

# Rekayasa Sensor Kecepatan Angin sebagai Pengukur Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Desa Sungai Riam Kab. Tanah Laut Kalimantan Selatan

Binar Utami<sup>1</sup>, Mario Helly<sup>1</sup>, Ida Parida Santi<sup>1</sup>, Rina Reida<sup>1</sup>  
dan Ade Agung Harnawan<sup>2</sup>

**Abstrak:** Telah dibuat sensor kecepatan angin dengan memanfaatkan perbedaan suhu sebagai langkah awal pemanfaatan tenaga angin sebagai pembangkit listrik dalam penentuan potensi angin di Desa Sungai Riam, dimana perbedaan suhu udara yang besar menunjukkan harga kecepatan angin yang rendah, dan sebaliknya perbedaan suhu udara yang kecil menunjukkan kecepatan angin yang tinggi. Hal ini diketahui berdasarkan selisih nilai tegangan keluaran yang dihasilkan dua sensor suhu LM-35, selisih nilai tegangan dikuatkan dengan konfigurasi penguat differensial. Berdasarkan pengambilan data yang dilakukan, besar kecepatan angin di Desa Sungai Riam Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan pada pukul 08.15-10.30 WITA berkisar antara 3,10-3,51 m/s.

**Kata Kunci:** sensor kecepatan angin, perbedaan suhu, LM-35, penguat differensial, selisih tegangan

## PENDAHULUAN

Kalimantan adalah pulau yang luas, dimiliki oleh dua negara yaitu negara Indonesia yang meliputi Kalimantan bagian timur, tengah, barat dan selatan. Sedangkan Kalimantan bagian utara dimiliki oleh negara Malaysia. Wilayah Pulau Kalimantan yang dimiliki oleh negara Indonesia, khususnya di bagian selatan sebagian besar daerahnya terdiri dari hutan hujan tropis, daerah pegunungan dan rawa. Hal ini yang menyebabkan pemerataan pembangunan secara menyeluruh di daerah Kalimantan bagian selatan tidak merata, khususnya di Desa Sungai Riam Kabupaten Tanah Laut

Kalimantan Selatan. Karena daerah ini terletak di daerah pegunungan yang sulit untuk dilakukan pembangunan, karena sarana transportasi dan aliran listrik sulit menjangkau daerah tersebut.

Kebutuhan transportasi dan listrik adalah faktor penting untuk berkembangnya suatu daerah. Tetapi tidak menutup kemungkinan daerah yang terletak di pegunungan dapat memenuhi kebutuhan listriknya sendiri, yaitu dengan memanfaatkan potensi daerah tersebut diantaranya angin.

Energi potensial angin dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik yang memiliki banyak

---

<sup>1</sup>) Mahasiswa Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup>) Staf Pengajar Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat

keuntungan diantaranya adalah pembangkit listrik dapat dibangun di daerah yang terpencil, pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dalam skala kecil yang dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat disekitarnya, dan pembangkit listrik tenaga angin juga memiliki efek samping yang relatif kecil terhadap lingkungan. Jadi pembangkit ini ramah lingkungan.

Untuk mengetahui daerah-daerah dengan potensi angin yang besar diperlukan sensor yang dapat mengukur besar kecepatan angin, sehingga di daerah yang memiliki potensi angin yang relatif besar dapat dibuat pembangkit listrik dengan tenaga angin.

Langkah awal yang kongkret menuju pemanfaatan angin untuk pembangkit listrik diperlukan sensor kecepatan angin. Sensor yang dibuat bekerja dengan memanfaatkan adanya perbedaan suhu udara di sekitar sensor yang disebabkan oleh hembusan angin

Sensor terdiri dari satu buah elemen penghasil panas, kisi untuk

menyeragamkan arah arus angin yang datang dari luar sensor dan dua buah sensor suhu untuk menentukan besar perbedaan suhu angin yang melewati kisi.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Angin**

Angin adalah gerakan udara yang disebabkan perubahan suhu, yang selanjutnya yang menyebabkan perubahan tekanan. Tekanan udara naik jika suhunya rendah dan turun jika suhunya tinggi. Angin bertiup dari daerah suhu rendah ke daerah suhu tinggi. Jadi angin bertiup dari daerah dengan tekanan tinggi (suhu rendah) ke daerah dengan tekanan rendah (suhu tinggi) seperti Gambar 1.

Angin di atas permukaan bumi bertiup dari daerah bertekanan tinggi ke daerah tekanan rendah. Gerakan putaran bumi juga mempengaruhi arah angin. Gerakan itu menyebabkan angin berbelok ke kanan di belahan bagian bumi utara dan ke kiri di belahan bumi bagian selatan (yuli@softhome.net)

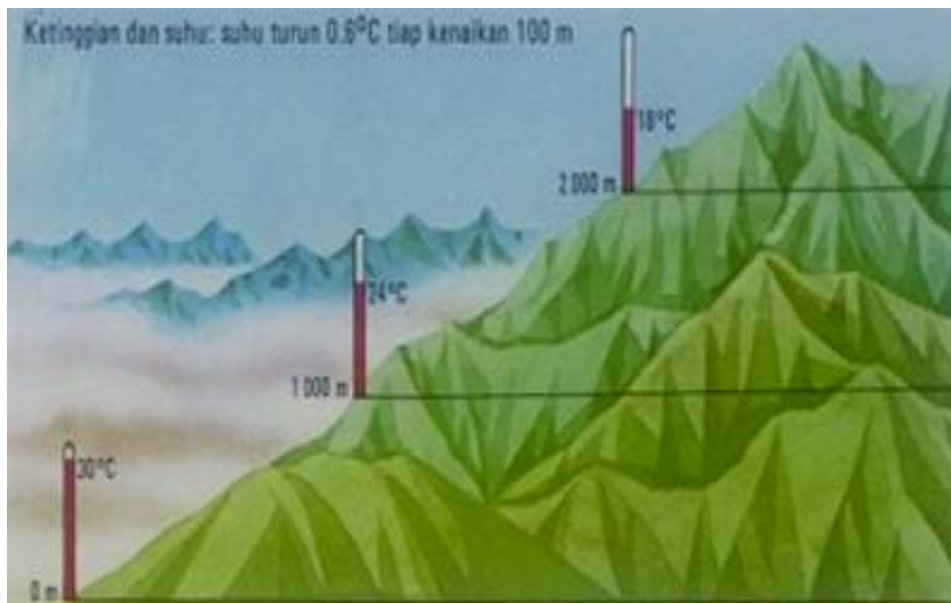


**Gambar 1.** Pola gerakan angin

## Suhu

Panas atau hangatya udara disebut suhu udara. Permukaan bumi dipanasi oleh sinar matahari. Udara dipanaskan oleh kalor yang naik dari permukaan bumi yang hangat. Saat terpanas pada siang hari adalah terjadi pada saat

sesudah tengah hari. Suhu yang paling rendah terjadi saat tepat sebelum fajar. Ini karena permukaan bumi menjadi dingin dengan cepat sesudah matahari tenggelam. Suhnya turun terus sejak matahari tenggelam sampai fajar berikutnya (yuli@softhome.net).



Gambar 2. Perbedaan suhu berdasarkan ketinggian

## Sensor Suhu LM-35

Sensor LM-35 adalah sensor yang memiliki perangkat lengkap untuk digunakan mengukur tempera-

tur dengan luaran berupa energi listrik. Temperatur yang dihasilkan dalam °C ([www.elektro.com/measuring\\_temperature.htm](http://www.elektro.com/measuring_temperature.htm)).



Gambar 3. LM-35

Sensor suhu LM-35 memiliki output tegangan yang tinggi yang cocok untuk suhu celcius. Faktor skalanya adalah  $0.01/^{\circ}\text{C}$ .

### Operational Amplifier

#### CMRR

CMRR didefinisikan dengan  $\text{CMRR} = \text{ADM}/\text{ACM}$  yang dinyatakan dengan satuan dB. CMRR yang semakin besar maka op-amp diharapkan dapat menekan penguatan sinyal yang tidak diinginkan (*common mode*) sekecil-kecilnya. Jika kedua pin input dihubungkan singkat dan diberi tegangan, maka output op-amp mestinya nol. Dengan kata lain, op-amp dengan CMRR yang semakin besar akan semakin baik ([www\\_electroniclab\\_com - main page.htm](http://www_electroniclab_com-main_page.htm)).

#### Pengikut Tegangan

Sebuah pengikut tegangan (*voltage follower*) adalah sirkuit elektronik yang digunakan menyesuaikan impedansi dari level tinggi ke level yang lebih rendah. Sebuah tipe follower yang memiliki impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran yang rendah.

Sebuah follower memiliki rangkaian tegangan yang tertutup dan rangkaian arus yang tinggi. Kemudian, alat ini adalah sebuah

penguat arus dan pengukur impedansi. Karena itu, alat ini impedansi masukan tinggi dan impedansi keluaran rendah membuat alat ini tepat untuk interfacing oleh beberapa sensor dan memproses pengaturan sinyal. (Fraden, 1996).

Dalam penerapannya penguatan sinyal pengikut tegangan adalah 1. Jadi berapapun nilai tegangan masukan pengikut tegangan maka tegangan keluarannya hasilnya sama dengan masukannya.

#### Penguat differensial

Penguat diferensial (*differential amplifier*) adalah komponen IC yang memiliki 2 input tegangan dan 1 keluaran tegangan, dimana tegangan keluarannya proporsional terhadap perbedaan tegangan antara kedua masukannya itu. Rangkaian pada gambar 4 merupakan rangkaian dasar dari sebuah penguat differensial.

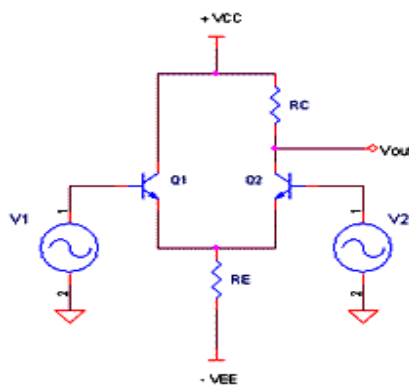
Rangkaian pada gambar 4, persamaan pada titik  $V_{out}$  adalah  $V_{out} = A(v_1 - v_2)$  dengan A adalah nilai penguatan dari penguat diferensial ini. Titik input  $v_1$  dikatakan sebagai input non-inverting, sebab tegangan  $v_{out}$  satu phase dengan  $v_1$ . Sedangkan sebaliknya titik  $v_2$  dikatakan input inverting sebab

berlawanan fasa dengan tegangan  $V_{out}$ .

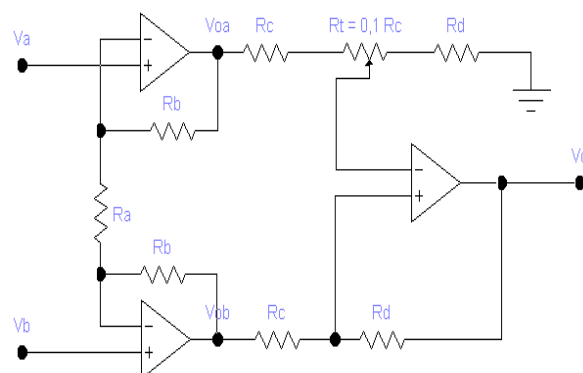
Banyak sensor resistansi yang menghubungkan output sensor tegangan referensi ke tegangan di ground atau peryaluran arus. Kemudian, penguat yang dihubungkan dengan keluaran tidak diharapkan memiliki beberapa tempat masukan di ground. Sebuah penguat memiliki beberapa karakteristik tersebut disebut differensial amplifier (Pallas, 1991).

### Penguat Instrumentasi

Ciri-ciri istimewa rangkaian penguat instrumentasi mempunyai efisiensi tinggi. Hal tersebut karena terdapat beberapa amplifier tunggal yang diparalelkan menurut suatu skema tertentu. Dan pada rangkaian ini dipakai 3 amplifier yang memberikan arus untuk beban, sedangkan penguat bekerja dengan membandingkan tegangan keluaran dengan tegangan kerja yang lebih tinggi (Prasetyono, 2003).



Gambar 4. Penguat Diferensial



Gambar 5. Penguat Instrument

Sebuah instrumentation amplifier adalah penghitung tegangan perbedaan masukkan amplifier tetap dari 3 op-amps, sebagai indikasi. Hasil tegangan biasanya sama dengan yang digunakan untuk sebuah op-amp.

$$V_o = A(V_a - V_b) \dots\dots\dots (1)$$

Kecuali loop tegangan terbuka yang menghasilkan perumusan khusus yaitu:

$$A = \frac{(2R_b + R_a)R_d}{R_a \cdot R_c} \dots\dots\dots (2)$$

Hal ini didasarkan oleh sebuah versi pembuktian dari diferensial amplifier.

Ciri-ciri Instrumentation Amplifier adalah impedansi masukan tinggi dengan FET op-amps di pemasukannya, CMRR tinggi, dan perhitungan tegangan tinggi yang dihasilkan dengan menggunakan perhitungan noninverting amplifiers dalam pemasukan-pemasukannya.

Tingkat masukan ganda dapat dengan mudah dipahami dengan melihat respon dari wilayah individu dengan sebuah sinyal yang digunakan untuk masukan dan yang lain berada di-ground. Jika pemasukkan  $V_b$  di-ground, menggunakan penguatan yang tidak terbatas menunjukkan aproksiasi yang saling berbalasan dengan input

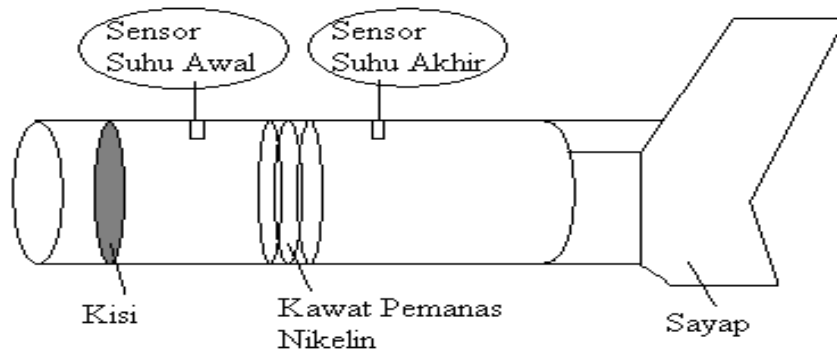
tidak membalik  $V_b$  akan menunjukkan potensial di-ground. Dengan kata lain, bagian terendah dari  $R_a$  akan memunculkan hasil di-ground, dan masukan tinggi amplifier akan menjadi untuk perhitungan tidak membalik. (Wobschall, 1980).

**METODE PENDEKATAN**

Rekayasa Sensor Kecepatan Angin Sebagai Pengukur Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Kalimantan Selatan dilaksanakan dalam beberapa tahapan, yang pertama pembuatan model sensor kecepatan angin, kemudian dilanjutkan penentuan karakteristik sensor kecepatan angin, pada beberapa tahapan tersebut dilaksanakan di laboratorium pengembangan Fisika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, tahap yang ketiga yaitu kalibrasi sensor kecepatan angin yang dilaksanakan di BMG Syamsuddin Noor Banjarmasin, dan tahap terakhir adalah penentuan potensi angin di Kecamatan Sungai Riam Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan.

**1. Pembuatan Model Sensor**

Rancangan sensor yang dibuat digambarkan pada gambar berikut:



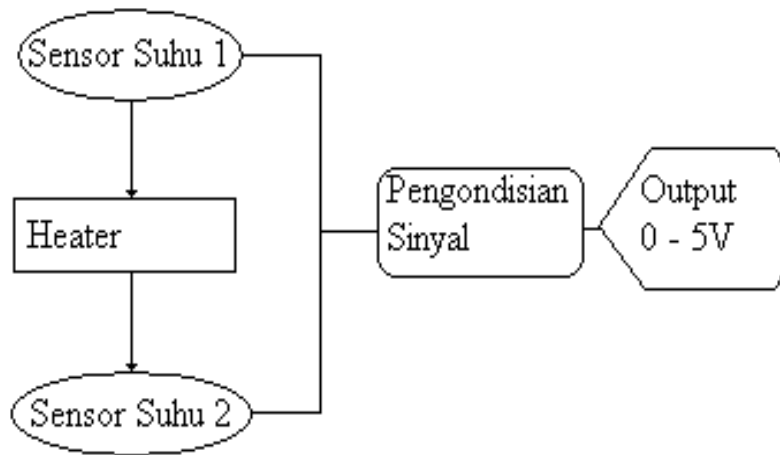
**Gambar 6.** Model Sensor Kecepatan Angin

Tahap-tahap pembuatan model sensor sebagai berikut:

- a) Pemilihan Komponen dan Peralatan Pendukung Pembuatan Model Sensor merupakan langkah awal dalam pembuatan

sensor, komponen yang dipilih karena komponen elektronika yang banyak terdapat di pasaran adalah komponen kelas 2.

- b) Perancangan Sensor Kecepatan Angin



**Gambar 7.** Rancangan kerja sensor kecepatan angin

Untuk sensor suhu yang digunakan komponen LM-35. Sebelum sensor ini digunakan maka ditentukan karakteristik LM-35 dengan cara berikut:

- a. Memberikan catu daya pada LM-35.
- b. Memberikan perbedaan suhu pada LM-35 dan mengukur output LM-35 dari suhu 25°C-

50°C dengan tiap pemberian suhu bertambah 0,5°C.

- c. Membuat grafik pengaruh output tegangan LM-35 terhadap perubahan suhu.

Kemudian pengondisi sinyal sensor terdiri atas penguat instrumentasi yang digunakan untuk menguatkan sinyal dari sensor sehingga output sensor yang diharapkan berkisar antara 0-5 V.

## 2. Menentukan Karakteristik Sensor dan Kalibrasi

Untuk menentukan karakteristik sensor maka digunakan sebuah ruang tertutup yang mempunyai perbedaan aliran udara yang dapat diatur. Sehingga karakteristik sensor ditentukan berdasarkan perubahan kecepatan aliran udara pada suhu yang tetap.

Langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Membuat ruang tertutup yang mempunyai aliran udara yang dapat kita atur dengan kipas angin.
- b. Menentukan karakteristik sensor kecepatan angin berdasarkan suhu udara tetap di mana kecepatan aliran udara yang menuju sensor dapat diubah dengan langkah sebagai berikut:

- Sensor dimasukkan dalam ruang tertutup.
- Aliran udara diatur dari kecepatan rendah menuju tinggi dan mencatat tegangan output sensor.
- Membuat grafik output sensor berdasarkan pada kecepatan aliran udara yang diberikan.

Kalibrasi sensor merupakan langkah terakhir untuk dapat menentukan karakteristik pengukur kecepatan angin yang dibuat, untuk itu digunakan anemometer standar yang sudah ada sebagai pembandingan pembacaan kecepatan kecepatan angin di Badan Meteorologi dan Geofisika Banjarbaru.

## 3. Penentuan Kecepatan Angin Pengontrol Sumber Angin.

Menentukan besar kecepatan angin dari pengontrol sumber angin digunakan anemometer standar yang sudah ada sebagai pembaca kecepatan angin di Badan Meteorologi dan Geofisika Syamsudin Noor Banjarmasin.

## 4. Penentuan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Kecamatan Sungai Riam Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan

Pengujian dilakukan pada ketinggian 10 meter di atas permukaan laut dan mencatat tegangan output .



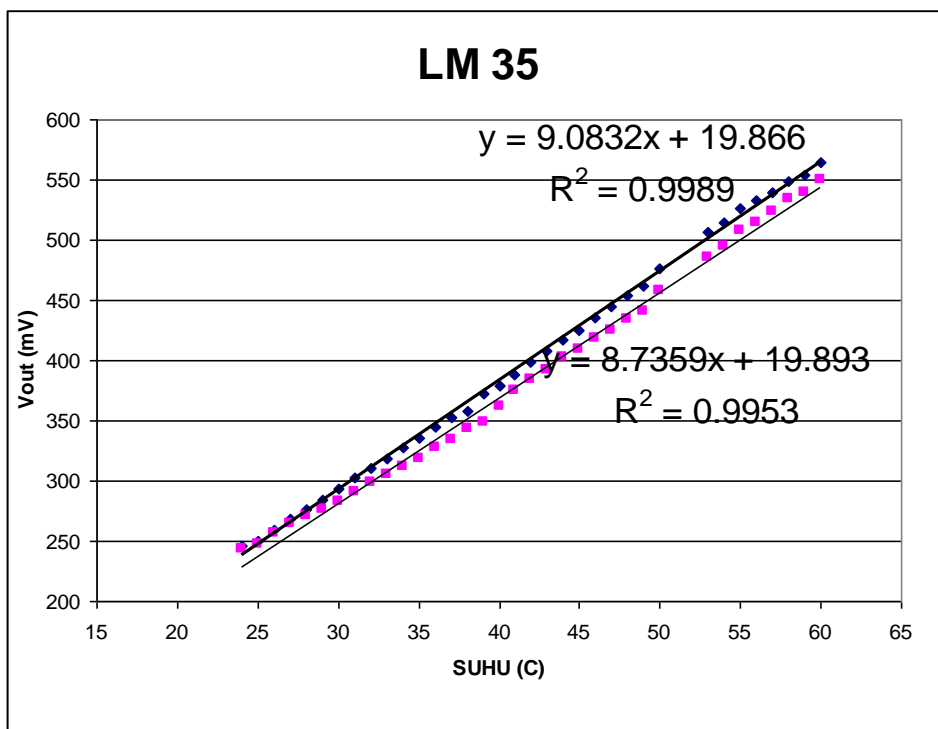
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pengukuran dan Kalibrasi**

Pembuatan model sensor kecepatan angin diawali kalibrasi sensor suhu LM-35 yang digunakan pada sensor kecepatan angin, dihasilkan karakteristik sensor LM-35 dan digambarkan dalam Gambar 8.

Grafik hubungan tegangan dan suhu menyatakan hubungan kenaikan suhu dengan tegangan linier pada titik operasi kalibrasi dan menunjukkan setiap kenaikan 1 deraj

at celcius keluaran sensor suhu LM-35 adalah bertambah sekitar 10 mV. Sensor kecepatan angin dibuat dengan memanfaatkan perbedaan suhu antara kedua sensor LM-35 yang digunakan. Agar menghasilkan perbedaan suhu yang cukup jauh digunakan heater yang letaknya lebih dekat ke sensor LM-35 yang kedua. Perbedaan kenaikan suhu yang dihasilkan akan mempengaruhi tegangan keluaran sensor yang berbeda.



**Gambar 8.** Karakteristik LM-35

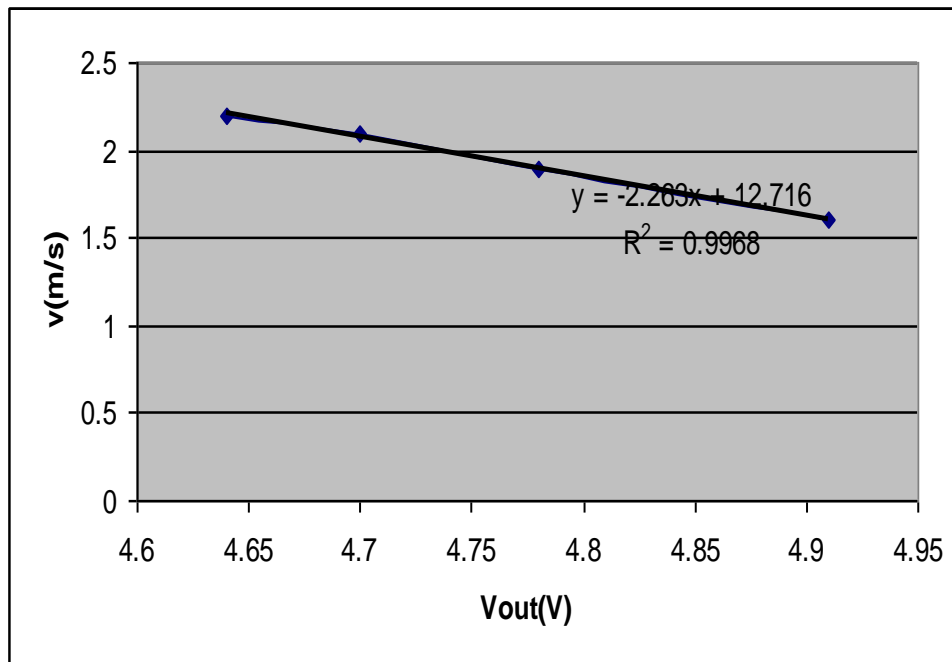
Selisih dari keluaran sensor yang kecil maka digunakan penguat instrumentasi untuk memperbesar keluarannya, sebagai penunjang

dari ini digunakan beberapa rangkaian yaitu pengontrol sumber, termostat, dan catu daya. Pengontrol sumber angin digunakan untuk

menentukan karakteristik sensor yang berupa sebuah ruang tertutup yang mempunyai perbedaan aliran udara yang dapat diatur.

Penentuan karakteristik sensor

kecepatan angin dilakukan di Badan Meteorologi dan Geofisika Syamsudin Noor Banjarmasin dan didapatkan karakteristik sensor dengan hasil seperti Gambar 9.



**Gambar 10.** Karakteristik sensor kecepatan angin

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan hubungan antara kenaikan tegangan dengan kenaikan kecepatan angin terukur berbanding terbalik, dimana sensor yang dibuat dapat bekerja dengan karakteristik kecepatan angin berdasarkan fungsi tegangan sesuai dengan persamaan,  $v = -2,263 V + 12,716$ .

**HASIL PENGAMATAN**

Pengamatan dilakukan di Desa Sungai Riam Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut Kalimantan

selatan untuk mengetahui potensi pembangkit listrik tenaga angin dengan mengamati besarnya kecepatan angin. Hal tersebut diketahui dengan melihat perubahan besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor kecepatan angin.

Dari data hasil pengamatan pada Tabel 1 yang dilaksanakan dari pukul 08.15-10.30 WITA, tegangan output sensor berfluktuatif dari 4,07-4,27 V dengan kecepatan angin berkisar antara 3,10-3,51 m/s.

**Tabel 1.** Potensi tenaga angin di Desa Sungai Riam Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut pukul 08.00 s.d 10.30 WITA

No	Waktu	Vout Sensor (V)	V (m/s)	Keterangan
1	08.00	5,22	0,9	Dalam ruangan
2	08.15	4,17	3,28	Di titik kawasan penentuan potensi angin sebagai pembangkit listrik
3	08.30	4,16	3,30	
4	08.45	4,07	3,51	
5	09.00	4,15	3,32	
6	09.15	4,20	3,21	
7	09.30	4,24	3,12	
8	09.45	4,27	3,05	
9	10.00	4,19	3,23	
10	10.15	4,25	3,10	
11	10.30	4,19	3,23	

## PEMBAHASAN

Pembuatan rekayasa kecepatan angin sebagai pengukur potensi pembangkit listrik tenaga angin dimulai dengan pembuatan model sensor kecepatan angin, yang model sensor berbentuk tabung dengan ekor. Ekor pada sensor adalah berfungsi untuk menyearahkan posisi muka sensor dengan arah angin yang datang, dimana arah ekor selalu berlawanan dengan arah angin.

Sebelum sensor kecepatan angin ini dibuat terlebih dahulu menentukan karakteristik sensor suhu LM-35. Karakteristik sensor suhu LM-35 menunjukkan bahwa setiap kenaikan 10 C tegangan keluaran dari sensor suhu LM-35 akan naik  $\pm 10$  mV.

Setelah mengetahui karakteristik sensor suhu LM-35, maka dapat dilakukan perancangan kerja sensor kecepatan angin, dimana sensor kecepatan angin terdiri dari dua buah sensor suhu LM-35, satu buah heater, serta pengkondisi sinyal yang berupa penguat instrumentasi. Heater diletakkan diantara kedua sensor suhu dengan perbandingan jarak heater ke sensor satu dan sensor dua adalah 4 : 1, hal ini dimaksudkan agar didapat perbedaan suhu antara sensor satu dan sensor dua.

Perbedaan suhu tersebut menimbulkan nilai tegangan keluaran yang berbeda pada kedua sensor suhu LM-35. Selisih tegangan keluaran kedua sensor tersebut sangat kecil, sehingga diperlukan suatu pengkondisi sinyal

yang berupa rangkaian penguat instrumentasi, berfungsi untuk menguatkan sinyal yang kecil dari sensor sehingga tegangan yang keluaran sensor yang berkisar antara 0-5 V.

Langkah akhir yang dilakukan pada pembuatan sensor kecepatan angin ini adalah menentukan karakteristik dan kalibrasi sensor. Menentukan karakteristik sensor kecepatan angin berdasarkan suhu tetap dimana kecepatan aliran udara yang menuju sensor dapat diubah dengan rangkaian pengontrol sumber angin.

Karakteristik sensor kecepatan angin berdasarkan Gambar 8 menyatakan semakin kecil tegangan keluaran sensor maka semakin tinggi kecepatan angin yang masuk kedalam sensor. Hubungan matematis kecepatan angin berdasarkan fungsi tegangan adalah  $v = -4,526 V + 25,432$ ; dimana  $V$  adalah tegangan dan  $v$  adalah kecepatan angin.

Potensi angin di Desa Sungai Riam Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan diukur dengan menggunakan sensor kecepatan angin yang dibuat. Pengukuran dilakukan dari pukul 08.15-10.30 WITA.

berdasarkan data dari Tabel 1, tegangan output sensor berfluktuatif dari 4,07-4,27 V dengan kecepatan angin fluktuatif dengan kisaran antara 3,10-3,51 m/s.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan dengan pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Sensor kecepatan angin dapat dibuat dengan memanfaatkan perbedaan suhu sebagai langkah awal pemanfaatan angin menuju pembangkit listrik tenaga angin dalam penentuan potensi angin di Desa Sungai Riam Kabupaten Tanah Laut.
2. Heater diletakkan diantara kedua sensor suhu dengan perbandingan jarak heater ke sensor satu dan sensor dua adalah 4 : 1.
3. Sensor yang dibuat dapat bekerja dengan karakteristik kecepatan angin berdasarkan fungsi tegangan sesuai dengan persamaan,  $v = -2,263 V + 12,716$
4. Potensi angin di Desa Sungai Riam Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan pada pukul 08.15-10.30 WITA, kecepatan angin fluktuatif dengan kisaran antara 3,10-3,51 m/s.

**DAFTAR PUSTAKA**

Fraden, Jacob. 1996. Handbook of Modern Sensor. Thermoscan, inc : New York.

Prasetyono, Dwi Sunar. 2003. Belajar Sistem Cepat Elektronika. Absolut: Yogyakarta.

Webster, Ramon Pallas and John G. 1991. Sensors and Sinyal Conditioning. John Wiley and Sons, inc : New York.

Wobschall, Darold. 1980. Circuit Design for Electronic Instrumentation. Mc.Graw-Hill Book Company : New York.

<http://alam.leoniko.or.id/cuaca.html>

<http://www.kasel.go.id/kasel.html>

<http://www.pusteko.com/Geo,x,05.html>

<http://www.electroniclab.com/mainpage.html>

[http://www.elektro.com/measuring\\_temperature.html](http://www.elektro.com/measuring_temperature.html)