

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGUKUR LAJU DAN ARAH ANGIN BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA32

### DESIGN AND CONSTRUCTION OF MEASURING WIND RATE AND DIRECTION BASED ON MICROCONTROLLER ATMEGA32

I Putu Arya Suarsana<sup>1</sup>, M. Ramdhan Kirom<sup>2</sup>, Reza Fauzi Iskandar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

<sup>1</sup>[iputu.suarsana91@gmail.com](mailto:iputu.suarsana91@gmail.com), <sup>2</sup>[mrk@telkomuniversity.ac.id](mailto:mrk@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[ahmadqurthobi@gmail.com](mailto:ahmadqurthobi@gmail.com)

---

#### ABSTRAK

Saat ini kebutuhan minyak dan gas sangat tinggi, karena permintaan yang terlalu tinggi dan tidak diimbangi dengan kapasitas produksi. Sehingga menyebabkan stok minyak dan gas di bumi menipis. Oleh sebab itu dibutuhkan sumber energi baru. Energi terbarukan merupakan solusi dari krisis energi saat ini dan energi angin merupakan salah satu dari energi terbarukan. *Cup anemometer* merupakan salah satu jenis alat ukur laju dan arah angin. *Anemometer* dapat digunakan untuk memprediksikan cuaca dan mengetahui potensi energi angin pada suatu daerah. Potensi energi angin yang tinggi dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Pada jurnal ini, dibahas pembuatan *cup anemometer* dengan *rotary encoder* dan *photodiode* sebagai sensor laju angin dan *reed switch* sebagai sensor arah angin untuk mengetahui seberapa besar potensi energi angin di atas gedung P Universitas Telkom. Untuk mendapatkan efisiensi yang maksimal dari turbin angin, maka diperlukan penempatan posisi turbin angin yang tepat. Untuk mendapatkan posisi yang tepat perlu digunakan alat ukur laju dan arah angin, agar turbin angin menghasilkan banyak energi. Hasil pengambilan data di atas gedung P Universitas Telkom tergolong skala kecil karena berkisar antara 2.5-4.0 m/s.

**Kata Kunci:** *Optocoupler, reed switch, rotary encoder*

---

#### ABSTRACT

*Nowadays the needs for oil and gas is very high, because the demand is too high and hasn't offset by production capacity. Then causing stocks of oil and gas in the earth diminished. Therefore required a new energy source. Renewable energy is the solution of the current energy crisis and wind energy is one of renewable energy. Cup anemometer is one of measures wind speed and direction. Anemometer can be used to predict the weather and determine wind energy potential in an region. High wind energy potential that can be utilized for power plant. In this journal, discussed how to make cup anemometer with rotary encoder and photodiode as wind speed sensors and reed switch as wind direction sensor to determine how powerfull wind energy potential in the top of P Building Telkom University. To obtain the maximum efficiency of wind turbines, it require the placement for wind turbines with a proper position. To get the exact position of the measuring instrument should be used wind rate and direction, so that the wind turbines can generate a lot of energy. The result of the data collection on the building P Telkom University relatively small because the range between 2.5-4.0 m/s.*

**Key Words:** *Optocoupler, reed switch, rotary encoder*

---

**1. PENDAHULUAN**

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya energi yang sangat melimpah, salah satunya adalah sumber energi angin. Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan salah satu Negara yang terletak di garis khatulistiwa merupakan faktor bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang melimpah. Pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Di daerah khatulistiwa, udaranya menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya daerah kutub yang dingin, udara menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian terjadi perputaran udara berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis katulistiwa menyusuri permukaan bumi dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari garis khatulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi.[2]

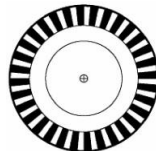
Saat ini sudah banyak jenis-jenis anemometer buatan komersil yang beredar di pasaran seperti *cup anemometers, vane anemometers, hot-wire anemometers, laser Doppler anemometers, sonic anemometers, ping-pong balls anemometers*. Karena banyak memiliki kelebihan dalam pennggunaan, maka akan dibuat anemometer jenis *cup anemometers* dengan *rotary encoder* dan *reed switch*. [7] *Cup counter* dengan *rotary encoder* dipilih sebagai pengukur kecepatan karena sangat sederhana namun memiliki keakuratan yang cukup tinggi, kemudian *reedswitch* dipilih sebagai pengukur arah angin, karena sangat sederhana namun memiliki sensitifitas tinggi terhadap magnet.

Kemudian akan dilakukan pengambilan data dari kecepatan dan arah angin. Dengan adanya alat ukur kecepatan dan arah angin maka dapat diketahui potensi energi angin di gedung P kampus Universitas Telkom. Data kecepatan dan arah angin ini akan diolah menggunakan ATmega32 dan disimpan di data logger. Kalibrasi alat ukur kecepatan dan arah angin menggunakan kipas angin dan anemometer pabrikan yang telah dikalibrasi dengan baik. Pengambilan sampel data kecepatan dan arah angin akan dilakukan pada siang hari selama 8 hari berturut-turut, alat diletakan di area luas dengan ketinggian 10 meter diatas tanah.

**2. PERANCANGAN SISTEM**

**2.1 Piringan Pengukur Laju Angin**

Piringan pendekteksi laju angin dibuat dari *acrylic* dengan diameter 9 cm, dan diberi celah pada pinggirannya sebanyak 32 celah (n=32). Secara keseluruhan piringan pendeteksi laju angin ini memiliki 36 buah lubang. Sehingga besar sudut interval jarak tiap lubang adalah 10° dengan dimensi piringan derajat 42.64 mm x 1.9 mm. Pada piringan ini akan dipasang sebuah *optocoupler* yang mengeluarkan pulsa sesuai dengan jumlah putaran piringan berlubang tersebut. Karena pada piringan terdapat 32 celah, maka dalam satu kali putaran, *optocoupler* akan mengeluarkan sebanyak 32 pulsa dan mampu membaca putara sampai 2500 RPM.



**Gambar 7** Piringan Pengukur Laju Angin

Cup *anemometer* terdiri dari 3 cup mangkok dengan bahan aluminium tipis agar alat tetap kokoh namun dengan berat yang tetap ringan. Dengan diameter cup 7 cm yang dikopel dengan batang besi sepanjang 30cm dilengkapi dengan bering agar mampu berputar dengan mulus.



**Gambar 8** Mekanik Baling-baling

Persamaan kecepatan linier angin yang diukur memenuhi persamaan:

$$v = r_b \omega_b \tag{1}$$

Dimana:

$v$  = Kecepatan linier (m/s)

- $\omega_b$  = Kecepatan sudut baling-baling (rad/s)
- $r_b$  = jari-jari piringan (42.64 mm)

Dengan mengabaikan gesekan pada poros dan banyaknya pulsa dihitung dalam satuan waktu, maka:

$$f = \frac{nW}{60} \tag{2}$$

$$W = \frac{60f}{n} \tag{3}$$

$$\omega = \frac{2\pi W}{60} \tag{4}$$

$$\omega = \frac{2\pi 60f}{60n} \tag{5}$$

$$\omega = \frac{2\pi f}{n} \tag{6}$$

Dimana:

$f$  = frekuensi, jumlah pulsa perdetik (Hz)

$W$  = jumlah putaran permenit (rpm)

$n$  = jumlah celah ( $n=36$ )

$\omega$  = Kecepatan sudut yang ditempuh piringan perdetik (rad/det)

$\pi = 3.14$

Karena piringan dan baling-baling berada pada satu poros yang sama, maka:

$$\omega = \omega_b \tag{7}$$

$$v = r_b \omega_b \tag{8}$$

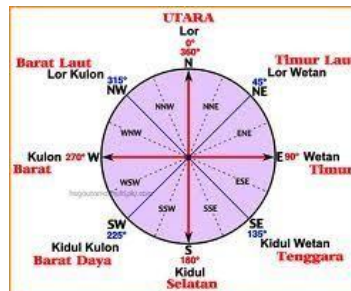
$$v = r_b \frac{2\pi f}{n} \text{ m/s} \tag{9}$$

### 2.2 Wind Vane dan Reed Switch

Windvane adalah alat yang biasa digunakan untuk mengukur arah angin. Arah angin menunjukkan dari mana datangnya angin dan bukan ke mana angin itu bergerak, jadi arah angin adalah arah dari mana angin berhembus. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi (maksimum) ke daerah bertekanan rendah (minimum), di belahan bumi utara berbelok ke kanan sedangkan di belahan bumi selatan berbelok ke kiri.

Reed switch adalah saklar listrik yang dioperasikan oleh medan magnet. Cara kerja reed switch adalah saat medan magnet mengenai permukaan sensor maka dua buah kontak plat tipis dibagian dalam sensor akan tertarik oleh medan magnet sehingga kontak akan terhubung.

Reed switch disini akan saya letakan melingkar masing-masing dengan jarak sudut dari pusat lingkaran sebesar 45°. Sehingga akan terdapat delapan buah reed switch dalam satu lingkaran yang merepresentasikan 8 buah penjuror arah mata angin. Kemudian sepotong magnet kecil akan diletakan pada batang besi yang terhubung ke poros putaran. Magnet itu akan ikut berputar di sekeliling reed switch dan akan membuat arah mata angin terbaca.



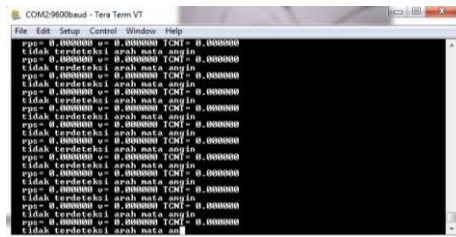
Gambar 9 16 Penjuror Arah Mata Angin



Gambar 10 Tampilan Alat Keseluruhan

**2.3 Software**

Untuk data logger saya menggunakan software Tera Term, software ini akan menampilkan data setiap 1 detik secara real time. Tera Term mampu menampilkan data yang dikirim menggunakan radio wireless ataupun dengan menggunakan kabel.



Gambar 11 Tampilan Teraterm

**2.4 Tempat Penelitian**

1. Penelitian awal seperti perancangan sistem dilakukan di Laboratorium Tugas Akhir Teknik Gedung P Lantai 1 , Universitas Telkom
2. Penelitian literatur dilakukan di Learning Centre , Universitas Telkom, Stasiun Geofisika Bandung, dan Lab Tugas Akhir Gedung P lantai 1 Universitas Telkom
3. Penelitian lapangan dilakukan di Universitas Telkom

**2.5 Variabel Penelitian**

Variabel yang akan diukur pada tugas akhir ini adalah Laju angin, arah angin, dan laju angin rata-rata harian.

**3. Pengujian Dan Pembahasan Sistem**

**3.1 Pengujian Sensor**

Pengujian sensor digunakan untuk mengetahui apakah sensor tersebut sesuai dengan nilai alat ukur yang sebenarnya (kalibrasi), sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor *optocoupler* dan *reed switch*.

**3.2 Optocoupler**

Pengujian sensor *optocoupler* yang digunakan sebagai alat ukur laju angin menggunakan alat pembanding yaitu *anemometer* pabrikan. Sumber angin yang berupa kipas angin biasa yang kecepataannya bisa diatur sampai 3 jenis kecepatan diletakan dengan jarak 45cm dari alat dan *anemometer* pabrikan. Kemudian pengukuran dilakukan secara bergantian dari kecepatan 0 sampai menyentuh kecepatan maksimal, dan pencatatan dilakukan tiap 5 detik sekali.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Laju Cup Counter Anemometer 1

Laju Alat Pembanding (m/s) ( $V_a$ )	Laju Anemometer (m/s) ( $V_b$ )			$V_{\bar{b}}$	Error (e) %	Simpangan ( $e - \bar{e}$ )	Simpangan Kuadrat ( $(e - \bar{e})^2$ )
	1	2	3				
3.37	3.15	3.06	3.27	3.16	6.23	3.77	14.25
3.90	3.84	3.86	3.80	3.83	1.7	-0.75	0.56
3.58	3.60	3.47	3.48	3.51	1.77	-0.69	0.47
3.58	3.68	3.56	3.57	3.6	0.65	-1.8	3.26
4.01	3.94	3.96	3.88	3.93	2.08	-0.38	0.14
3.58	3.44	3.47	3.57	3.5	2.42	-0.04	0.0012
3.79	3.65	3.68	3.77	3.7	2.37	-0.08	0.0067

4.01	3.87	3.89	3.98	3.92	2.41	-0.05	0.0021
3.79	3.84	3.91	3.90	3.89	2.46	0.006	0.000036
Jumlah				3.67	=2.456		18.7

Tabel 4 Hasil Pengukuran Laju Cup Counter Anemometer 2

Laju Alat Pemanding (m/s) ( $V_a$ )	Laju Anemometer (m/s) ( )			$V_B$	Error (e) %	Simpangan ( )	Simpangan Kuadrat
	1	2	3				
4.19	4.11	3.94	4.22	4.09	2.39	0.98	0.9614
4.50	4.53	4.64	4.53	4.57	1.48	0.075	0.0057
4.49	4.42	4.64	4.32	4.46	0.668	-0.738	0.5446
4.56	4.64	4.64	4.53	4.6	0.95	-0.456	0.2
4.66	4.53	4.53	4.64	4.57	2	0.597	0.356
4.49	4.53	4.32	4.43	4.43	1.41	0.0044	0.000019
4.84	4.85	4.96	4.96	4.92	1.72	0.316	0.099
4.93	4.96	4.74	4.85	4.85	1.62	0.216	0.04
4.87	4.96	4.85	4.74	4.85	0.41	-0.995	0.99
Jumlah				4.6	=1.41		3.213

Tabel 5 Hasil Pengukuran Laju Cup Counter Anemometer 3

Laju Alat Pemanding (m/s) ( $V_a$ )	Laju Anemometer (m/s) ( )			$V_B$	Error (e) %	Simpangan ( )	Simpangan Kuadrat
	1	2	3				
4.97	4.96	5.17	4.85	4.99	0.47	-0.636	0.405
5.34	5.27	5.38	5.48	5.377	0.686	-0.419	0.175
5.08	4.96	5.27	5.17	5.13	1.05	-0.056	0.003
5.30	5.38	5.48	5.38	5.413	2.14	1.033	1.066
5.52	5.44	5.48	5.38	5.43	1.57	0.465	0.215
5.01	4.96	5.06	4.85	4.957	1.065	-0.041	0.0017
5.07	5.17	4.96	5.17	5.1	0.59	-0.514	0.264
5.52	5.44	5.38	5.48	5.43	1.57	0.465	0.216
5.35	5.48	5.27	5.17	5.3	0.8	-0.295	0.087
Jumlah				5.2385	$\bar{e}=1.106$		2.435

Dari perhitungan tiga tabel diatas maka dapat ditentukan besar toleransi dan ketepatan alat ukur sebagai berikut:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(e-e)^2}{n(n-1)}}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{24.348}{27(27-1)}}$$

$$S_x = 0.186 \tag{10}$$

$$Toleransi = \frac{S_x}{e} \times 100\%$$

$$Toleransi = \frac{0.186}{1.657} \times 100\%$$

$$Toleransi = 11.225\% \quad (11)$$

Jadi harga kesalahan rata-rata pengukuran laju angin adalah sebesar 1.657% dengan harga toleransinya sebesar 11.225% dengan

$$Ketepatan = 100\% - 1.657\% \quad (12)$$

$$= 98.343\%$$

Dimana:

$\bar{x}$  = Kecepatan alat pembanding

$x$  = Kecepatan Anemometer

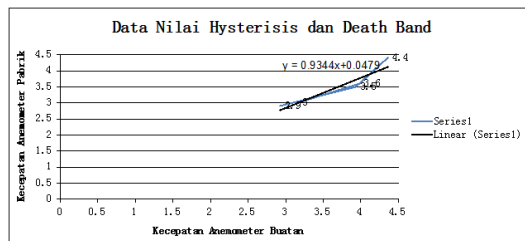
$n$  = Jumlah Pengukuran

$S_x$  = Standar deviasi rata-rata

$\alpha$  = Jumlah kecepatan alat pembanding

$e$  = Nilai *error*

Kemudian akan dilakukan pengukuran dengan kecepatan angin yang fluktuatif. Kipas angin dinyalakan pada kecepatan level 1 selama beberapa saat sampai mencapai kecepatan konstan dan langsung disambung dengan dinyalakan pada kecepatan level 2 sampai mencapai kecepatan konstan, pada kecepatan level 3 sampai mencapai kecepatan konstan, kemudian kembali ke kecepatan level 2 sampai mencapai kecepatan konstan, kecepatan level 1 sampai mencapai kecepatan konstan, dan dimatikan. Pada tiap level kecepatan diambil 1 data.



Gambar 12 Kurva hasil pengambilan data 1 menggunakan alat yang dibuat dan *anemometer* pembanding

Pengolahan data pengambilan data 1:

Saat kondisi kecepatan naik, persamaanya menjadi:

$$y = -0.004 + 0.964x \quad (13)$$

Saat  $y=0$  maka:

$$x1 = 0.00415$$

Saat  $x=0$  maka:

$$y1 = -0.004$$

Saat kondisi kecepatan turun, persamaanya menjadi:

$$y = -0.5795 + 1.095x \quad (14)$$

Saat  $y=0$  maka:

$$x2 = 0.53$$

Saat  $x=0$  maka:

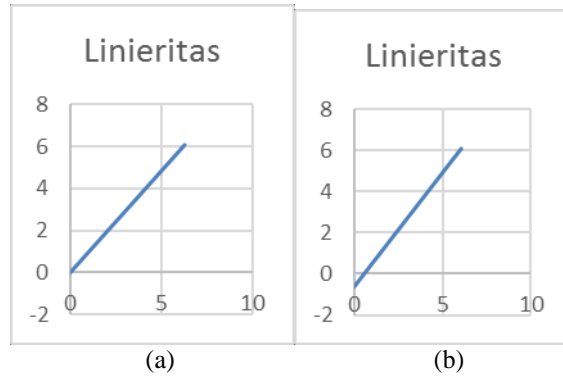
$$y_2 = -0.5795$$

Sehingga *hysterisisnya*:

$$H = 0.5755$$

Death Bandnya:

$$B = 0.58365$$



Gambar 13 Grafik Linieritas Pengambilan Data 1 (a) Saat Laju Angin Naik dan (b) Saat Laju Angin Turun.

Angka *hysterisis* dan *death band* seperti diatas bisa muncul karena faktor kelembaman pada alat.

### 3.3 Reed Switch

Pengujian *reed switch* yang digunakan sebagai alat penunjuk arah angin menggunakan alat pembanding yaitu kompas. Peletakan *reed switch* sebelum pengujian dilakukan sesuai arah mata angin dilapangan, kemudian saat angin berhembus pencocokan data yang didapat dilakukan secara manual menggunakan busur derajat yang sesuai.

Tabel 6 Hasil pengukuran arah angin

Derajat Pembanding	Alat Tugas Akhir		
	1	2	3
360	362	358	357
45	43	45	47
90	88	91	90
135	131	134	136
180	185	183	182
225	221	222	223
270	270	269	271
315	319	400	317

Tabel 7 Perhitungan kesalahan rata-rata arah angin

Busur Derajat (Pembanding)	Error (e) (%)	Simpangan ( $e - \bar{e}$ )	Simpangan Kuadrat ( $(e - \bar{e})^2$ )
45	0	-0.6415	0.4115
90	0.37	-0.271	0.0735
135	0.987	0.346	0.12

180	1.85	1.21	1.465
225	1.34	0.692	0.4786
270	0	-0.6415	0.4115
315	0.95	0.31	0.0966
360	0.28	-0.36	0.132
Jumlah	$\bar{e}=0.6415$		3.18892

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(e-\bar{e})^2}{n(n-1)}}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{3.18892}{8(8-1)}}$$

$$S_x = 0.23863 \tag{15}$$

$$Toleransi = \frac{S_x}{\bar{e}} \times 100\%$$

$$Toleransi = \frac{0.23863}{0.6415} \times 100\%$$

$$Toleransi = 37\% \tag{16}$$

Jadi harga kesalahan rata-rata pengukuran arah angin adalah sebesar 0.6415% dengan harga toleransinya sebesar 37% dengan

$$Ketepatan = 100\% - 0.6415\% \tag{17}$$

$$= 99.35851\%$$

Pengambilan data angin secara real dilakukan diatas Gedung P Universitas Telkom, hasilnya bisa dilihat pada tabel 8 setelah daftar pustaka.

**4. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengukur laju angin memiliki nilai *error*=1.657%, toleransi 11.225%, dan ketepatan 98.343% menandakan alat ini dapat melakukan pengukuran laju angin dengan baik.
2. Pengukur arah angin memiliki nilai *error*=0.6415%, toleransi=37%, dan ketepatan 99.35851% menandakan alat ini dapat melakukan pengukuran arah angin dengan baik.
3. Dari Hasil pengujian didapatkan nilai *hysteresis* 0.5755 dan *death band* 0.58365. Angka histerisis dan *death band* muncul akibat dari kelembaman poros dari *cup counter anemometer*.
4. Laju angin di atas gedung P Universitas Telkom tergolong skala kecil karena berkisar antara 2.5-4.0 m/s.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] I N. Budiastra, IA. Dwi Giriantari, Wyn. Artawijaya, Cok. Indra Partha (2009) *PEMANFAATAN ENERGI ANGIN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK DI NUSA PENIDA DAN DAMPAKNYA TERHADAP LINGKUNGAN*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

[2] Oktavianus (2013) *PENGAMATAN ARAH DAN KECEPATAN ANGIN DI KEBUN PERCOBAAN POLITEKNIK PERTANIAN NEGERI PAYAKUMBUH*, Jurusan Budidaya Tanaman Pangan, Politeknik Pertanian Negri Payakumbuh.

[3] Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien dapat diaksesdi [http://sisni.bsn.go.id/index.php/?sni\\_main/sni/detail\\_sni/7236](http://sisni.bsn.go.id/index.php/?sni_main/sni/detail_sni/7236)



- [4] Ethelbert (2013) *Angin Sebagai Sumber Energi Alternatif* Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Palangkaraya.
- [5] Titus Rendy, Tri Widyastuti (2010) *Pengenalan Stasiun Meteorologi Pertanian Khusus dan Peralatan Pengamatan Cuaca* Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gajah Mada
- [6] Ery Safrianti, Feranita, dan Hendra Surya (2010) *Perancangan Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau
- [7] Ray Jeremy Sanger, Charitas Fibriani, Yessica Nataliani *Perancangan Aplikasi Sistem Informasi Pemantauan Kecepatan Angin Beserta Pengkategorian Jenis Angin dengan Hardware Inframerah Sebagai Media Kalibrasi*, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana
- [8] AT Mega Dapat diakses di [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
- [9] Rizal Banodin, *Alat penunjuk arah angin dan pengukur kecepatan angin dan pengukur kecepatan angin berbasis mikrokontroler AT89C51*, Teknik Elektro UNDIP, Semarang, 2011
- [10] Jacob, Fraden (2010). *Handbook Of Modern Sensor Fourth Edition*. Springer. USA.1.
- [11] Ashuri (2009) *Telemetry Arah Mata Angin dan Kecepatan Angin Berbasis SMS*, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negri Maulana Malik Ibrahim, Malang.