

PEMBUATAN ALAT UKUR KECEPATAN ANGIN DAN PENUNJUK ARAH ANGIN BERBASIS MIKROKONTROLLER AT-MEGA 8535

(*Maya Azlina*), (**Drs.Takdir Tamba M.Eng.SC**)

e-mail(mayaazlina@ymail.com)

e-mail(takdir@usu.ac.id)

ABSTRAK

Akuisisi data kecepatan angin dan arah angin dibutuhkan demi mendapatkan data yang akan dipakai dalam berbagai sektor kehidupan. Dalam penelitian dan pembahasan ini penulis merancang alat ukur kecepatan angin dan arah angin berbasis mikrokontroller at-mega 8535. Tujuan dari penelitian dan pembahasan ini adalah untuk menghasilkan suatu alat pengukur kecepatan angin dan arah angin yang murah, handal. Untuk keperluan ilmu pengetahuan, khususnya mengenai Metrologi dan geofisika diperlukan suatu alat yang dapat mengukur kecepatan angin dan arah angin. Dalam penelitian dan pembahasan ini, dibuat dua perangkat keras yaitu untuk mengukur kecepatan angin dan untuk menunjukkan arah angin. Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin menggunakan sensor optocoupler sebagai transducer. Alat ini dibuat sedemikian hingga dapat mengukur kecepatan angin minimal 1 m/s dan maksimal 60 m/s. Sedangkan untuk menunjukkan arah angin menggunakan sensor rotary encoder yaitu suatu sensor digital yang keluarannya berupa bit-bit digital sehingga mampu menunjukkan arah angin dari 0 hingga 360 dengan ketelitian 0,50.

Kata Kunci : *Anemometer, Kompas*

PENDAHULUAN

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu / temperatur rendah ke

wilayah bersuhu tinggi. (Arsyad, Sofyan. 1983)

Anemometer adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang banyak dipakai dalam bidang Metrologi dan geofisika atau stasiun perkiraan cuaca. Kecepatan atau kecepatan

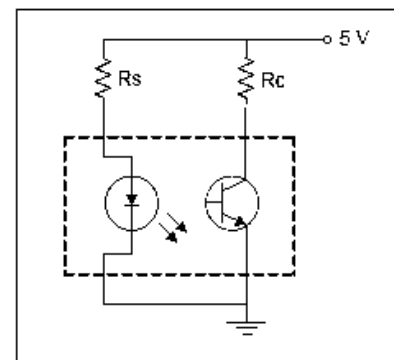
angin diukur dengan anemometer cup, instrumen dengan tiga atau empat logam berlubang kecil belahan ditetapkan, sehingga mereka menangkap angin dan berputar tentang batang vertikal. Sebuah catatan perangkat listrik revolusi dari cangkir dan menghitung kecepatan angin. Untuk keperluan ilmu pengetahuan, khususnya mengenai Metrologi dan geofisika diperlukan suatu alat yang dapat mengukur kecepatan angin dan menentukan arah angin. Dengan memperhatikan hal tersebut maka penulis tertarik untuk mengembangkan suatu alat untuk mengukur kecepatan angin dan sekaligus menentukan arahnya. Angin juga berpengaruh dalam mengatur masalah transportasi laut yaitu menggerakkan kapal dalam melayari lautan. Meski sudah jarang kapal laut menggunakan layar, dan berganti menggunakan bahan bakar batu bara ataupun solar, tetap saja angin diperlukan untuk menggerakkan kapal-kapal itu. Apabila angin tidak ada, maka gerak kapal akan terhenti secara total, sekali pun menggunakan tenaga nuklir. Karena bahan bakar ini terbakar dengan perantara gas oksigen yang ada di udara. (Barney, George C. 1935)

Sensor yang diaplikasikan untuk penentu arah angin ini yaitu sensor digital rotary encoder dan sensor yang

diaplikasikan untuk pengukuran kecepatan angin yaitu sensor optocoupler dengan mikrokontroler AT Mega 8535 sebagai pusat pengelola datanya yang hasilnya akan di tampilkan pada LCD 2x16.

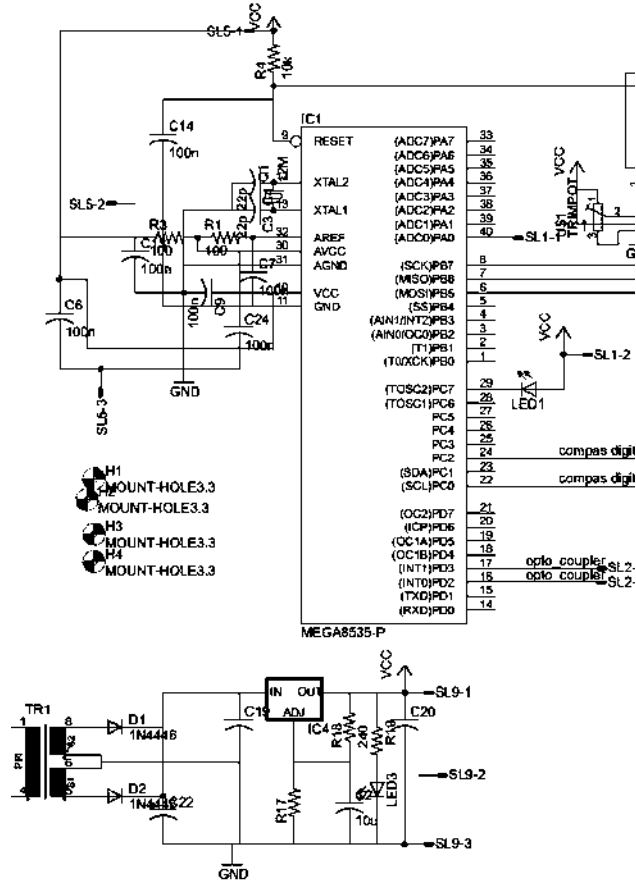
DASAR TEORI

Suatu instrumen supaya dapat digunakan untuk mengukur harus mempunyai ketelitian, ketepatan, sensitivitas, dan resolusi yang tinggi serta mempunyai nilai error yang kecil. Cara kerja mengambil pulsa detak dari optocoupler dengan cara membaca banyak putaran baling-baling kemudian dilewatkan pada IC Schmitt trigger untuk mengatasi osilasi tegangan.



Gambar 1. Optocoupler

PERANCANGAN DAN CARA PEMBUATAN ALAT

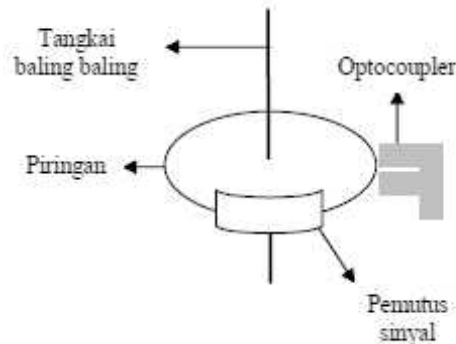


Gambar 2. Rangkaian Lengkap

MEKANIK PENGUKURAN KECEPATAN ANGIN

Pengukuran kecepatan angin terdiri dari Baling – baling mangkok yang dikompel dengan piringan sensor (absolute encoder), sensor kecepatan optocoupler, mikrokontroller AT – Mega 8535 serta LCD. Piringan sensor adalah alat yang digunakan untuk mengindra kecepatan putar baling-

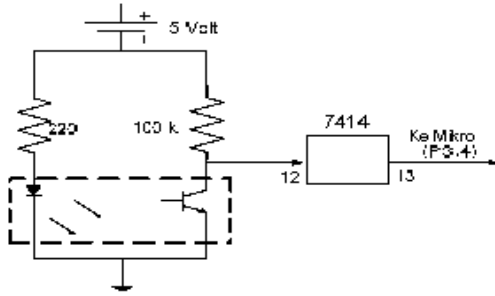
baling mangkok. Titik pusat piringan sensor dan titik pusat baling-baling mangkok dihubungkan dengan sebuah poros, sehingga kecepatan putar piringan sensor sama dengan kecepatan putar baling-baling.



Gambar 3. Piringan dikopel dengan baling-baling

Sensor Kecepatan

Dalam perancangan alat pengukur kecepatan angin, sensor kecepatan merupakan salah satu rangkaian yang memegang peranan penting. Sensor kecepatan ini akan membaca slot pada piringan sensor. Piringan sensor berfungsi untuk menghasilkan pulsa – pulsa listrik yang akan di indra oleh optocoupler (sensor kecepatan) dengan cara memberi lubang pada setiap pinggir piringan.



Gambar 4. Rangkaian sensor untuk piringan sensor

Schmitt Trigger

IC ini berfungsi menegaskan output optocoupler (LED dan phototransistor), ketika berubah dari low ke high bila kurang dari nilai Positif Going Threshold Voltage (PGTV) maka output akan dibawa ke logika low dan sebaliknya bila lebih dari nilai PGTV maka output akan dibawa ke logika high. Ketika berubah dari high ke low bila lebih dari nilai Negative Going Threshold Voltage (NGTV) maka output akan dibawa ke logika high dan sebaliknya bila kurang dari nilai NGTV, maka output akan dibawa ke logika low.

Mikrokontroler AT-Mega 8535 Untuk Kecepatan Angin

Mikrokontroler AT-Mega8535 berfungsi untuk mengolah data yang inputnya berasal dari schmitttrigger dan hasilnya akan ditampilkan di LCD 2x16.

Piringan sensor ini prinsip kerjanya menghitung jumlah pulsa dalam jumlah waktu tertentu. Untuk mempermudah menampilkan data hasil perhitungan sehingga tidak diperlukan pengali maka dibuat metode pengambilan data persatuan waktu yang khusus. Diambil contoh untuk kecepatan angin 3 KM/Jam, metodenya sebagai berikut :

$$3 \text{ KM/Jam} = 1 \text{ rps}$$

karena digunakan 30 slot maka dalam

$$1 \text{ rps} = 30 \text{ slot} = 3 \text{ KM/Jam}$$

sehingga setiap 1 pulsa akan sama dengan 0,1 KM/Jam

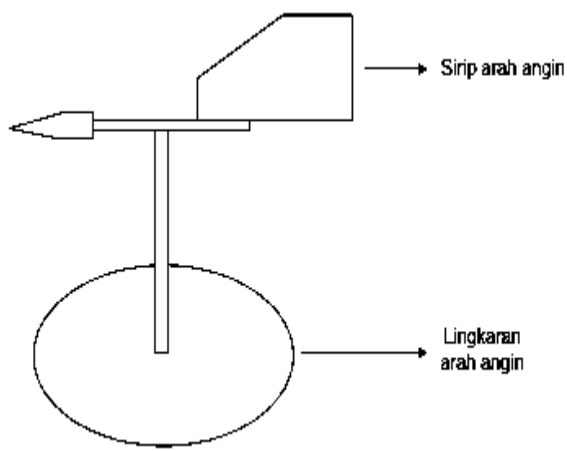
MEKANIK PENENTU ARAH ANGIN

Penentu arah angin ini terdiri atas 4 macam piranti, yaitu sirip penunjuk arah angin, sensor rotary encoder, sensor kompas digital dan mikrokontroler AT-Mega 8535 serta LCD untuk menampilkan hasilnya.



Gambar 5. Arah Angin

Arah angin dinyatakan dengan arah dari mana datangnya angin, misalnya: angin barat yang artinya angin datang dari barat, angin tenggara yang artinya angin datang dari tenggara, dan sebagainya. Mekanik penentu arah angin ini berupa sirip untuk menunjukkan arah angin. Sirip ini berfungsi untuk memutar sensor rotary encoder untuk menunjukkan arah angin sesuai dengan arah datangnya angin.

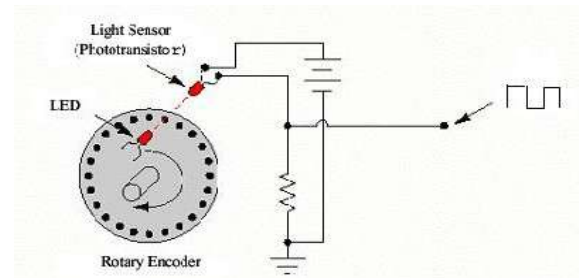


Gambar 6. Mekanik Penunjuk arah angin

mekanik arah angin mempunyai poros vertikal A. Ekor angin C mempunyai daya tangkap angin yang lebih besar dari ujung mekanik B. Dengan demikian, maka dari manapun angin datang bertiup, ujung mekanik B senantiasa mengambil kedudukan menuju ke arah dari mana datangnya angin.

Sensor Rotary encoder

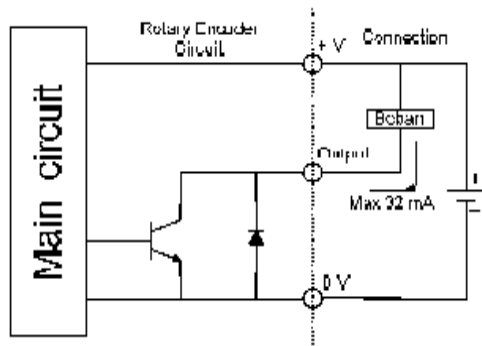
Prinsip kerja dari sensor ini yaitu dengan menghubungkan poros (shaft) pada sebuah piringan sensor. Dimana piringan sensor ini terdiri dari beberapa jalur (track) yang berupa lingkaran-lingkaran yang konsentris dan setiap jalur di hubungkan dengan sebuah sumber cahaya dan detector cahaya.



Gambar 7. Prinsip kerja Rotary Encoder

Sumber cahaya ini berfungsi untuk mengubah energy listrik menjadi cahaya, dan cahaya ini akan mengkonduksikan detektor cahaya jika mengenai bagian yang transparan dari piringan tersebut. Sehingga, keluaran dari detektor cahaya akan berlogika rendah. Dimana fungsi dari detektor cahaya untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sehingga, masing-masing jalur (track) dapat diketahui MSB (Most Significant Bit) dan LSB (low Significant Bit) pada outputnya yang berupa bilangan biner yang menyusun sebuah sandi BCD.

Sensor ini mempunyai keluaran 11 bit yang dihubungkan ke mikrokontroller. Pada Aplikasinya sebagai penentu arah angin sensor rotary encoder yang digunakan mempunyai ketelitian sampai 0.5 derajat, hal ini disebabkan karena sensor ini mempunyai pulse/1 putaran sebesar 720 division.



Gambar 8. Control output NPN open collector

Mikrokontroller AT-Mega8535 untuk Arah Angin

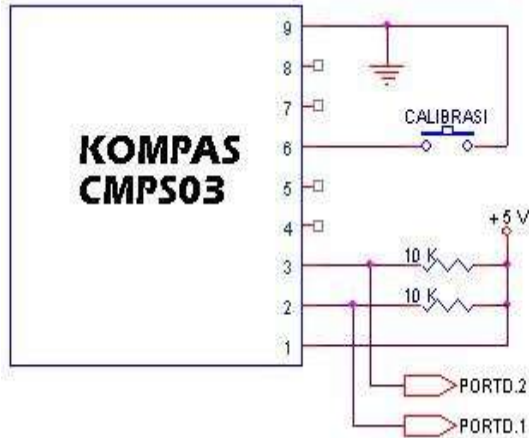
Mikrokontroller AT-Mega 8535 berfungsi untuk mengolah data yang inputnya berasal dari sensor rotary encoder dan hasilnya akan ditampilkan pada LCD. Rancangan pemograman dari mikrokontroller untuk penentu arah angin ini terbagi menjadi dua bagian yaitu tampilan untuk nilai default dan tampilan untuk nilai setting. Tampilan untuk nilai default ini digunakan pada saat alat pertama kali dijalankan, dengan catatan bahwa tombol set tidak ditekan. Jika sewaktu-

waktu diinginkan pengesetan arah angin, maka tombol 5 set ditekan setelah mengatur arah angin sesuai keinginan.

Sensor Kompas Digital CMPS-03

Kompas Elektronik CMPS-03 buatan Devantech Ltd ini menggunakan sensor medan magnet Philips KMZ51 yang cukup sensitif untuk mendeteksi medan magnet bumi. Modul ini bekerja dengan mendeteksi magnetik bumi. Data yang dihasilkan dari kompas elektronik ini berupa data biner. Sebagai contoh jika modul menghadap utara maka data yang dihasilkan adalah data 00H, dan arah selatan data keluarannya adalah 7FH.

Koneksi dari modul ke mikrokontroller dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan menggunakan data PWM (Pulse Width Modulation), atau dengan I2C (Inter Intergrated Circuit). Jika menggunakan interface PWM, pulsa keluaran memiliki rentang 1mS untuk 0° atau arah utara sampai dengan 36.99 mS untuk 359.90°. Cara yang kedua menggunakan I2C, metode ini dapat digunakan langsung sehingga data yang dibaca tepat 0° – 360° sama dengan 0 – 255.



Gambar 9. Rangkaian aplikasi dari sensor magnetic compass CMPS03

PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS

Pengujian pada sistem perangkat keras dan perangkat lunak yang telah direalisasikan ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem tersebut dapat bekerja sesuai dengan teori-teori yang ada atau tidak, serta untuk mengetahui seberapa besar kesalahan hasil pembacaan perangkat keras yang dibuat yaitu dengan cara melakukan kalibrasi dengan anemometer (alat ukur kecepatan angin) yang ada. Pengujian sistem ini dilakukan pada masing-masing bagian, yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran alat dengan alat ukur yang ada di Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Padang Panjang (Sumatera Barat). Pengukuran yang

dilakukan terbagi menjadi 2 bagian yaitu pengukuran untuk kecepatan angin dan pengukuran untuk penentu arah angin.

PENGUJIAN ALAT UKUR KECEPATAN ANGIN

Kalibrasi untuk alat pengukur kecepatan angin menggunakan alat ukur yang ada di BMKG Padang Panjang (Sumatera Barat) dan BMKG Medan. Alat ukur pembanding yang ada pembacaannya menggunakan teknologi analog. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan kipas angin yang diarahkan ke baling-baling mekanik alat yang dibuat dan baling-baling mekanik pembanding dengan besar kecepatan kipas angin dan jarak yang sama. Berdasarkan hasil pengujian didapat data seperti dibawah ini :

Tabel 1. Data Pengukuran Kecepatan Angin Di Bandara

Tanggal	Bandara (Minangkabau Padang)			
	Data dari alat	Data BMKG		
		Kecepatan	Arah angin	Kecepatan
Sabtu 15 Juni 2013	7.2 km/jam 2 m/s	225° Barat Daya	7.2 km/jam 2 m/s	227° Barat Daya
Minggu 16 Juni 2013	14.4 km/jam 4 m/s	247° Barat Daya	15 km/jam 4.1 m/s	250° Barat Daya
Senin 17 Juni 2013	7.2 km/jam 2 m/s	255° Barat Daya	7.5 km/jam 2.1 m/s	257° Barat Daya

Tanggal	Daerah Pelabuhan Belawan			
	Data dari alat	Data BMKG		
"	Kecepatan	Arah angin	Kecepatan	Arah angin
Sabtu 25 Mei 2013	54 km/jam 15 m/s	325° Barat Laut	53.6 km/jam 14.9 m/s	327° Barat Laut
Senin 27 Mei 2013	57.6 km/jam 16 m/s	317° Barat Laut	57.9 km/jam 16.1 m/s	320° Barat Laut
Selasa 28 Mei 2013	61.2 km/jam 17 m/s	325° Barat Laut	60 km/jam 16.7 m/s	327° Barat Laut

Tabel 2. Data Pengukuran Kecepatan Angin Di Pelabuhan Belawan

Tanggal	Daerah Daratan Binjai			
	Data dari alat	Data BMKG		
"	Kecepatan	Arah angin	Kecepatan	Arah angin
Senin 17 Juni 2013	18 km/jam 5 m/s	80° Timur	18.3 km/jam 5.1 m/s	83° Timur
Rabu 19 Juni 2013	39.6 km/jam 11 m/s	85° Timur	40 km/jam 11.1 m/s	85° Timur
Kamis 20 Juni 2013	43.2 km/jam 12 m/s	87° Timur	44 km/jam 12.2 m/s	88° Timur

Tabel 3. Data Pengukuran Kecepatan Angin Di Daratan Binjai

Untuk mengetahui seberapa besar kesalahan pembacaan alat ukur yang dibuat terhadap

alat ukur pembanding, maka dapat dibuat Tabel perhitungan-perhitungan.

Tabel 4. Perhitungan Simpangan Kecepatan Angin

No.	Alat Ukur Pembanding	Alat Tugas Akhir	Simpangan (X-X)	Simpangan Kuadrat (X-X)
1	7.2 km/jam	7.2 km/jam	0	0
	15 km/jam	14.4 km/jam	-0.6	0.36
	7.5 km/jam	7.2 km/jam	-0.3	0.09
2	53.6 km/jam	54 km/jam	0.4	0.16
	57.9 km/jam	57.6 km/jam	-0.3	0.09
	60 km/jam	61 km/jam	1.2	1.44
3	18.3 km/jam	18 km/jam	-0.3	0.09
	40 km/jam	39.6 km/jam	-0.4	0.16
	44 km/jam	43.2 km/jam	-0.8	0.64
	JUMLAH			2.99

Maka dapat dilakukan perhitungan – perhitungan sebagai berikut :

$$SX = \sqrt{\sum (X - X)^2}$$

$$n (n - 1)$$

$$SX = \sqrt{2.99}$$

$$9(9 - 1)$$

$$SX = 0.20$$

$$e = 0.20 / 7.2 \times 100\%$$

$$= 2.7 \%$$

$$e = 0.20 / 14.4 \times 100\%$$

$$= 1.3 \%$$

$$e = 0.20 / 7.2 \times 100\%$$

$$= 2.7 \%$$

$$e = 0.20 / 54 \times 100\%$$

$$= 0.37 \%$$

$$e = 0.20 / 57.6 \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.34 \%}$$

$$e = 0.20 / 61.2 \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.32 \%}$$

$$e = 0.20 / 18 \times 100\%$$

$$= \mathbf{1.1 \%}$$

$$e = 0.20 / 39.6 \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.5 \%}$$

$$e = 0.20 / 43.2 \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.4 \%}$$

Tabel 5. Perhitungan Kesalahan Rata – Rata Kecepatan Angin

Kecepatan Angin TA	Error (e)	Simpangan (e- \bar{e})	Simpangan Kuadrat (e- \bar{e}) ²
7.2	2.7	-7.03	49.4
14.4	1.3	-8.43	71
7.2	2.7	-7.03	49.4
54.0	0.37	-9.36	87.6
57.6	0.34	-9.39	88.1
61.2	0.32	-9.41	88.5
18.0	1.1	-8.63	74.4
39.6	0.5	-9.23	85.1
43.2	0.4	-9.33	87
JUMLAH	$\bar{e} = 9.73$		$\sum (e - \bar{e})^2 = 680.5$

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

$$SX = \frac{\sqrt{680.5}}{9 (9-1)}$$

$$SX = 3.0$$

$$\text{Toleransi} = 3.0 / 9.73 \times 100\%$$

$$= 30.8 \%$$

Jadi harga kesalahan rata-rata pengukuran kecepatan angin adalah sebesar 9.73 % dengan harga toleransinya adalah sebesar 30.8%, dengan Ketepatan = 100% - 9.73% = 90.27 %

Dari pengukuran kecepatan angin yang dilakukan di Masing-masing tempat dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara alat ukur kecepatan angin yang saya buat dengan alat ukur kecepatan angin pembanding. Hal ini disebabkan karena pada alat ukur pembanding skala pembacaannya dilakukan secara digital dengan satuan km/jam sedangkan alat ukur yang saya rancang skala pembacaannya dilakukan secara analog dengan satuan m/s sehingga pada kedua alat terdapat perbedaan satuan dan ketelitian hasil pembacaan yang dapat mengakibatkan kesalahan hasil pengamatan pada waktu pengukuran.

PENGUJIAN ALAT UKUR PENENTU ARAH ANGIN

Pengujian alat pengukur arah angin dilakukan untuk mengetahui apakah alat pengukur arah angin yang dibuat dapat mengukur hingga 3600 dalam satu putarannya atau tidak dan untuk menguji seberapa tinggi ketelitian alat ukur tersebut, serta membandingkannya dengan penentu arah angin yang ada di BMKG Padang Panjang (Sumatera Barat) dan BMKG Belawan, pengujian dilakukan dengan cara mengarahkan mekanik alat yang dibuat dan mekanik alat dari BMG ke arah utara yang menandakan bahwa.

No.	Tempat	Alat UP	Alat TA
1	Binjai	83° (Timur)	80° (Timur)
	Binjai	85° (Timur)	85° (Timur)
	Binjai	88° (Timur)	87° (Timur)
2	Padang	227° (Barat Daya)	225° (Barat Daya)
	Padang	250° (Barat Daya)	247° (Barat Daya)
	Padang	257° (Barat Daya)	255° (Barat Daya)
3	Belawan	327° (Barat Laut)	325° (Barat Laut)
	Belawan	320° (Barat Laut)	317° (Barat Laut)
	Belawan	327° (Barat Laut)	325° (Barat Laut)

Tabel 6. Hasil Pengujian Alat Ukur Arah Angin

Untuk mengetahui seberapa besar kesalahan pembacaan alat ukur yang dibuat terhadap

alat ukur pembanding, maka dapat dibuat Tabel perhitungan.

Tabel 7. Perhitungan Simpangan Arah Angin

No	Tempat	Alat UP	Alat TA	(X- \bar{X})	(X- \bar{X}) ²
1	Binjai	83° (Timur)	80° (Timur)	-3	9
	Binjai	85° (Timur)	85° (Timur)	0	0
	Binjai	88° (Timur)	87° (Timur)	-1	1
2	Padang	227° (Barat D)	225° (Barat D)	-2	4
	Padang	250° (Barat D)	247° (Barat D)	-3	9
	Padang	257° (Barat D)	255° (Barat D)	-2	4
3	Belawan	227° (Barat L)	325° (Barat L)	-2	4
	Belawan	320° (Barat L)	317° (Barat L)	-3	9
	Belawan	327° (Barat L)	325° (Barat L)	-2	4
JUMLAH					44

Maka dapat dilakukan perhitungan – perhitungan sebagai berikut :

$$SX = \sqrt{\sum (X - \bar{X})^2}$$

$$n (n - 1)$$

$$SX = \sqrt{44}$$

$$9(9 - 1)$$

$$SX = 0.7$$

$$e = 0.7 / 80^\circ \times 100\%$$

$$= 0.8 \%$$

$$e = 0.7 / 85^\circ \times 100\%$$

$$= 0.82 \%$$

$$e = 0.7 / 87^\circ \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.80\%}$$

$$e = 0.7 / 225^\circ \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.31\%}$$

$$e = 0.7 / 247^\circ \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.28\%}$$

$$e = 0.7 / 255^\circ \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.27\%}$$

$$e = 0.7 / 325^\circ \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.21\%}$$

$$e = 0.7 / 317^\circ \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.22\%}$$

$$e = 0.7 / 325^\circ \times 100\%$$

$$= \mathbf{0.21\%}$$

Tabel 8. Perhitungan Kesalahan Rata – Rata Penentu Arah Angin

No.	Arah Angin	Error (e)	Simpangan (e- \bar{e})	Simpangan Kuadrat (e- \bar{e}) ²
1	80°	0.8	-3.12	9.7
2	85°	0.82	-3.1	9.6
3	87°	0.8	-3.12	9.7
4	225°	0.31	-3.61	13
5	247°	0.28	-3.64	13.2
6	255°	0.27	-3.65	13.3
7	325°	0.21	-3.71	13.7
8	317°	0.22	-3.7	13.6
9	325°	0.21	-3.71	13.7
JUMLA H		$\bar{e} = 3.92$		$\sum (e - \bar{e})^2 = 109.5$

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

$$SX = \frac{\sqrt{109.5}}{9(9-1)}$$

$$SX = 1.23$$

$$\text{Toleransi} = 1.23 / 3.92 \times 100\%$$

$$= 31.37\%$$

Jadi harga kesalahan rata-rata pengukuran kecepatan angin adalah sebesar 3.92 % dengan harga toleransinya adalah sebesar 31.37%, dengan

$$\text{Ketepatan} = 100\% - 3.92\%$$

$$= 96.08\%$$

Hasil pengukuran arah angin yang diperoleh dapat dilihat bahwa alat yang dibuat mampu menentukan arah angin hingga 360. Meskipun terdapat perbedaan hasil pengukuran antara alat ukur tugas akhir dengan alat ukur pembanding, namun perbedaan ini tidak terlalu jauh. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu:

Pengaruh sekeliling terhadap sistem dimana, angin dari luar maupun angin dari kipas angin yang memantul dapat mempengaruhi pergerakan mekanik dari alat ukur sehingga mengakibatkan mekanik arah angin alat ukur tidak selalu tepat menunjukkan nilai yang konstan, meskipun perubahannya

sedikit tetapi dapat mengakibatkan kesalahan dalam pengamatan.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sensor kecepatan berupa rangkaian elektronik yang terdiri dari optocoupler dan schmitt trigger yang menghasilkan frekuensi keluaran yang sebanding dengan kecepatan mekanik baling-baling mangkok.
2. Pengukuran kecepatan angin dilakukan pada angin yang bergerak mendatar dengan kecepatan minimal yang dapat diukur adalah 0,1 m/s.
3. Dari hasil perhitungan untuk kecepatan angin diperoleh error 9.72% dan untuk pengukuran arah angin sebesar 3.92%.
4. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, alat penentu kecepatan dan arah angin Skripsi ini mempunyai kesalahan rata-rata yang cukup rendah yaitu sebesar 1.06 % untuk Kecepatan angin terhadap data yang di keluarkan BMKG dan sebesar 0.4% untuk Arah angin.

Saran

1. Diharapkan fungsi alat bisa diperluas lagi, agar tidak hanya bisa mengukur kecepatan dan arah angin saja. Tapi bisa diperluas dengan menambahkan fungsi lain seperti pengukur suhu, pengukur tekanan bahkan mengukur kelembaban udara.
2. Diharapkan alat yang saya rancang ini dapat dipergunakan untuk keperluan percobaan sekolah atau percobaan di Laboratorium.
3. Diharapkan pembaca dapat member saran dan kritik terhadap penulis dalam perancangan alat ini, dan penulis berharap alat ini dapat dikembangkan baik aplikasi maupun perancangannya lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, Sofyan. 1983. **Ilmu Iklim dan Pengairan**. Jakarta: CV.Yasaguna.
- Barney, George C. 1935. **Intelegent Instrumentation**. Control System Centre. UMIST.Manchester.
- Bejo, Agus, 2005, **“C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroller AT Mega**

8535”,Edisi Pertama,Penerbit Gava Media,Yogyakarta.

Budiharto,Widodo,2005,“**Panduan Lengkap Belajar Mikrokontroller Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroller**”,Penerbit:PT.Elex Media Komputindo,Jakarta.

Heryanto,M.Ary dan Wisnu Adi,2008,“**Pemrograman Untuk Mikrokontroller AT Mega 8535**”,ANDI,Yogyakarta.

Malvino,Albert Paul,2003,“**Prinsip-Prinsip Elektronika**”,Jilid 1 dan

2,Edisi Pertama,Penerbit:Salemba Teknika,Jakarta.

Syahrul,2012, “**Mikrokontroller AVR AT Mega 8535**”,Informatika,Bandung.

<http://www.mikro.com/en/books/keu/05.html> Diakses tanggal 19 June 2013

http://www.tofi.or.id/download/PIRANTI%20SEMIKONDUKTOR_4.ppt. Diakses tanggal 19 June 2013

<http://www.autonics.com>, 2005. *Rotary Encoder Datasheet*, Diakses tanggal 20 June 2013