

Perancangan dan Realisasi Anemometer Digital untuk Aplikasi Sistem Peringatan Dini

Muhammad Lahnan Mahar, Adnan Rafi Al Tahtawi, Sudrajat

Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi

Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia

adnanrafi@polteksmi.ac.id

Abstrak

Makalah ini menyajikan perancangan dan realisasi pendeteksi kecepatan angin digital yang dikenal dengan Anemometer untuk sistem peringatan dini di rumah. Perangkat keras dirancang menggunakan mikrokontroler sebagai perangkat utama yang berfungsi untuk menghitung kecepatan angin. Perangkat ini menggunakan sensor *rotary encoder* yang berfungsi mengukur kecepatan angin. Perangkat antarmuka yang digunakan yaitu *dot matrix*, indikator LED, dan *buzzer*. Hasil pengujian menggunakan kipas angin menunjukkan Anemometer digital yang dirancang mampu mendeteksi kecepatan angin dengan baik dan memiliki kesalahan relatif sebesar 1,18% pada jarak 10 cm, 1,41% pada jarak 30 cm, 1,55% pada jarak 50 cm, dan 2,44% pada jarak 70 cm jika dibandingkan dengan Anemometer komersial. Hasil pengujian angin alami menunjukkan alat ini juga mampu mendeteksi kecepatan angin dengan rata-rata kesalahan relatif sebesar 21,21% dan 18,80% dibandingkan Anemometer BMKG pada dua hari berbeda. Nilai kesalahan relatif ini lebih besar jika dibandingkan dengan pengujian menggunakan angin buatan. Hal ini terjadi karena kondisi perubahan arah angin alami yang tiba-tiba tidak dapat terdeteksi alat ini. Namun demikian, perangkat ini berguna untuk peralatan rumah sebagai sistem peringatan dini.

Kata kunci: Anemometer, mikrokontroler, sistem peringatan dini, kecepatan angin

Abstract

This paper presents the design and realization of digital wind speed detector known Anemometer for home early warning system. The hardware is designed using microcontroller as a main device that calculates the wind speed. This device uses rotary encoder that measures the wind speed. Interface devices used are dot matrix, LED indicator, and buzzer. Testing result using fan shows that the digital Anemometer able to detect the wind speed properly with relative errors by 1.18% at distance 10 cm, 1.41% at distance 30 cm, 1.55% at distance 50 cm, and 2.44% at distance 70 cm when compared with commercial Anemometer. Testing result using natural wind shows that the device also able to detect wind speed with relative errors by 21.21% and 18.80% compared to BMKG Anemometer in two different days. This value is larger if compared with the testing using artificial wind. This is due to the change of wind direction suddenly which cannot detected by this device. However, this device is useful for home appliance as an early warning system.

Keywords: Anemometer, microcontroller, early warning system, wind speed

I. PENDAHULUAN

Bencana angin puting beliung merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia. Kondisi cuaca ekstrim akibat dari pemanasan global menjadi salah satu penyebabnya. Dengan adanya kondisi tersebut, tidak banyak yang dapat dilakukan oleh masyarakat untuk menangani bencana ini. Salah satu yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan sistem peringatan dini bencana alam yang terintegrasi pada rumah. Dengan adanya sistem ini diharapkan masyarakat dapat

mengantisipasi akan terjadinya bencana angin puting beliung. Selain itu, kondisi angin harian pun dapat diketahui dengan menggunakan sistem ini.

Anemometer merupakan sebuah perangkat yang dapat mendeteksi kecepatan angin. Perangkat ini salah satunya digunakan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) untuk mendeteksi kecepatan angin. Kecepatan angin dapat diklasifikasikan berdasarkan Skala Beaufort [1] seperti disajikan pada Tabel 1. Anemometer belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat untuk aplikasi di rumah. Hal ini disebabkan oleh harga

yang mahal dan kurangnya tingkat kebutuhan masyarakat akan alat ini. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu mengukur kecepatan angin dan dapat diaplikasikan dengan mudah di rumah-rumah sebagai sistem peringatan dini.

Beberapa sistem pendeteksi kecepatan angin telah dibuat sebelumnya. Alat ukur kecepatan dan arah angin telah dirancang berbasis mikrokontroler Arduino Uno ATmega328p [2]. Sistem ini diuji dan dibandingkan dengan Anemometer Constant AN15 yang terkalibrasi dengan hasil rata-rata kesalahan pengukuran 1,85%. Sistem ini hanya menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) saja sebagai perangkat antarmuka. Selain itu, pendeteksi kecepatan dan arah angin berbasis internet [3] dan *Short Message Service* (SMS) [4] juga telah dirancang. Sistem tersebut memungkinkan pengguna dapat mengakses kecepatan dan arah angin dengan mudah. Sistem lainnya dirancang dengan komunikasi *wireless* menggunakan modul NRF24L01 dengan kesalahan terbesar 0,3% dibandingkan terhadap Anemometer Benetech GM-816 [5]. Untuk aplikasi sistem peringatan dini, sistem serupa juga telah dirancang dengan kesalahan 0,65 Knot jika dibandingkan dengan Anemometer BMKG [6].

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, pada penelitian ini Anemometer digital berbasis mikrokontroler Arduino Uno akan dirancang untuk aplikasi sistem peringatan dini di rumah. Sistem ini menggunakan perangkat antarmuka *dot matrix* dengan pergerakan *running text*. Selain itu, sistem ini dilengkapi tiga indikator peringatan dengan menggunakan LED dan *buzzer*.

Tabel 1. Klasifikasi kecepatan angin skala Beaufort

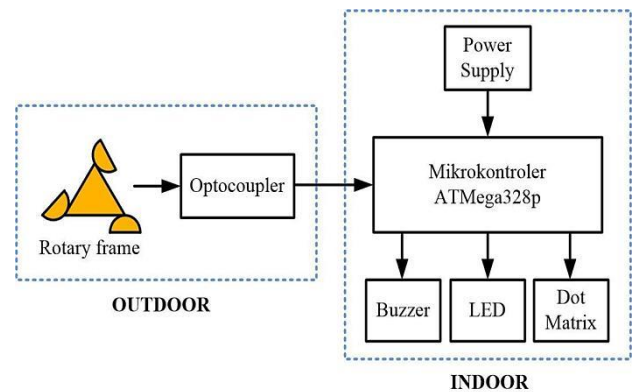
Skala Beaufort	Kec. angin		Jenis angin
	Knot	m/s	
0	0-1	0,0-0,2	Reda
1	1-3	0,3-0,5	Sepoi-sepoi
2	4-6	0,6-3,3	Lemah
3	7-10	3,4-5,4	Sedang
4	11-16	5,5-7,9	Tegang
5	17-21	8,0-10,7	Keras
6	22-27	10,8-13,8	Keras Sekali
7	28-33	13,9-17,1	Ribut
8	34-40	17,2-20,7	Ribut hebat
9	41-47	20,8-24,4	Badai
10	48-55	24,5-28,4	Badai hebat
11	56-63	28,5-32,6	Taifun
12	>64	>32,7	Taifun hebat

II. RANCANGAN SISTEM

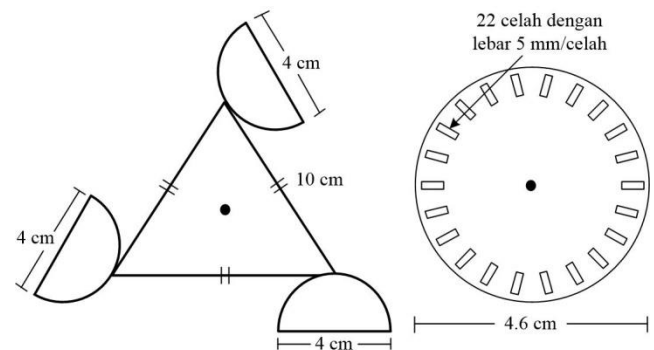
Perancangan sistem pendeteksi kecepatan angin terbagi menjadi tiga bagian, diantaranya rancangan mekanik, elektrik, dan pemrograman. Diagram blok dari sistem yang dirancang tersaji pada Gambar 1. Diagram blok sistem terdiri dari dua bagian berdasarkan tempat penyimpanannya, yaitu luar ruangan (*outdoor*) dan dalam ruangan (*indoor*). Pada bagian luar ruangan, penampang angin (*rotary frame*) digunakan bersama dengan sensor *optocoupler*. Pada bagian dalam ruangan, mikrokontroler dan perangkat antarmuka ditempatkan serta dilengkapi catu daya. Bagian luar dan dalam ruangan dihubungkan menggunakan kabel.

A. Rancangan Mekanik

Alat pendeteksi kecepatan angin dirancang dengan menggunakan bahan akrilik tebal 2 mm. Untuk *rotary frame* dirancang dalam bentuk segitiga sama sisi dengan panjang sisi 10 cm, sedangkan penampang angin dirancang dengan menggunakan bahan plastik dari 3 buah bola meja yang dibelah dengan diameter 4 cm. Lebih jelasnya, desain alat pendeteksi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram blok sistem



Gambar 2. Rancangan mekanik: penampang angin (kiri), piringan celah (kanan)

B. Rancangan Elektrik

Pada bagian ini akan diuraikan desain elektrik dari sistem. Sensor yang digunakan yaitu *optocoupler* yang mendeteksi putaran piringan dengan 22 buah celah. Sensor akan mendeteksi berapa banyak celah yang terdeteksi ketika piringan berputar. Sensor ini bekerja dengan menggunakan prinsip optik. Ketika dioda memancarkan sinyal, maka *phototransistor* yang berada pada *optocoupler* akan menghasilkan logika biner "1", sebaliknya ketika sinyal tersebut terhalangi maka *phototransistor* akan menghasilkan logika biner "0". Mikrokontroler yang digunakan yaitu ATmega328 pada modul Arduino Uno R3 dengan spesifikasi kecepatan *clock* 16 MHz. Modul ini digunakan karena memiliki spesifikasi yang sesuai dengan sistem yang dirancang. Modul Arduino Uno memiliki 14 pin digital I/O dan 6 pin analog *input*. Mikrokontroler ini juga dilengkapi fasilitas PWM pada 6 pin digital *output* dengan resolusi 8 bit. Selain itu, mikrokontroler ini telah dilengkapi pula oleh fasilitas *Analog to Digital Converter* (ADC) dengan resolusi 10 bit yang digunakan untuk pembacaan sensor analog. Pada bagian *output*, digunakan *dot matrix* 8x8 dengan konfigurasi *common cathode* yang berfungsi menampilkan kecepatan angin yang terdeteksi dengan interaktif *running text*. Sebagai pengendalinya, digunakan modul IC MAX7219. Untuk sistem peringatan digunakan LED dan *buzzer* yang diatur dengan berdasarkan algoritma pada pemrograman. Terakhir, tiga unit baterai Lithium-Ionium (Li-Ion) dengan tegangan total 11,1V digunakan sebagai *power supply*. Rancangan keseluruhan dari sistem

elektrik dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan koneksi pin dapat dilihat pada Tabel 2.

C. Pemrograman

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai pemrograman dan cara kerja alat yang dirancang. Pemrograman dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Perangkat ini berfungsi sebagai *compiler* dan telah terintegrasi dengan modul mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu C/C++. Untuk menghitung kecepatan angin, penulis menggunakan tiga indikator yaitu: normal (LED hijau), *warning* (LED kuning), dan bahaya (LED merah). Untuk lebih jelasnya, algoritma sistem peringatan yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.

Perhitungan kecepatan angin sendiri dirancang dengan menggunakan rumus kecepatan putaran *Rotation per Minute* (RPM) dari *rotary encoder* berikut:

$$RPM = \frac{\text{Jumlah pulsa terbaca}}{\text{jumlah celah rotary encoder}} \times 60 \quad (1)$$

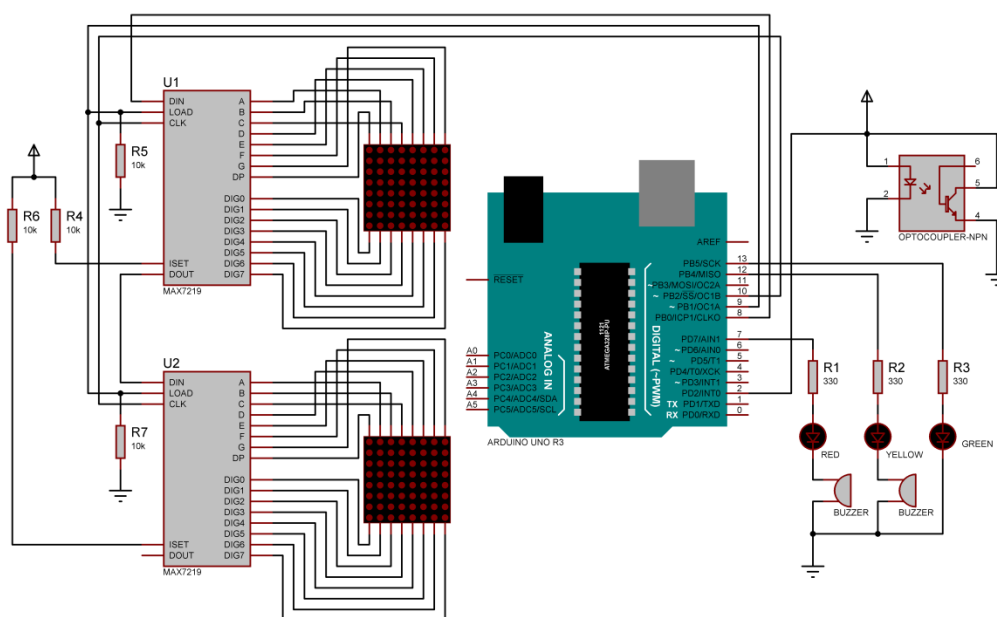
karena jumlah celah yang dirancang sebanyak 22, maka diperoleh:

$$RPM = \frac{\text{Jumlah pulsa terbaca}}{22} \times 60 \quad (2)$$

Dari persamaan tersebut, maka diperoleh kecepatan angin:

$$v = \frac{RPM}{60} \times 2\pi r \quad (3)$$

dengan v adalah kecepatan angina dalam m/s, π adalah konstanta 3.14, dan r adalah panjang jari-jari penampang *rotary frame*.



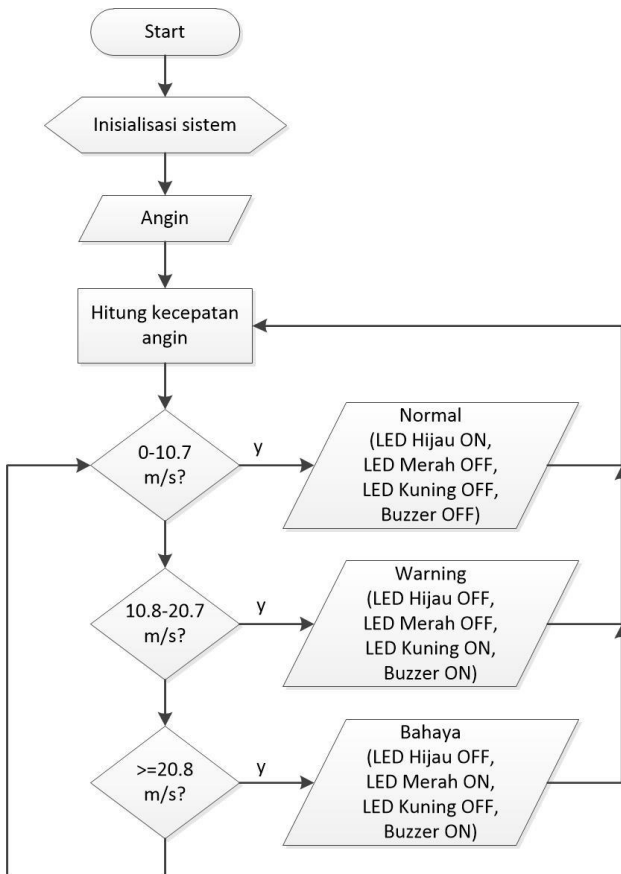
Gambar 3. Rancangan elektrik

Tabel 2. Koneksi pin pada mikrokontroler

PIN	Terhubung
5V	VCC <i>Optocoupler</i>
5V	VCC Modul LED <i>Dot Matrix</i>
2	<i>Output Optocoupler</i>
8 (MOSI/DATA)	DIN Modul LED <i>Dot Matrix</i>
9 PWM (LOAD/SS)	CS Modul LED <i>Dot Matrix</i>
10 PWM	CLK Modul LED <i>Dot Matrix</i>
7	Indikator (LED Merah & <i>Buzzer</i>)
12	Indikator (LED Kuning & <i>Buzzer</i>)
13	Indikator (LED Hijau)



Gambar 5. Realisasi pendeteksi kecepatan angin



Gambar 4. Diagram alir pemrograman

III. REALISASI DAN PENGUJIAN

A. Realisasi

Anemometer yang dirancang selanjutnya direalisasikan ke dalam bentuk perangkat keras. Sistem mekanik direalisasikan untuk mendeteksi kecepatan angin, sedangkan sistem elektrik dan pemrograman digunakan sebagai perangkat antar muka.

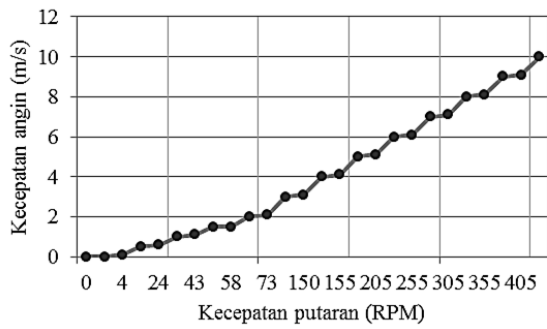


Gambar 6. Realisasi antarmuka

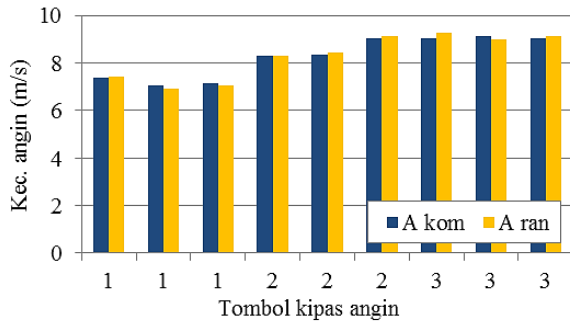
Gambar 5 menunjukkan sistem mekanik yang dipasang pada bagian luar rumah. Sistem ini dilengkapi dengan sensor yang mendeteksi putaran. Data kecepatan angin dikirimkan ke perangkat antarmuka yang terpasang di dalam ruangan dengan menggunakan kabel. Gambar 6 menunjukkan perangkat antarmuka yang direalisasikan. Data kecepatan angin ditampilkan dalam bentuk *running text* pada *dot matrix*. Dengan konfigurasi ini, perangkat antarmuka akan lebih menarik digunakan. Sistem peringatan dini sendiri direalisasikan menggunakan indikator LED berwarna dan *buzzer*. Sebagai tambahan, pada bagian bawah dilengkapi koneksi *power supply* dan memungkinkan untuk dilakukan pengisian ulang.

B. Pengujian Sensor

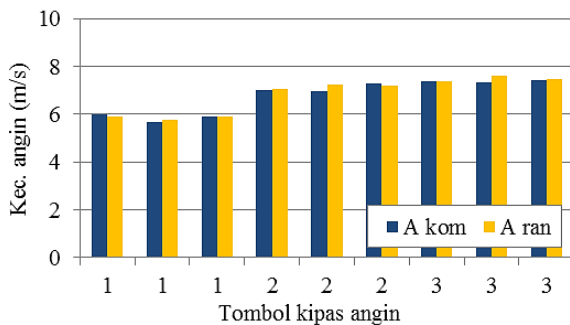
Sensor *optocoupler* diuji untuk memastikan dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan untuk mengetahui hubungan linieritas antara kecepatan putaran RPM dari penampang angin dan kecepatan angin sendiri dalam m/s. Persamaan (2) dan (3) digunakan untuk menghitung kecepatan putaran dan kecepatan angin. Kedua persamaan ini direalisasikan pada bahasa pemrograman C/C++ yang ditanamkan di mikrokontroler.



Gambar 7. Linieritas kecepatan putaran dan kecepatan angin



Gambar 8. Hasil pengujian pada jarak 10 cm

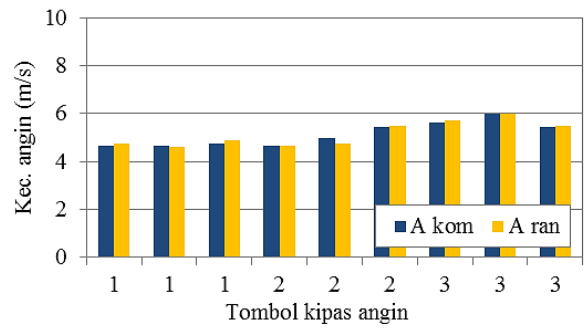


Gambar 9. Hasil pengujian pada jarak 30 cm

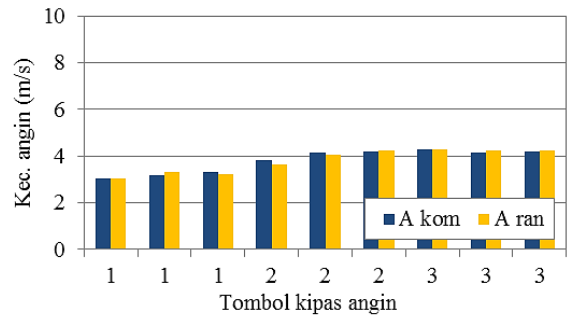
Hasil pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 7 menunjukkan hubungan yang linier antara kecepatan putaran RPM dan kecepatan angin dalam m/s. Dengan demikian, sensor yang digunakan mampu mendeteksi kecepatan angin sesuai dengan kecepatan putaran penampang angin yang dihasilkan. Semakin cepat putaran, semakin cepat pula kecepatan angin yang terdeteksi.

C. Pengujian Alat

Terdapat dua tahapan yang dilakukan untuk menguji alat yang dirancang. Tahap pertama pengujian dilakukan dengan menggunakan kipas angin dengan jarak antara alat dan kipas angin yang diujikan yaitu 10 cm, 30 cm, 50 cm, dan 70 cm. Hal yang sama dilakukan pula pada Anemometer komersial sebagai data pembandingan. Besarnya kesalahan relatif (KR) diperoleh berdasarkan persamaan berikut:



Gambar 10. Hasil pengujian pada jarak 50 cm



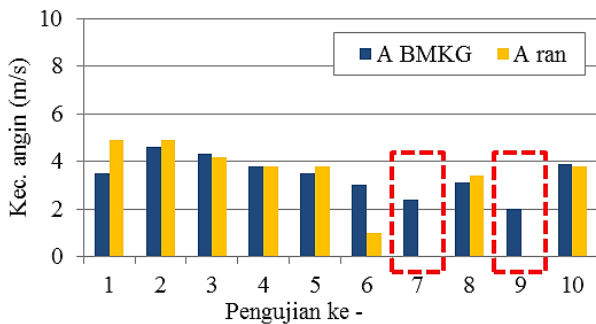
Gambar 11. Hasil pengujian pada jarak 70 cm

$$KR (\%) = \frac{|A_{kom} - A_{ran}|}{A_{kom}} \times 100 \quad (4)$$

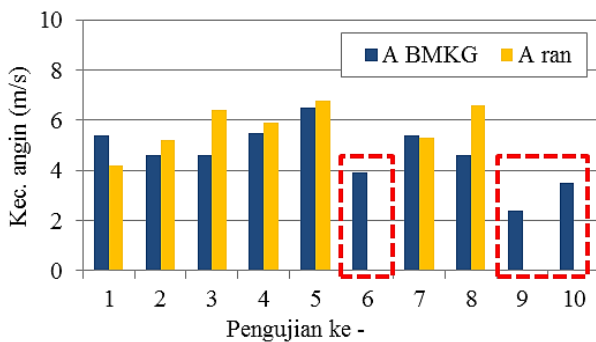
dimana A_{kom} kecepatan angin terdeteksi Anemometer komersial dan A_{ran} adalah kecepatan angin terdeteksi Anemometer rancangan. Data kecepatan angin yang terdeteksi dapat dilihat pada Gambar 8-Gambar 11. Dari keempat gambar tersebut diperoleh hasil bahwa alat yang dirancang mampu mendeteksi kecepatan angin dengan kesalahan relatif rata-rata sebesar 1,18% pada jarak 10 cm, 1,41% pada jarak 30 cm, 1,55% pada jarak 50 cm, dan 2,44% pada jarak 70 cm jika dibandingkan dengan Anemometer komersial.

Pada tahap kedua, pengujian dilakukan dengan menggunakan angin alami. Pengujian dilakukan di BMKG Masyarakat Terpadu RW 09 Kelurahan Karang Tengah Kota Sukabumi. Sebagai perbandingan, Anemometer milik BMKG digunakan juga pada pengujian ini. Pada saat bersamaan, kecepatan angin terdeteksi Anemometer rancangan dan Anemometer BMKG diukur dan diamati perbedaannya. Hasil pengujian yang dilakukan selama dua hari menunjukkan bahwa Anemometer rancangan belum mampu mengukur kecepatan angin dengan rata-rata kesalahan relatif 21,21% (Gambar 12) dan 18,80% (Gambar 13) jika dibandingkan dengan Anemometer BMKG. Nilai ini diperoleh dari rata-rata kesalahan relatif tanpa menghitung kondisi ketika Anemometer rancangan mendeteksi kecepatan nol (ditandai garis merah putus-putus pada gambar). Nilai kesalahan relatif yang diperoleh lebih besar jika dibandingkan

dengan pengujian menggunakan kipas angin. Hal ini terjadi karena kondisi perubahan arah angin alami yang tiba-tiba tidak dapat terdeteksi oleh alat ini, sedangkan Anemometer BMKG mampu menangani kondisi tersebut. Selain itu, desain mekanik dari penampang angin yang dirancang juga dapat mempengaruhi kondisi ini. Desain yang ideal dan massa yang lebih ringan akan mampu meningkatkan sensitivitas terhadap perubahan kecepatan dan arah angin yang tiba-tiba dapat terjadi. Walaupun demikian, hal ini tidak berdampak signifikan untuk sistem peringatan dini. Desain antarmuka dengan menggunakan *dot matrix running text* juga dapat menampilkan kecepatan angin secara interaktif.



Gambar 12. Hasil pengujian pada tanggal 3 Desember 2016



Gambar 13. Hasil pengujian pada tanggal 4 Desember 2016

IV. KESIMPULAN

Alat pendeteksi kecepatan angin atau dikenal dengan nama Anemometer dengan antarmuka *running text* untuk sistem peringatan dini telah berhasil dirancang dan dibuat. Hasil pengujian alat ini menggunakan angin buatan diperoleh rata-rata kesalahan relatif sebesar 1,18% pada jarak 10 cm, 1,41% pada jarak 30 cm, 1,55% pada jarak 50 cm, dan 2,44% pada jarak 70 cm jika dibandingkan dengan Anemometer komersial. Hasil pengujian angin alami menunjukkan alat ini mampu mendeteksi kecepatan angin dengan rata-rata kesalahan relatif sebesar 21,21% dan 18,80% dibandingkan Anemometer BMKG pada dua hari berbeda. Nilai kesalahan relatif ini lebih besar jika dibandingkan dengan pengujian menggunakan angin buatan. Hal ini terjadi karena kondisi perubahan arah angin alami yang tiba-tiba tidak dapat terdeteksi alat ini.

REFERENSI

- [1] Kent E.C., P.K. Taylor, "Choice of a Beaufort Scale", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. 14 No. 2, 1997
- [2] Dewi W., dkk, "Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Angin Berbasis Arduino Uno ATmega 328P", *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, Vol. 04 No. 03, hal. 150-156, 2015
- [3] Aswir P., Andi M., "Perancangan Anemometer Berbasis Internet", *Jurnal Teknik Elektro ITP*, Vol. 3 No. 1, Januari 2014
- [4] Ari W., "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Melalui Layanan SMS", *Tugas Akhir Diploma Universitas Diponegoro*, 2008
- [5] Oktavian D., "Rancang Bangun Alat Monitoring Kecepatan Angin Dengan Koneksi Wireless Menggunakan Arduino Uno", *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol. 5 No. 4*, 2016
- [6] Alvon M., "Purwarupa Sistem Peringatan Dini Bencana Alam Angin Puting Beliung Berdasarkan Kecepatan Angin Berbasis Jaringan Kabel", *Tugas Akhir Diploma Universitas Gadjah Mada*, 2014