

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELAJUAN DAN ARAH ANGIN BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega8535 MENGGUNAKAN SISTEM SENSOR CAHAYA

Rhahmi Adni Pema, Wildian, Imam Taufiq

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163
e-mail:rhahmiamie@yahoo.co.id

ABSTRAK

Telah dirancang sebuah alat ukur kelajuan dan arah angin. Rangkaian elektronik alat ukur terdiri dari rangkaian catu daya, rangkaian mikrokontroler dan LCD, rangkaian *schmitt trigger* dan rangkaian fotodiode. Baling-baling pada alat berupa sistem tiga mangkuk. Bagian mekanik alat terbuat dari material ringan, sehingga dapat mengoptimalkan gerakan rotasi mangkuk. Mangkuk terbuat dari bahan plastik yang berdiameter 7,7 cm, sedangkan piringan sensor merupakan cakram CD yang bermassa 20,64 g. Bagian mekanik alat memiliki karakteristik 1 kali pulsa (1 kali putaran) dalam 1 detik (frekuensi = 1 Hz) mewakili kecepatan angin sebesar 0,61m/s. Standardisasi alat dilakukan dengan pengujian terhadap anemometer Lutron AM-4206, ketepatan pengujian sebesar 99,10%, sebagai pembanding, dilakukan juga pengujian antara anemometer mangkuk permanen di BMKG dengan anemometer Lutron AM-4206, ketepatan pengujian sebesar 90,47%. Penentuan arah angin menggunakan sebuah bilah yang akan berputar untuk menentukan 8 arah angin dengan resolusi sebesar 45° .

Kata kunci : kelajuan angin, arah angin, anemometer, ATmega8535.

ABSTRACT

A measuring instrument of wind speed and wind direction has been designed. The electronic circuits consists of a power supply circuit, microcontroller and LCD circuit, schmitt trigger circuit and a photodiode circuit. The propeller on the tool consists of three cup systems. The mechanical parts made of lightweight material, so it's can optimize the rotation of cups. The cups are made of plastic material with a diameter of 7.7 cm, while the sensor disc is a CD disc with a mass of 20.64 g. The characteristics of the mechanical parts is 1 pulse (1 rotation) in 1 second (frequency = 1 Hz) represent wind speed of 0.61m/s. Standardization of instrument tested by the anemometer Lutron AM-4206, the testing accuracy of 99.10%, for comparison, the permanent cup anemometer in BMKG also tested by anemometer Lutron AM-4206, the testing has accuracy of 90.47%. Determination of wind direction made of a blade that can be rotation to determine 8 direction of wind direction with a resolution of 45° .

Keywords : wind speed, wind direction, anemometer, ATmega8535.

I. PENDAHULUAN

Potensi energi angin di suatu tempat dapat diketahui berdasarkan kelajuan anginnya. Alat yang digunakan untuk mengukur kelajuan angin dikenal sebagai anemometer (Matondang, 2011). Sebuah anemometer permanen yang biasanya dipakai di BMKG terdiri dari sistem tiga mangkuk yang dipasang secara simetris pada sumbu vertikal. Pada bagian bawah sumbu vertikal dipasang sebuah generator yang diputar oleh sistem ketiga mangkuk tersebut. Tegangan dari generator sebanding dengan kelajuan putar baling-baling yang terbentuk dari sistem tiga mangkuk (BMKG Pusat, 2012). Kebanyakan pengukuran pada instrumen ini menggunakan pengukuran secara analog, sehingga ketepatannya tergantung kepada orang yang membaca jarum penunjuk pada instrumen tersebut (Safrianti, dkk, 2010).

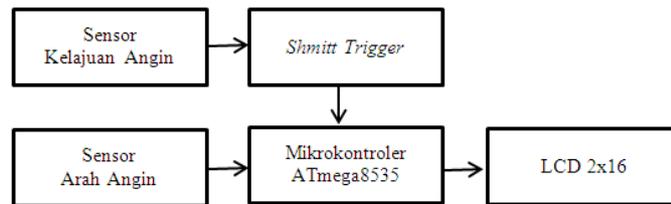
Perputaran sistem mangkuk itu digunakan untuk menggerakkan generator, maka gerak putar mangkuk menjadi relatif terhambat, karena terbebani oleh massa rotor. Ini diakibatkan karena momen inersia sistem alat menjadi lebih besar, sehingga sensitivitas alat menjadi rendah. Pada penelitian ini dirancang suatu alat ukur kelajuan dan arah angin yang dimaksudkan untuk meminimalisir faktor pembebanan tersebut dengan cara memakai piringan sensor yang berasal dari material ringan. Pada penentuan arah horizontal pergerakan angin maka digunakan alat

penunjuk arah angin berupa sebuah objek tidak simetris (misalnya sebuah anak panah) yang dapat bergerak dengan bebas di sekitar poros horizontalnya.

Tujuan penelitian ini adalah merancang bangun suatu alat ukur kelajuan dan arah angin berbasis mikrokontroler ATmega8535 menggunakan sistem sensor cahaya. Manfaat penelitian adalah menambah informasi tentang metode alternatif dalam perancangan dan pembuatan alat ukur kelajuan dan arah angin tipe digital yang pada gilirannya dapat digunakan pada instansi yang membutuhkan.

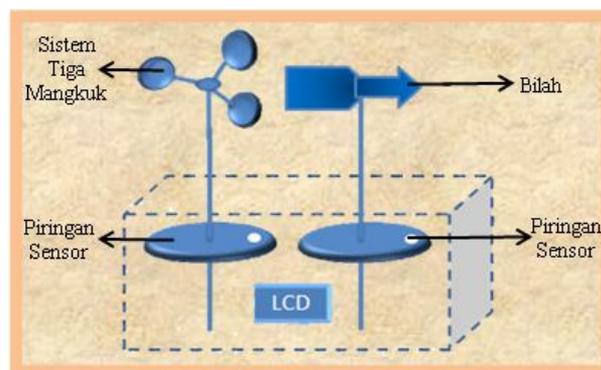
II. METODE

Besar nilai kelajuan dan arah angin yang diukur akan diproses oleh dua bagian utama dari alat yang terpisah. Oleh sebab itu, penggunaan besaran kelajuan lebih tepat karena merupakan salah satu besaran skalar, yaitu besaran yang hanya memiliki nilai tanpa arah (Tipler, 1998). Alat ukur kelajuan dan arah angin terdiri dari sistem perangkat keras (*hardware*) dan sistem perangkat lunak (*software*). Sistem perangkat keras terdiri dari rangkaian catu daya 5V, -12V dan 12V, rangkaian sistem sensor cahaya, rangkaian *schmitt trigger* dan sistem minimum rangkaian mikrokontroler ATmega8535. Sistem perangkat lunak yang digunakan pemrograman bahasa BASCOM-AVR. Diagram blok sederhana aplikasi mikrokontroler ATmega8535 sebagai pusat olah data dalam alat ukur kelajuan dan arah angin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok alat ukur kelajuan dan arah angin

Sensor kelajuan angin dan arah angin merupakan sistem sensor cahaya yang terdiri dari fotodiode dan LED inframerah. Fotodiode berfungsi untuk mendeteksi sumber cahaya yang berasal dari LED inframerah. Sinyal keluaran dari sensor kelajuan angin masuk ke rangkaian *schmitt trigger* yang berperan dalam menghasilkan sinyal keluaran tepat *high* atau tepat *low*. Skema umum mekanik alat ukur dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema umum bagian mekanik alat ukur

Pada Gambar 2 mekanik alat terbagi atas 2 bagian yaitu bagian untuk mendeteksi kelajuan angin (sistem tiga mangkuk) dan bagian untuk mendeteksi arah angin (bilah). Kedua bagian mekanik ini dikopel dengan piringan sensor bercelah yang berada di daerah antarmuka fotodiode dan LED inframerah. Cahaya LED inframerah akan mengenai fotodiode ketika celah pada piringan sensor tepat berada di antarmuka fotodiode dan LED inframerah tersebut yang pada gilirannya akan menghasilkan sinyal keluaran *high* dan sebaliknya.

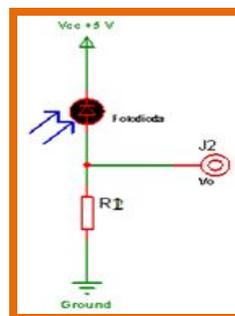
2.1 Komponen Penelitian

Adapun komponen yang digunakan antara lain fotodiode yang digunakan sebagai pengindera atau pendeteksi cahaya, LED inframerah yang digunakan sebagai sumber cahaya, mikrokontroler ATmega8535 yang digunakan sebagai sistem pemroses data, dioda yang digunakan untuk menyearahkan arus ac menjadi dc, trafo yang digunakan untuk menurunkan tegangan, IC AN7805; IC AN7812; IC AN7912 yang digunakan untuk menghasilkan tegangan sesuai dengan besar nilai dua angka terakhir, kapasitor yang digunakan untuk menapis gelombang dan bisa juga sebagai penyimpan muatan, resistor yang digunakan sebagai hambatan, transistor yang digunakan sebagai penguat arus dan LCD yang digunakan sebagai penampil.

2.2 Rancang Bangun Perangkat Keras

2.2.1 Rangkaian Sensor

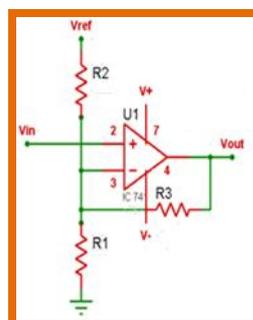
Sensor adalah suatu piranti (*device*) yang menerima sinyal atau rangsangan (*stimulus*) dengan mengubahnya menjadi sinyal listrik (Fraden, 2004). Komponen yang digunakan dalam rangkaian sensor cahaya, yaitu satu fotodiode dan satu resistor 20 kΩ. Rangkaian sensor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian sensor cahaya

2.2.2 Rangkaian Schmitt Trigger

Schmitt trigger merupakan sebuah komparator yang berperan dalam menghasilkan sinyal keluaran tepat *high* atau *low* terhadap keluaran sistem sensor cahaya (Cockrill, 2011). Rangkaian *schmitt trigger* ini memiliki nilai PGTV-nya sebesar 3,086V, sedangkan nilai NGTV-nya sebesar 2,907V dengan komponen yang digunakan, yaitu IC 741, resistor 4,7 kΩ (R1), 3 KΩ (R2), dan 100 KΩ (R3). Rangkaian *schmitt trigger* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian schmitt trigger

2.2.3 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler adalah sebuah sistem *microprocessor* yang di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, *Clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik dalam satu kemasan *chip* (Winoto, 2010). Komponen yang digunakan antara lain satu mikrokontroler ATmega8535, dua kapasitor 22 pF dan satu kristal 12 MHz.

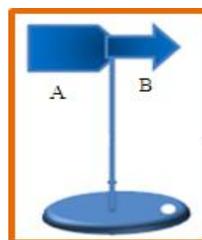
2.3 Perancangan Sistem Mekanik Alat

Diameter mangkuk dan lengan yang digunakan adalah 7,7 cm dan 2 cm , ukuran ini dipakai karena cukup optimal untuk sebuah anemometer dengan mangkuk berbahan dasar plastik (As'ari, 2011), sehingga diameter alat ukur kelajuan dan arah angin adalah 9,7 cm seperti pada Gambar 5. Oleh sebab itu, alat ini memiliki karakteristik dalam 1 kali pulsa (1 kali putaran) dalam 1 detik (frekuensi = 1 Hz), maka kelajuan angin yang terukur sebesar 0,61 m/s. Pulsa ini didapatkan ketika sinyal berlogika *high*. Pada piringan sensor hanya terdapat satu celah, maka dari itu dalam satu kali putaran terdapat 1 kali pulsa.



Gambar 5 Jari-jari alat ukur kelajuan dan arah angin

Pada mekanik penunjuk arah angin dibuat seperti sebuah bilah yang memiliki bentuk yang tidak simetris seperti pada Gambar 6. Ini bertujuan agar bilah tersebut dapat mengarah sesuai dengan arah sumber angin. Bagian permukaan A akan mendapat tekanan angin yang lebih besar daripada bagian B, karena bagian permukaan A ($42,3 \text{ cm}^2$) memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan luas permukaan bagian B ($14,2 \text{ cm}^2$). Besar luas permukaan ini dipilih karena lebih efektif dibandingkan dengan luas permukaan yang lebih besar. Ini disebabkan besarnya luas permukaan akan memperbesar momen inersia dari bilah saat berotasi (Bonadin, 2005).



Gambar 6 Mekanik penunjuk arah angin

2.4 Tata Laksana Penelitian

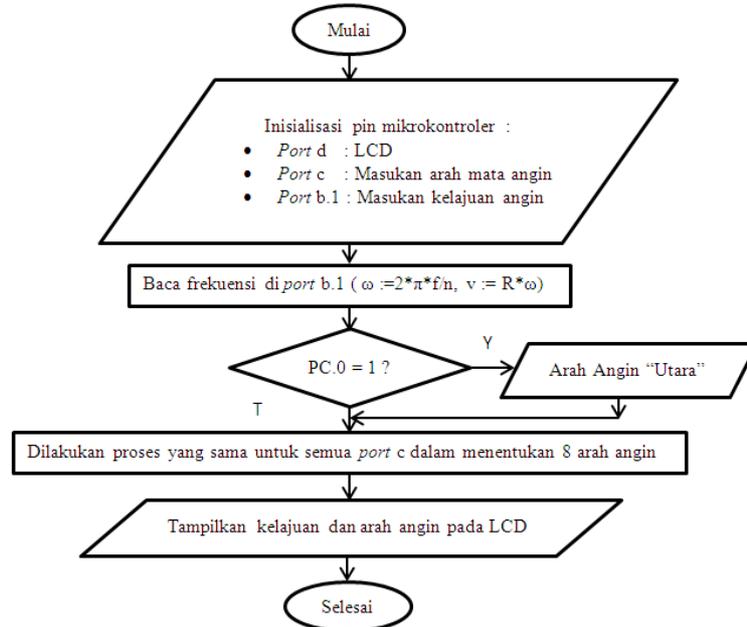
Rancang bangun alat ukur kelajuan dan arah angin yang berbasis mikrokontroler ATmega8535 dilakukan melalui beberapa tahap. Tahapan tata laksana penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram alir tata laksana penelitian

2.5 Rancang Bangun Perangkat Lunak

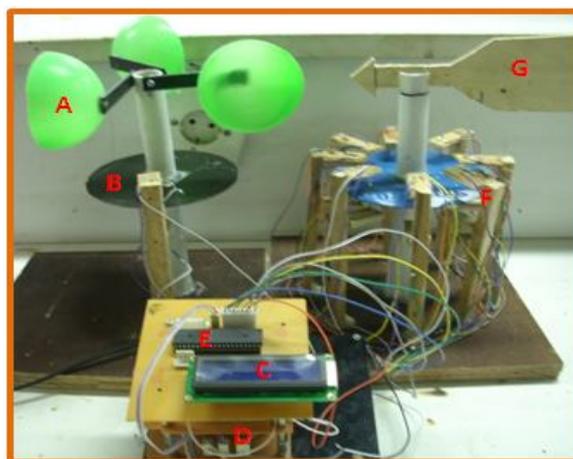
Bahasa pemrograman menggunakan bahasa BASCOM-AVR yang merupakan bahasa pemrograman BASIC yang hasilnya dapat diubah menjadi format *.hex (Setiawan, 2011). Diagram alir dari program yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram alir program

III. HASIL DAN DISKUSI

Setelah dilakukan perancangan dan pengujian terhadap seluruh rangkaian maka diperoleh hasil berupa suatu rancang bangun alat ukur kelajuan dan arah angin berbasis mikrokontroler ATmega8535 dengan menggunakan sensor cahaya berupa fotodiode seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Rangkaian dan mekanik alat ukur kelajuan dan arah angin, (A) Sistem tiga mangkuk, (B) Piringan sensor, (C) LCD, (D) Catu daya, (E) Mikrokontroler ATmega8535, (F) Fotodiode dan (G) Bilah penunjuk arah angin

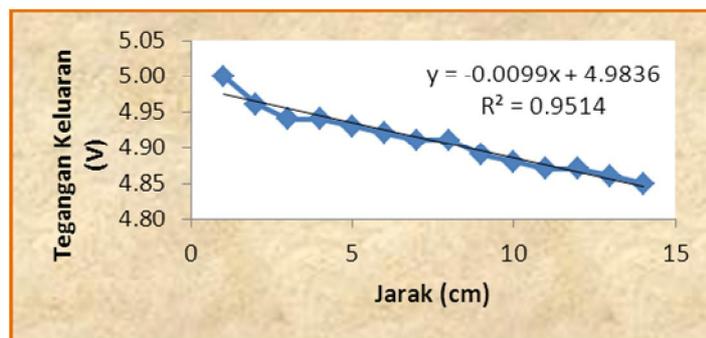
Pada Gambar 9 terlihat bahwa alat ukur kelajuan dan arah angin dengan sistem sensor cahaya didukung oleh perangkat keras yang terdiri dari rangkaian sensor cahaya, rangkaian minimum mikrokontroler ATmega8535, rangkaian catu daya 5V, 12V, -12V dan rangkaian schmitt trigger serta LCD.

3.1 Pengujian Catu Daya

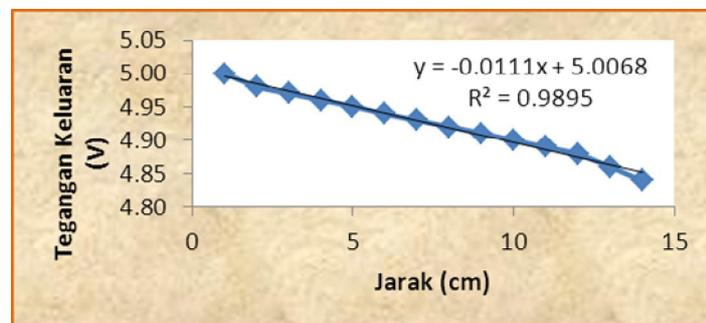
Catu daya yang dibuat adalah catu daya dengan keluaran 5V, 12V dan -12V. Catu daya 5V digunakan sebagai sumber tegangan rangkaian minimum mikrokontroler ATmega8535 dan rangkaian sensor, sedangkan catu daya 12V dan -12V digunakan sebagai sumber tegangan rangkaian *schmitt trigger*. Hasil pengukuran tegangan keluaran dari ketiga catu daya tersebut adalah 5,06V, 11,88V dan -12,13V. Ini berarti, catu daya sudah baik digunakan untuk rangkaian minimum mikrokontroler ATmega8535, rangkaian sensor dan rangkaian *schmitt trigger*.

3.2 Karakterisasi Fotodiode

Karakterisasi fotodiode dilakukan dengan cara membandingkan jarak antara LED dan fotodiode dengan tegangan keluaran dari rangkaian sensor tersebut. Perbandingan ini dilakukan pada dua keadaan yang berbeda, yaitu pada keadaan terang (selain sumber cahaya LED inframerah terdapat juga sumber cahaya yang lain) dan keadaan gelap. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10 Grafik jarak fotodiode & LED terhadap tegangan keluaran fotodiode saat keadaan terang



Gambar 11 Grafik jarak fotodiode & LED terhadap tegangan keluaran fotodiode saat keadaan gelap

Pada Gambar 10 dan Gambar 11 terlihat bahwa koefisien determinasi yang dihasilkan mendekati angka satu yang berarti hubungan linier antara dua variabel tersebut cukup besar. Oleh sebab itu, penggunaan fotodiode dalam rancang bangun alat ukur kelajuan dan arah angin sangat mendukung, karena bisa digunakan pada saat siang maupun malam hari. Penyelesaian karakterisasi fotodiode dilanjutkan dengan pemilihan piringan sensor dari material yang sesuai, ringan dan tidak dapat ditembus oleh LED inframerah. Pengujian material piringan sensor ini dilakukan dengan syarat memiliki luas yang sama, walaupun dalam bentuk yang berbeda. Ada beberapa material yang diuji, yaitu akrilik, PCB, cakram CD, plastik, triplek, karton, kardus dan sterofrom. Pada akhirnya material yang paling kompatibel adalah cakram CD dengan tegangan keluaran paling kecil, yaitu 0,07 V. Peninjauan dari segi massa, maka ada material lain yang memiliki massa yang lebih kecil dibandingkan cakram CD, namun dari segi layak atau tidak sebagai piringan sensor yang akan berputar akibat angin dan bentuk simetris, maka diperlukan material yang kaku dan datar layaknya sebuah cakram CD.

3.3 Pengujian Rangkaian *Schmitt Trigger*

Pengujian terhadap rangkaian *schmitt trigger* dilakukan dengan cara melihat besar tegangan keluaran dari rangkaian *schmitt trigger* saat fotodiode dihalangi dan tidak dihalangi oleh piringan sensor. Pada saat fotodiode dihalangi oleh piringan sensor, maka besar tegangan keluarannya 5,91V dan pada saat fotodiode tidak dihalangi, maka besar tegangan keluarannya 0,84V. Tegangan keluaran ini aman untuk digunakan, sehingga dapat menegaskan sinyal digital ketika berlogika *high* (5V) maupun berlogika *low* (0V).

3.4 Pengujian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535

Proses ini dilakukan dengan menanamkan sebuah program sederhana, yang nantinya akan menampilkan beberapa karakter huruf pada LCD (*Liquid Crystal Display*). Jika penanaman program selesai, maka pada saat diberikan sumber tegangan 5V akan tampil keluaran program tersebut pada layar LCD yang sebelumnya telah ditanamkan dalam mikrokontroler. Pengujian ini berhasil menampilkan beberapa kode ACSII.

3.5 Perbandingan Anemometer Laboratorium dengan Anemometer Lapangan

Anemometer skala laboratorium yang dipakai adalah anemometer Lutron AM-4206, sedangkan anemometer skala lapangan yang dipakai adalah anemometer permanen yang terletak di BMKG. Teknik ini dilakukan dengan cara pemasangan anemometer skala laboratorium di dekat anemometer skala lapangan. Data kelajuan angin dapat dilihat pada Tabel 1. Perhitungan persentase kesalahan dan persentase ketepatan menggunakan Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$\text{Persentase kesalahan } (e_n) = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \tag{1}$$

$$\text{Persentase ketepatan } (A_n) = 1 - \left[\frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right] \times 100\% \tag{2}$$

Y_n adalah kelajuan oleh anemometer skala laboratorium, sedangkan X_n adalah kelajuan oleh anemometer skala lapangan (Ningsih, 2008).

Tabel 1 Perbandingan anemometer laboratorium dengan anemometer lapangan

No	Kelajuan Angin Oleh Anemometer Lapangan		Kelajuan Angin Oleh Anemometer Laboratorium (m/s)	Persentase Kesalahan (%) e_n	Persentase Ketepatan (%) A_n
	(km/jam)	(m/s)			
1	4,3	1,19	1,40	14,68	85,32
2	4,3	1,19	1,37	12,81	87,19
3	5,0	1,39	1,43	2,87	97,13
4	6,8	1,89	2,12	10,90	89,10
5	5,0	1,39	1,46	4,87	95,13
6	4,3	1,19	1,38	13,45	86,55
7	4,3	1,19	1,36	12,17	87,83
8	6,5	1,81	2,04	11,49	88,51
9	5,0	1,39	1,50	7,41	92,59
10	6,1	1,69	1,62	4,60	95,40
Jumlah				$\bar{e} = 9,53$	$\bar{A} = 90,47$

Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa besar persentase ketepatan yang diperoleh dari perbandingan ini adalah 90,47%. Besar angka ketepatan tersebut diperoleh karena resolusi pada anemometer laboratorium adalah 0,01m/s, sedangkan resolusi pada anemometer lapangan adalah 0,1m/s. Perbedaan ini tentu berpengaruh pada saat pengolahan data (angka penting). Anemometer lapangan memiliki bentuk baling-baling yang terdiri dari sistem tiga mangkuk, sedangkan anemometer laboratorium memiliki bentuk baling-baling yang terdiri dari beberapa bilah yang secara keseluruhan berbentuk seperti kipas angin. Pada segi pemakaian alat, anemometer lapangan dapat menerima hembusan angin dari arah manapun, sedangkan

anemometer laboratorium harus diarahkan terlebih dahulu. Faktor lapangan juga cukup berpengaruh, karena sumber angin yang ada di lapangan sangat relatif.

3.6 Pengujian untuk Alat Ukur Kelajuan Angin dengan Anemometer Lapangan

Pengujian dilakukan dalam hari yang sama dengan pengujian sebelumnya (pada Sub Bab 3.5) dan proses pengambilan data juga sama. Ketepatan antara alat ukur kelajuan dan arah angin dengan anemometer lapangan hanya sebesar 89,57%. Ini disebabkan juga oleh perbedaan resolusi dan faktor kondisi lapangan, tetapi pada pengujian ini memiliki bentuk baling-baling yang sama. Oleh sebab itu, bisa dilakukan analisa tentang perbedaan momen inersia pada kedua alat. Momen inersia berbanding lurus dengan massa sistem alat yang mengalami gerak rotasi, sehingga memperlambat gerakan tersebut.

Alat ukur kelajuan dan arah angin ini memiliki momen inersia yang lebih kecil dari momen inersia pada anemometer lapangan, karena pada alat ukur kelajuan dan arah angin memiliki sistem tiga mangkuk yang terbuat dari bahan plastik dan tidak harus menggerakkan sebuah generator. Momen inersia akan mempengaruhi sensitivitas pada kedua alat ukur tersebut. Sensivitas pada alat ukur adalah perbandingan besar kelajuan angin yang dihasilkan setiap gaya tekan angin terhadap baling-baling pada alat. Jika momen inersia besar, maka kelajuan putar alat akan melambat yang pada gilirannya akan memperkecil sensitivitas alat dan sebaliknya. Semakin besar sensitivitas alat ukur, maka semakin baik pengukuran alat tersebut.

3.7 Pengujian untuk Alat Ukur Kelajuan Angin dengan Anemometer Laboratorium

Proses pengambilan data dilakukan di dalam laboratorium yang dibantu dengan beberapa kipas angin untuk mendapatkan 10 variasi kelajuan angin sumber, sedangkan untuk pengukuran kelajuan angin dari alat ukur dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak tiga kali. Ini bertujuan untuk memperbanyak data pada proses pengolahannya, selain itu pengukuran yang berulang sangat dianjurkan untuk mencari atau mendekati nilai yang sebenarnya. Data kelajuan angin yang diperoleh dalam pengujian ini terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian untuk alat ukur kelajuan angin dengan anemometer laboratorium

No	Kelajuan Angin Oleh Anemometer Standar (m/s)	Kelajuan Angin Oleh Alat Ukur Kelajuan dan Arah Angin (m/s)		
		I	II	III
1	0,74	0,63	0,75	0,75
2	1,07	1,00	1,00	1,01
3	1,59	1,51	1,63	1,51
4	1,93	2,01	2,14	2,01
5	2,74	2,76	2,64	2,64
6	3,14	3,01	3,14	3,01
7	3,47	3,64	3,77	3,64
8	4,18	4,52	4,52	4,52
9	4,41	4,77	4,65	4,65
10	4,81	5,53	5,53	5,53

Berdasarkan pada Tabel 2, maka dilanjutkan dengan pengolahan data untuk mencari nilai standar deviasi dan persentase kesalahan melalui Persamaan 3 dan Persamaan 4.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(e - \bar{e})^2}{n(n-1)}} \tag{3}$$

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{S_x}{x} \times 100\% \tag{4}$$

S_x adalah standar deviasi, e adalah besar *error* dan \bar{e} adalah besar *error* rata-rata (Bonadin, 2005). Salah satu hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil perhitungan standar deviasi rata-rata kelajuan angin

No	Kelajuan Angin Oleh Anemometer Standar (m/s)	Kelajuan Angin Oleh Alat Ukur (m/s)	Simpangan	Simpangan Kuadrat	$\sum(x-\bar{x})^2$	s_x^-	Persentase Kesalahan (%)
1	0,74	0,63	-0,11	0,0121	0,0123	0,0453	6,12
	0,74	0,75	0,01	0,0001			
	0,74	0,75	0,01	0,0001			

Berdasarkan pada Tabel 3, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari kesalahan rata-rata kelajuan angin, seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Perhitungan kesalahan rata-rata kelajuan angin

No	Kecepatan Angin (Km/jam)	Error (%) e	Simpangan $(e-\bar{e})$	Simpangan Kuadrat $(e-\bar{e})^2$
1	0,74	6,12	0,75	0,5625
2	1,07	4,42	-0,95	0,9025
3	1,59	3,08	-2,29	5,2441
4	1,93	5,05	-0,32	0,1024
5	2,74	2,33	-3,04	9,2416
6	3,14	2,21	-3,16	9,9856
7	3,47	9,62	4,25	18,0625
8	4,18	5,75	0,38	0,1444
9	4,41	4,58	-0,79	0,6241
10	4,81	10,59	5,22	27,2484
$\bar{e} = 5,37$			$\sum(e-\bar{e})^2 = 72,1181$	

$$s_x^- = 0,8952\%$$

$$\text{Ketepatan} = 100\% - s_x^- = \mathbf{99,10\%}$$

Nilai ketepatan tersebut mengartikan antara alat ukur kelajuan angin dan anemometer standar skala laboratorium sudah mempunyai hasil dengan ketepatan yang cukup tinggi. Ini disebabkan sumber angin yang diberikan bisa dikondisikan dan tidak terpengaruh oleh sumber angin dari lingkungan sekitar. Oleh sebab itu, kelajuan angin yang diamati lebih mempunyai nilai presisi yang cukup tinggi. Resolusi antara kedua alat ukur ini pun sama. Semakin kecil resolusi alat, maka akan semakin bagus ketelitian alat tersebut

3.8 Pengujian untuk Alat Penunjuk Arah Angin

Pengujian pada bagian mekanik alat penunjuk arah angin dilakukan dengan menguji 8 sensor fotodioda yang nantinya berperan dalam menentukan 8 arah angin. Piringan sensor akan memberikan sinyal logika *high* dan *low* yang pada gilirannya akan dimasukkan ke dalam port c. Jika port c.0 berlogika *high* maka arah angin yang terdeteksi adalah utara. Hal ini berlaku untuk semua port c (port c.0-port c.7) yang secara berurutan masing-masing port menentukan arah angin utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat dan barat laut. Kompas digunakan sebagai alat standar penunjuk arah angin. Hasil pengujian ini membuktikan antara alat penunjuk arah angin dan kompas telah menunjukkan hasil yang sama.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa alat ukur kelajuan dan arah angin telah dapat mendeteksi kelajuan angin dengan akurasi sebesar 99,10 % dan menghasilkan sinyal keluaran digital pada LCD dengan resolusi 0,01 m/s. Rancangan mekanik alat memiliki karakteristik dengan frekuensi putaran sebesar 1 Hz dapat mewakili kecepatan angin 0,61 m/s. Bagian alat ukur terdiri pula dari

baling-baling yang berbentuk sistem tiga mangkuk yang terbuat dari bahan plastik dengan diameter 7,7 cm. Piringan sensor yang digunakan berupa cakram CD yang memiliki massa 20,64 g. Pendeteksi 8 arah angin menggunakan sebuah bilah untuk menentukan arah angin yang akan dideteksi oleh 8 buah fotodiode dengan resolusi 45^0 .

DAFTAR PUSTAKA

- As'ari, 2011, *Rancang Bangun Anemometer Analog*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Bonadin, R., 2005, *Alat Penunjuk Arah Angin Dan Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler AT89C51*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Cockrill, C., 2011, *Understanding Schmitt Triggers*, Texas Instruments, Texas.
- Fraden, J., 2003, *Handbook of Modern Sensors : Physics, Designs, and Applications*, Third Edition, Springer-Verlag New York, Inc., New York, USA.
- Matondang, N., 2011, Akuisisi Data Kecepatan Angin dari Perangkat Anemometer Berbasis Universal Serial Bus (USB), *Skripsi*, Program Sarjana/Strata 1, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Jakarta.
- Ningsih, S. I. P., 2008, Rancang Bangun Perlatan Anemometer Berbasis Mikrokontroler AT89S52, *Tesis*, Program Pasca Sarjana/Strata 2, Universitas Andalas, Padang.
- Safrianti, E., dkk, 2010, *Perancangan Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin*, Kampus Bina Widya, Pekan Baru.
- Setiawan, A., 2011, *20 Aplikasi Mikrokontroler ATmega8535 dan ATmega16*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Tipler, 1998, *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1*, (diterjemahkan oleh : L. Prasetio dan Rahmad.W.Adi), Erlangga, Jakarta.
- Winoto, A., 2010, *Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Perogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*, Informatika, Bandung.
- www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Sarana_Teknis/Instrumentasi, diakses 2 Maret 2013.