

# Desain Sensor Kecepatan Angin Dengan Kontrol Adaptif Untuk Anemometer Tipe Thermal

Muhamad Yusuf<sup>#1)</sup>, Alrijadjis<sup>#2)</sup>, Legowo<sup>#3)</sup>

<sup>#</sup>Department of Electrical Engineering, Faculty of Electronics Engineering Polytechnic Institut of Surabaya ITS Surabaya Indonesia 60111

1) apie\_tech@yahoo.com, 2) alrijadjis@eepis-its.edu, 3) legowo@eepis-its.edu

**Abstrak** —Anemometer merupakan alat ukur kecepatan angin yang sering digunakan oleh BMKG, untuk mengukur kecepatan angin. Salah satu jenis anemometer adalah thermal anemometer yang pernah dibuat oleh arif harianto (2005) menggunakan diode yang diseri dengan heater, konfigurasi ini tidak memperhatikan pengaruh suhu angin dalam proses pengukuran (type CTA). Kelemahan alat ini suhu angin sangat mempengaruhi proses pengukuran kecepatan angin juga mempunyai batas ukur yang rendah. Permasalahan tersebut diatasi dengan menggunakan dua buah sensor suhu LM 35. Sensor yang pertama untuk mengukur kecepatan angin dan yang kedua sebagai kompensator temperatur sekitar, sehingga alat tersebut dapat beradaptasi terhadap perubahan temperature lingkungan. Batas maksimal pengukuran system ini adalah 6,9m/s karena keterbatasannya sumber angin yang tersedia. Sedangkan untuk meningkatkan respon time system pada saat pengukuran digunakan Proposional Integral (PI) controller. Tanpa controller (open Loop) pendekatan hasil pengukuran baru dapat diketahui setelah 50 detik, dengan menggunakan PI controller setelah 15 detik pendekatan hasil pengukuran sudah bisa diketahui. Pemrosesan data dilakukan oleh mikrokontroller ATmega 16. Hasil pengukuran pada alat ini ditampilkan dalam LCD karakter.

**Kata kunci:** Thermal Anemometer, sensor suhu LM35, ATmega 16, PI controller

## I. Pendahuluan

Anemometer adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin, merupakan salah satu instrumen yang sering digunakan oleh balai cuaca seperti Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Kata anemometer berasal dari Yunani *anemos*, yang berarti angin. Anemometer ini pertama kali diperkenalkan oleh *Leon Battista Alberti* dari Italia pada tahun 1450. Secara umum ada dua jenis anemometer, yaitu anemometer yang mengukur kecepatan angin (*velocity anemometer*) dan anemometer yang mengukur tekanan angin (anemometer tekanan). Dari kedua type anemometer ini *velocity anemometer* lebih banyak digunakan. Salah satu jenis dari *velocity anemometer* adalah thermal anemometer lebih dikenal dengan *hot wire anemometer* yaitu anemometer yang mengkonversi perubahan suhu menjadi kecepatan angin. *Hot wire anemometer* menggunakan kawat yang sangat kecil dialiri panas hingga suhu di atas temperatur Ambient. Bila ada udara / angin yang mengalir melewati kawat maka akan terjadi efek pendinginan pada kawat, perubahan temperatur dari kawat sebagai indikasi perubahan dari kecepatan angin yang diukur.

Anemometer type thermal ini pernah dibuat menggunakan diode seri dipanaskan oleh heater, sehingga terjadi perubahan karakteristik tegangan dan arus. Aliran angin mengakibatkan proses pendinginan, sehingga tegangan diode kembali naik maka diperoleh hubungan kecepatan angin dan tegangan diode. Anemometer yang pernah dibuat ini memiliki beberapa kekurangan yaitu setelah beberapa kali pemakaian, diode harus diganti karena mudah rusak, diode yang dipakai adalah diode rectifier, bukan diode untuk pengukur suhu. Batas ukur maksimal adalah 6 m/s. Anemometer yang dibuat juga tidak memperhatikan pengaruh suhu angin termasuk tipe Constant Temperature Anemometry/CTA (Yoshihito Shimada, 2003 dan Arif Harianto, 2005)

Dari berbagai kekurangan diatas maka pada Proyek Akhir ini akan dibuat thermal anemometer menggunakan dua buah sensor suhu LM35. Konfigurasi baru yang akan dibuat menggunakan dua sensor suhu LM35 dan heater untuk mendapatkan sensor *velocity* yang handal dan memenuhi/meningkatkan batas ukur sensor, linearity dan respon time system. Dengan menerapkan skema adaptive controller untuk mengatasi perubahan karakteristik sistem akibat pengaruh suhu angin. Diharapkan anemometer dengan konfigurasi baru ini dapat mengatasi permasalahan dari anemometer yang pernah dibuat sebelumnya.

## II. Dasar Teori

### A. *Anemometer*

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur arah dan kecepatan angin. Satuan meteorologi dari kecepatan angin adalah Knots (Skala Beaufort) umumnya satuan yang digunakan adalah meter per detik (m/s). Sedangkan satuan meteorologi dari arah angin adalah  $0^0 - 360^0$ . Posisi  $0^0$  menunjukkan

arah utara.

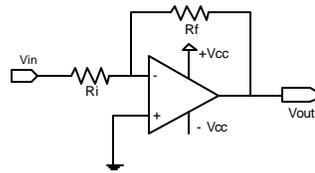
Salah satu jenis anemometer adalah thermal anemometer. Pada anemometer type ini terdapat sebuah sensor suhu, cara kerja dari sensor ini berdasarkan pada jumlah panas yang hilang secara konvektif dari sensor ke lingkungan sekeliling sensor. Besarnya panas yang dipindahkan dari sensor secara langsung berhubungan dengan kecepatan fluida yang melewati sensor. Jika hanya kecepatan fluida yang berubah, maka panas yang hilang bisa diinterpretasikan sebagai kecepatan fluida (angin) tersebut

### B. Penguat Inverting

Sebuah penguat menerima arus atau tegangan kecil pada input dan menjadikan arus atau tegangan lebih besar pada outputnya. Penguat *Op-Amp* memiliki penguatan yang relatif linier outputnya dikendalikan sebagai fungsi input.

$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_i}\right) * V_{in}$$

.....(1)



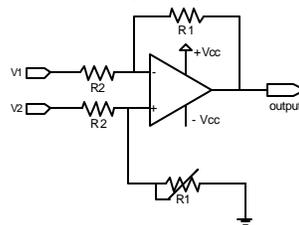
**Gambar 1.** Rangkaian penguat inverting

### C. Rangkaian Mechanisme Adjustment

Rangkaian ini digunakan untuk menyamakan keluaran dari sensor dua agar sama dengan sensor satu pada saat tidak ada angin yang berhembus. Rangkaian ini terdiri dari dua buah Op-Amp yang dipakai sebagai penguat inverting. Salah satu penguatan pada Op-Amp bisa diatur nilai penguatannya menggunakan variabel resistor untuk *mechanism adjustment*.

### D. Rangkaian Pengkondisian Sinyal

Rangkaian pengkondisian sinyal ini terdiri dari Op-Amp sebagai komponen utamanya.



**Gambar 2** Rangkaian Pengkondisian sinyal

Op-Amp pada rangkaian ini difungsikan sebagai penguat diferensial yaitu kedua input dari Op-Amp digunakan, keluaran dari rangkaian ini merupakan selisih dari kedua input pada Op-Amp yaitu input Inverting (-) dan input non Inverting (+).

### E. Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler AVR (*Alfand Vegard's Risc Processor*) standar memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR ini berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*).

Didalam mikrokontroler ATmega 16 sudah terdiri dari :

- 1 Saluran I/O ada 32 buah, yaitu PORT A, PORT B, PORT C, dan PORT D.
- 2 ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 channel.
- 3 Tiga buah timer / counter, dua buah 8 bit dan satu 16 bit.
- 4 Watchdog Timer dengan osilator internal.
- 5 Dan lain-lain.

### F. Proposional Integral Controller

Aksi pengontrolan proporsional-integral (PI) adalah aksi pengontrolan hasil kombinasi dari aksi pengontrolan proporsional (P) dan aksi pengontrolan integral (I). Bentuk matematis dari pengontrolan ini merupakan kombinasi penambahan persamaan pengontrolan dari aksi pengontrolan P dan aksi pengontrolan I.

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}$$

$$u(t) = K_p * e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t * e(t) dt \quad \dots\dots (3)$$

K<sub>p</sub> adalah penguatan proporsional, dan T<sub>i</sub> adalah waktu integral. Kedua parameter ini dapat diset harganya. Waktu integral mengatur aksi pengontrolan integral namun perubahan penguatan proporsional mempengaruhi kedua bagian aksi pengontrolan, yakni bagian proporsional dan bagian integral.

**G. LCD Karakter**

Liquid Crystal Display adalah salah satu jenis *display*/layar yang banyak digunakan dalam aplikasi yang berbasis mikrokontroler. Ada dua macam jenis LCD, yakni :

1. Text LCD, yakni LCD yang hanya mampu menampilkan text baik angka ataupun karakter. Pada beberapa karakter khusus, Text LCD tidak mampu menampilkan.
2. Grafik LCD, yakni LCD yang mampu menampilkan grafik, icon, dan gambar bitmap, disamping juga mampu menampilkan text layaknya Text LCD.

**III. METODOLOGI**

Metode atau sistem desain yang digunakan dalam melakukan proyek akhir ini meliputi :

**A. Studi Literatur**

Mencari referensi untuk mendapatkan informasi mengenai sistem ini, terutama tentang anemometer, controller, mikrokontroler, dan sensor suhu.

**B. Perancangan Hardware**

Melakukan analisa design dan eksperimen untuk mendapatkan rangkaian sensor dengan konfigurasi baru yang sesuai seperti desain signal conditioning circuit, konfigurasi sensor suhu, desain interface circuit ke mikrokontroler.

**C. Perancangan Software**

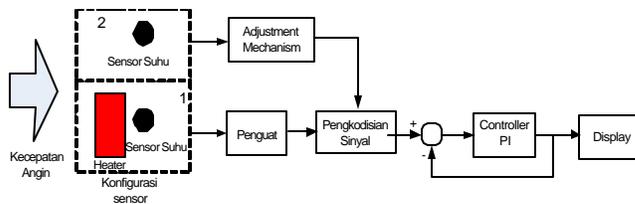
Membuat program PI controller untuk mempercepat respon time dari hasil pengukuran kemudian ditampilkan pada display LCD karakter.

**D. Uji Coba Sistem dan Analisa**

Pada tahap ini dilakukan uji coba system yang telah dibuat serta melakukan perbaikan apabila terjadi kesalahan pada hardware maupun software. Kemudian melakukan Analisa terhadap hasil yang telah diperoleh.

**IV. Perancangan dan pembuatan**

Sebelum membuat system ini, dilakukan perancangan system terlebih dahulu. sistem secara keseluruhan berdasarkan pada gambar 3.



**Gambar 3** Diagram Block Sytem

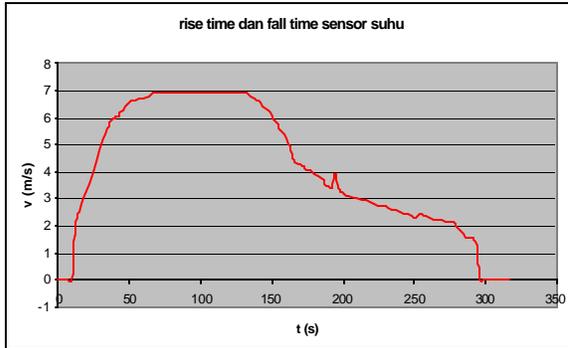
Input dari system ini berupa kecepatan angin Kecepatan angin kemudian dikonversi menjadi

perubahan suhu pada sensor suhu LM35. Propotional Integral Controller digunakan untuk mempercepat respon time pada saat proses pengukuran.

## V. Hasil Penelitian

### A. Sensor Suhu sebagai Velocity sensor

Sensor suhu harus mempunyai linieritas yang baik agar dapat digunakan secara maksimal. Berikut adalah grafik dari respon time sensor suhu pada kecepatan angin mencapai maksimum. Kemudian angin kembali tidak berhembus secara perlahan lahan.



**Gambar 4** Respon time sensor suhu LM35

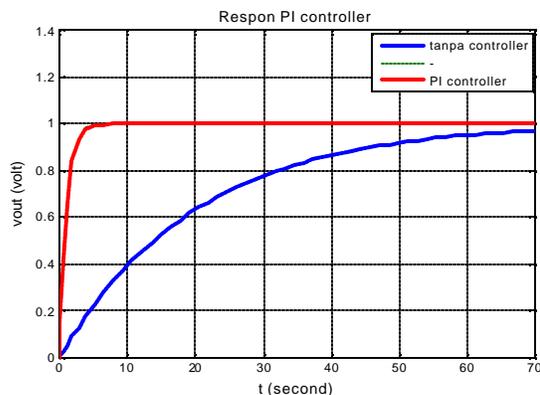
### B. Pengujian PI controller

Untuk mengetahui apakah respon time dari alat ini lebih cepat, maka digunakan PI controller. Karena respon time dari sensor suhu LM 35 relatif lambat. Proses PI controller ini dilakukan oleh mikrokontroler ATMega 16. Hasil pengujian system pengukuran dengan PI controller dapat dibandingkan tanpa menggunakan Controller (open loop).

**Gambar 5** Respon PI Controller dan Open loop

Pengujian tersebut diambil pada saat kecepatan angin maksimal, terlihat bahwa dengan PI controller output hasil pengukuran dapat terlihat lebih cepat.

Pengujian PI controller juga bisa dilakukan menggunakan matlab untuk mendapatkan nilai Kp dan Ki yang sesuai bisa menggunakan metode *direct syntesis* atau metode *trial and error*. Langkah yang pertama dilakukan adalah menentukan model dari plant. Kemudian menentukan nilai Kp dan Ki yang sesuai untuk mendapatkan hasil yang yang diinginkan. Hasilnya terlihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 6** Respon PI controller dengan Matlab

$$Gp = \frac{1}{20s+1}$$

Model plant pada system diatas dapat didekati dengan bentuk orde satu yaitu persamaan ini merupakan tranfer fungsi dari system ini. Dengan metode direct sintesis diperoleh nilai  $Kp = 20/19$  dan parameter  $Ki = 1/20$ .

### C. Mechanism Adjustment

Pengujian rangkaian ini dilakukan dengan memberikan perbedaan temperature pada sensor kedua. Rangkaian mechanism adjustmen dapat bekerja dengan baik dalam mengeliminasi pengaruh perubahan temperature lingkungan

**Gambar 7** Pengaruh temperature lingkungan tanpa adaptasi (tidak menggunakan *mechanism adjustment*)

**Gambar 8** Pengaruh temperature lingkungan dengan adaptasi (menggunakan *mechanism adjustment*)

### D. Pengujian pengukuran kecepatan angin

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase error dari alat yang telah dibuat. Dari tabel terlihat nilai error relatif kecil dari hasil pengukuran

**Tabel 1** Hasil pengukuran

	m mengeliminasi pengaruh			p
	han tem	peratur	e lingk	
<b>Gam</b>	<b>bar 7</b>	Pen	garuh	temp
ure li	ngkun	gan t	anpa	adapt
(tidak	meng	gunak	an me	chani
<i>djustm</i>	<i>ent</i> )	<b>Gam</b>	<b>bar 8</b>	Pen
h temp	eratu	re li	ngkun	gan d
n adap	tasi	(meng	gunak	an me
<i>ism ad</i>	<i>justm</i>	<i>ent</i> )	<i>Peng</i>	<i>ujian</i>
<i>gukura</i>	<i>n kec</i>	<i>epata</i>	<i>n ang</i>	<i>inP</i>
jian i	ni di	lakuk	an un	tuk m
tahui	perse	ntase	erro	r dar
at yan	g tel	ah di	buat.	Dari
el ter	lihat	nila	i err	or re
f kecil	l dar	i has	il pe	nguku
<b>Tabel</b>	<b>1 Ha</b>	sil p	enguk	uran

### Hasil Penguku

ran (m/s) ? ? ? ? Hitung Ukur 1 Ukur 2 ? ? ? 790 2.06 1.87 1.89 8.76 ? ? 1,0  
 2.91 0.63 ? ? 1,238 3.23 2.96 3.46 0.66 ? ? 1,627 4.25 3.49 5.30 3.53 ? ? 1  
 ,968 5.14 5.14 5.56 4.16 ? ? 2,205 5.76 6.27 6.32 5.38 ? ? 2,321 6.06 6.23 6.24 2.95 ?  
 8 6.34 6.46 6.58 2.91 ? ? 2,499 6.52 6.67 6.68 2.36 ? ? 2,554 6.67 6.78 6.88 2.46 ?  
 6.88 2.02 ? ? 2,612 6.8

2 6.88 6.90 1.09 ? ? 2,627 6.86 6.88 6.90 0.49 ? ? 2,645 6.90 6.91 6.95 0.40 ?

### VI. Kesimp

nSetelah melakukan tahap perancangan dan pe  
 mbuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan anal  
 isa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.1. Sensor LM35 dapat berfungsi sebagai veloc  
 ity sensor untuk mengukur kecepatan angin dengan linearitas yang baik dan dapat meningkatkan batas u  
 kur sampai 6,90 m/

s, tetapi memiliki *ri*

s

*e time* dan *fall time* yang lambat. 2.

Respon time hasil pengukuran dapat ditingkatkan dengan menggunakan PI controller hasilnya mendekati hasil pengukuran yang sebenarnya.3. Sumber angi

- [2] Astrom K. J., "*Teory An Aplications Of Adaptive Control*", 1993
- [3] Bejo Agus, C & AVR *Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroller ATmega 8535*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2008.
- [4] Harianto Arif, "*Aplikasi Diode Sebagai Sensor Pada Alat Ukur Kecepatan Angin Type Thermal*", Tugas akhir Jurusan Elektronika, PENS-ITS, 2005.
- [5] Ogata Katsuhiko, "*Teknik Kontrol Automatik*", Jakarta, Erlangga, 1994
- [6] Paul Malvino Albert, *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Bandung: Erlangga, 2004.
- [7] Shimada Yoshihito, "*Design Of Air Flowmeter Using Thermal Diode*", Transistor Technique Magazine, May 2003
- [8] [www.wikipedia.org/wiki/anemometer](http://www.wikipedia.org/wiki/anemometer)
- [9] [www.konversi.com/kecepatan/hertz](http://www.konversi.com/kecepatan/hertz)
- [10] [www.w3.org/TR](http://www.w3.org/TR)
- [11] [www.e-dukasi.net](http://www.e-dukasi.net)