

SIMULATOR ALAT UKUR KECEPATAN DAN ARAH ANGIN BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3”

Indirfan Haerudin¹, Bektı Yulianti²

¹Alumni ² Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Suryadarma, Jakarta

ABSTRAK

Windsock merupakan alat manual yang digunakan sebagai penanda arah angin dan kecepatan angin diarea Bandara. Mengetahui secara detail informasi kecepatan dan arah angin akan sangat membantu dalam proses take-off dan landing pesawat terbang. Model alat ukur kecepatan dan arah angin yang dirancang terdiri dari satu rangkaian sensor cahaya untuk mengukur kecepatan angin dan delapan rangkaian sensor cahaya untuk menentukan arah angin. Dari hasil pengujian terhadap model alat yang dibuat di dapat tingkat akurasi pengujian sebesar 97,78% untuk diareal lapangan terbuka, 97,97% untuk di area pantai dan 98,40% untuk di area ketinggian. Sedangkan hasil dari pengujian arah angin dapat digunakan untuk menentukan delapan arah mata angin sesuai dengan posisi sumber angin terhadap alat penelitian.

Kata Kunci : arah angin, take-off, kecepatan angin,sumber angin

I. PENDAHULUAN

Angin merupakan salah satu unsur cuaca yang sangat berpengaruh terhadap penerbangan. Informasi mengenai kecepatan dan arah angin diperlukan untuk pesawat melakukan *take-off* dan *landing*. Di area bandara, terdapat sebuah alat yang biasa disebut dengan *windsock*. *Windsock* adalah sebuah kain berbentuk silinder yang mengerucut pada ujungnya. Fungsi *windsock* pada area bandara yaitu sebagai penanda arah angin dan relatif kecepatan angin. Biasanya *windsock* tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan angin (anemometer).

Kecepatan angin hanya bisa dilihat secara perkiraan kasar yakni dari sudut relatif *windsock* terhadap tiang *mounting*. Jika angin rendah maka *windsock* terkulai dan jika angin kencang maka *windsock* lurus horizontal. Dengan demikian, sangat

sulit untuk menentukan besar nilai kecepatan angin jika menggunakan *windsock*.

Untuk dapat menentukan kecepatan dan arah angin secara detail diperlukan sebuah alat digital yang mampu mengukur kecepatan angin dan menentukan arah angin secara detail untuk menentukan kondisi aman dalam penerbangan. Untuk memenuhi kebutuhan akan informasi tersebut, maka perlu dirancang alat yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan dan arah angin digital menggunakan rangkaian sensor cahaya dan mikrokontroler Arduino UNO R3.

II. METODOLOGI

Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan melaksanakan identifikasi terhadap masalah yang ada, yaitu

bagaimana pihak bandara dapat mengetahui secara detail informasi kecepatan dan arah angin untuk mendukung proses take-off dan landing pesawat terbang.

Langkah kedua yaitu melakukan pembatasan masalah pada lingkup perancangan alat ukur kecepatan dan arah angin dengan menggunakan sensor cahaya dan mikrokontroler Arduino UNO R3.

Langkah ketiga adalah dengan melakukan studi literatur, dalam hal ini literature yang digunakan tidak hanya diambil dari perpustakaan saja, tetapi juga melalui pencarian informasi melalui internet dan studi lapangan.

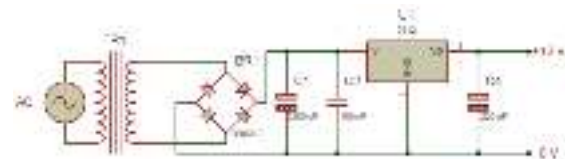
Langkah keempat melakukan perancangan alat dan melakukan pemilihan komponen elektronika yang dipakai dalam pembuatan alat ukur kecepatan dan arah angin.

Langkah kelima melakukan pembuatan alat pengukur kecepatan dan arah angin yang terdiri dari pembuatan hardware dan software dan melakukan pengujian alat di 3 area yang berbeda yaitu lapangan terbuka, daerah pantai dan daerah pegunungan untuk melihat apakah alat dapat berfungsi dengan baik.

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

3.1. Rangkaian Catu Daya

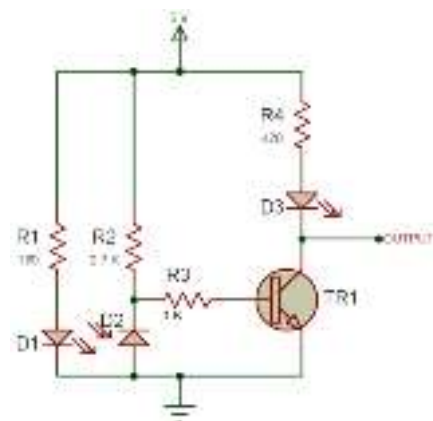
Pada sistem ini, catu daya yang dibuat adalah catu daya dengan keluaran +12 V. Komponen yang digunakan dalam rangkaian catu daya +12 V yaitu transformator, dioda *bridge*, kapasitor 2200 μ F, kapasitor 100 η F, IC 7812, dan kapasitor 220 μ F.



Gambar 1. Rangkaian catu daya

3.2. Rangkaian Sensor Cahaya

Komponen yang digunakan dalam rangkaian sensor cahaya yaitu LED inframerah, fotodioda, resistor 180 Ω , resistor 2,7 K Ω , resistor 1 K Ω , resistor 470 Ω , LED, dan transistor NPN.



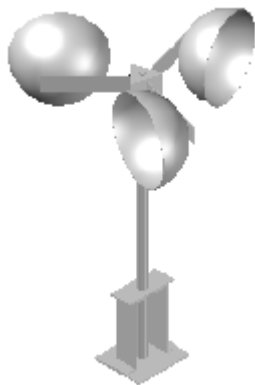
Gambar 2. Rangkaian Sensor Cahaya

3.3. Sistem Mekanik

Sistem mekanik ini terdiri dari dua bagian yaitu sistem tiga mangkuk untuk mengukur kecepatan angin dan bilah untuk mendeteksi arah angin.

3.3.1. Sistem 3 mangkuk

Sistem mekanik pengukur kecepatan angin dibuat seperti kincir angin poros vertikal dengan 3 buah mangkuk yang berada pada tiap ujung lengannya.



Gambar 3. Sistem 3 mangkuk

Diameter total alat ukur kecepatan angin adalah 15,015 cm. Alat ini memiliki karakteristik dalam 1 kali pulsa (1 kali putaran) dalam 1 detik (frekuensi= 1 Hz), maka :

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 1$$

$$\omega = 6,28 \text{ rad/s}$$

Sehingga diperoleh kecepatan linier :

$$\omega = \frac{v}{r}$$

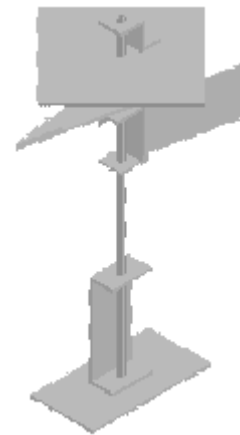
$$v = \omega \cdot r$$

$$v = 6,28 \cdot 0,15015$$

$$v = 0,943 \text{ [m/s]}$$

3.3.2. Sistem Bilah

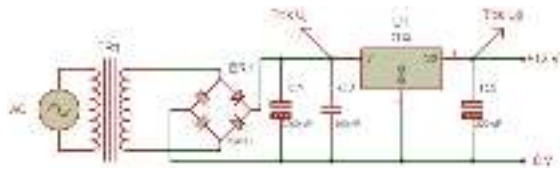
Pada mekanik penunjuk arah angin dibuat seperti sebuah bilah yang memiliki bentuk yang tidak simetris. Ini bertujuan agar bilah tersebut dapat mengarah sesuai dengan arah sumber angin. Besar luas permukaan ini dipilih karena lebih efektif dibandingkan dengan luas permukaan yang lebih besar. Ini disebabkan besarnya luas permukaan akan memperbesar momen inersia dari bilah saat berotasi.



Gambar 4. Sistem Bilah

3.4. Pengujian Catu Daya

Pengujian terhadap catu daya dilakukan untuk mengukur nilai tegangan *output* dari rangkaian catu daya.



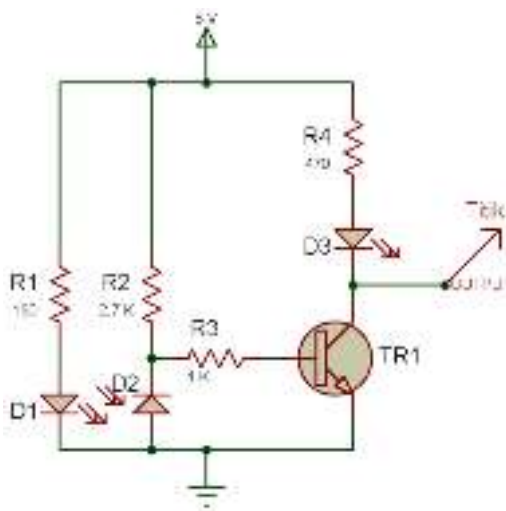
Gambar 5. Rencana pengujian Catu Daya

Dari hasil pengujian catu daya +12 V, didapat tegangan *input* untuk regulator 7812 yaitu sebesar 11,07 volt. Sedangkan tegangan *output* dari regulator 7812 yaitu sebesar 11,85 volt.

Perhitungan tingkat akurasi untuk hasil pengukuran tegangan *input* regulator 7812 adalah 92,25% dan tegangan output regulator 7812 adalah 98,75%.

3.5. Pengujian Sensor Cahaya

Pengujian terhadap sensor cahaya dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor cahaya dengan cara mengukur nilai tegangan *output* dari rangkaian sensor cahaya pada keadaan terang dan gelap.



Gambar 6. Rencana Pengujian Sensor Cahaya

Tabel 1. Hasil Pengamatan sensor cahaya saat keadaan terang

No.	V _{out} (volt)		Keterangan
	Tidak Dihalangi	Dihalangi	
1	3,94	0,02	Kecepatan angin
2	0,09	2,72	Arah angin utara
3	0,02	3,08	Arah angin timur laut
4	0,06	3,33	Arah angin timur
5	0,08	3,24	Arah angin tenggara
6	0,12	2,75	Arah angin selatan
7	0,05	3,52	Arah angin barat daya
8	0,04	3,47	Arah angin barat
9	0,07	3,17	Arah angin barat laut

Tabel 2. Hasil Pengamatan sensor cahaya saat keadaan gelap

No.	V _{out} (volt)		Keterangan
	Tidak Dihalangi	Dihalangi	
1	3,90	0,03	Kecepatan angin
2	0,02	3,35	Arah angin utara
3	0,07	3,13	Arah angin timur laut
4	0,07	3,60	Arah angin timur
5	0,09	3,49	Arah angin tenggara
6	0,06	3,31	Arah angin selatan
7	0,05	2,60	Arah angin barat daya
8	0,04	2,52	Arah angin barat
9	0,06	3,68	Arah angin barat laut

Pada mikrokontroler Arduino UNO R3, port digital akan berada pada posisi

LOW saat pinnya menerima tegangan 0 - 0,7 volt dan akan berada pada posisi *HIGH* saat pinnya menerima tegangan > 0,7 volt.

Tabel 3. Logika digital *output* sensor cahaya pada kondisi terang

No.	V _{out} (volt)		Logika Digital	
	Tidak Dihalangi	Dihalangi	Tidak Dihalangi	Dihalangi
1	3,94	0,02	<i>HIGH</i>	<i>LOW</i>
2	0,09	2,72	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
3	0,02	3,08	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
4	0,06	3,33	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
5	0,08	3,24	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
6	0,12	2,75	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
7	0,05	3,52	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
8	0,04	3,47	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
9	0,07	3,17	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>

Tabel 4. Logika digital *output* sensor cahaya pada kondisi gelap

No.	V _{out} (volt)		Logika Digital	
	Tidak Dihalangi	Dihalangi	Tidak Dihalangi	Dihalangi
1	3,90	0,03	<i>HIGH</i>	<i>LOW</i>
2	0,02	3,35	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
3	0,07	3,13	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
4	0,07	3,60	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
5	0,09	3,49	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
6	0,06	3,31	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
7	0,05	2,60	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
8	0,04	2,52	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
9	0,06	3,68	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>

Dari hasil pengujian sensor cahaya di atas, diperoleh nilai tegangan *output* yang hampir sama pada kondisi terang dan kondisi gelap dengan selisih antara 0 - 0,95 volt.

3.6. Pengujian Alat Ukur Kecepatan Angin.

Pengujian terhadap alat ukur kecepatan angin dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat tersebut dalam melaksanakan fungsinya.

Pengujian dilakukan di 3 tempat yaitu lapangan terbuka, daerah pantai dan daerah pegunungan.

Tabel 5. Hasil pengujian kecepatan angin di lapangan terbuka

No.	Waktu	Hasil Pengujian	
		Anemometer Laboratorium (m/s)	Alat Penelitian (m/s)
1	09:00	1,7	1,57
2	09:05	2,3	2,20
3	09:10	2,7	2,51
4	09:15	2,3	2,20
5	09:20	2,3	2,20
6	09:25	4,2	4,09
7	09:30	3,1	2,83
8	09:35	4,2	4,09
9	09:40	3,7	3,46
10	09:45	2,6	2,51
11	09:50	3,7	3,46
12	09:55	3,1	2,83
13	10:00	2,7	2,51
14	10:05	1,7	1,57
15	10:10	3,3	3,14
16	10:15	4,2	4,09
17	10:20	1,7	1,57
18	10:25	3,4	3,14
19	10:30	2,7	2,51
20	10:35	2,9	2,83

Tabel 6. Hasil pengujian kecepatan angin di pantai

No.	Waktu	Hasil Pengujian	
		Anemometer Laboratorium (m/s)	Alat Penelitian (m/s)
1	11:00	5,6	5,34
2	11:05	5,6	5,34
3	11:10	5,0	4,71
4	11:15	4,8	4,71
5	11:20	6,0	5,97
6	11:25	5,4	5,34
7	11:30	4,1	4,09
8	11:35	4,9	4,71
9	11:40	4,8	4,71
10	11:45	5,2	5,03
11	11:50	5,0	4,71
12	11:55	5,1	5,03
13	12:00	6,0	5,97
14	12:05	5,3	5,03
15	12:10	4,8	4,71
16	12:15	4,6	4,40
17	12:20	4,8	4,71
18	12:25	6,2	5,97
19	12:30	5,8	5,66
20	12:35	5,6	5,34

Tabel 7. Hasil pengujian kecepatan angin di tempat ketinggian

No.	Waktu	Hasil Pengujian	
		Anemometer Laboratorium (m/s)	Alat Penelitian (m/s)
1	13:30	3,3	3,14
2	13:35	2,3	2,20
3	13:40	2,6	2,51
4	13:45	2,6	2,51
5	13:50	3,0	2,83
6	13:55	3,4	3,14
7	14:00	1,7	1,57
8	14:05	2,3	2,20
9	14:10	3,7	3,46
10	14:15	2,6	2,51
11	14:20	3,1	2,83
12	14:25	2,3	2,20
13	14:30	4,2	4,09
14	14:35	3,3	3,14
15	14:40	3,3	3,14
16	14:45	2,3	2,20
17	14:50	2,9	2,83
18	14:55	4,2	4,09
19	15:00	2,4	2,20
20	15:05	2,7	2,51

Tabel 8. Perhitungan e dan X hasil pengujian di Pantai

No.	Hasil Pengujian		$ x - y $	e (%)	X (%)
	Anemometer Lab. (m/s)	Alat Penelitian (m/s)			
1	1,7	1,57	0,13	7,65	92,35
2	2,3	2,20	0,10	4,35	95,65
3	2,7	2,51	0,19	7,04	92,96
4	2,3	2,20	0,10	4,35	95,65
5	2,3	2,20	0,10	4,35	95,65
6	4,2	4,09	0,11	2,62	97,38
7	3,1	2,83	0,27	8,71	91,29
8	4,2	4,09	0,11	2,62	97,38
9	3,7	3,46	0,24	6,49	93,51
10	2,6	2,51	0,09	3,46	96,54
11	3,7	3,46	0,24	6,49	93,51
12	3,1	2,83	0,27	8,71	91,29
13	2,7	2,51	0,19	7,04	92,96
14	1,7	1,57	0,13	7,65	92,35
15	3,3	3,14	0,16	4,85	95,15
16	4,2	4,09	0,11	2,62	97,38
17	1,7	1,57	0,13	7,65	92,35
18	3,4	3,14	0,26	7,65	92,35
19	2,7	2,51	0,19	7,04	92,96
20	2,9	2,83	0,07	2,41	97,59
Rata-rata				5,69	94,31

Tabel 9. Perhitungan e dan X hasil pengujian di lapangan terbuka

No.	Hasil Pengujian		$ x - y $	e (%)	X (%)
	Anemometer Lab. (m/s)	Alat Penelitian (m/s)			
1	5,6	5,34	0,26	4,64	95,36
2	5,6	5,34	0,26	4,64	95,36
3	5,0	4,71	0,29	5,80	94,20
4	4,8	4,71	0,09	1,88	98,12
5	6,0	5,97	0,03	0,50	99,50
6	5,4	5,34	0,06	1,11	98,89
7	4,1	4,09	0,01	0,24	99,76
8	4,9	4,71	0,19	3,88	96,12
9	4,8	4,71	0,09	1,88	98,12
10	5,2	5,03	0,17	3,27	96,73
11	5,0	4,71	0,29	5,80	94,20
12	5,1	5,03	0,07	1,37	98,63
13	6,0	5,97	0,03	0,50	99,50
14	5,3	5,03	0,27	5,09	94,91
15	4,8	4,71	0,09	1,88	98,12
16	4,6	4,40	0,20	4,35	95,65
17	4,8	4,71	0,09	1,88	98,12
18	6,2	5,97	0,23	3,71	96,29
19	5,8	5,66	0,14	2,41	97,59
20	5,6	5,34	0,26	4,64	95,36
Rata-rata				2,97	97,03

Tabel 10. Perhitungan e dan X hasil pengujian di tempat ketinggian

No	Hasil Pengujian		$ x - y $	e (%)	X (%)
	Anemometer Lab. (m/s)	Alat Penelitian (m/s)			
1	3,3	3,14	0,16	4,85	95,15
2	2,3	2,20	0,10	4,35	95,65
3	2,6	2,51	0,09	3,46	96,54
4	2,6	2,51	0,09	3,46	96,54
5	3,0	2,83	0,17	5,67	94,33
6	3,4	3,14	0,26	7,65	92,35
7	1,7	1,57	0,13	7,65	92,35
8	2,3	2,20	0,10	4,35	95,65
9	3,7	3,46	0,24	6,49	93,51
10	2,6	2,51	0,09	3,46	96,54
11	3,1	2,83	0,27	8,71	91,29
12	2,3	2,20	0,10	4,35	95,65
13	4,2	4,09	0,11	2,62	97,38
14	3,3	3,14	0,16	4,85	95,15
15	3,3	3,14	0,16	4,85	95,15
16	2,3	2,20	0,10	4,35	95,65
17	2,9	2,83	0,07	2,41	97,59
18	4,2	4,09	0,11	2,62	97,38
19	2,4	2,20	0,20	8,33	91,67
20	2,7	2,51	0,19	7,04	92,96
Rata-rata				5,08	94,92

Setelah didapat nilai tingkat akurasi, maka dilanjutkan dengan perhitungan untuk mencari nilai faktor kalibrasi melalui persamaan berikut :

$$\frac{x}{\bar{X}} = \frac{FK}{100}$$

$$FK = \frac{100}{\bar{X}} \cdot x$$

$$FK = \frac{100}{95,42} \cdot x$$

$$FK = 1,048 \cdot x$$

Hasil perhitungan error dan tingkat akurasi setelah dikalibrasi adalah sebagai berikut :

Tabel 11. Hasil perhitungan tabel 9. dengan faktor kalibrasi

No.	Hasil Pengujian (m/s)		e (%)	X (%)	
	Anemometer Lab. (m/s)	Alat Penelitian			
		Sebelum Dikalibrasi (m/s)			Setelah Dikalibrasi (m/s)
1	1,7	1,57	1,64	3,53	96,47
2	2,3	2,20	2,30	0	100
3	2,7	2,51	2,63	2,59	97,41
4	2,3	2,20	2,30	0	100
5	2,3	2,20	2,30	0	100
6	4,2	4,09	4,29	2,14	97,86
7	3,1	2,83	2,96	4,52	95,48
8	4,2	4,09	4,29	2,14	97,86
9	3,7	3,46	3,63	1,89	98,11
10	2,6	2,51	2,63	1,15	98,85
11	3,7	3,46	3,63	1,89	98,11
12	3,1	2,83	2,96	4,52	95,48
13	2,7	2,51	2,63	2,59	97,41
14	1,7	1,57	1,64	3,53	96,47
15	3,3	3,14	3,29	0,30	99,70
16	4,2	4,09	4,29	2,14	97,86
17	1,7	1,57	1,64	3,53	96,47
18	3,4	3,14	3,29	3,24	96,76
19	2,7	2,51	2,63	2,59	97,41
20	2,9	2,83	2,96	2,07	97,93
Rata-rata				2,22	97,78

Tabel 12. Hasil perhitungan tabel 10 dengan faktor kalibrasi

No.	Hasil Pengujian (m/s)		e (%)	X (%)	
	Anemometer Lab. (m/s)	Alat Penelitian			
		Sebelum Dikalibrasi (m/s)			Setelah Dikalibrasi (m/s)
1	5,6	5,34	5,60	0	100
2	5,6	5,34	5,60	0	100
3	5,0	4,71	4,94	1,20	98,80
4	4,8	4,71	4,94	2,92	97,08
5	6,0	5,97	6,26	4,33	95,67
6	5,4	5,34	5,60	3,70	96,30
7	4,1	4,09	4,29	4,63	95,37
8	4,9	4,71	4,94	0,82	99,18
9	4,8	4,71	4,94	2,92	97,08
10	5,2	5,03	5,27	1,35	98,65
11	5,0	4,71	4,94	1,20	98,80
12	5,1	5,03	5,27	3,33	96,67
13	6,0	5,97	6,26	4,33	95,67
14	5,3	5,03	5,27	0,57	99,43
15	4,8	4,71	4,94	2,92	97,08
16	4,6	4,40	4,61	0,22	99,78
17	4,8	4,71	4,94	2,92	97,08
18	6,2	5,97	6,26	0,97	99,03
19	5,8	5,66	5,93	2,24	97,76
20	5,6	5,34	5,60	0	100
Rata-rata				2,03	97,97

Tabel 13. Hasil perhitungan tabel 11 dengan faktor kalibrasi

No.	Hasil Pengujian (m/s)			e (%)	X (%)
	Anemometer Lab. (m/s)	Alat Penelitian			
		Sebelum Dikalibrasi (m/s)	Setelah Dikalibrasi (m/s)		
1	3,3	3,14	3,29	0,30	99,70
2	2,3	2,20	2,30	0	100
3	2,6	2,51	2,63	1,15	98,85
4	2,6	2,51	2,63	1,15	98,85
5	3,0	2,83	2,96	1,33	98,67
6	3,4	3,14	3,29	3,24	96,76
7	1,7	1,57	1,64	3,53	96,47
8	2,3	2,20	2,30	0	100
9	3,7	3,46	3,63	1,89	98,11
10	2,6	2,51	2,63	1,15	98,85
11	3,1	2,83	2,96	4,52	95,48
12	2,3	2,20	2,30	0	100
13	4,2	4,09	4,29	2,14	97,86
14	3,3	3,14	3,29	0,30	99,70
15	3,3	3,14	3,29	0,30	99,70
16	2,3	2,20	2,30	0	100
17	2,9	2,83	2,96	2,07	97,93
18	4,2	4,09	4,29	2,14	97,86
19	2,4	2,20	2,30	4,17	95,83
20	2,7	2,51	2,63	2,59	97,41
Rata-rata				1,60	98,40

3.7. Pengujian Alat Penunjuk Arah Angin

Pengujian terhadap alat penunjuk arah angin dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat tersebut dalam melaksanakan fungsinya. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan sumber angin yang berasal dari kipas angin yang diletakkan pada arah yang berbeda-beda. Pengujian dilakukan dengan mengambil 8 sampel data sesuai dengan jumlah arah mata angin.

Ketika salah satu sensor terhalang oleh bilah, fotodiode menerima pantulan cahaya inframerah sehingga rangkaian sensor mengirimkan *outputsinyal* logika *HIGH* yang selanjutnya sinyal tersebut

dikirim ke mikrokontroler Arduino. Kemudian arah yang terdeteksi oleh mikrokontroler arduino di tampilkan pada LCD. Pada pengujian arah angin ini terdapat 8 sensor cahaya dimana tiap sensor mewakili 45° dari 360°.

Tabel 14. Hasil pengujian arah angin

No.	Posisi Kipas Angin Terhadap Alat Penelitian	Angin yang Diarahkan	Pembacaan di LCD
1	Utara	Selatan	Selatan
2	Timur laut	Barat daya	Barat daya
3	Timur	Barat	Barat
4	Tenggara	Barat laut	Barat laut
5	Selatan	Utara	Utara
6	Barat daya	Timur laut	Timur laut
7	Barat	Timur	Timur
8	Barat laut	Tenggara	Tenggara

IV. KESIMPULAN

Hasil pengukuran menunjukkan kecepatan angin di lapangan terbuka mempunyai error terhadap anemometer laboratorium 2,22% dengan tingkat akurasi 97,78%. Sedangkan hasil pengukuran di pantai mempunyai error 2,03% dengan tingkat akurasi 97,97% serta di tempat ketinggian mempunyai error 1,60% dengan tingkat akurasi 98,40%. Rangkaian sensor cahaya untuk alat penunjuk arah angin dapat membaca sinyal dari pantulan sinar inframerah dan dapat mengirim data ke mikrokontroler dan ditampilkan ke LCD.

Alat ini diuji dengan cara memberikan sumber angin yang berasal dari kipas angin yang diletakkan pada arah yang berbeda-beda. Alat penunjuk arah angin ini dapat digunakan untuk menentukan 8 arah mata angin sesuai dengan posisi kipas terhadap alat penelitian.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adni Pema, Rhahmi, dkk. 2013. *Rancang Bangun Alat Ukur Kelajuan dan Arah Angin Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 Menggunakan Sistem Sensor Cahaya*. Padang : Universitas Andalas.
- [2] Adri Nugroho, Yudistiro. 2011. *Penerapan Sensor Optocoupler pada Alat Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- [3] Kanginan, Marthen. 2007. *Fisika Jilid 1*. Cimahi : Penerbit Erlangga.
- [4] Monk, Simon. 2010. *30 Arduino Projects for the Evil Genius*. Singapore : McGraw-Hill.
- [5] Santoso, Hari. 2015. *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula V.1*. Trenggalek : Elang Sakti.
- [6] Setiawan, Afrie. 2010. *20 Aplikasi Mikrokontroler ATmega 8535 & ATmega 16 Menggunakan BASCOM-AVR*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- [7] Wijayanti, Dewi, dkk. 2015. *Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino UNO ATmega 328p*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- [8] Anonim. _____. *Arduino UNO & Genuino UNO*. <https://www.arduino.cc/>. Diakses tanggal : 30 Juni 2016.
- [9] Arfani, Muhammad. 2013. *Ilmu NavigasiPesawat*. <https://arfaniss.wordpress.com/>. Diakses tanggal : 29 Juni 2015.