima pada kondisi yang sama. Detektor ini disebut juga sebagai sensor atau transduser, yakni alat yang mampu

mengubah rangsangan fisik yang diterima menjadi suatu besaran yang mempunyai nilai.

Salah satu rangsangan yang dapat dirasakan manusia namun tidak dapat dilihat adalah angin. Angin ialah udara yang bergerak dari suatu wilayah yang bertekanan tinggi menuju wilayah yang bertekanan rendah. Angin muncul sebagai hasil dari pemanasan di permukaan bumi, sehingga terjadi perbedaan tekanan udara. Adanya pemanasan di permukaan bumi, mengakibatkan terjadi pemuaian massa udara dan kerapatan udara relatif lebih rendah. Pada satu waktu angin bermanfaat bagi manusia, namun pada saat yang lain angin mungkin akan menjadi suatu bencana. Kehadiran suatu angin tidak dapat dikontrol karena mempunyai siklus yang alami di seluruh permukaan bumi, sehingga potensi angin di suatu daerah penting untuk diketahui. Pemanfaatan energi angin yang tepat akan memberikan banyak keuntungan. Daerah dengan potensi angin yang besar tidak cocok untuk pemukiman. Bila diketahui kekuatannya akan bisa dioptimalkan, misalnya sebagai pembangkit listrik yang akan menyuplai energi ataupun pemanfaatan yang lainnya. Pada mekanika fluida, banyak aplikasi teknik yang membutuhkan pengukuran kecepatan angin, salah satunya adalah dalam bidang industri. Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat untuk mengukur kecepatan angin.

Alat pengukur kecepatan angin sudah banyak dibuat dan dimanfaatkan oleh manusia, mulai dari yang konvensional sampai yang digital. Diantaranya adalah baling-baling angin, anemometer dengan berbagai jenis dan lain-lain. Salah satu jenis anemometer yang sering digunakan adalah anemometer hot-

wire. Prinsip kerja dari alat ini adalah mengkalibrasi panas yang hilang ke udara dari kawat yang dipanaskan apabila terkena angin. Panas yang hilang ini akan sebanding dengan kecepatan angin yang melewatinya. Anemometer hot-wire mempunyai dua jenis cara kerja, yaitu *Constant Current Anemometer (CCA)* yang mempertahankan nilai arus tetap konstan dan *Constant Temperature Anemometer (CTA)* yang mempertahankan suhu konstan. Cara kerja anemometer yang mempertahankan tegangan konstan (*Constant Voltage Anemometer*), saat ini sedang dirancang oleh para ilmuwan (Stainback : 2007). Dalam penelitian ini akan difokuskan pada pembuatan alat ukur anemometer hot-wire jenis CTA.

Kawat yang akan digunakan sebagai detektor dalam penelitian ini adalah logam dari jenis tungsten. Tungsten ini diperoleh dari filamen lampu pijar. Pada sebuah lampu pijar, tungsten sebenarnya berperan sebagai resisten, karena semakin besar tegangan yang diberikan suhunya akan meningkat sehingga resistansinya naik. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja CTA yang mempertahankan suhu atau resistansi tetap konstan apabila terkena angin, karena kalor akan berpindah ke udara yang besarnya sebanding dengan kekuatan angin yang melewatinya. Filamen lampu pijar yang berbahan dasar tungsten dipilih karena selain memiliki titik lebur yang sangat tinggi sehingga cocok apabila dialiri panas, juga bertujuan untuk mengembangkan inovasi dalam ilmu pengetahuan dan teknologi, serta pembuatan alat yang murah dan terjangkau.

Alat ini bekerja dengan cara mengalirkan arus ke filamen, sehingga filamen menjadi panas. Selanjutnya filamen ini di arahkan pada aliran angin. Angin yang menerpa filamen akan menurunkan suhunya karena sebagian panas terbawa oleh aliran angin. Perpindahan panas ini terjadi secara konveksi ke lingkungan. Besar panas yang hilang akan sebanding dengan energi angin yang melewati filamen. Selama proses tersebut, suhu filamen dijaga agar tetap konstan. Oleh karena itu dibutuhkan panas yang sebanding dengan energi angin yang melewatinya.

Penelitian yang akan dikerjakan adalah membuat detektor kecepatan angin dan karakteristiknya. Harapan dari penelitian ini mampu membuat alat detektor angin yang inovatif untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Semua dasar ilmu pengetahuan sudah dituliskan oleh Allah dalam Kalam-Nya, yaitu Al-Qur'an. Maha Suci Allah yang telah menjadikan manusia sebagai makhluk yang sempurna dengan dilengkapi akal untuk berfikir. Jika manusia ingin mengkajinya, niscaya tidak akan pernah habis ilmu itu. Beberapa ayat Al-Qur'an yang menyebutkan tentang adanya angin dan bahan logam, yaitu (Purwanto: 2008):

- Surat Saba' ayat 12: *"Dan Kami (tundukkan) angin bagi Sulaiman, yang perjalanannya diwaktu pagi sama dengan perjalanan sebulan dan perjalanannya diwaktu sore sama dengan perjalanan sebulan (pula) dan Kami alirkan cairan tembaga baginya dan sebagian dari jin ada yang bekerja dihadapannya dengan ijin Tuhannya. Siapa yang menyimpang*

diantara mereka dari perintah Kami, Kami rasakan kepadanya azab neraka yang apinya menyala-nyala”.

- Surat Al-Kahfi ayat 96: *”Berilah aku potongan-potongan besi. Hingga ketika besi itu telah sama rata dengan kedua gunung itu, berkatalah Dzulkarnain, “Tiuplah (api itu).”Ketika besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, dia pun berkata, “Berilah Aku tembaga (yang mendidih) agar kutuangkan ke atas besi panas itu.”*
- Surat Al-Anbiya’ ayat 80: *“Dan telah Kami ajarkan kepada Daud membuat baju besi untuk kamu, guna memelihara kamu dalam peperanganmu; maka hendaklah kamu bersyukur”.*

Anemometer hot-wire telah digunakan sejak akhir tahun 1800-an. Menurut King (1915) eksperimen terdahulu menggunakan kabel platinum yang dipanaskan oleh arus listrik untuk mengukur kecepatan angin dilakukan oleh Shakespear di Birmingham. Mereka tidak melanjutkan kerana kekurangan fasilitas untuk membuat tabel pusaran angin yang cocok sebagai kalibrasi kabel. Salah satu pembelajaran terdahulu mengenai perpindahan panas dari kabel yang dipanaskan yang dibuat oleh Boussinesq (1905) dan dilanjutkan oleh King (1914). Dia mencoba melakukan eksperimen untuk membuktikan hasil teorinya. Penelitian terdahulu untuk anemometer hot-wire dianggap hanya sebagai karakteristik perpindahan panas rata-rata dari kabel yang dipanaskan. Itu penting baik untuk desain anemometer hot-wire, maupun teori perpindahan panas secara konveksi dari silinder yang diletakkan pada aliran fluida.

Pengukuran kuantitatif dari fluktuasi aliran *subsonic incompressible* yang pertama telah dibuat tahun 1929 oleh Dryden dan Kuethe menggunakan anemometer arus konstan, dimana respon frekuensi kabel dikembangkan dengan menggunakan *amplifier*. Ziegler (1934) mengembangkan anemometer suhu konstan untuk mengukur fluktuasi dengan menggunakan *feedback amplifier* untuk mempertahankan suhu kabel konstan hingga memberikan frekuensi.

Pada tahun 1950-an, Kovaznay (1950, 1953) mengembangkan *anemometer hot-wire* untuk aliran kompresibel dimana telah ditemukan secara eksperimental bahwa didalam aliran *supersonic* kabel yang dipanaskan hanya sensitif untuk aliran massa dan jumlah suhu, dan mengembangkan teknik grafik untuk memperoleh fluktuasi yang lebih dengan menggunakan aliran *supersonic*. Pada aliran *insubsonic compresible*, perpindahan panas dari kabel adalah fungsi dari kecepatan, kerapatan, suhu total dan suhu kabel. *Anemometer hot-wire* berbahan dasar tungsten yang digunakan dalam penelitian biasanya tidak lebih memiliki panjang 1,25 mm dan diameter 5 μm . Hal ini dikarenakan ukuran fisik yang semakin kecil akan memiliki sensitivitas yang semakin baik (Al-Salaymeh : 2007).

Harapan dari penelitian ini adalah mampu memberikan kontribusi riil terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dibidang fisika instrumentasi.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Bagaimana membuat alat detektor kecepatan angin digital?
2. Bagaimana karakteristik logam tungsten dari filamen lampu pijar yang digunakan sebagai detektor kecepatan angin dalam rangkaian anemometer hot-wire jenis CTA (*Constant Temperature Anemometer*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a) Membuat alat detektor kecepatan angin digital sebagai inovasi sistem anemometer suhu konstan.
- b) Mengetahui karakteristik tungsten filamen lampu pijar sebagai detektor angin.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar pembahasan dalam penelitian ini tidak keluar dari permasalahan yang ada, maka penulis membatasinya dengan membahas hal-hal sebagai berikut:

- a) Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah tungsten filamen lampu pijar.
- b) Sistem berbasis digital yang dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega 8535.
- c) Nilai pengukuran kecepatan angin ditampilkan melalui LCD LM 16.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian antara lain:

- a. Menambah variasi alat ukur kecepatan angin digital.
- b. Memperkaya ilmu pengetahuan dan teknologi.
- c. Melengkapi penelitian yang sudah ada tentang *Hot-Wire Constant Temperature Anemometer*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1) Telah dibuat alat detektor kecepatan angin menggunakan filamen lampu pijar dalam rangkaian Hot-Wire Anemometer Suhu Konstan (*Constant Temperature Anemometer*) berbasis digital.
- 2) Alat yang telah dibuat memiliki:

Karakteristik	Keterangan
Fungsi Transfer	$Y = -0,371X + 1,0464$
Zero offset	$1,04 \text{ Volt}$
Linieritas	$r = 0,996$
Sensitivitas	$b = -0,371 \text{ Volt/ms}^{-1}$ $a = 1,0464$
Repeatabilitas	$\delta = 95\%$

5.2 Saran

Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dengan menggunakan bahan tungsten sebagai detektornya, disarankan diameter dan bahan yang digunakan lebih kecil dari penelitian ini. Hal tersebut dikarenakan rasio diameter-panjang mempengaruhi besar penguapan secara konveksi panas kabel sensor ke udara.

Alat ukur yang digunakan sebagai acuan kalibrasi sebaiknya memiliki jangkauan pengukuran yang lebih luas dan pembangkit angin yang lebih besar, sehingga data pengukuran yang dihasilkan lebih banyak. Semakin banyak data yang diperoleh akan menghasilkan analisis data yang lebih beragam dan alat ukur yang dibuat bisa lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Salaymeh, A. and M.S. Ashhab. *Modeling of The Response of a Hot-Wire Anemometer with Neural Nets under Various Air Densities*. Sensors & Transducers Journal, Vol.184, Issue 10, October 2007, pp.1590-1606. ISSN 1726-5479. <http://www.sensorportal.com>.
- Bejan, Adrian, dkk. 2003. *Heat Transfer Handbook*. USA : John Wiley & Son's.
- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur jilid Satu*. Edisi kelima. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Chandra, Franky dan Deni Arifianto. 2010. *Jago Elektronika Rangkaian Sistem Otomatis*. Jakarta : Kawan Pustaka.
- Chien-Chih Yeh, dkk. 2009. *Heat Transfer Analysis of a Loop Heat Pipe With Biporous Wick*. International Journal of Heat and Mass Transfer. Homepage: www.elsevier.com/locate/ijhmt.
- Data Sheet ATMega 8535.Pdf- Adobe Reader.
- Data sheet Philiphs. *Philiphs Incandescent Lamp : Based on Philiphs Lighting Catalogue 2008-2009*.
- Dryden, H.L. and A.M Kuethe. 1929. *The Measurements of Fluctuations of Air Speed By The Hot-Wire Anemometer*. Journal Report No.320. pp.357-382. Bureau of Standards Washington.
- Fraden, Jacob. 2004. *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*. Third Edition. USA: Springer.
- Giancolli. 2001. *Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hand Out Mata Kuliah Sensor & Transduser Prodi Fisika Fakultas Sains & Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. 2009.
- Khamshah, Noraznafulsima, Ahmed N.Abdalla S.P.Koh, and Hassan Farhan Rashag. *Issues and Temperature Compensation Techniques for Hot-Wire Thermal Flow Sensor : A Review*. International Journal of The Physical Sciences Vol.6(14), pp.3270-3278, 18 July 2011. ISSN 1992-1950. <http://www.academicjournals.org/IJPS>.
- Lienhard IV, John H. 2012. *Heat Transfer Textbook*. USA : Phlogiston Press.

- MH, Zaki. 2008. *Cara Mudah Belajar Merangkai Elektronika Dasar*. Yogyakarta : Absolute Jogja.
- MH, Zaki. 2007. *Cara Mudah Merangkai Elektronika Dasar Lanjutan*. Yogyakarta: Absolute Jogja.
- Mismail, Budiono.1997. *Dasar-Dasar Rangkaian Logika Digital*. Bandung: ITB.
- Morris, Alan S. 2001. *Measurement & Instrumentation Principles*. British : Butterworth-Heinemann.
- M.Rahman. 2011. *Mechanics of Real Fluids*. Britain : WIT Press.
- NurRahman, Rizal. 2010. *Skripsi :RancangBangun Hot-Wire Anemometer Single Normal Probe untukMengukurBilanganStrouhalpadaKarakteristikAliran di belakangSilinderSirkular yang DigangguSilinderTeririsTipe-I*. TeknikMesin, InstitutTeknologiSepuluhNopember.
- N.Kazi, Salim. 2012. *An Overview of Heat Transfer Phenomena*. Croatia : In Tech.
- Patel, Mukund R. 2006. *Wind & Solar Power Systems Design, Analysis, and Operations*. Second Edition. New York : CRC Press.
- PriambudiSetyoPratomo, Hariyodan Klaus Bremhorst. *Kalibrasi Single-Normal Hot-Wire Probe Sigmond Cohn Alloy 851 UntukAliran Jet Terpulsasi*. JurnalTeknikMesin Vol.8, No.1, April 2006: 14-21.
- Purwanto, Agus. 2008. *Ayat-Ayat Semesta*. Bandung : PT. Mizan Pustaka.
- Rafi'i, Suryatna. 1995. *Meteorologi dan Klimatologi*. Bandung : Penerbit.
- Scherz, Paul. 2000. *Practical Electronics for Investors*. New York: McGraw-Hill.
- Schiller, Christoph. 2012. *Textbook of Pdf; Motion Mountain The Adventure of Physics Vol.1 Fall, Flow and Heat*. www.motionmountain.net.
- Siebert, Holger, Katrin Lehmann, and Raymond A. Shaw. *On The Use of Hot-Wire Anemometers for Turbulence Measurements in Clouds*. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology Vol.24. DOI:10.1175/JTECH2018.1 ©2007 American Meteorological Society.

- Soedirman, S.1994. *Fisika Zat Padat Pendahuluan*. Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Stainback, P.C and K.A. Nagabushana.2007. *Review of Hot-Wire Anemometry Techniques and The Range of Their Applicability for Various Flows*. Electronic Journal of Fluids Engineering, Transactions of The ASME.
- Sudaryanto & Ning Utari. *Mengenal Sifat-Sifat Materi : Konduktor, Isolator, Semikonduktor*. (BAB 8 b5).pdf.
- Sugiyono.2012. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Suyanto. 2009. *Fisika Bahan Listrik*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Tryggvason, Gretar, dkk. 2011. *Direct Numerical Simulation of Fluid-Gas Multiphase Flow*. New York : Cambridge University Press.
- Wara, Arief. 2010. *Fisika : Lampu Pijar*. Pdf- Adobe Reader. Ariefwara.wordpress.com
- Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Widayanti. 2001. *Skripsi: Studi Pembuatan Alat Ukur Digital Debit Aliran Fluida Dalam Pipa*. FMIPA Universitas Gadjah Mada.
- Wilardjo, Liek. 1997. *Kamus Istilah Fisika*. Jakarta : PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Wilson, Jon. 2005. *Sensor Technology Handbook*. New York: Elsevier.
- Zuhal. 2004. *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Jakarta: Gramedia.

Lampiran

Data percobaan

Pengukuran I		Pengukuran II		Pengukuran III		Pengukuran IV	
$\Delta h \text{ (cm)}$	$\varepsilon \text{ (Volt)}$	$\Delta h \text{ (cm)}$	$\varepsilon \text{ (Volt)}$	$\Delta h \text{ (cm)}$	$\varepsilon \text{ (Volt)}$	$\Delta h \text{ (cm)}$	$\varepsilon \text{ (Volt)}$
0,1	1,04	0,1	1,04	0,2	1,04	0,1	1,04
0,3	1,03	0,3	1,03	0,5	1,03	0,4	1,03
1,4	1,02	1,4	1,02	1,4	1,02	2,0	1,02
3,6	1,01	3,4	1,01	2,7	1,01	3,5	1,01
4,7	1,00	5,4	1,00	4,6	1,00	4,5	1,00
6,8	0,99	6,8	0,99	6,6	0,99	6,5	0,99
9,0	0,98	9,2	0,98	9,0	0,98	8,9	0,98

$\bar{\Delta h} \text{ (cm)}$	$v_{\text{venturi}} \text{ (m/s)}$	$\varepsilon \text{ (Volt)}$
0,1	0,018	1,04
0,4	0,037	1,03
1,6	0,074	1,02
3,3	0,106	1,01
4,8	0,127	1,00
6,7	0,151	0,99
9,0	0,174	0,98

Perhitungan

1. Analisis data

- Menentukan angka Reynold yang melalui venturimeter

$$RD = \frac{VD \rho}{\mu} = \frac{(0,098) \times (1,28 \times 10^{-2}) \times (1,29)}{(0,018 \times 10^{-3})} = 90$$

- Menentukan angka Reynold yang melalui blower

$$RD = \frac{VD \rho}{\mu} = \frac{(0,098) \times (3,22 \times 10^{-2}) \times (1,29)}{(0,018 \times 10^{-3})} = 226$$

- Menentukan kecepatan angin dari venturimeter

Diameter dalam tabung venturimeter (bagian inlet) = 12,8 mm = $1,28 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$A_1^2 = \frac{1}{4} \pi d^2 = \left\{ \frac{1}{4} \pi (1,28 \times 10^{-2})^2 \right\}^2 = 1,66 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

Diameter dalam tabung venturimeter (pipa U) = 4,6 mm = $0,46 \times 10^{-2} \text{ m}$

Lampiran

$$A_2^2 = \frac{1}{4} \pi d^2 = \left\{ \frac{1}{4} \pi (0,46 \times 10^{-2})^2 \right\} = 2,76 \times 10^{-10} m^2$$

$$v_{venturi} = \sqrt{\frac{2g A_2^2 (h_1 - h_2)}{(A_1^2 - A_2^2)}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (2,76 \times 10^{-10} \times 1 \times 10^{-3})}{(1,66 \times 10^{-8} - 2,76 \times 10^{-10})}} = 0,018 m/s$$

$$v_{venturi} = \sqrt{\frac{2g A_2^2 (h_1 - h_2)}{(A_1^2 - A_2^2)}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (2,76 \times 10^{-10} \times 4 \times 10^{-3})}{(1,66 \times 10^{-8} - 2,76 \times 10^{-10})}} = 0,037 m/s$$

$$v_{venturi} = \sqrt{\frac{2g A_2^2 (h_1 - h_2)}{(A_1^2 - A_2^2)}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (2,76 \times 10^{-10} \times 16 \times 10^{-3})}{(1,66 \times 10^{-8} - 2,76 \times 10^{-10})}} = 0,074 m/s$$

$$v_{venturi} = \sqrt{\frac{2g A_2^2 (h_1 - h_2)}{(A_1^2 - A_2^2)}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (2,76 \times 10^{-10} \times 33 \times 10^{-3})}{(1,66 \times 10^{-8} - 2,76 \times 10^{-10})}} = 0,106 m/s$$

$$v_{venturi} = \sqrt{\frac{2g A_2^2 (h_1 - h_2)}{(A_1^2 - A_2^2)}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (2,76 \times 10^{-10} \times 48 \times 10^{-3})}{(1,66 \times 10^{-8} - 2,76 \times 10^{-10})}} = 0,127 m/s$$

$$v_{venturi} = \sqrt{\frac{2g A_2^2 (h_1 - h_2)}{(A_1^2 - A_2^2)}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (2,76 \times 10^{-10} \times 67 \times 10^{-3})}{(1,66 \times 10^{-8} - 2,76 \times 10^{-10})}} = 0,151 m/s$$

$$v_{venturi} = \sqrt{\frac{2g A_2^2 (h_1 - h_2)}{(A_1^2 - A_2^2)}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (2,76 \times 10^{-10} \times 90 \times 10^{-3})}{(1,66 \times 10^{-8} - 2,76 \times 10^{-10})}} = 0,174 m/s$$

Karakterisasi sensor

a) Menentukan sensitivitas

Tabel data pengujian sensitivitas dan linieritas

No	$v_{venturimeter} (X)$	$\varepsilon (Y)$	X^2	Y^2	$X.Y$
1	0,018	1,04	0,000324	1,0816	0,01872
2	0,037	1,03	0,001369	1,0609	0,03811
3	0,074	1,02	0,005476	1,0404	0,07548
4	0,106	1,01	0,011236	1,0201	0,10706
5	0,127	1,00	0,016129	1,0000	0,127
6	0,151	0,99	0,022801	0,9801	0,14949
7	0,174	0,98	0,030276	0,9604	0,17052
Σ	0,687	7,07	0,087611	7,1435	0,68638
$(\Sigma)^2$	0,471969	49,9849			

Lampiran

$$\text{Slope} \quad b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{7 \times 0,68638 - 0,687 \times 7,07}{7 \times 0,087611 - 0,471969} = -0,371 \frac{\text{Volt}}{\text{ms}^{-1}}$$

$$\text{Intersep} \quad a = \frac{\sum Y_i \sum X_i^2 - \sum X_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$a = \frac{7,07 \times 0,087611 - 0,687 \times 0,68638}{7 \times 0,087611 - 0,471969} = 1,0464$$

b) Linieritas

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(7 \times 0,68638) - (0,687 \times 7,07)}{\sqrt{[7 \times 0,087611 - 0,471969][7 \times 7,1435 - 49,9849]}} = 0,996$$

$$r^2 = 0,99$$

c) Hysteresis

Tabel data untuk grafik hysteresis

ε (Volt)	v (m/s)	
	Pengukuran I	Pengukuran II
1,04	0,018	0,026
1,03	0,032	0,041
1,02	0,069	0,069
1,01	0,110	0,096
1,00	0,126	0,125
0,99	0,152	0,149
0,98	0,174	0,174

Lampiran

d) Pengulangan (Repeability)

Tabel data untuk grafik repeability

ε (Volt)	ε (m/s)	
	Pengukuran I	Pengukuran II
1,04	0,018	0,018
1,03	0,032	0,032
1,02	0,069	0,069
1,01	0,110	0,107
1,00	0,126	0,135
0,99	0,152	0,152
0,98	0,174	0,176

$$\delta_r = \frac{\Delta}{FS} \times 100\% = \frac{0,135-0,126}{0,176} \times 100\% = 5\%$$

e) Resolusi

$$v = \sqrt{\frac{2g A_2^2 h}{(A_1^2 - A_2^2)}} \text{ saat } h = 1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m maka}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (2,76 \times 10^{-10}) \times (1 \times 10^{-3})}{(1,66 \times 10^{-8} - 2,76 \times 10^{-10})}} = 0,018 \text{ m/s}$$

$$\text{Resolusi} = \frac{0,018}{0,174} \times 100\% = 10,34\% \text{ dari FS Input}$$