

SISTEM MONITORING KECEPATAN DAN ARAH ANGIN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) SEBAGAI PERINGATAN DINI BENCANA ALAM

Aristuti Rahman¹, Akhmad Qashlim², Rosmawati Tamin³ Muhammad Farid Syam⁴

^{1,2,3}Universitas Al Asyariah Mandar

¹ariastuti.rahman@mail.unasman.ac.id, ²qashlim@mail.unasman.ac.id, ³taminrosmawati79@gmail.com,
⁴faridsyam22@gmail.com

ABSTRAK

Bencana puting beliung merupakan salah satu bentuk cuaca ekstrem yang disebabkan oleh perbedaan tekanan udara dan suhu di atmosfer. Fenomena ini dapat menyebabkan kehilangan nyawa dan gangguan psikologis. Untuk mengatasi dampak yang serius ini, diperlukan sistem yang mampu memantau kondisi lingkungan sekitar secara real-time dan memberikan peringatan dini. Penelitian ini bertujuan merancang sebuah sistem Internet of Things (IoT) untuk monitoring kecepatan dan arah angin serta kondisi lingkungan secara real-time yang efektif untuk memberikan peringatan dini bencana alam. Metode pengujian dan kalibrasi dilakukan dengan membandingkan perangkat IoT dengan alat standar. Pengujian tambahan dilakukan pada anemometer untuk mengevaluasi konsistensi kecepatan angin pada ketinggian tertentu dan di lokasi yang berdekatan dengan pesisir serta yang agak jauh dari pesisir. Hasil dari perancangan perangkat IoT ini menunjukkan kemampuannya dalam mendeteksi suhu, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin, serta mengirim data secara real-time ke sistem monitoring. Penelitian ini menegaskan bahwa sistem monitoring berbasis web efektif dalam memantau kondisi lingkungan dan mengirimkan peringatan dini apabila sistem mendeteksi ciri-ciri angin puting beliung.

Kata Kunci— Angin puting beliung, Internet of Things, Monitoring, Peringatan dini, Real-time.

ABSTRACT

A tornado is a form of extreme weather caused by differences in air pressure and temperature in the atmosphere. This phenomenon can cause loss of life and psychological disorders. To overcome this serious impact, a system that is able to monitor the condition of the surrounding environment in real-time and provide early warning is needed. This research aims to design an Internet of Things (IoT) system for real-time monitoring of wind speed and direction as well as environmental conditions that is effective for providing early warning of natural disasters. Testing and calibration methods were carried out by comparing IoT devices with standard tools. Additional tests were conducted on the anemometer to evaluate the consistency of wind speed at certain heights and at locations adjacent to the coast and some distance from the coast. The results of this IoT device design demonstrate its ability to detect temperature, humidity, air pressure, wind speed, and wind direction, and send real-time data to the monitoring system. This research confirms that the web-based monitoring system is effective in monitoring environmental conditions and sending early warnings when the system detects tornado characteristics.

Keywords— Tornado, Internet of Things, Monitoring, Early warning, Real-time.

1. PENDAHULUAN

Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana, hingga tahun 2023, Sulawesi Barat telah mencatat sebanyak 45 kejadian bencana. Di antara jenis-jenis bencana yang tercatat, termasuk kebakaran hutan, kekeringan, kebakaran, banjir, dan angin puting beliung. Pada tahun 2023, jenis bencana yang paling sering terjadi di daerah ini adalah angin puting beliung dan tanah longsor. Data ini menggambarkan kompleksitas tantangan yang dihadapi oleh Sulawesi Barat dalam menghadapi bencana alam, dengan variasi jenis bencana yang meliputi fenomena cuaca ekstrem dan geologis.

Secara umum, angin adalah pergerakan udara di atas permukaan bumi. Angin adalah udara yang bergerak karena perubahan tekanan udara, dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah atau dari daerah bersuhu rendah ke daerah bersuhu tinggi [1].

Tragedi angin puting beliung merupakan bencana alam yang disebabkan oleh perbedaan tekanan udara dan suhu di atmosfer. Angin puting beliung adalah bencana yang bergerak kencang dengan kecepatan di atas 63 km/jam [2]. Mengingat bahaya yang terkandung didalam puting beliung, sangat penting untuk memantau kecepatan dan arah angin karena puting beliung bisa menyebabkan kerugian yang sangat besar, termasuk potensi kehilangan nyawa manusia, dampak psikologis, kerugian materi, dan kerusakan ekosistem [3].

Dengan berkembangnya teknologi, sistem yang mengandalkan Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi kecepatan dan arah angin semakin krusial. Alat-alat berbasis IoT memungkinkan pengumpulan data yang lebih cepat dan akurat, yang krusial untuk memperoleh informasi peringatan dini terkait bencana alam seperti angin puting beliung [4]. Dengan infrastruktur IoT yang terintegrasi, informasi tersebut bisa disampaikan secara langsung dan efisien ke masyarakat, memungkinkan untuk pengambilan tindakan preventif yang lebih tepat waktu dan respons yang lebih efektif didalam situasi darurat [5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Monitoring

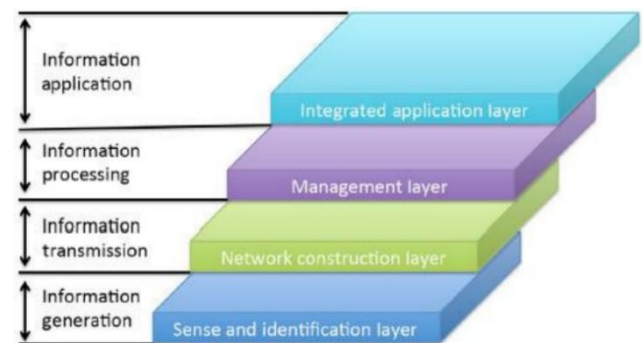
Sistem Monitoring adalah suatu sistem yang digunakan secara kontinu untuk memantau dan mengumpulkan data dari objek atau proses tertentu. Data yang dikumpulkan dari sistem ini kemudian dianalisis dengan tujuan untuk menghasilkan informasi yang krusial dalam mendukung pengambilan keputusan atau tindakan yang diperlukan. Sistem ini tidak hanya memberikan gambaran real-time tentang kondisi objek atau proses yang dimonitor, tetapi juga memungkinkan untuk melakukan analisis mendalam terhadap data yang terkumpul.

Bagi lancar suatu aktivitas yang tengah direncanakan hingga penutupannya, diperlukan pengawasan atau pemantauan guna mengukur evaluasi kegiatan ke depan. Pengawasan atau pemantauan dijelaskan sebagai tindakan mengamati dan/atau memperhatikan secara berkelanjutan atau berkala untuk memberikan informasi tentang status

perkembangan program kegiatan tertentu, serta mengidentifikasi masalah yang muncul dan menetapkan langkah selanjutnya yang diperlukan [6].

2.2. Internet of Things

Perangkat Internet of Things (IoT) mencakup dari empat lapisan inti yang saling bergantung dan saling mendukung. Keempat lapisan ini meliputi sensor dan perangkat pemantauan, jaringan komunikasi untuk mentransfer data, platform yang mengelola dan menganalisis data yang terkumpul, serta antarmuka pengguna yang memfasilitasi interaksi manusia dengan sistem IoT. Secara bersama-sama, lapisan-lapisan ini bekerja untuk mengoptimalkan kinerja IoT didalam berbagai konteks aplikasi, mulai dari rumah pintar hingga industri otomasi, menciptakan lingkungan yang terhubung dan cerdas. Referensi terhadap "gambar 2.1" mengindikasikan bahwasanya ilustrasi ini bisa memberikan pandangan visual yang lebih mendidalam terhadap struktur kompleks IoT.



Gambar 2.1. Lapisan Perangkat IoT

Gambar 2.1 menggambarkan empat lapisan utama yang mencakup dari perangkat Internet of Things (IoT) yang saling berhubungan. Sensor di lapisan paling bawah bertanggung jawab untuk mengumpulkan data dari lingkungan sekitar. Di atasnya, jaringan ataupun media transmisi dipergunakan untuk mengirimkan data ke pusat pemrosesan. Di lapisan ketiga, data diproses untuk menghasilkan informasi penting untuk manajemen sistem. Terakhir, lapisan aplikasi seperti pemantauan web berfungsi sebagai antarmuka yang memungkinkan pengoperasian dan pemantauan sistem IoT yang efisien. Keempat komponen ini memungkinkan Internet of Things untuk menyediakan solusi yang terintegrasi dan responsif didalam berbagai konteks aplikasi, membantu pengambilan keputusan yang lebih baik, dan mendukung inovasi teknologi yang terus berkembang [7].

2.3. NodeMCU ESP8266



Gambar 2.2. NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah platform IoT pasokan terbuka yang terdiri dari hardware System on Chip ESP8266 dari ESP8266 yang dibuat melalui metode Espressif. NodeMCU memiliki firmware yang digunakan menggunakan bahasa pemrograman scripting Lua. Papan Arduino ESP8266 juga dapat digunakan sebagai analoginya. NodeMCU dapat digunakan untuk mengembangkan berbagai aplikasi IoT, seperti pengukuran kecepatan angin, pengukuran suhu, pengukuran kelembaban, dan sebagainya [8].

2.4. Sensor Anemometer



Gambar 2.3. Sensor Anemometer

Sebuah alat yang umum dipergunakan didalam perangkat IoT untuk menentukan kecepatan angin yaitu anemometer yang mempergunakan anemometer cup, yang mencakup dari tiga mangkok berbentuk kipas. Anemometer cup ini dirancang untuk merespons angin dengan menggerakkan cup-cup tersebut, yang kemudian menghasilkan putaran. Untuk menentukan putaran cup-cup ini, sering dipergunakan sensor Hall Effect seperti A3144, yang mendeteksi perubahan medan magnet dari putaran cup-cup anemometer. Informasi yang ditemukan dari sensor ini diolah untuk menghitung dan memantau nilai kecepatan angin secara real-time, yang sangat berguna didalam aplikasi seperti prediksi cuaca, pemantauan lingkungan, dan pengelolaan sumber daya energi [9].

2.5. Sensor Arah Angin



Gambar 2.4. Sensor Arah Angin

Perangkat sensor angin digunakan untuk mengidentifikasi arah asal angin yang sedang bertiup,

sehingga mampu mengindikasikan arah angin berdasarkan posisi dan pergerakan magnet. Perangkat ini secara akurat merekam arah sumber angin relatif terhadap posisi perangkat itu sendiri, bukan arah pergerakan angin didalam ruang. Penggunaan sensor arah angin sangat penting didalam berbagai aplikasi, termasuk meteorologi, navigasi, dan pengaturan otomatis didalam industri, karena membantu didalam pemantauan dan prediksi kondisi cuaca yang akurat. Dengan teknologi yang terus berkembang, sensor ini bisa diintegrasikan dengan sistem IoT untuk memberikan data yang real-time dan relevan, yang mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan responsif didalam berbagai situasi [10].

2.6. Sesnor BME280



Gambar 2.5. Sensor BME280

Sensor BME280 yaitu sensor presisi yang bisa menentukan suhu, kelembaban, tekanan barometrik, dan ketinggian. Ini bisa berkomunikasi melalui interface Input/Output (I2C) ataupun SPI. Sensor BME280 bisa dipergunakan didalam berbagai aplikasi, mulai dari monitoring cuaca hingga pengukuran ketinggian [11].

3. METODE YANG DIUSULKAN

3.1. Teknik Pengumpulan Data

1) Pengukuran Langsung

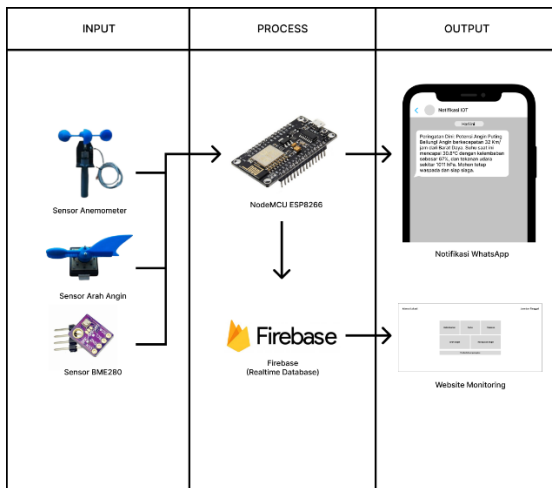
Menggunakan sensor yang terkoneksi dengan sistem IoT memungkinkan pengumpulan data real-time secara langsung dari lingkungan pesisir. Pengukuran data ini difokuskan pada dua periode waktu, yaitu sore dan malam hari, mengingat frekuensi angin kencang yang lebih tinggi pada waktu-waktu tersebut.

2) Pengamatan dan Observasi

Melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi cuaca untuk memastikan keakuratan data yang terkumpul dari sensor dan sistem monitoring.

3.2. Kerangka Sistem

Tabel 3.1. Kerangka Sistem



Alur kerja yang tergambar pada tabel di atas diawali dengan sensor anemometer, arah angin, dan bme280. Sensor-sensor tersebut bertugas untuk mengenali kondisi lingkungan sekitar. Data yang terkumpul dari sensor-sensor ini kemudian diproses oleh nodemcu esp8266. Nodemcu esp8266 berperan sebagai perangkat transmisi dan penghubung antara berbagai komponen dalam sistem. Setelah itu, data yang telah diproses akan dikirim ke database untuk selanjutnya ditampilkan pada website monitoring. Jika sistem mendeteksi adanya ciri-ciri angin puting beliung, maka sistem akan secara otomatis mengirimkan pesan peringatan melalui platform WhatsApp.

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Sistem Monitoring

Informasi tentang kelembaban udara, suhu, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin disajikan melalui sistem pemantauan yang bisa diakses oleh publik. Data-data ini memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi lingkungan saat itu dan memungkinkan publik untuk mengakses informasi terkini mengenai faktor-faktor penting yang bisa mempengaruhi kehidupan sehari-hari mereka. Dengan akses yang mudah dan transparansi informasi yang diberikan, publik bisa menaikkan kesadaran akan perubahan lingkungan serta bisa mengambil tahapan yang tepat didalam menghadapi kondisi cuaca yang berpotensi mempengaruhi aktivitas mereka. Sistem pemantauan ini bertujuan untuk memberikan informasi lingkungan yang penting bagi pengguna, seperti petani yang memerlukan informasi cuaca untuk mengelola tanaman mereka secara optimal, ataupun publik umum yang ingin mempersiapkan aktivitas luar ruangan sesuai dengan kondisi cuaca saat ini. Informasi yang disediakan oleh sistem ini tidak hanya menaikkan kesadaran akan kondisi lingkungan sekitar, tetapi juga mendukung pengambilan

keputusan yang lebih baik didalam kegiatan sehari-hari, serta membantu didalam upaya mitigasi terhadap bahaya yang mungkin timbul akibat perubahan cuaca yang tidak terduga.. Sistem secara langsung memperbarui data ini dan menyimpannya didalam database sistem. Gambar 4.1 memperlihatkan tampilan sistem monitoring.



Gambar 4.1. Halaman Dashboard Website Monitoring

Gambar 4.1 memperlihatkan data kondisi lingkungan sekitar. Perangkat Internet of Things (IoT) yang dipasang di wilayah pantai kemudian mengirimkan data ke sistem monitoring. Ini memungkinkan pengguna melihat parameter lingkungan seperti kelembaban, suhu, tekanan, kecepatan, dan arah angin.

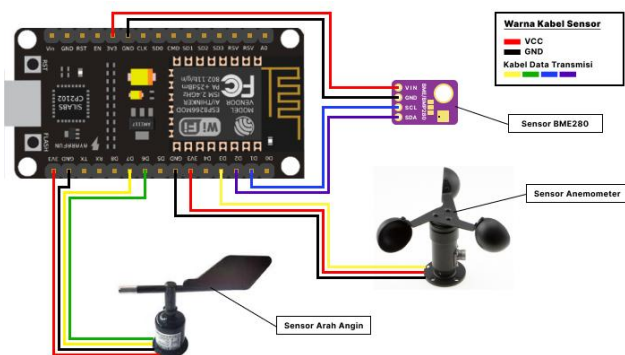
4.2. Perangkat IoT

Perangkat Internet of Things (IoT) mengintegrasikan rangkaian sensor yang mempergunakan sinyal WiFi untuk mengidentifikasi dan mengumpulkan data secara real-time. Data yang terkumpul dari berbagai sensor ini kemudian dikirimkan ke stasiun pemantauan ataupun platform cloud untuk pengolahan lebih lanjut. Teknologi sinyal WiFi memungkinkan pengiriman data yang cepat dan efisien, mendukung operasi yang seamless didalam memantau berbagai parameter seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan banyak lagi. Penggunaan IoT tidak hanya menaikkan ketepatan pengumpulan data tetapi juga mempercepat respons terhadap perubahan kondisi lingkungan ataupun keadaan yang memerlukan tindakan segera, menjadikannya kunci didalam transformasi digital dan optimasi didalam berbagai sektor industri dan aplikasi publik.. Penelitian ini mempergunakan satu unit perangkat IoT yang akan dipasang di sekitar area pantai, dimana Gambar 4.2 menggambarkan infrastruktur perangkat tersebut dengan detail. Infrastruktur ini dirancang untuk mendukung pengawasan yang efektif terhadap kondisi lingkungan di sekitar pantai, termasuk monitoring cuaca. Integrasi sensor-sensor ini dengan teknologi IoT tidak hanya menaikkan akurasi pengumpulan data tetapi juga memungkinkan respons yang lebih cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan.



Gambar 4.2. Infrastruktur Teknologi

Perangkat IoT menggunakan sensor BME280 untuk memantau suhu, kelembaban, dan tekanan udara secara akurat, selain itu, dilengkapi juga dengan sensor arah angin dan anemometer untuk menentukan kecepatan angin dalam satuan kilometer per jam. Kombinasi dari sensor-sensor ini memungkinkan perangkat untuk mengumpulkan data lingkungan yang komprehensif dan relevan. Dengan menggunakan teknologi sensor yang canggih ini, perangkat IoT mampu menyediakan informasi real-time yang akurat kepada pengguna. Data yang dihasilkan dari sensor-sensor ini dikirimkan melalui sinyal WiFi terdekat menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai media transmisi ke server utama. Di sana, data tersebut diproses dan tersedia untuk diakses oleh publik melalui platform web monitoring. Diagram blok sistem IoT, seperti yang terlihat pada Gambar 4.3, memberikan gambaran visual tentang bagaimana komponen-komponen tersebut terhubung dan bekerja bersama untuk menyediakan informasi lingkungan yang akurat dan bisa diandalkan.



Gambar 4.3. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem perangkat Internet of Things (IoT) disajikan pada Gambar 4.3, yang mencakup dari empat komponen utama, yaitu NodeMCU ESP8266, sensor anemometer, sensor arah angin, dan sensor BME280. Didalam menghubungkan setiap perangkat, dipergunakan tiga jenis kabel yang berbeda. Kabel GND berwarna hitam, kabel VCC berwarna merah, dan kabel untuk transmisi data tersedia didalam warna kuning, hijau, biru, dan ungu. Perangkat yang telah dirancang bisa dilihat pada gambar 4.4.



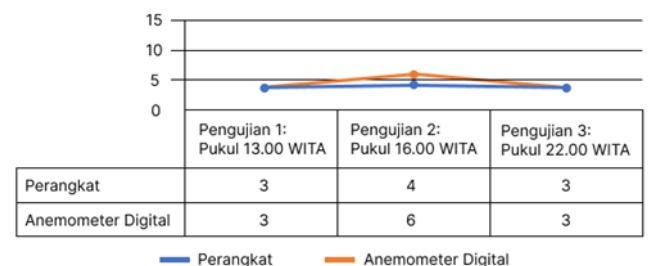
Gambar 4.4. Rancang Perangkat IoT

Peralatan anemometer mencakup dari dua bagian utama: cup anemometer dengan tiga mangkok dan sensor Hall Effect A3144. Cup anemometer berfungsi untuk menentukan kecepatan angin dengan cara menghitung putaran mangkok-mangkok tersebut. Sensor Hall Effect A3144 mendeteksi pergerakan magnet yang melewati switch magnet, yang kemudian dihitung oleh NodeMCU untuk memperoleh nilai kecepatan angin didalam satuan kilometer per jam. Selain itu, adanya sensor arah angin yang mempergunakan sensor Hall Effect untuk menentukan arah angin berdasarkan posisi magnet terhadap switch magnet.

Peralatan juga dilengkapi dengan sensor BME280 yang bertugas menentukan suhu udara, kelembaban, dan tekanan udara. Semua data yang terkumpul oleh perangkat ini dikirimkan ke platform web monitoring untuk diakses dan dianalisis oleh pengguna ataupun pihak terkait. Untuk menjaga keamanan perangkat dari kondisi lingkungan eksternal yang mungkin merusak, dipergunakan kotak Box X6 dengan ukuran 11x18x6 sebagai pelindung fisik.

4.3. Pengujian Sistem dan Perangkat

Sensor yang menentukan kecepatan angin bekerja dengan cara anemometer cup berputar lebih cepat saat angin bertiup lebih kencang, sehingga nilai kecepatan angin yang diukur juga semakin tinggi didalam satuan (km/h). Gambar 4.5 memperlihatkan hasil pengujian kecepatan angin.

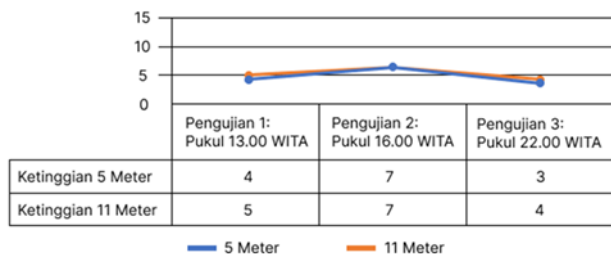


Gambar 4.5. Grafik Hasil Pengujian Sensor Anemometer

Hasil identifikasi kecepatan angin yang dihasilkan oleh sensor anemometer yang dipasang pada perangkat Internet of Things (IoT) digambarkan pada Gambar 4.5. Pengujian dilaksanakan tiga kali, kemudian dibandingkan dengan anemometer digital yang telah berstandar nasional. Hasilnya memperlihatkan kesamaan nilai meskipun pada pengujian kedua ditemukan perbedaan nilai. Perbedaan ini

disebabkan oleh perekaman data sensor berdasarkan jumlah rotasi magnetic switch yang memengaruhi sensitivitas perangkat.

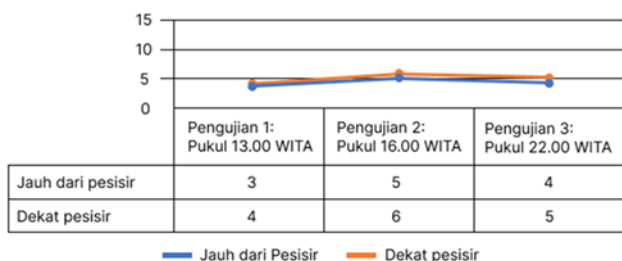
Selain perbandingan dengan anemometer digital, pengujian juga dilaksanakan untuk mengidentifikasi perbedaan kecepatan angin pada dua ketinggian berbeda. Pengujian ini dilaksanakan pada tiga waktu berbeda di hari yang berbeda. Hasil pengujian ini menggambarkan variasi kecepatan angin yang diukur pada dua ketinggian tersebut, yang diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Hasil Pengujian Ketinggian Anemometer

Grafik didalam Gambar 4.6 memperlihatkan perbandingan kecepatan angin pada dua tinggi berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk melihat konsistensi kinerja alat yang dirancang. Berdasarkan data tersebut, bisa disimpulkan bahwasanya kecepatan angin cenderung lebih tinggi pada ketinggian yang lebih tinggi, meskipun pada pengujian kedua di mana kedua tinggi memperlihatkan nilai yang sama.

Pengujian tambahan dilaksanakan untuk membandingkan kecepatan angin antara dua lokasi yang berbeda, yaitu dekat pesisir pantai dan agak jauh dari pesisir. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh letak geografis terhadap kecepatan angin, yang diperlihatkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Hasil Pengujian Lokasi Anemometer

Pada gambar 4.7 memperlihatkan perbandingan kecepatan angin pada dua lokasi berbeda, Hal ini dimaksudkan untuk melihat konsistensi kinerja alat yang dirancang. Berdasarkan data tersebut, mengindikasikan bahwasanya kecepatan angin cenderung lebih tinggi di lokasi yang dekat dengan pesisir pantai dibandingkan dengan yang agak jauh dari pesisir. Perbedaan kecepatan angin bisa disebabkan oleh pengaruh topografi dan faktor lokal. Di dekat pesisir, angin cenderung dipengaruhi oleh

perbedaan suhu antara daratan dan lautan, menciptakan aliran udara yang berbeda dibandingkan dengan daerah yang lebih jauh dari pesisir yang mungkin memiliki penghalang seperti pepohonan dan bangunan

Kemudian, percobaan dilaksanakan pada sensor arah angin guna menentukan jarak sudut sumber arah angin. Tabel 4.1 menampilkan hasil pengujian rentang sudut setiap arah mata angin.

Tabel 4.1. Uji Coba Bacaan Arah Angin

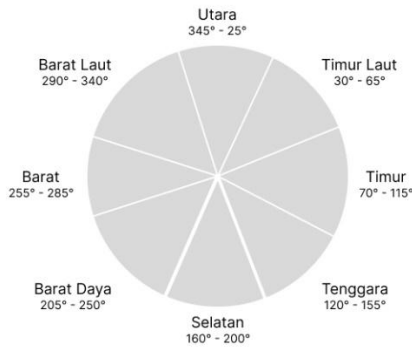
Rentang	Uji Coba Bacaan Arah Angin				
	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5
345°-25°	Utara	Utara	Utara	Utara	Utara
30°-65°	Timur Laut	Timur Laut	Timur Laut	Timur Laut	Timur Laut
70°-115°	Timur	Timur	Timur	Timur	Timur
120°-155°	Tenggara	Tenggara	Tenggara	Tenggara	Tenggara
160°	Selatan	Tenggara	Selatan	Selatan	Selatan
165°-200°	Selatan	Selatan	Selatan	Selatan	Selatan
205°	Barat Daya	Selatan	Barat Daya	Barat Daya	Barat Daya
210°-250°	Barat Daya	Barat Daya	Barat Daya	Barat Daya	Barat Daya
255°-285°	Barat	Barat	Barat	Barat	Barat
290°-340°	Barat Laut	Barat Laut	Barat Laut	Barat Laut	Barat Laut

Hasil pengujian pendeteksi arah angin menunjukkan konsistensi output dari uji coba pertama hingga kelima, sebagaimana tercatat dalam Tabel 4.1. Rentang sudut yang terdeteksi mencakup berbagai arah, seperti Utara dari 345° hingga 25°, Timur Laut dari 30° hingga 65°, Timur dari 70° hingga 115°, Tenggara dari 120° hingga 155°, Selatan dari 160° hingga 200°, Barat Daya dari 205° hingga 250°, Barat dari 255° hingga 285°, dan Barat Laut dari 290° hingga 340°. Data ini mencerminkan kehandalan sensor dalam mengukur dan memantau variasi arah angin secara konsisten, yang menjadi kunci untuk pemahaman yang akurat terhadap dinamika cuaca dan lingkungan di lokasi yang dipantau. Dengan informasi yang konsisten dan terpercaya ini, penggunaan sensor arah angin dapat memberikan kontribusi signifikan dalam aplikasi-aplikasi seperti prediksi cuaca, navigasi, dan manajemen risiko terkait perubahan lingkungan.. Namun demikian, ada catatan mengenai kesalahan pembacaan pada sensor yang terjadi pada arah 160° dan 205°, sebagaimana terperinci didalam Tabel 4.2. Evaluasi ini penting untuk memastikan keakuratan dan keandalan sensor arah angin didalam aplikasi yang memerlukan data yang tepat dan konsisten, seperti didalam meteorologi dan navigasi.

Tabel 4.2. Kesalahan Bacaan Arah Angin

Rentang	Uji Coba Bacaan Arah Angin				
	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5
160°	Selatan	Tenggara	Selatan	Selatan	Selatan
205°	Barat Daya	Selatan	Barat Daya	Barat Daya	Barat Daya

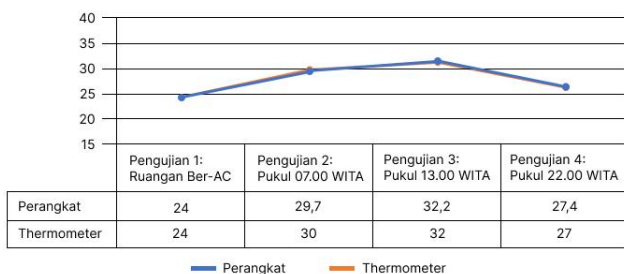
Berdasarkan data dari tabel 4.1 dan 4.2, pembacaan sensor arah mata angin bisa digambarkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Rentang Sudut Sensor Arah Angin

Gambar 4.8 memperlihatkan bahwasannya setiap arah angin memiliki rentang sudut yang bervariasi. Bacaan arah angin berbeda pada beberapa sudut, terutama antara selatan dan barat daya dan tenggara ke selatan.

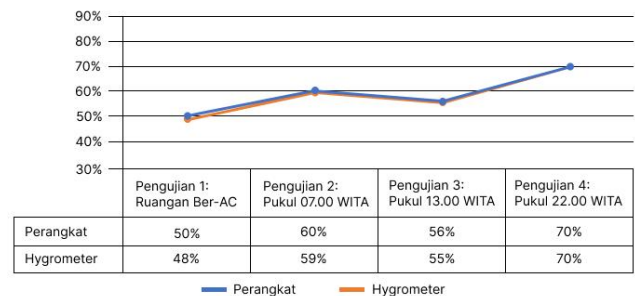
Pengujian terakhir melibatkan sensor BME280 yang bisa menghasilkan tiga jenis data, yakni data suhu, data kelembaban, dan data tekanan udara. Dengan kemampuan sensor BME280 yang bisa menentukan suhu, kelembaban, dan tekanan udara, sistem menjadi lebih efektif didalam mendeteksi terkait potensi terjadinya angin puting beliung. Didalam pengujian ini, peneliti menggunakan aneroid analog sebagai alat pembanding. Data hasil pengukuran suhu dari perangkat dan aneroid analog ditampilkan didalam Gambar 4.9. Penggunaan aneroid analog sebagai pembanding penting untuk memvalidasi akurasi dan konsistensi data yang dihasilkan oleh sensor-sensor modern seperti BME280 yang terintegrasi didalam sistem IoT. Dengan membandingkan hasil pengukuran dari kedua jenis perangkat ini, peneliti bisa mengevaluasi performa sistem IoT mereka didalam mengumpulkan dan merekam data lingkungan dengan tingkat ketelitian yang memadai untuk aplikasi-aplikasi yang memerlukan pemantauan kondisi cuaca yang akurat.



Gambar 4.9. Grafik Pengujian Suhu BME280

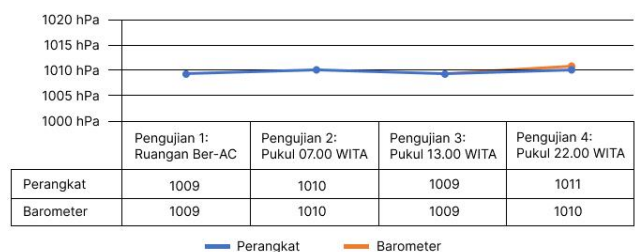
Hasil pengujian sensor suhu BME280 didalam empat kondisi berbeda diperlihatkan pada gambar 4.9. Grafik ini mengadu pembacaan suhu dari perangkat tersebut dengan termometer aneroid analog yang berfungsi sebagai standar. Secara umum, hasil pengujian memperlihatkan bahwasannya perangkat ini bekerja dengan konsisten terhadap termometer. Ditemukan sedikit perbedaan pembacaan pada pengujian kedua, ketiga, dan keempat. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh ketidak stabilan alat saat pengukuran.

Namun, perbedaan tersebut tidak signifikan dibandingkan dengan termometer, sehingga sensor suhu dianggap bekerja dengan baik. Walaupun ada sedikit perbedaan, secara keseluruhan, sensor suhu pada perangkat memperlihatkan kinerja yang cukup memuaskan dan bisa diandalkan. Perbedaan pembacaan yang tidak signifikan ini tidak memengaruhi fungsi utama sensor suhu, sehingga sensor ini layak dipergunakan. Hasil pengujian kelembaban ditampilkan didalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Grafik Pengujian Kelembaban BME280

Gambar 4.10 memperlihatkan hasil pengujian sensor kelembaban BME280 didalam empat kondisi yang berbeda. Grafik ini membandingkan pembacaan kelembaban oleh perangkat dengan hygrometer aneroid analog sebagai standar. Ada sedikit perbedaan pembacaan pada pengujian pertama, kedua, dan ketiga, yaitu pada kondisi suhu dingin, pukul 07.00, dan pukul 13.00. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh ketidakstabilan alat selama pengukuran. Namun, perbedaan tersebut tidak signifikan jika dibandingkan dengan termometer, sehingga sensor kelembaban BME280 dianggap bekerja dengan baik. Meskipun ada sedikit perbedaan, secara keseluruhan, sensor kelembaban perangkat memperlihatkan kinerja yang memadai dan bisa dipercaya. Perbedaan pembacaan yang tidak signifikan ini tidak mempengaruhi fungsi utama sensor suhu, sehingga sensor ini layak untuk dipergunakan. Hasil pengujian tekanan disajikan didalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Grafik Pengujian Tekanan BME280

Gambar 4.11 memperlihatkan hasil pengujian tekanan udara menggunakan sensor BME280 yang dibandingkan dengan barometer aneroid analog sebagai alat pembanding. Data yang diperoleh dari kedua perangkat memperlihatkan kesamaan yang sangat dekat, tanpa perbedaan yang berarti di antara keduanya. Hal ini menegaskan bahwasannya sensor BME280 memiliki performa yang setara dengan barometer

aneroid analog, memperlihatkan konsistensi dan akurasi yang tinggi didalam menentukan tekanan udara. Hasil ini memperlihatkan bahwasanya sensor BME280 bisa diandalkan untuk dipergunakan didalam pengukuran tekanan udara.

Analisis dilakukan pada waktu-waktu tertentu di mana angin kencang sering terjadi, yakni pada siang, sore, dan malam hari. Data yang terkumpul meliputi kelembaban udara, suhu, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin, yang semuanya dicatat dan dianalisis dalam Tabel 4.3. Informasi ini membantu untuk memahami pola dan tren cuaca, serta untuk memprediksi kemungkinan terjadinya fenomena cuaca ekstrem seperti angin kencang, yang penting untuk mitigasi risiko dan keselamatan publik.

Tabel 4.3. Akumulasi Hasil Data Sistem Monitoring

Waktu	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Tekanan (hPa)	Kecepatan Angin (Km/h)	Arah Angin	
Siang	13:02:49	48	37.4	1007	3	Selatan
	13:07:52	47	37.4	1007	3	Tenggara
	13:12:54	48	37.5	1007	4	Selatan
	13:17:55	48	37.5	1007	3	Tenggara
	13:22:57	48	37.8	1007	4	Selatan
	13:27:58	48	37.4	1007	3	Selatan
	13:33:01	48	37.4	1007	8	Selatan
	13:38:04	47	35.8	1007	4	Selatan
	13:43:07	50	34.7	1007	5	Selatan
	13:48:09	53	33.9	1007	3	Tenggara
Sore	13:53:12	54	33.6	1007	6	Tenggara
	13:58:12	54	33.6	1006	7	Tenggara
	16:04:05	63	30.4	1007	4	Selatan
	16:09:08	62	30.5	1007	3	Selatan
	16:14:09	62	30.7	1007	6	Tenggara
	16:19:11	60	30.8	1007	7	Tenggara
	16:24:13	60	30.7	1007	7	Tenggara
	16:29:14	60	30.5	1007	4	Tenggara
	16:34:19	60	30.6	1007	5	Tenggara
	16:39:46	61	30.6	1007	3	Selatan
Malam	16:44:20	60	30.6	1007	8	Selatan
	16:49:23	61	30.4	1007	7	Selatan
	16:54:26	62	30.4	1007	4	Tenggara
	16:59:29	62	30.2	1007	5	Tenggara
	19:00:10	77	26.6	1008	1	Timur
	19:05:12	78	26.3	1009	1	Timur Laut
	19:10:13	78	26.2	1009	3	Timur
	19:15:13	78	25.9	1009	10	Timur
	19:20:15	79	25.5	1009	6	Tenggara
	19:25:16	80	25.4	1009	3	Tenggara
19:30:16	80	25.3	1009	2	Tenggara	
19:35:20	80	25.3	1009	4	Tenggara	
19:40:20	80	25.5	1010	4	Timur	
19:45:23	81	25.5	1010	1	Tenggara	
19:50:23	81	25.6	1010	9	Timur	
19:55:24	80	25.7	1010	9	Tenggara	

Perangkat yang terpasang di sekitar pantai memiliki kemampuan untuk mengamati dan mengukur berbagai parameter lingkungan, seperti suhu udara, kelembaban relatif, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin. Kehadiran parameter-parameter ini sangat signifikan dalam mempengaruhi kondisi cuaca di sekitar pantai, yang secara langsung dapat mempengaruhi kejadian fenomena cuaca ekstrem seperti angin puting beliung. Monitoring dan pemantauan secara terus-menerus terhadap parameter-parameter ini memungkinkan untuk menaikkan pemahaman terhadap dinamika cuaca lokal dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat akan adanya potensi ancaman bencana alam. Suhu udara mempengaruhi pergerakan massa udara di atmosfer, sedangkan kelembaban relatif menentukan tingkat kelembaban udara yang bisa memicu pembentukan awan dan fenomena hujan. Tekanan udara

berkontribusi pada stabilitas atmosfer dan bisa memengaruhi perkembangan sistem cuaca yang lebih besar. Kecepatan dan arah angin juga memainkan peran krusial dalam menentukan kekuatan dan arah angin puting beliung, yang penting untuk dipantau dan diprediksi dengan akurat untuk melindungi publik dan infrastruktur pantai dari dampak yang mungkin ditimbulkan. Dengan memantau parameter-parameter ini secara terus-menerus, perangkat ini memungkinkan untuk menaikkan pemahaman dan respon terhadap perubahan cuaca yang signifikan, membantu dalam mitigasi bahaya dan pengurangan dampak bencana alam.

5. KESIMPULAN

Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin Berbasis IoT telah dirancang untuk memberikan peringatan dini terhadap potensi bencana alam, terutama angin puting beliung. Menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai platform utama, sistem ini mengintegrasikan sensor BME280 untuk memantau suhu, kelembaban, dan tekanan udara, serta sensor kecepatan angin dan sensor arah angin. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini tidak hanya disimpan di database, tetapi juga disajikan secara langsung melalui situs web monitoring. Integrasi teknologi ini memungkinkan informasi tentang kondisi lingkungan untuk tersedia secara real-time, memungkinkan publik dan pihak berwenang untuk mengambil tindakan cepat dan tepat dalam merespons ancaman bencana alam. Ketika sistem mendeteksi anomali yang mengindikasikan kondisi yang berpotensi mengarah pada angin puting beliung, sistem secara otomatis mengirimkan pesan peringatan dini melalui platform WhatsApp kepada publik terkait.

Meskipun sistem ini telah dirancang untuk berfungsi sesuai dengan tujuannya, masih ditemukan tantangan terkait waktu respons antara deteksi anomali dan penyampaian informasi kepada pengguna. Hal ini menyoroti pentingnya untuk terus mengembangkan dan menaikkan kecepatan transmisi dan integrasi data agar respons terhadap ancaman potensial bisa lebih cepat dan lebih efektif. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, publik bisa secara proaktif memantau kondisi lingkungan sekitar mereka dan menerima peringatan dini secara tepat waktu, yang tidak hanya menaikkan kesadaran akan bahaya bencana tetapi juga mendukung upaya mitigasi dan respons yang lebih baik didalam situasi darurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya sangat berterima kasih kepada Pembimbing, Publik di kampung Nelayan Desa Takatidung, dan semua pihak yang turut serta didalam menyelesaikan penelitian ini. Kolaborasi dengan Pembimbing yaitu kunci untuk memandu dan memberikan arahan yang berharga selama proses penelitian, memastikan metodologi dan hasil penelitian bisa berkembang secara efektif. Dukungan dan partisipasi aktif dari Publik di kampung Nelayan Desa Takatidung juga sangat berarti, karena mereka tidak hanya

menyediakan akses dan keramahan, tetapi juga memberikan wawasan berharga yang memperkaya pemahaman tentang konteks lokal yang relevan dengan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] R. Lailathul and R. Mukhaiyar, "Monitoring Kecepatan Angin berbasis Mikrokontroler dan IoT," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.24036/jtein.v3i2.262.
- [2] Kanya Anindita Mutiarasari, "Puting Beliung Adalah Apa? Ini Penjelasan, Penyebab, dan Jenis-jenisnya," news.detik.com/berita/d-6372763/puting-beliung-adalah-apa-ini-penjelasan-penyebab-dan-jenis-jenisnya. Diakses 11 Januari, 2024.
- [3] S. Ike Nur Jannah Tiara, Yushardi, and Sudarti, "POTENSI ANGIN PUTING BELIUNG DI PULAU JAWA DAN DAMPAKYA PADA LINGKUNGAN," *Jurnal Sains Riset /*, vol. 13, no. 1, p. 76, 2023, doi: 10.47647/jsr.v10i12.
- [4] M. Fernando, L. Jasa, and R. S. Hartati, "Monitoring System Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Raspberry Pi 3," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 135, Jul. 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i01.p18.
- [5] F. Warnangan, Y. Arnas, K. M. Ismail, P. Penerbangan, and I. Curug, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Mata Angin Berbasis Internet of Things," vol. 4, no. 2, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.428.
- [6] Wilson, R. Tamin, and U. Khairat, "SISTEM INFORMASI MONITORING KINERJA UNIT KEGIATAN MAHASISWA BERBASIS WEB (STUDI KASUS UNIVERSITAS AL ASYARIAH MANDAR)," *Journal Pegguruang: Conference Series*, vol. 6, 2024, doi: 10.35329/jp.v6i1.2872.
- [7] A. Rahman, A. Achmad, A. Latif Arda, and A. Qashlim, "SISTEM MONITORING PERGERAKAN KAPAL NELAYAN TRADISIONAL MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS," vol. 9, no. 2, 2023, [Online]. Available: <http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>
- [8] Frans, "Apa Itu Nodemcu : Pengertian, Sejarah, dan Versinya," www.anateknik.co.id/rahasia1/articles/apa-itu-nodemcu-pengertian-sejarah-dan-versinya. Diakses 20 Desember, 2023.
- [9] D. Mawardi, "Sistem Monitoring Pengukuran Data Arah dan Kecepatan Angin Menggunakan Jaringan Wi-Fi ESP8266," *Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma*, 2017.
- [10] Y. Pramono, "MONITORING DATA KECEPATAN DAN ARAH ANGIN SECARA REAL TIME MELALUI WEB," 2016.
- [11] Agus Faudin, " Tutorial Mengakses Module Sensor BME280," www.nyebarilmu.com/tutorial-mengakses-module-sensor-bme280/#:~:text=Module%20Sensor%20BME280%20merupakan%20modul,dan%20mempunyai%20fitur%20pre%2Dcalibrated. Diakses 11 Januari, 2023.