

Sistem Cerdas Monitoring Arah Dan Kecepatan Angin Pada Bandara Berbasis IOT Could Sistem

Ilham Pratama.ST.,MT¹,Zamroni,²

¹Teknik Elektro.Universitas Muhammadiyah Tangerang.

²Teknik Elektro.Universitas Muhammadiyah Tangerang.

e-mail: ilhampratama.elektro@ft-umt.ac.id

Abstrak

Penggunaan moda transportasi udara di Indonesia pertama menggunakan pesawat terbang tercatat pada tahun 1913. Pada tahun yang sama, Indonesia memulai penerbangan berjadwal untuk mengangkut penumpang, sehingga sejak saat itu pesawat terbang dapat digunakan oleh masyarakat umum, meskipun rute dan jumlah penerbangan masih terbatas. Karena perkembangan transportasi udara yang begitu pesat dan rute penerbangan di Indonesia telah banyak berkembang, pemerintah Indonesia telah melakukan banyak pembangunan bandar udara di seluruh daerah untuk mendukung kegiatan penerbangan tersebut. merancang alat pengaruh integrasi sistem monitoring arah dan kecepatan angin secara *real-time* terhadap peningkatan keselamatan penerbangan. Metode yang dilakukan yaitu metode eksperimen instrumental kecepatan angin, suhu udara, dan kelembaban relatif yang seluruhnya berada dalam kategori “AMAN”. Kecepatan angin umumnya rendah pada malam hingga pagi hari dengan kisaran 0,13–0,25 m/s, dan cenderung meningkat pada siang hingga sore hari, bahkan mencapai lebih dari 3 m/s pada waktu-waktu tertentu seperti 23 April pukul 14:28 dan 8 April pukul 11:03. Suhu udara mengikuti pola harian, relatif rendah pada dini hari (sekitar 26–28°C) dan meningkat signifikan pada siang hari hingga melewati 40°C, dengan puncak tertinggi tercatat 42,98°C.

Kata kunci : Real time, Kecepatan Angin, Suhu, Kelembapan, Monitoring

1. Pendahuluan

Transportasi udara menjadi salah satu moda transportasi terbaru yang tumbuh dan berkembang di abad ke-20. Penggunaan moda transportasi udara di Indonesia pertama menggunakan pesawat terbang tercatat pada tahun 1913. Pada tahun yang sama, Indonesia memulai penerbangan berjadwal untuk mengangkut penumpang, sehingga sejak saat itu pesawat terbang dapat digunakan oleh masyarakat umum, meskipun rute dan jumlah penerbangan masih terbatas. Karena perkembangan transportasi udara yang begitu pesat dan rute penerbangan di Indonesia telah banyak berkembang, pemerintah Indonesia telah melakukan banyak pembangunan bandar udara di seluruh daerah untuk mendukung

kegiatan penerbangan tersebut. Bandar udara sendiri adalah suatu area yang ada di wilayah daratan atau perairan dengan batas yang sudah ditentukan dan digunakan sebagai tempat pendaratan atau lepas landas pesawat, menaikkan dan menurunkan penumpang, proses pemindahan barang, dan sebagai tempat intermoda transportasi yang memiliki fasilitas utama dan beberapa fasilitas pendukung lainnya (Readyson & Saraswati, 2020).

Oleh sebab itu transportasi udara kini menjadi pilihan utama masyarakat, karena memungkinkan mereka melakukan perjalanan jarak jauh yang memakan banyak waktu sehingga dapat ditempuh dengan lebih cepat dan efisien. Transportasi udara tidak hanya memudahkan untuk mencapai tujuan dengan

cepat dan mudah, tetapi juga terbukti efektif menjangkau daerah terpencil. Tujuan lain penyelenggaraan penerbangan nasional berdasarkan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 adalah untuk menyelenggarakan perjalanan udara dengan harga terjangkau, tertib, aman, selamat dan nyaman.

Dalam penyelenggaraannya operasional penerbangan harus memperhatikan unsur keselamatan karena menjadi jaminan terpenting bagi para pengguna jasa penerbangan. Untuk mencapai tujuan tersebut, bandar udara memerlukan fasilitas keselamatan yang memadai (Pramudya, 2023). Untuk menjamin keselamatan dan keamanan penyelenggaraan transportasi udara, salah satu fasilitas keselamatan penerbangan yang harus dimiliki dan dapat berfungsi dengan baik di bandar udara adalah *wind direction indicator* atau *windsock*. Windsock memiliki fungsi sebagai penanda arah dan kecepatan angin di bandar udara, serta menjadi acuan penentuan arah pesawat pada saat mendarat dan lepas landas dari suatu bandar udara (Warnangan dkk, 2023).

Fasilitas ini biasanya dipasang di dekat ujung landasan pacu bandar udara dan posisinya harus bisa terlihat oleh petugas *Air Traffic Controller* (ATC) di tower. Dalam pemantauan windsock masih dilakukan secara langsung dengan menggunakan teropong dari petugas ATC, karena jarak tower ATC dan windsock cukup jauh dalam melakukan pengamatan windsock petugas ATC sering mendapati gangguan jarak pengelihatannya apalagi ketika wilayah bandar udara dalam cuaca buruk.

Pemantauan kecepatan dan arah angin sebenarnya memerlukan proses yang lama, tetapi membutuhkan sedikit waktu untuk mengambil keputusan karena ketika sebuah pesawat mendarat, situasi bandar udara dan arah angin di landasan pacu sangatlah penting. Oleh karena itu, salah satu cara pemecahan masalah yang ditawarkan adalah dengan menciptakan sistem pemantauan atau pendeteksi Kecepatan

dan arah angin yang efektif dan efisien yang dapat menyediakan data arah angin secara real time kepada petugas ATC untuk dapat diberikan ke pesawat, sebagai salah satu cara untuk mengantisipasi gangguan jarak pengelihatannya terhadap pemantauan kecepatan dan arah angin di bandar udara yang dapat berlangsung kapanpun. Kejadian gagalnya pendaratan pesawat maskapai Air New Zealand di bandar udara Wellington pada tahun 2023, menjadi bukti nyata betapa pentingnya sistem pemantauan kecepatan dan arah angin yang akurat. Pesawat tersebut mengalami kesulitan saat hendak mendarat akibat angin kecepatan tinggi yang berasal dari arah yang tidak terduga. Pilot, yang mengandalkan data angin yang diperoleh beberapa menit sebelumnya, salah memperkirakan kondisi angin saat hendak melakukan pendekatan. Akibatnya, pesawat tersebut gagal mendarat dan harus dialihkan ke bandara lain. Dari hasil investigasi mengungkapkan bahwa kesalahan pembacaan arah angin dan kecepatan angin yang tidak akurat menjadi salah satu faktor penyebab kejadian tersebut. Pesatnya perkembangan teknologi, kini banyak sekali penerapan sistem otomatis berbasis *Internet Of Things* (IoT).

2. Kecepatan Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah atau dari suhu udara yang rendah ke suhu udara yang tinggi. Angin terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara atau perbedaan suhu udara pada suatu daerah atau wilayah. Hal ini berkaitan dengan besarnya energi panas matahari yang diterima oleh permukaan bumi.

Pada suatu wilayah, daerah yang menerima energi panas matahari lebih besar akan mempunyai suhu udara yang lebih panas dan tekanan udara yang cenderung lebih rendah. Sehingga akan terjadi perbedaan suhu dan tekanan udara antara daerah yang menerima energi panas lebih besar dengan daerah lain yang lebih sedikit menerima energi panas, akibatnya akan terjadi aliran udara pada

wilayah tersebut.

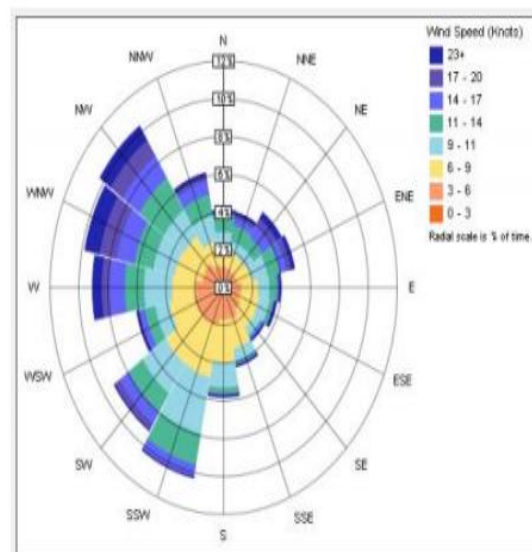
Angin mempunyai energi kinetik yang diperoleh dari perkalian antara massa dan kecepatan pergerakan udara. Menurut Tipler,P.A, (1998:158), energi kinetik sebuah benda dengan massa m dan bergerak dengan kecepatan (v).

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin diberinama sesuai dengan dari arah mana angin datang, misalnya angin timur adalah angin yang datang dari arah timur, angin laut adalah angin dari laut ke darat, dan angin lembah adalah angin yang datang dari lembah menaiki gunung (Soepangkat 1994)

Angin adalah besaran vektor yang mempunyai arah dan kecepatan. Arah angin dinyatakan dalam derajat. Arah angin adalah arah darimana angin berhembus atau darimana arus angin datang dan dinyatakan dalam derajat yang ditentukan dengan arah putaran jarum jam dan dimulai dari titik utara bumi dengan kata lain sesuai dengan titik kompas. Umumnya arus angin diberinama dengan arah dari mana angin tersebut bertiup, misalnya angin yang berhembus dari utara maka angin utara. Kecepatan angin adalah kecepatan dari menjalarnya arus angin dan dinyatakan dalam knot atau kilometer per / jam maupun dalam meter per detik (Fitriyawita, M. dkk. 2020)

Arah Angin adalah arah dari mana angin berhembus dan dinyatakan dalam derajat arah (*Direction Degree*) yang diukur searah dengan arah jarum jam mulai dari titik utara Bumi atau secara sederhana sesuai dengan skala sudut pada kompas. Potensi angin di suatu tempat digambarkan dalam diagram polar, yaitu diagram yang menggambarkan posisi angin. terhadap arah mata angin dan besarnya kecepatan angin serta lama bertiupnya. Diagram seperti itu disebut dengan Wind Rose, dengan durasi dinyatakan dalam prosen selama pengamatan harian, bulanan atau tahunan.

Panjang setiap garis menyatakan frekuensi angin dari arah tersebut. Gambar 2.1 menunjukkan diagram wind rose. (Suwarti., Mulyono,2017)



Gambar.2.1 Wind Rose

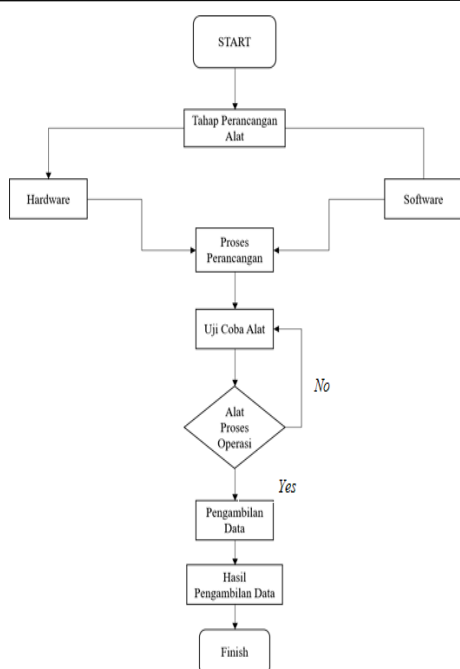
Sumber :

<https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/psn12012010/article/view/3152>

Warna	Rentang Kecepatan Angin (Knots)	Penjelasan
Oranye	≥ 21.58	Angin sangat kuat, berpotensi membahayakan penerbangan atau pelayaran.
Kuning	17.11 – 21.58	Angin kuat, bisa menyebabkan gangguan aktivitas luar ruangan.
Biru Muda	11.08 – 17.11	Angin sedang, umum terjadi di pantai atau daerah terbuka.
Ungu	7.00 – 11.08	Angin ringan hingga sedang, mulai terasa oleh manusia.
Biru Tua	4.08 – 7.00	Angin ringan, dapat menggerakkan daun atau bendera kecil.
Hijau	0.97 – 4.08	Angin sangat lemah, hampir tidak terasa.

Gambar.1 Wind Rose

3. Metode Penelitian



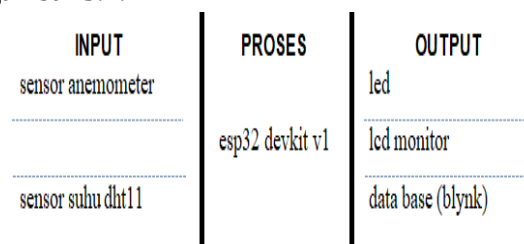
Gambar 2 Alur Perancangan

Keterangan Perancangan Alat

1. Tahap perancangan alat pada ini peneliti akan melakukan persiapan apa yang akan peneliti lakukan melalui tinjauan pustaka.
2. *Hardware* dan *software*, lalu peneliti melakukan persiapan alat yang telah di persiapan baik hardware dan software.
3. Proses perancangan, disini peneliti melakukan perancangan alat dan mulai membuat hardware dengan menyatukan program.
4. Pengujian alat, setelah melakukan perancangan lalu peneliti bisa langkah selanjutnya untuk pengujian alat.
5. Proses alat beroperasi, peneliti dapat melihat setelah pengujian alat yang diuji berhasil atau tidak, jika berhasil bisa lanjut untuk langkah selanjutnya dan jika tidak peneliti dapat melakukan pengujian ulang dan pengecekan di proses perancangan alat.
6. Pengambilan data dan analisa alat dapat dilakukan ketika alat berhasil dioperasikan.
7. Hasil pengambilan data dan analisa alat, peneliti dapat menaruh hasil nya untuk dijadikan bukti bahwa alat bekerja sesuai dengan yang di inginkan.

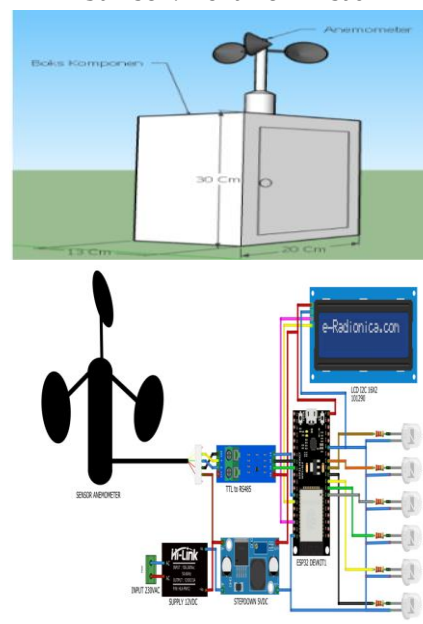
Alur kerja sistem monitoring berbasis

mikrokontroler. Pada bagian *input*, sistem menggunakan *sensor anemometer* untuk mengukur kecepatan angin dan *sensor suhu DHT11* untuk mengukur suhu udara. Data yang diperoleh dari kedua sensor ini kemudian diproses oleh ESP32 Devkit V1 sebagai unit pengolah utama. Mikrokontroler ini akan mengolah sinyal dari sensor, menjalankan logika program, dan menentukan keluaran yang sesuai. Pada bagian *output*, informasi hasil pengolahan data ditampilkan melalui *LCD monitor* untuk pemantauan langsung, disimpan dan dikirim ke *database Blynk* untuk pemantauan jarak jauh, serta mengendalikan *LED* sebagai indikator status atau peringatan. Dengan demikian, sistem ini mampu melakukan pengukuran, pemrosesan, dan penyajian data secara real time baik secara lokal maupun melalui jaringan. Dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. Blok Diagram I/O

Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 4. Diagram Wiring

4. Analisa Dan Pembahasan

Data pengukuran yang tercatat dari 8 April 2025 hingga 25 April 2025 menunjukkan parameter kecepatan angin, suhu udara, dan kelembaban relatif yang seluruhnya berada dalam kategori “AMAN”. Kecepatan angin umumnya rendah pada malam hingga pagi hari dengan kisaran 0,13–0,25 m/s, dan cenderung meningkat pada siang hingga sore hari, bahkan mencapai lebih dari 3 m/s pada waktu-waktu tertentu seperti 23 April pukul 14:28 dan 8 April pukul 11:03. Suhu udara mengikuti pola harian, relatif rendah pada dini hari (sekitar 26–28°C) dan meningkat signifikan pada siang hari hingga melewati 40°C, dengan puncak tertinggi tercatat 42,98°C pada 25 April pukul 12:55. Sementara itu, kelembaban relatif menunjukkan tren berlawanan dengan suhu, di mana nilai kelembaban tinggi terjadi pada pagi atau malam hari dengan persentase mencapai lebih dari 80%, dan menurun pada siang hari menjadi sekitar 46–60%. Pola ini mengindikasikan adanya keterkaitan antara kondisi suhu, kelembaban, dan kecepatan angin yang konsisten dengan siklus iklim harian, serta memperlihatkan bahwa selama periode pemantauan tidak terdapat kondisi ekstrem yang melewati batas ambang pengamanan sistem. Dapat dilihat pada tabel.1

Tabel.1. Data Real Time Kecepatan Udara

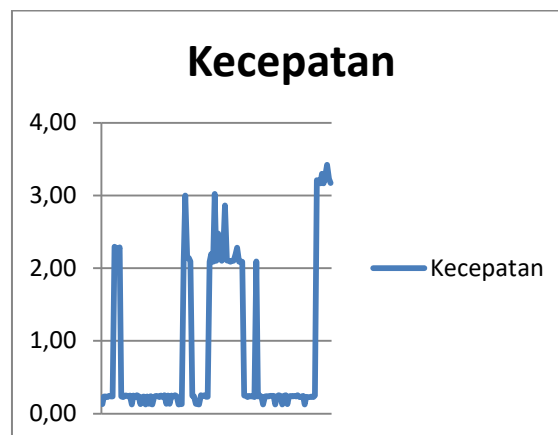
Time		Kecepatan	Status	Suhu	Kelembaban
25 Apr 2025	19:03	0,13	Aman	30,49	76,00
25 Apr 2025	18:13	0,24	Aman	31,00	74,77
25 Apr 2025	18:08	0,24	Aman	31,00	74,00
25 Apr 2025	18:07	0,23	Aman	31,07	74,00
25 Apr 2025	17:08	0,24	Aman	32,25	75,43
25 Apr 2025	17:06	0,24	Aman	32,18	75,00
25 Apr 2025	15:21	0,23	Aman	38,01	55,12
25 Apr 2025	14:50	2,29	Aman	40,29	51,00
25 Apr 2025	14:42	2,28	Aman	41,00	50,00
25 Apr 2025	13:41	2,21	Aman	41,78	50,00
25 Apr 2025	13:36	2,29	Aman	41,79	50,00
25 Apr	12:5	0,24	Aman	42,98	46,75

2025	5				
25 Apr 2025	11:50	0,23	Aman	41,00	50,00
25 Apr 2025	11:43	0,25	Aman	40,30	50,00
25 Apr 2025	11:10	0,25	Aman	39,60	51,00
25 Apr 2025	07:13	0,24	Aman	29,13	76,00
25 Apr 2025	07:09	0,25	Aman	28,99	76,00
25 Apr 2025	06:24	0,13	Aman	27,84	79,00
25 Apr 2025	06:17	0,25	Aman	27,65	79,00
25 Apr 2025	04:48	0,23	Aman	27,61	80,00
25 Apr 2025	02:46	0,25	Aman	28,45	76,89
25 Apr 2025	02:24	0,24	Aman	28,50	76,84
25 Apr 2025	02:17	0,13	Aman	28,73	76,00
25 Apr 2025	01:58	0,23	Aman	28,80	75,00
25 Apr 2025	01:52	0,23	Aman	28,71	75,00
25 Apr 2025	01:38	0,13	Aman	28,77	75,00
25 Apr 2025	01:24	0,23	Aman	28,61	75,00
25 Apr 2025	00:51	0,13	Aman	29,00	75,00
25 Apr 2025	00:48	0,24	Aman	28,96	75,00
24 Apr 2025	23:37	0,13	Aman	29,40	74,00
24 Apr 2025	23:36	0,23	Aman	29,40	74,00
24 Apr 2025	23:34	0,24	Aman	29,40	73,96
24 Apr 2025	23:11	0,24	Aman	29,40	74,00
24 Apr 2025	23:05	0,23	Aman	29,40	74,00
24 Apr 2025	22:35	0,25	Aman	29,53	74,00
24 Apr 2025	22:16	0,23	Aman	29,84	74,00
24 Apr 2025	21:50	0,25	Aman	29,90	73,00
24 Apr 2025	21:15	0,13	Aman	29,92	72,71
24 Apr 2025	19:36	0,25	Aman	31,32	69,00
24 Apr 2025	19:15	0,13	Aman	31,97	68,00
24 Apr 2025	18:39	0,25	Aman	32,43	68,00
24 Apr 2025	18:30	0,23	Aman	32,64	66,00
24 Apr 2025	18:16	0,25	Aman	33,11	66,00
24 Apr 2025	18:03	0,24	Aman	33,18	65,69
24 Apr 2025	18:01	0,13	Aman	33,18	65,90
24 Apr 2025	17:35	0,13	Aman	33,71	64,00

24 Apr 2025	16:30	0,13	Aman	36,00	61,00
24 Apr 2025	13:33	2,10	Aman	38,09	59,00
24 Apr 2025	12:26	3,00	Aman	40,97	54,00
24 Apr 2025	12:24	2,14	Aman	41,20	54,00
24 Apr 2025	12:22	2,14	Aman	41,00	54,00
24 Apr 2025	09:56	2,09	Aman	39,60	53,00
24 Apr 2025	06:09	0,24	Aman	26,75	80,96
24 Apr 2025	04:52	0,24	Aman	26,90	79,00
24 Apr 2025	04:07	0,13	Aman	27,10	78,00
24 Apr 2025	03:51	0,13	Aman	27,22	76,72
24 Apr 2025	03:29	0,13	Aman	27,20	76,00
24 Apr 2025	03:15	0,25	Aman	27,21	77,00
24 Apr 2025	03:08	0,24	Aman	27,20	76,39
24 Apr 2025	02:02	0,25	Aman	27,39	79,00
24 Apr 2025	01:44	0,23	Aman	27,50	79,00
24 Apr 2025	01:25	0,23	Aman	27,32	80,00
23 Apr 2025	20:05	2,09	Aman	28,09	76,00
23 Apr 2025	16:47	2,19	Aman	30,40	71,00
23 Apr 2025	16:12	2,09	Aman	30,82	69,38
23 Apr 2025	14:28	3,02	Aman	32,66	65,96
23 Apr 2025	14:26	2,10	Aman	32,61	66,16

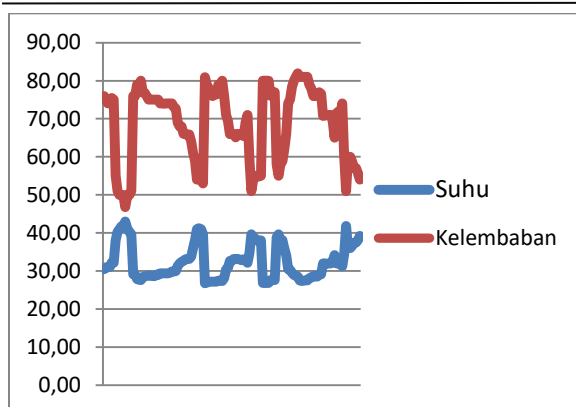
Grafik kecepatan menunjukkan fluktuasi nilai kecepatan angin selama periode pengamatan, dengan pola yang jelas antara periode kecepatan rendah dan lonjakan signifikan. Sebagian besar waktu, kecepatan angin berada pada kisaran rendah sekitar 0,1–0,3 m/s, yang menandakan kondisi angin tenang. Namun, terdapat beberapa lonjakan tajam yang mencapai kisaran 2–3 m/s, bahkan melebihi 3 m/s pada akhir periode pengamatan. Lonjakan-lonjakan ini terjadi secara sporadis dan diapit oleh periode kecepatan rendah, menunjukkan bahwa angin kencang muncul pada waktu tertentu saja, kemungkinan dipengaruhi oleh perubahan kondisi cuaca atau waktu dalam sehari. Secara umum, pola ini mengindikasikan bahwa meskipun angin dominan tenang, terdapat momen-momen singkat

di mana kecepatan angin meningkat signifikan namun tetap berada dalam kategori aman.

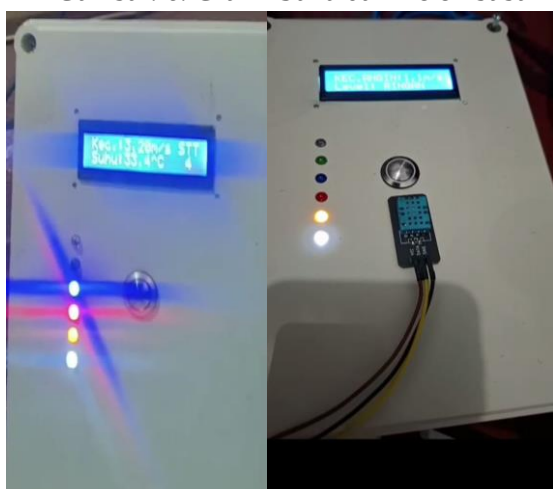


Gambar 5. Grafik Kecepatan Angin

Grafik kecepatan menunjukkan fluktuasi nilai kecepatan angin selama periode pengamatan, dengan pola yang jelas antara periode kecepatan rendah dan lonjakan signifikan. Sebagian besar waktu, kecepatan angin berada pada kisaran rendah sekitar 0,1–0,3 m/s, yang menandakan kondisi angin tenang. Namun, terdapat beberapa lonjakan tajam yang mencapai kisaran 2–3 m/s, bahkan melebihi 3 m/s pada akhir periode pengamatan. Lonjakan-lonjakan ini terjadi secara sporadis dan diapit oleh periode kecepatan rendah, menunjukkan bahwa angin kencang muncul pada waktu tertentu saja, kemungkinan dipengaruhi oleh perubahan kondisi cuaca atau waktu dalam sehari. Secara umum, pola ini mengindikasikan bahwa meskipun angin dominan tenang, terdapat momen-momen singkat di mana kecepatan angin meningkat signifikan namun tetap berada dalam kategori aman.



Gambar. 6. Grafik Suhu dan Kelembaban



Gambar 7. Bentuk *Hardware* Monitoring Kecepatan Angin

Menampilkan sebuah perangkat elektronik dengan layar LCD biru yang menampilkan data pengukuran kecepatan angin dan suhu. Pada layar, terlihat tulisan "Kecepatan: 13.20 m/s" yang menunjukkan kecepatan angin sebesar 13,20 meter per detik, serta "Suhu: 33.4°C" yang menampilkan suhu udara saat ini. Selain itu, terdapat indikator status "STT" dan angka 4 yang kemungkinan merepresentasikan mode atau tingkat peringatan. Di sisi kiri perangkat, terdapat deretan lampu LED dengan warna berbeda—putih, kuning, dan merah—yang berfungsi sebagai indikator visual tingkat kondisi atau peringatan berdasarkan data sensor. Perangkat ini tampaknya merupakan alat monitoring berbasis mikrokontroler yang dirancang untuk memantau parameter lingkungan secara real time, cocok digunakan dalam aplikasi seperti sistem peringatan dini cuaca atau pemantauan kondisi di

area tertentu.

5. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring berbasis mikrokontroler ESP32 Devkit V1 mampu bekerja secara efektif dalam mengukur parameter lingkungan seperti kecepatan angin dan suhu udara. Sensor anemometer berfungsi dengan baik untuk mendeteksi perubahan kecepatan angin, sedangkan sensor DHT11 mampu memberikan data suhu secara real time. Data yang dihasilkan dapat ditampilkan melalui LCD untuk pemantauan langsung serta dikirim ke platform Blynk untuk pemantauan jarak jauh. Integrasi indikator LED memberikan kemudahan dalam memberikan peringatan visual terhadap kondisi tertentu. Dengan demikian, sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan pada berbagai kebutuhan monitoring, khususnya pada lingkungan yang memerlukan pengamatan cuaca dan kondisi udara secara terus-menerus.

Saran

1. Disarankan untuk menggunakan sensor dengan tingkat akurasi dan sensitivitas yang lebih tinggi, terutama pada pengukuran kecepatan angin dan suhu, sehingga hasil monitoring lebih presisi.
2. Sistem dapat dikembangkan untuk mengukur parameter tambahan seperti kelembaban udara, tekanan atmosfer, atau curah hujan untuk memberikan informasi cuaca yang lebih lengkap.
3. Menggunakan mode hemat daya pada ESP32 atau sumber energi terbarukan seperti panel surya untuk meningkatkan efisiensi dan kemandirian sistem di lapangan.
4. Menambahkan sistem peringatan berbasis notifikasi melalui aplikasi atau SMS agar pengguna mendapatkan informasi secara cepat jika terjadi perubahan kondisi ekstrem.

5. Memastikan bahwa seluruh komponen dilengkapi dengan pelindung tahan air dan panas agar sistem dapat beroperasi dalam kondisi cuaca ekstrem tanpa gangguan.

Tjasyono, B.(1999). *Klimatologi Umum*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.

WindRoseResources.<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/wcc/home/climateSupport/windRoseResources>), diakses 17 Oktober 2022.

Keteknikan Energi.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG(2014). Peraturan Kepala BMKG Nomor 9 Tahun 2014 Tentang Uraian Tugas Stasiun Meteorologi, Jakarta: BMKG.
- Fadholi, A. (2013). Analisis Data Arah dan Kecepatan Angin Landas Pacu (Runway) Menggunakan Aplikasi Windrose Plot (Wrplot), *Jurnal Ilmu Komputer*, 9 (2), 91-94.[10]Crutcher, H.L. (1956). On The Standard Vector-Deviation Wind Rose, *Jurnal Of Meteorology*, 14, 28-33.
- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall.
- Fitriyawita, M., dkk. (2020). Hubungan Pola Garis Arus Angin (Streamline) dengan Distribusi Hujan di Kalimantan Barat, *PRISMA FISIKA*, 8(2), 135-146.
- Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines* (3rd ed.). Pearson Education.
- ICAO (2009). Annex 14: Aerodromes.Vol1. Aerodrome Design and Operations, Montreal: ICAO
- Lakes Environmental (2011). *WRPLOT View:Wind Rose Plots for Meteorological Data*, Ontario:Lakes Environmental.
- Amelia, L. (2023). *Implementasi Artificial Neural Network dalam Sistem Prediksi Cuaca Berbasis IoT*. *Jurnal Teknologi dan Sains Data*, 7(2), 101–110.
- Putra, M.,dkk. (2020). *Mengenal Awos Sistem Pengamat Cuaca Otomatis untuk Layanan Informasi Cuaca Penerbangan*, Jakarta: Kencana.
- Patterson, D. W. (1996). *Artificial Neural Networks: Theory and Applications*. Prentice Hall.
- Rahman, M. M., & Hasan, M. R. (2020). "Smart LED Indicator System Based on IoT." *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(2), 112-117.
- Soepangkat (1994). *Pengantar Meteorologi*, Jakarta: Akademi Meteorologi dan Geofisika.