

Rancang Bangun Sistem Monitoring Pengukuran Kecepatan Angin menggunakan Wi-Fi ESP8266

SYAVIRDA WIDI QIYAS PUTRI^{1*}, DINI FAUZIAH¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia Email: syavirdawidiqp@gmail.com

Received 02 02 2023 | Revised 09 02 2023 | Accepted 09 02 2023

ABSTRAK

Sebuah sistem monitoring kecepatan angin yang dapat digunakan dengan jarak jauh mampu mempermudah pengguna untuk memantau kondisi angin tersebut, tanpa harus melihat kondisi angin tersebut, tanpa harus melihat kondisi angin di luar. Sistem monitoring jaringan Wi-Fi yang dapat mengakses internet dan membuat jaringan tanpa kabel baik di rumah maupun di kantor. Sistem ini menggunakan papan Arduino untuk mengolah data yang didapat oleh sensor. Data dikirim secara nirkabel dengan menggunakan modul Wi-Fi ESP8266. Data akan diterima oleh penerima diolah pada web browser bylnk. Pengiriman data yang dilakukan adalah data kecepatan angin rata-rata dalam setiap 1 menit, data akan ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik pada web aplikasi. Sistem monitoring pengukuran data kecepatan angin menggunakan jaringan Wi-Fi ESP8266 sudah dapat diimplementasikan pada kecepatan angin. Alat ukur kecepatan angin sudah diuji sehingga alat ukur dapat membaca kecepatan angin dengan rentang 0,65 m/s – 3,98 m/s. Data yang diterima dari sistem pengiriman ditampilkan pada web browser bylnk.

Kata kunci: *Arduino, Bylnk, Kecepatan Angin, Sistem Monitoring, Wi-Fi Esp8266.*

ABSTRACT

A wind speed monitoring system that can be used remotely makes it easier for users to monitor wind conditions, without having to look at the wind conditions outside. A Wi-Fi network monitoring system that can access the internet and create wireless networks both at home and at the office. This system uses an Arduino board to process data obtained by sensors. Data is sent wirelessly using the ESP8266 Wi-Fi module. The data will be received by the recipient and processed on the bylnk web browser. The data sent is the average wind speed data every 1 minute, the data will be displayed in the form of numbers and graphics on the web application. The wind speed data measurement monitoring system using the ESP8266 Wi-Fi network can already be implemented at wind speed. The wind speed measuring instrument has been tested so that the measuring instrument can read wind speeds in the range of 0.65 m/s – 3.98 m/s. The data received from the delivery system is displayed on the bylnk web browser.

Keywords: *Arduino, Bylnk, Monitoring System, Wind Speed, Wi-Fi Esp8266.*

1. PENDAHULUAN

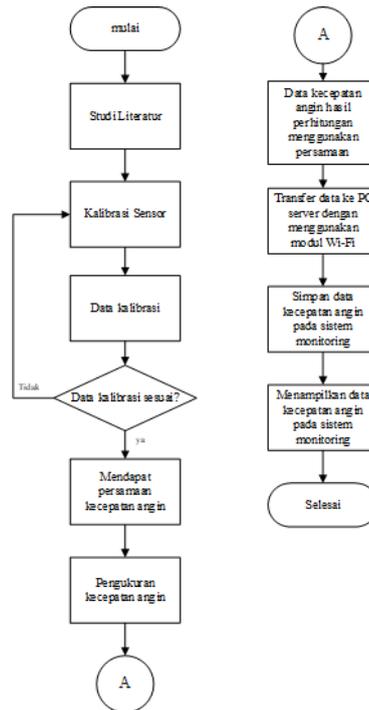
Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki kontur wilayah yang bervariasi, adanya perbedaan ketinggian antar wilayah tersebut menyebabkan tingkat kecepatan angin dari setiap daratan berbeda-beda, berdasarkan wilayahnya arah angin datang dari segala penjuru, hal ini mendorong untuk stasiun-stasiun untuk memantau iklim yang dapat memberikan data yang dapat dipertanggung jawabkan dengan menggunakan alat ukur iklim, diantaranya alat pengukur kecepatan angin. Anemometer dibedakan beberapa jenis alat yang dapat digunakan yaitu mengukur kecepatan angin anemometer adalah sebuah perangkat untuk mengukur kecepatan angin yang telah banyak dipakai dalam Meteorologi dan Geofisika. Kecepatan angin diukur dengan anemometer cup, instrument dengan tiga atau empat logam berlubang kecil yang sudah ditetapkan, sehingga dapat menangkap dan berputar dengan dibantu batang vertikal (**Azlina,2013**).

Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin pada ketinggian dibawah dua meter masih menggunakan sistem mekanik, hal ini dikarenakan harganya lebih murah dibandingkan dengan alat yang sudah menggunakan sistem elektronik namun, data yang dihasilkan oleh alat masih berupa data mentah dan harus di telaah terlebih dahulu sebelum data tersebut menjadi data pengamatan, kesalahan-kesalahan yang terjadi pada proses pengamatan dari data sistem mekanik bisa saja terjadi karena kesalahan teknik pada saat pengambilan data dilapangan. Berkaitan dengan hal tersebut maka penulis akan membuat perancangan alat pengukur kecepatan angina berbasis Arduino Uno, peralatan ini akan menggunakan sensor kecepatan angin (anemometer) model kap dengan piringan, data yang diberikan dari sensor tersebut kemudian diterjemahkan dalam kode digital oleh Arduino dan hasil proses ini akan ditampilkan melalui perangkat lunak pada sistem yang sudah terhubung dengan menggunakan modul esp8266 (**M.Zainul,2019**). Pada penelitian ini penulis membuat sebuah sistem monitoring alat ukur kecepatan angin yang dapat menampilkan data kecepatan angin secara real time dan dapat mengakses data kecepatan angin yang dihasilkan melalui aplikasi bylnk.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Gambar 1 di bawah ini menunjukkan diagram alir untuk Pengambilan data kecepatan angin Pada tahap awal dilakukan studi literatur yang bertujuan untuk mencari materi pendukung untuk membuat laporan penelitian, setelah melakukan studi literatur langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi sensor dimana sensor anemometer wind cup harus dikalibrasi terlebih dahulu, pada penelitian kali ini proses kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai kecepatan anemometer digital dengan anemometer wind cup. Jika data kalibrasi sudah didapat selanjutnya adalah nilai selisih antara anemometer digital dengan sensor wind cup harus memiliki nilai selisih dengan rentang $-1,0,1$ maka dapat dikatakan bahwa sensor bekerja dengan baik, namun jika nilai selisih yang dihasil kurang atau melebihi rentang maka harus kembali mengulangi proses kalibrasi, jika nilai kalibrasi telah memenuhi standar maka tahap selanjutnya adalah mendapatkan persamaan untuk mencari kecepatan angin. Persamaan kecepatan angin didapatkan dari aplikasi excel dengan menggunakan fitur trend line. Setelah mendapatkan persamaan langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran kecepatan angin dimana Arduino Uno akan memproses data kecepatan angin agar data yang ditampilkan sesuai, setelah itu Arduino akan memindahkan data kecepatan angin ke modul WiFi dan modul WiFi akan mengirimkan data tersebut ke aplikasi yang telah terhubung sehingga aplikasi dapat menampilkan kecepatan angin pada serial monitor.



Gambar 1. Diagram Alir Pengambilan Data Kecepatan angin.

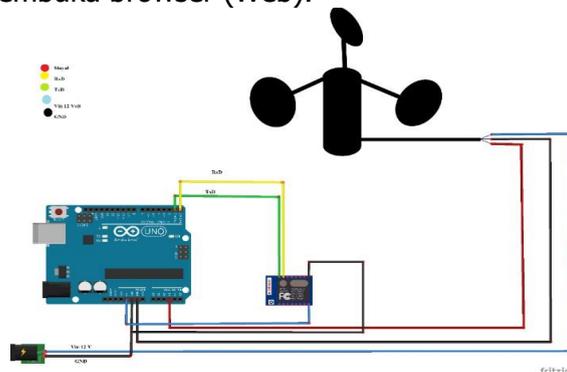
2.2 Langkah-langkah Penelitian

2.2.1 Perancangan Sistem

Untuk dapat melakukan pengujian alat, maka diperlukan sejumlah data masukan, seperti data program untuk mengkalibrasi sensor, data hasil kalibrasi, nilai error alat serta data kecepatan angin saat pengujian. Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil informasi nyata/fakta dari objek yang akan di analisis dan dijadikan sebagai objek penelitian.

Gambar 2 di bawah ini menunjukkan skematik pengukuran kecepatan angin. Alat ukur ini terdiri dari satu buah sensor yaitu sensor pengukuran kecepatan angin menggunakan sensor anemometer berjenis wind cup, sensor akan terbaca bila cup pada sensor terkena angin dan menghasilkan kondisi high atau low, kemudian dibaca dan diolah di dalam Arduino Uno. Wind cup akan berputar sesuai dengan putaran angin dan akan menghasilkan sinyal pulsa, kemudian dibaca dan diolah oleh Arduino Uno.

Hasil semua data akan diolah di Arduino IDE kemudian dikirim menggunakan wi-fi modul ESP8266, dan akan menampilkan data yang diterima ke Android maupun laptop dengan cara membuka browser (Web).



Gambar 2. Skematik Pengukuran Kecepatan Angin.

2.2.3 Perancangan Alat

Pada Langkah-langkah perancangan Sistem Monitoring Pengukuran Data Kecepatan Angin Menggunakan Jaringan Wi-Fi Esp8266 akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Sensor Kecepatan Angin

Perancangan alat untuk mengukur kecepatan angin terdiri dari piringan yang mempunyai 22 celah dan sensor Optocoupler untuk menghasilkan pulsa. Piringan ini akan berputar jika angin yang bergerak mengenai baling-baling yang terpasang pada piringan tersebut dengan kecepatan angin tertentu.

2. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler yang di dalam nya terdapat IC Atmega328 atau bisa amenggunakan Atmega 8 dan Atmega 168 berdasarkan sesuai dengan kebutuhan. Dalam papan Arduino Uno terdapat port atau pin yang banyak digunakan untuk masukan dan keluaran pada sensor maupun wi-fi ESP8266. Pada Tabel 1 menunjukkan port Arduino yang digunakan.

Tabel 1. Penggunaan Port Pada Arduino

NO	Nama	Kaki Yang digunakan	Keterangan
1	Sensor Kecepatan Angin	PIN 3	Sebagai Masukkan
2	Ground Sensor	GND	Sebagai Masukkan
3	Ground Power Supply	GND	Sebagai Masukkan

3. Mengkalibrasi Sensor Kecepatan Angin

Proses kalibrasi pada penelitian kali ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang di hasilkan oleh sensor kecepatan angin yang telah di hubungkan dengan Arduino Uno dibandingkan dengan nilai yang di hasilkan oleh anemometer digital.

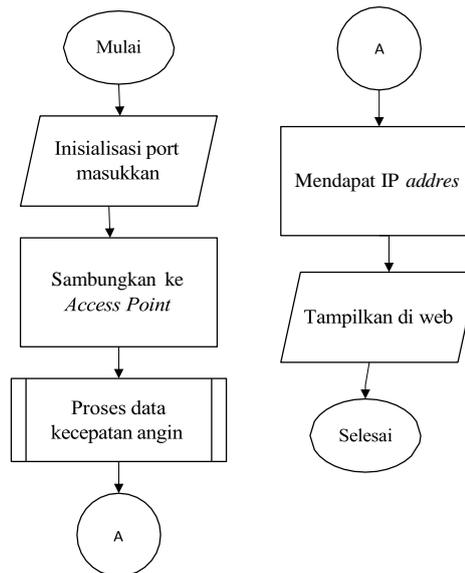
Gambar 3 memunjukkan proses pengkalibrasian sensor kecepatan angin dengan anemometer digital. Prinsip kerja dari proses kalibrasi penelitian ini adalah saat baling-baling pada sensor kecepatan tertiuip oleh angin yang dihasilkan oleh kipas maka sensor akan mulai membaca berapa kecepatan angin yang dihasilkan. Pada penelitian ini pembacaan hasil kalibrasi dilakukan per 1 menit dilakukan secara berulang dengan mengatur jarak dari kipas angin. Setelah hasil kecepatan angin dari sensor terbaca maka nilai tersebut akan di bandingkan dengan nilai yang di baca oleh anemometer digital.



Gambar 3. Proses Pengkalibrasian Sensor Kecepatan Angin.

4. Pengiriman Data.

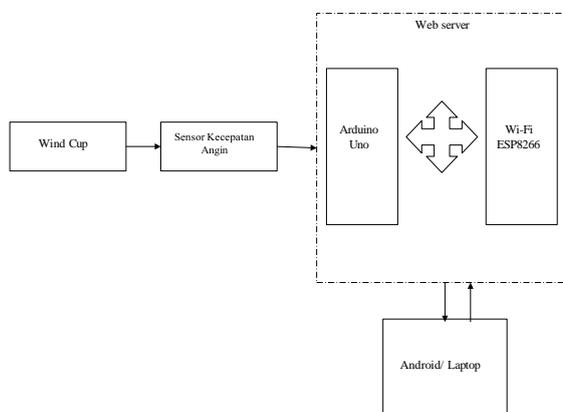
Gambar 4 Menunjukkan diagram alir keseluruhan pemograman. Setelah mulai, program melakukan inialisasi terhadap port-port mikrokontroler yang digunakan untuk proses bekerjanya alat. Pertama menghubungkan ke access point pada jaringan wi-fi agar dapat terkoneksi. Kedua dan ketiga melakukan pemograman pada alat kecepatan angin agar sensor terbaca. Kemudian melakukan pemograman pada alat ESP8266 agar mendapat IP yang dibutuhkan dan selanjutnya mengirim data ke web blink dan ditampilkan hasil data tersebut.



Gambar 4. Diagram Alir Keseluruhan Pemograman

5. Proses Kerja Sistem.

Gambar 5 merupakan gambar diagram blok perancangan dimana pada diagram blok tersebut terdapat sensor wind cup yang di dalam nya terdapat sebuah sensor kecepatan angin yang akan membaca kecepatan angin, setelah kecepatan angin didapat maka kecepatan angin akan dikirim pada Arduino lalu, diproses dan data akan dikirim pada WiFi ESP8266 lalu WiFi akan memindahkan data pada WiFi menggunakan koneksi yang telah disambung sehingga dapat menampilkan data kecepatan angin pada aplikasi.



Gambar 5. Diagram Blok Perancangan.

6. Perhitungan

Hasil pengukuran dari alat akan dijadikan suatu perbandingan dengan hasil perhitungan menggunakan rumus persamaan dibawah ini :

- a) Menghitung error persen pada alat penelitian dengan menggunakan persamaan

(1) : **(Mawardi,2017).**

$$\frac{\text{Nilai semestinya}-\text{Nilai terukur}}{\text{Nilai semestinya}} \times 100\% \quad (1)$$

- b) Menghitung toleransi error pada alat penelitian menggunakan persamaan

(2) :
(Mawardi,2017).

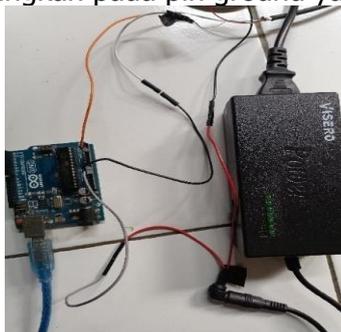
$$\frac{\text{Nilai semestinya}-\text{Nilai terukur}}{\text{Nilai terukur}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil Perancangan Hardware

Hasil perancangan ini terdiri dari Arduino Uno, Modul ESP8266 dan sensor kecepatan angin,power supply. Hasil dari rangkaian hardware ini gunakan sebagai sistem monitoring dan supply daya.

Gambar 6 merupakan rangkaian alat bagian hardware pada alat pengukuran kecepatan angin, pada penelitian ini menggunakan power supply yang akan memberikan suplai tegangan pada sensor anemometer sebesar 24 V untuk menghidupkan anemometer. Selain itu keluaran dari powersupply disambungkan ke pin dengan ground pada Arduino Uno. Sensor anemometer memiliki 3 output, ouput pertama disambungkan dengan powersupply agar anemometer dapat bekerja, ouput kedua pada anemometer disambungkan dengan pin A3 pada Arduino Uno dan pin terakhir anemometer disambungkan pada pin ground yang ada pada Arduino Uno.



Gambar 6. Rangkaian Hardware

3.2 Hasil Kalibrasi Sensor

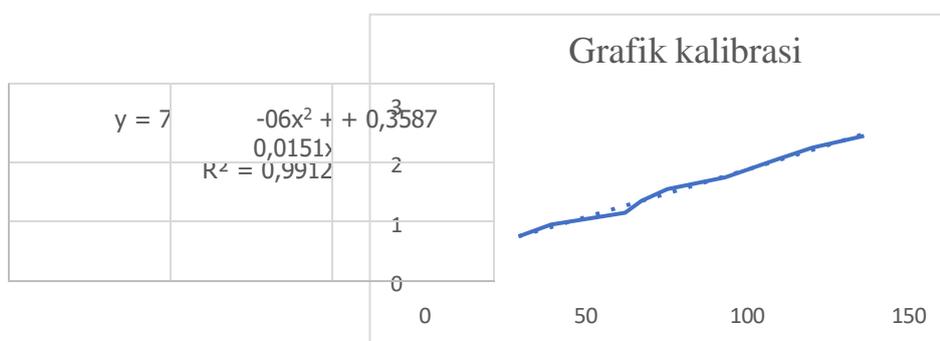
Pengujian sensor dilakukan untuk mendapatkan nilai baca sensor mendekati nilai akurasi yang baik. Untuk hasil baca sensor kecepatan angin akan dibandingkan dengan hasil alat anemometer digital untuk mengetahui akurasi sensor. Hasil pengujian yang diperoleh sensor kecepatan angin yang akan digunakan pada perangkat.

Tabel 2 menunjukkan data hasil kecepatan angin yang dibaca oleh anemometer digital dan anemometer wind cup. Dari data sensor wind cup dan anemometer digital, dapat dibuat dalam bentuk grafik untuk memperoleh nilai persamaan.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Sensor Wind Cup dengan Anemometer Digital

Anemometer Digital (m/s)	Sensor Kecepatan Angin (m/s)	Jarak (cm)	Anemometer Digital (m/s)	Sensor Kecepatan Angin (m/s)	Jarak (cm)	Anemometer Digital (m/s)	Sensor Kecepatan Angin (m/s)	Jarak (cm)
1,7	1,68	10	1,1	1,31	60	1,5	1,57	110
1,4	1,45	15	1	1,07	65	2,7	2,73	115
1,8	1,75	20	2,4	2,46	70	1,6	1,58	120
1,3	1,34	25	1	1,09	75	1,2	1,24	125
1,9	1,85	30	1,2	1,24	80	1	1,07	130
1,6	1,56	35	1,5	1,48	85	1,6	1,54	135
1,2	1,25	40	2	2,04	90	1,5	1,5	140
2	2,1	45	1,7	1,68	95	1	1,01	145
1,4	1,43	50	2,3	2,29	100	0,7	0,66	150
1,2	1,15	55	2,2	2,29	105	0,8	0,75	155

Gambar 7 menunjukkan grafik hasil kalibrasi perbandingan nilai kecepatan angin yang dihasilkan oleh sensor anemometer yang dirancang dengan anemometer digital, proses kalibrasi dilakukan dengan cara menyimpan sensor dan anemometer digital, untuk sumber angin yang digunakan untuk proses kalibrasi ini menggunakan sumber angin dari kipas angin dengan cara mengatur jarak kipas angin dengan sensor dengan kecepatan kipas angin yang tetap. Sehingga mendapat data kecepatan angin dari kedua alat tersebut, data kecepatan yang didapat lalu diolah hingga mendapatkan persamaan dengan bantuan excel pada format trendline. Pada trendline options dipilih linear dan centang display Equation on char untuk menampilkan hasil persamaan dan display R-squared value on char untuk mengetahui nilai kepresisian yang didapat. Terlihat bahwa nilai $R^2 = 0,991$, ini menunjukkan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik. Nilai skala presisi memiliki jangkauan $-1,0,1$. Jika nilai R^2 mendekati nilai 0 maka nilai presisinya buruk, dan jika R^2 mendekati -1 maka nilai presisi berkebalikan dari nilai presisi yang sebenarnya.



Gambar 7. Hasil Grafik Akurasi

3.3 Hasil Kecepatan Angin

Hasil pengujian maka sistem keseluruhan pada Alat Pengukur Kecepatan Angin menggunakan modul wifi ESP8266 telah berkerja dengan baik pada kecepatan 0,9 m/s sampai dengan kecepatan maksimal 3,98 m/s. Pengambilan data kecepatan angin ini dilakukan selama satu minggu dengan meyimpan sensor kecepatan angin di ketinggian 6 meter agar mendapatkan kecepatan angin secara maksimal dan tidak terhalang oleh apapun hasil pengukuran diambil secara real time per 1 menit, lalu nilai dirata-ratakan menjadi 1 jam agar data yang dimiliki secara real time, perubahan kecepatan angin lebih terlihat perbedaannya dan mengetahui berapa kecepatan angin dalam 1 jam untuk menjadi acuan berapa daya yang dapat disimpan pada baterai dan pada saat jam berapa baterai dapat mengisi dengan efektif.

Tabel 3 menunjukkan kecepatan angin rata-rata yang dibaca oleh sensor secara real time per 1 jam.

Tabel 3. Data Kecepatan angin

No	Tanggal	Jam	Kecepatan	Kategori
1	23/09/2022	09:32	2,67	Sepoi-sepoi
2	23/09/2022	10:32	2,47	Sepoi-sepoi
3	23/09/2022	11:32	2,41	Sepoi-sepoi
4	23/09/2022	12:32	2,02	Sepoi-sepoi
5	23/09/2022	13:32	3,15	Sepoi-sepoi
6	23/09/2022	14:32	3,18	Sepoi-sepoi
7	23/09/2022	15:32	2,27	Sepoi-sepoi
8	23/09/2022	16:32	2,36	Sepoi-sepoi
9	23/09/2022	17:32	2,89	Sepoi-sepoi
10	23/09/2022	18:32	3,07	Sepoi-sepoi
11	23/09/2022	19:32	2,09	Sepoi-sepoi
12	23/09/2022	20:32	2,96	Sepoi-sepoi
13	23/09/2022	21:32	1,72	Sepoi-sepoi
14	23/09/2022	22:32	2,25	Sepoi-sepoi
15	23/09/2022	23:32	2,82	Sepoi-sepoi
16	23/09/2022	00:32	0,91	Ringan
17	23/09/2022	01:32	0,77	Ringan
18	23/09/2022	02:32	1,07	Ringan
19	23/09/2022	03:32	1,14	Sepoi-sepoi
20	23/09/2022	04:32	1,12	Sepoi-sepoi
21	23/09/2022	05:32	1,06	Ringan
22	23/09/2022	06:32	1,33	Sepoi-sepoi
23	23/09/2022	07:32	1,75	Sepoi-sepoi
24	23/09/2022	08:32	1,55	Sepoi-sepoi
	Rata-rata		2,04	Sepoi-sepoi

Gambar 8 menunjukkan hasil grafik data kecepatan angin selama 1 minggu, dapat dilihat bahwa kecepatan angin pada pukul 22.00 hingga 05.00 pada jam tersebut

kecepatan angin yang terukur tidak terlalu tinggi. Hal tersebut dikarenakan antara jam 23.00 hingga 05.00 terjadi fenomena angin darat terjadi saat malam hari. Proses yang terjadi adalah udara panas di atas laut bergerak naik, lalu tempatnya digantikan oleh udara yang lebih dingin dari daratan. Sehingga terjadi gerakan konvektif yang menyebabkan udara dingin dari daratan bergerak menggantikan udara yang naik di lautan. Sehingga mempunyai kecepatan relatif lebih rendah dibanding dengan angin laut. Kemudian pada jam 06.00 hingga jam 20.00 kecepatan angin yang terukur memiliki kecepatan angin yang cukup tinggi dari pada jam yang lainnya. Hal tersebut dikarenakan pada pagi hingga sore terjadi fenomena angin laut terjadinya angin laut hampir sama dengan proses terjadinya angin darat, yaitu diakibatkan oleh perbedaan suhu pada kedua wilayah. Pada siang hari, wilayah daratan mempunyai kemampuan menyerap suhu atau kalor dari matahari lebih cepat. Kondisi sebaliknya terjadi di lautan, proses penyerapan panas atau kalor berlangsung lebih lambat. Sehingga, kecepataannya lebih tinggi daripada angin darat Selain faktor dari angin darat dan angin laut,

perubahan cuaca pun sangat mempengaruhi dari kecepatan angin, kecepatan angin akan meningkat ketika akan turun hujan namun setelah turun hujan intensitas angin akan menurun kembali.

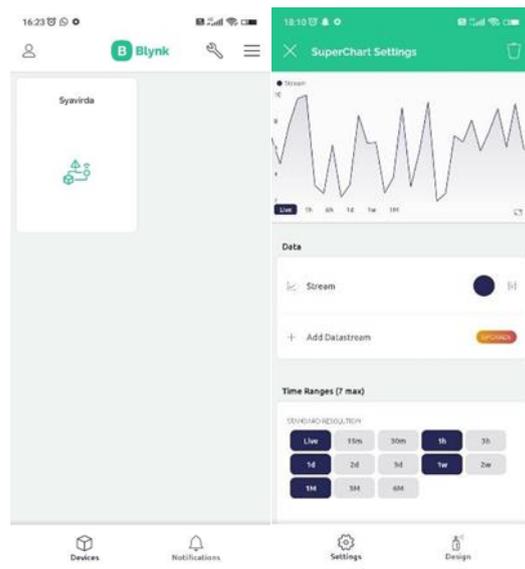


Gambar 8. Grafik Data Kecepatan Angin

3.4 Hasil Pengujian Aplikasi Blynk

Tampilan antar muka atau yang biasa disebut dengan interface adalah sebuah tampilan dimana pengguna dapat melakukan interaksi dengan sistem. Tampilan pada prototipe alat ukur kecepatan angin berisi halaman aplikasi Blynk.

Gambar 9 menunjukkan tampilan dari aplikasi Blynk saat proses pengambilan data kecepatan angin. Pada pengujian operasional alat dilakukan pengamatan terhadap aplikasi Blynk apakah berfungsi dengan baik atau.Selain menampilkan nilai dalam bentuk angka, aplikasi Blynk juga dapat menampilkan grafik dengan beberapa rentang waktu yaitu secara langsung (live).



Gambar 9. Implementasi Aplikasi Blynk

3.5 Hasil Pengujian Wi-Fi ESP8266

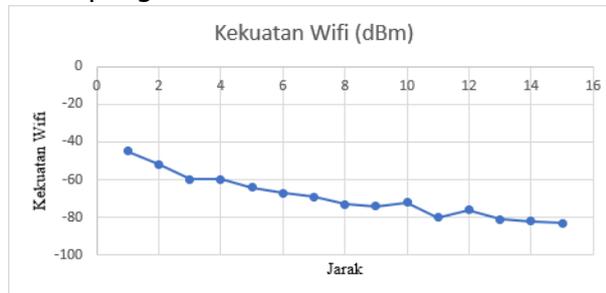
Kemampuan modul ESP8266 yang terhubung ke Arduino Uno untuk memancarkan wifi dapat diterima oleh android sangatlah penting. Jangkauan jarak pancar ini dipengaruhi lokasi tempat pengambilan data. Pada lokasi pengambilan data didalam ruangan yang terpenuhi dengan meja atau tersekat oleh suatu dinding. Pada jangkauan wifi menjadi dekat dikarenakan gelombang terhalang oleh berbagai benda yang ada di ruangan. Tabel 4.3 menunjukkan hasil jangkauan jarak wifi dan kekuatan wifi, sedangkan untuk Gambar 4.8 menunjukkan hasil grafik jarak dengan kekuatan wifi.

Tabel 5 menunjukkan bahwa untuk mengetahui berapa jauh jangkauan wifi saat mengirim dari sensor ke aplikasi.

Tabel 4. Hasil Jangkauan Jarak Wi-Fi Dan Kekuatan Wi-Fi

No	Jarak (meter)	Kekuatan Wifi (dBm)	Data Kirim	Sinyal
1	1	-45	Data diterima	4
2	2	-52	Data diterima	4
3	3	-60	Data diterima	3
4	4	-60	Data diterima	3
5	5	-64	Data diterima	3
6	6	-67	Data diterima	3
7	7	-69	Data diterima	3
8	8	-73	Data diterima	2
9	9	-74	Data diterima	2
10	10	-72	Data diterima	2
11	11	-80	Data diterima	1
12	12	-76	Data diterima	2
13	13	-81	Data diterima	1
14	14	-82	Data diterima	1
15	15	-83	Data tidak diterima	0

Gambar 10 menunjukkan bahwa jika pengiriman data ini semakin jauh jarak antara modul ESP8266 dengan android maka kekuatan dan kecepatan pengiriman data akan semakin cepat namun, sebaliknya jika jarak antara modul ESP8266 dengan android berjauhan maka pengiriman data akan lebih lambat.



Gambar 10. Grafik Kecepatan dengan Jarak

3.6 Perhitungan Hasil Pengujian

Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil pengujian yang telah dilakukan, maka sistem keseluruhan pada alat pengukur kecepatan angin telah bekerja dengan baik pada kecepatan 0,65 m/s sampai dengan 3.98 m/s. kecepatan angin dihitung berdasarkan lamanya waktu angin mengalir dalam menempuh jarak yang tertentu alat pengukur kecepatan angin biasanya menggunakan keliling lingkaran baling-baling untuk mengetahui jarak yang ditempuh.

Tabel 5. Perhitungan Persentase Kesalahan

No	Anemometer Digital (m/s)	Sensor Anemometer (m/s)	Persentase Kesalahan
1	1,7	1,68	$\frac{1,7-1,68}{1,7} \times 100\% = 1,17\%$
2	1,8	1,75	$\frac{1,8-1,75}{1,8} \times 100\% = 2,80\%$
3	1,9	1,85	$\frac{1,9-1,85}{1,9} \times 100\% = 2,63\%$
4	1,6	1,56	$\frac{1,6-1,56}{1,6} \times 100\% = 2,50\%$
5	1,2	1,15	$\frac{1,2-1,15}{1,2} \times 100\% = 4,16\%$
6	Jumlah rata-rata		$13,26 : 5 = 2,652\%$

Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai yang ditampilkan oleh alat yang dibuat pada penelitian kali ini dengan hasil perhitungan kecepatan angin secara manual hasil yang didapat memiliki nilai yang tidak jauh beda, sehingga dapat dikatakan bahwa sistem pada alat ini bekerja dengan baik.

Tabel 6. Perhitungan Kecepatan Angin

Kecepatan Terbaca Oleh Sensor (m/s)	Perhitungan (m/s)
0,9	$2 \times 3,14 \times 0,25 \times 0,6 = 0,942$
1,4	$2 \times 3,14 \times 0,25 \times 0,9 = 1,413$
1,49	$2 \times 3,14 \times 0,25 \times 0,95 = 1,4915$
2,36	$2 \times 3,14 \times 0,25 \times 1,5 = 2,355$
2,7	$2 \times 3,14 \times 0,25 \times 1,75 = 2,7475$
3,61	$2 \times 3,14 \times 0,25 \times 2,3 = 3,611$

4. KESIMPULAN

Setelah merancang, membuat dan menguji alat kecepatan angin, maka didapatkan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Pengukuran kecepatan angin dilakukan pada angin yang bergerak mendatar dengan kecepatan minimal 0,9 m/s sampai dengan kecepatan 3,98 m/s .
2. Dari pengujian semua sistem dapat disimpulkan bahwa alat dapat berkerja dengan baik, baik dari sisi hardware maupun sisi software. Dari sisi hardware setelah sensor melakukan proses kalibrasi dengan membandingkan nilai yang dihasilkan oleh sensor kecepatan angin wind cup dengan anemometer digital nilai selisih yang dihasilkan 0,9991 ini menunjukkan sensor dapat berkerja dengan baik, selain itu sensor juga dapat membaca kecepatan angin minimum sebesar 0,65 m/s permenit dimana untuk standar kecepatan angin minimum di daerah bandung pada bulan oktober sekitar 0,5 m/s dan membaca kecepatan angin maksimal sebesar 3,98 m/s dalam satu menit. Untuk modul ESP8266, modul tersebut bekerja dengan baik dan bisa mengirimkan data secara realtime namun modul ESP8266 ini memiliki jangkauan yang terbatas Untuk disisi Software berfungsi dengan baik aplikasi dapat menampilkan hasil kecepatan angin secara realtime dan akan menampilkan data kecepatan berupa grafik.

DAFTAR PUSTAKA

- Azlina, Maya., 2013, Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Angin dan Penunjuk Arah Angin Berbasis Mikrokontroler AT-Mega 8535, (Skripsi), Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hasan, Zainul M., 2019 Sistem Of-Grid Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis IOT (Internet Of Things), (Skripsi), Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Jember, Jawa Timur.
- Mawardi, Darles., 2017 Sistem Monitoring Pengukuran Data Arah Angin dan Kecepatan Angin Menggunakan Jaringan Wi-Fi ESP8266, (Tugas Akhir), Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.