

Penerapan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara: Internet of Things, Desain dan Sensor

Putut Air Langga^{1*}, Rehan Zikri Avian², Sukahir³, Sunardi⁴, Wahyudi Saputra⁵, Dedy Kurniadi⁶

¹ Author Affiliation, e-mail: pututairlangga6@gmail.com

² Author Affiliation, e-mail: rehnzkri27@gmail.com

³ Author Affiliation, e-mail: sukahir@poltekbangplg.ac.id

⁴ Author Affiliation, e-mail: sunardi@poltekbangplg.ac.id

⁵ Author Affiliation, e-mail: wahyudi@poltekbangplg.ac.id

*Corresponding Author: pututairlangga6@gmail.com

| Received: xx-xx-xxxx

| Revised: xx-xx-xxxx

|| Accepted: xx-xx-xxxx

Abstract:

Pengamatan *windsock* secara manual oleh petugas ATC seringkali terkendala oleh jarak pandang yang terbatas, terutama dalam kondisi cuaca buruk. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengkaji penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring kecepatan dan arah angin di bandara. Dengan IoT, data dari *windsock* dapat dipantau secara real-time dan jarak jauh, sehingga petugas ATC dapat mengambil keputusan yang lebih akurat dan cepat. Penelitian ini menyajikan kajian menggunakan metodologi penelitian kualitatif deskriptif dengan pendekatan tinjauan literatur tentang penerapan sistem monitoring indikator kecepatan dan arah angin di bandar udara dengan memanfaatkan teknologi IoT. Artikel ini mereview faktor-faktor yang memengaruhi Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara, yaitu *Internet of Things*, Desain dan Sensor. Membangun hipotesis pengaruh antar variabel adalah tujuan dari penulisan artikel ini. Hipotesis ini akan digunakan dalam penelitian yang akan datang. Hasil penulisan artikel *literature review* ini adalah: 1) *Internet of Things* berpengaruh terhadap Penerapan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara; 2) Desain berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara; dan 3) Sensor berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara. Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam tentang Penerapan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin yang dapat dimanfaatkan di bandara dan bagaimana Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin diterapkan untuk membantu ATC melakukan pengamatan *windsock*.

Keywords: Kecepatan, Arah Angin, *Internet of Things*, Desain dan Sensor



Introduction

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. 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 (UU) Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, 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 (Hernanda, 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 otomatisasi berbasis *Internet Of Things* (IoT). IoT itu sendiri adalah fitur yang memungkinkan perangkat atau perangkat keras yang terhubung melalui koneksi untuk saling bertukar data melalui jaringan Internet. Saat ini, teknologi IoT telah digunakan secara luas di berbagai aspek kehidupan. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh



(Riyanto dkk., 2021) yang membahas model perangkat untuk mengukur laju angin dan arah angin yang dirangkai dengan menggunakan delapan sensor cahaya untuk mengidentifikasi arah angin dan satu sensor cahaya untuk mengukur laju angin. Kemudian juga terdapat penelitian mengenai sistem monitoring kecepatan dan arah angin yang berbasis IoT sebagai alat peringatan dini dari bencana alam. Penelitian ini bertujuan merancang sebuah monitor IoT untuk monitoring kecepatan dan arah angin serta kondisi lingkungan secara update dan real-time yang efektif untuk memberikan peringatan dari adanya bencana alam (Riyanto dkk., 2021). Oleh karena itu penulisan studi literature ini diperlukan untuk memperkuat artikel di masa mendatang yang relevan, serta melihat bagaimana variabel berhubungan atau berdampak satu sama lain dan membuat hipotesis tentang masalah ini. Artikel ini membahas pengaruh Internet of Things, Desain, dan Sensor terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara.

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa permasalahan utama yang akan dibahas untuk merumuskan hipotesis yang akan diuji lebih lanjut. Pertama, penting untuk mengeksplorasi apakah IoT memiliki pengaruh signifikan terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara. IoT menawarkan berbagai solusi teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem monitoring melalui konektivitas. Kedua, desain sistem monitoring juga merupakan aspek krusial yang perlu dianalisis. Penelitian ini akan mengkaji sejauh mana desain yang baik dapat mempengaruhi kinerja dan efektivitas sistem monitoring indikator kecepatan dan arah angin. Ketiga, peran sensor dalam sistem ini tidak dapat diabaikan. Sensor yang tepat dan berkualitas tinggi sangat penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan akurat dan dapat diandalkan. Oleh karena itu, penelitian ini akan meneliti apakah penggunaan sensor yang sesuai berpengaruh terhadap sistem monitoring tersebut. Melalui analisis ketiga aspek ini, diharapkan dapat ditemukan jawaban yang komprehensif dan mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara.

Literature Review

Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara

Kecepatan angin adalah seberapa cepat udara bergerak secara mendatar. Faktor-faktor seperti perbedaan tekanan udara, ketinggian, dan bentuk permukaan bumi mempengaruhi kecepatan angin. Untuk pengukuran yang akurat, biasanya dilakukan di atas permukaan tanah dengan ketinggian 10 meter. Kecepatan angin bisa diukur dalam meter/detik, kilometer/jam, atau knot (Wijayanti dkk., 2015). Dimensi atau indikator Keberhasilan dalam penentuan Kecepatan Angin yang dilakukan dengan menggunakan rangkaian sensor optocoupler, Arduino Uno, dan Cup anemometer untuk mengukur kecepatan angin, dan melakukan percobaan pada jarak yang berbeda untuk mengetahui nilai kecepatan angin yang konstan.

Arah dan kecepatan angin sangat penting dalam penerbangan, terutama saat pesawat lepas landas dan mendarat. Informasi ini didapatkan dari pengamatan cuaca di bandara dan digunakan untuk memastikan keamanan penerbangan. Data angin yang dikumpulkan dalam jangka waktu panjang bisa digunakan untuk menganalisis kondisi angin di sekitar landasan pacu dan membantu dalam perencanaan operasional bandara. Hasil analisis ini biasanya disajikan dalam bentuk diagram (Fadholi, 2013). Dimensi atau keberhasilan dalam mengukur kecepatan dan arah angin dapat dinilai melalui visualisasi data menggunakan program WRPLOT *view*. Program ini menampilkan data angin dalam bentuk diagram yang disebut windrose, serta menyediakan berbagai analisis statistik.

Sedangkan menurut (Suwanto dkk., 2020) arah datangnya angin dinyatakan dalam sudut yang diukur dari utara ke arah jarum jam. Diagram polar menunjukkan potensi kecepatan angin di suatu tempat. Diagram ini menunjukkan posisi angin relatif terhadap arah mata angin, serta kecepatan dan durasi hembusan. Dimensi atau indikator yang digunakan sebagai monitoring kecepatan dan arah angin adalah mikrokontroler Arduino Nano. Anemometer yang digunakan adalah tipe mangkuk tiga (*3 cup*).



yang dilengkapi dengan sensor optocoupler dan sensor magnetik, yang terhubung ke laptop untuk mendeteksi perubahan arah angin.

Arah dan kecepatan angin ini sudah banyak di teliti oleh peneliti sebelumnya di antaranya adalah (Nugraha, 2022), (Saragih, 2021), (Suwanto dkk., 2020)

Internet of Things

Internet of Things (IoT) didefinisikan sebagai jaringan fisik yang terdiri dari objek sehari-hari yang memiliki sensor, perangkat lunak, dan koneksi internet. Objek-objek ini dapat mengumpulkan dan bertukar data, memungkinkan interaksi dan kontrol jarak jauh. Contohnya, kamera CCTV dilengkapi dengan sensor gambar yang mengirimkan data ke server melalui internet. Data ini kemudian diproses untuk menghasilkan tampilan video yang bisa diakses dari jarak jauh. Demikian juga dengan rumah pintar, sensor-sensor yang terpasang di berbagai ruangan mengirimkan data ke server pusat untuk dianalisa dan menghasilkan tindakan yang sesuai (Istiana & Cahyono, 2022). Dimensi atau indikator keberhasilan dari implementasi IoT pada penelitian ini dipengaruhi oleh sensor, software, hardware dan program yang dibuat untuk memastikan monito berjalan dengan baik.

Menurut penelitian (Efendi, 2018) IoT adalah konsep menghubungkan berbagai perangkat ke internet sehingga bisa saling berkomunikasi dan dikendalikan. IoT bisa dimanfaatkan pada gedung yang bisa mengatur suhu ruangan, pencahayaan, dan keamanan secara otomatis. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sebuah sistem pengendalian lampu berbasis mobile yang terhubung ke internet. Bahasa pemrograman python akan digunakan untuk membuat prototype perangkat keras dan aplikasi mobile untuk mengimplementasikan sistem ini. Dalam penelitian ini, peneliti membuat kendali lampu untuk menyalakan dua lampu secara otomatis. Dimensi atau indikator keberhasilan implementasi IoT dalam penelitian ini dipengaruhi oleh sensor, perangkat lunak, perangkat keras, kecepatan internet, dan Raspberry Pi 3 sebagai salah satu komponen IoT yang dibuat untuk memastikan sistem berjalan dengan baik.

IoT adalah teknologi yang menghubungkan benda-benda fisik dengan internet, memungkinkan kita untuk mengendalikan dan memantau lingkungan sekitar dengan lebih efisien. Penerapan IoT yang semakin luas telah memberikan dampak signifikan pada berbagai sektor, mulai dari skala makro hingga mikro. Dengan munculnya internet dan media komunikasi lainnya, IoT telah menjadi bidang penelitian tersendiri. Metodologi yang digunakan dalam pengembangan IoT sangat beragam, mulai dari sistem real-time hingga penggunaan prototype. Semakin banyak penelitian yang telah dilakukan karena meningkatnya kebutuhan manusia akan teknologi. Peneliti telah meningkatkan berbagai alat, seperti sensor, jaringan sensor nirkabel, dan radio frequency identification (RFID), untuk membuat IoT lebih mudah digunakan (Susanto dkk, 2022). Dimensi atau indikator keberhasilan dari implementasi IoT pada penelitian ini dipengaruhi oleh kecepatan internet dan perancangan prototype sebagai tahap perancangan dan pematangan dalam pembuatan alat.

Internet of Things sudah banyak di teliti oleh peneliti sebelumnya di antaranya adalah (Fatima & Atmia, 2022), (Istiana & Cahyono, 2022), (Efendi, 2018), (Efan, 2021), (Saputra & Siswanto, 2020), (Setiadi dkk., 2018), (Megawati, 2021), (Warnangan dkk., 2023), (Yuyun Irmayanti & Rossydi, 2021).

Desain

Dalam penelitian ini, penulis mendesain sistem monitoring kecepatan dan arah angin. Sistem perangkat ini berbasis sensor anemometer yang memiliki fungsi utama untuk menangkap data kecepatan angin. Sinyal dari anemometer kemudian diproses oleh sensor optocoupler dan dihitung oleh sensor counter sebelum dikirim ke Raspberry Pi. Fungsi dari Raspberry Pi yaitu sebagai unit pengolah pusat yang menyimpan data dalam format .DB. Untuk memudahkan analisis, data kemudian dikonversi menjadi format .xlsx yang dapat dibaca menggunakan Microsoft Excel.



Kalibrasi alat menggunakan anemometer standar dan kipas angin 220V menunjukkan tingkat kesalahan relatif sebesar 3,5% (Fernando dkk., 2022). Dimensi atau indikator keberhasilan desain ini termasuk konektivitas internet untuk berbagi data, penggunaan sensor medan magnet untuk mengukur kekuatan medan magnet, dan penggunaan sensor optocoupler untuk mendeteksi perubahan cahaya. Pengolahan data secara real-time dan kemampuan untuk mengembangkan fitur tambahan dipermudah dengan penggunaan Raspberry Pi sebagai otak sistem ini. Dengan ukurannya yang kecil, Raspberry Pi mudah dimasukkan ke dalam berbagai jenis proyek.

Desain dari sistem monitoring cuaca menggunakan Raspberry Pi, Arduino, dan rangkaian sensor yang dapat membuat sistem kerja yang mengukur kelembapan dan suhu udara. Untuk membuat sistem yang dapat mengukur, mengklasifikasi, dan menyajikan data pengukuran parameter cuaca. Sensor DHT22 yang memiliki fungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitarnya, sensor rotary encoder untuk mengukur kecepatan angin yang mengenai baling-baling. Dan penggunaan sensor Hall effect juga yang memiliki fungsi mendeteksi arah angin. Arduino Mega berfungsi untuk mengintegrasikan sensor-sensor ini ke dalam parameter cuaca. Gambaran blok diagram yang ingin dibuat akan dicontohkan dengan sistem prototipe ini, dengan mengubah komponen seperti mengganti Arduino Mega R2560 dan Raspberry Pi dengan NodeMCU dan Expansion Board (Girsang dkk., 2021). Dimensi atau indikator keberhasilan dari monitoring ini adalah sensor *anemometer*, *wind vane*, *expansion board*, PCF8574, Nodemcu, LCD 20X4, Sensor DHT dan laptop.

Sedangkan desain alat ukur kecepatan angin pada penelitian (Suryadi dkk, 2019), Kondisi kecepatan angin dapat diketahui oleh operator tanpa memantau langsung ke lokasi dengan menggunakan SMS Gateway (*Short Message System*). Dimensi atau indikator desain alat ini adalah kecepatan pengiriman data kecepatan angin yang berubah-ubah dalam rentang waktu. Pengujian yang dilakukan penulis menghasilkan pengiriman data kecepatan angin secara real-time dan menghasilkan waktu 31,4 detik antara permintaan SMS dan pengiriman data. Kemudian didapatkan hasil pengujian pengiriman data kecepatan angin terlama dengan waktu 33,5 detik antara permintaan SMS dan pengiriman data.

Desain sudah banyak di teliti oleh peneliti sebelumnya di antaranya adalah (Pramono & Syafriadi, 2016), (Arminda dkk., 2011), (Edwinanto dkk., 2021).

Sensor

Sensor dalam sistem pengukuran ini terdiri dari dua komponen yaitu sensor yang mengukur kecepatan angin dan sensor yang mengukur arah angin. Angin buatan dihasilkan oleh kipas angin, yang digunakan dalam penelitian ini. Pengukuran sensor optocoupler untuk mendeteksi perubahan cahaya yang disebabkan oleh gerakan baling-baling anemometer. Sinyal analog yang dihasilkan kemudian dikonversi menjadi nilai digital 10-bit oleh ADC internal Arduino. Algoritma Kalman filter digunakan untuk mengurangi *noise* pada data kecepatan angin sebelum ditampilkan pada layar LCD (Wijayanti dkk., 2015). Dimensi atau indikator sensor diteliti dalam penelitian ini adalah Arduino Uno dan dilengkapi dengan berbagai komponen seperti sensor *optocoupler*, *Real Time Clock* (RTC), SD card, dan LCD. Hasil uji coba alat menunjukkan alat ini dapat mengukur kecepatan angin dengan tingkat kesalahan yang rendah dan merekam data secara real time.

Pada penelitian sebelumnya, sensor optocoupler digunakan untuk mendeteksi arah angin dengan cara yang cukup sederhana. Ketika angin berhembus, baling-baling yang terhubung dengan sensor akan berputar. Perubahan posisi baling-baling ini akan mengubah jumlah cahaya yang diterima oleh sensor, sehingga menghasilkan sinyal yang berbeda untuk setiap arah angin (Safrianty dkk., 2010). Dimensi atau indikator keberhasilan pada penelitian ini adalah penggunaan Alat ukur kecepatan dan arah angin yaitu cup *anemometer* dan sensor *optocoupler*. Ketika angin berhembus, cup anemometer akan berputar dan menggerakkan poros yang terhubung dengan sensor optocoupler. Perubahan posisi sensor *optocoupler* akan menghasilkan sinyal listrik yang proporsional dengan kecepatan angin. Sinyal listrik ini kemudian data tersebut didigitalisasi oleh Arduino Uno dan



ditampilkan pada layar komputer. Selain kecepatan angin, alat ini juga dapat menentukan arah angin berdasarkan posisi lempeng lingkaran yang berputar di antara sensor optocoupler.

Kemudian pada penelitian lainnya, sensor *Hall effect* telah dimanfaatkan untuk mengukur arah angin dengan bantuan mikrokontroler. Prinsip kerjanya didasarkan pada deteksi perubahan medan magnet yang diinduksi oleh perubahan arah angin. Sensor ini memiliki resolusi 45 derajat, artinya setiap perubahan arah sebesar 45 derajat akan terdeteksi oleh sensor. Mikrokontroler mengolah data sensor untuk menghasilkan output yang diinginkan. Sebagai ilustrasi, jika angin berhembus dari arah utara, sensor yang terletak di posisi utara akan memberikan sinyal ke mikrokontroler (Angela dkk., 2017). Dimensi atau indikator keberhasilan pada penelitian ini terletak pada perancangan dan realisasi sebuah perangkat sistem pengukur kecepatan dan arah angin yang terdiri dari sensor Hall effect yang berguna mengukur arah angin dan *rotary encoder* untuk mengukur kecepatan angin. Semua perangkat ini terhubung ke Atmega 328P, yang berfungsi sebagai pemroses sinyal. Sebagai hasil akhir dari penelitian ini, sebuah model sistem yang menggunakan anemometer untuk mengukur kecepatan dan arah angin telah dibuat.

Sensor sudah banyak di teliti oleh peneliti sebelumnya di antaranya adalah (Asrul dkk., 2023), (Safrianty dkk., 2010), (Manalu & Gunoto, 2023), (Angela dkk., 2017), (Gunadhi dkk., 2019), (Syam dkk., 2024), (Fernando dkk., 2022), (Lukman, 2018).

Method

Artikel ilmiah ini ditulis dengan metode penelitian kualitatif dan kajian pustaka (*library research*). Teori-teori relevan dan hubungan antar variabel yang diperoleh dari buku-buku, jurnal ilmiah, baik offline maupun online, dan digunakan melalui platform online seperti Mendeley, Google Scholar, dan media lainnya.

Kajian pustaka dilakukan secara konsisten dengan pendekatan induktif dalam penelitian kualitatif. Dengan kata lain, kajian pustaka tidak harus membatasi pertanyaan penelitian, tetapi sebaliknya membuka ruang untuk lebih banyak mengeksplorasi. Ini sejalan dengan sifat eksploratif penelitian kualitatif (Hapzi & Limakrisna, 2013).

Results and Discussion

Pengaruh *Internet of Things* terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara

IoT berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara, dimana dimensi atau indikator IoT yang meliputi sensor, software, hardware dan program yang digunakan sangat berpengaruh terhadap dimensi atau indikator keberhasilan monitoring dalam pembacaan kecepatan dan arah angin di bandar udara (Roslidar dkk., 2023).

IoT dalam penelitian lainnya mengadopsi teknologi IoT untuk mengukur kualitas jaringan wi-fi dalam konteks Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara. Melalui pengembangan algoritma khusus, penelitian ini membuka peluang untuk meningkatkan reliabilitas data yang diperoleh dari sistem monitoring dengan cara memastikan kualitas jaringan yang terjaga (Ardita dkk., 2023).

Untuk meningkatkan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara dengan memperhatikan IoT, hal yang harus dilakukan adalah pilih sensor dan modul yang dapat mendeteksi kecepatan angin dan arah angin dengan ketepatan tinggi. Misalnya, sensor kecepatan angin yang sensitivitasnya tinggi dan offsetnya rendah untuk mengurangi ketidakakuratan. Lakukan pengujian secara keseluruhan terhadap perangkat keras dan seluruh sistem. Evaluasi ketepatan sensor dan kualitas data yang dikirim ke serve (Widyanto, 2018).

IoT berpengaruh signifikan terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara. IoT ini memungkinkan penggunaan sensor dan modul yang sangat akurat berfungsi mendeteksi kecepatan angin dan arah angin. Misalnya, sensor kecepatan angin yang sensitivitasnya tinggi dan offsetnya rendah untuk mengurangi ketidakakuratan. IoT juga



memungkinkan data dikirim dari sensor ke server melalui jaringan internet. Data dari sensor diolah oleh mikrokontroler sebelum dikirim ke server, sehingga data yang diterima adalah yang paling akurat, dan memungkinkan pengujian dan evaluasi sistem secara teratur. Hasil pengujian dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem dan mengidentifikasi masalah sebelumnya (Istiana & Cahyono, 2022), (Efendi, 2018), (Efan, 2021), (Saputra & Siswanto, 2020), (Setiadi dkk., 2018), (Megawati, 2021), (Warnangan dkk., 2023), (Yuyun Irmayanti & Rosydy, 2021).

Pengaruh Desain terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara

Desain alat berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara, dimana dimensi atau indikator desain yang meliputi Pemilihan monito yang digunakan seperti penggunaan mikrokontroler Raspberry pi, desain monitor yang terkoneksi dengan SMS sangat berpengaruh terhadap dimensi atau indikator Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara untuk menghasilkan desain monitoring yang baik.

Dalam penelitian lainnya juga menyatakan bahwa desain program yang digunakan untuk mengolah data juga berpengaruh. Desain program harus dapat mengolah data dari sensor dengan akurasi yang tinggi dan mengirimkannya ke server dengan cepat. Desain program ini juga harus dapat menampilkan data secara real-time melalui aplikasi Android, monitoring atau yang lainnya. Penelitian ini menggunakan desain program python sebagai bahasa pemrograman untuk mengolah data dari sensor dan mengirimkannya ke server. *Software* lainnya seperti Arduino dan *Visual Studio Code* digunakan untuk mengembangkan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara (Ibrahim & Solikhin, 2023).

Untuk meningkatkan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara dengan memperhatikan desain alat baik dalam desain prototype maupun pemrograman didalamnya, maka yang harus dilakukan adalah pengujian desain sistem secara menyeluruh untuk memastikan semua komponen berfungsi optimal. Pastikan bahwa sistem dapat menangani berbagai kondisi cuaca dan tidak ada gangguan yang dapat mengganggu kinerjanya dan melakukan validasi data yang dihasilkan oleh sistem untuk membuktikan bahwa informasi yang dikumpulkan valid dan akurat. Misalnya, membandingkan data dengan data dari alat anemometer digital untuk menentukan keakuratan sensor.

Desain alat berpengaruh terhadap sistem ini karena pada saat melakukan desain alat dapat menentukan software atau hardware apa yang cocok dan baik digunakan untuk monitoring yang akan dibuat, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh: (Pramono & Syafriadi, 2016), (Manalu & Gunoto, 2023), (Arminda dkk., 2011), (Edwinanto dkk., 2021).

Pengaruh Sensor terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara

Penggunaan sensor sangat berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara, dimana dalam penggunaan sensor *wind vane*, *cup anemometer*, dan sensor *Hall effect* berpengaruh terhadap dimensi atau indikator sistem ini adalah monitor sensor harus terkoneksi dengan monitor alat seperti Arduino agar dapat melakukan pembacaan arah dean kecepatan secara tepat.

Dalam penelitian lainnya juga menyatakan bahwa penggunaan sensor optocoupler juga perlu digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Sensor *optocoupler* bekerja berdasarkan cahaya, dimana cahaya yang dipancarkan oleh *transmitter optocoupler* akan mengubah arah baling-baling yang terpasang pada piringan encoder. Perubahan arah baling-baling ini kemudian diubah menjadi pulsa yang dihasilkan oleh sensor *optocoupler*. Sensor *optocoupler* digunakan dalam sistem monitoring kecepatan angin untuk menghasilkan output berupa pulsa yang diubah menjadi kecepatan angin. Sensor *optocoupler* juga digunakan dalam anemometer mangkok 3 cup untuk mengukur laju angin (Nugroho, 2011).



Untuk meningkatkan Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin di bandar udara dengan memperhatikan sensor digunakan dalam rangkaian. Oleh karena itu yang harus dilakukan adalah penggunaan mikrokontroler arduino nano yang lebih efisien untuk pembacaan sensor dan penggunaan aplikasi android untuk visualisasi data yang lebih akurat.

Pemilihan sensor yang tepat berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara, karena penentuan sensor yang tepat bisa mendukung ketepatan dan kakuratan pembacaan, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh: (Asrul dkk., 2023), (Safrianty dkk., 2010), (Manalu & Gunoto, 2023), (Angela dkk., 2017), (Gunadhi dkk., 2019), (Syam dkk., 2024), (Fernando dkk., 2022), (Wijayanti dkk., 2015), (Lukman, 2018).

Picture 1
Research Framework Formatting Rules

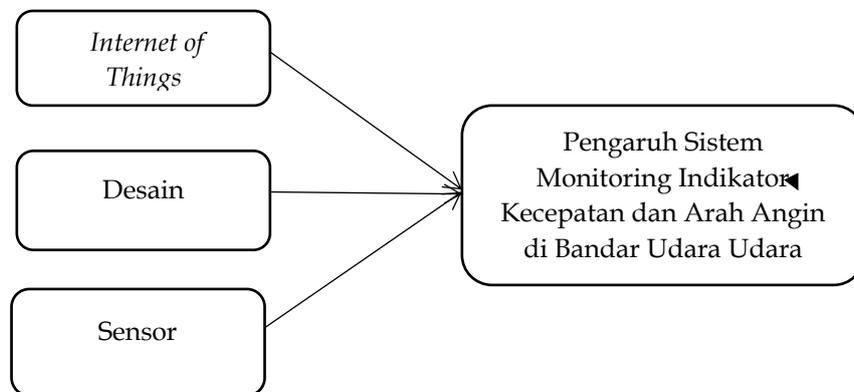


Table Penelitian Yang Relevan
Table 1.

No	Author (tahun)	Hasil Riset terdahulu	Persamaan dengan artikel ini	Perbedaan dengan artikel ini
1	(Warnangan dkk., 2023)	Desain (x2) yang terhubung dengan aplikasi (x5) dan penggunaan sensor (x3) untuk mengukur kecepatan angin berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin.	<i>Internet of Things</i> , Desain & Sensor berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara.	Artikel "Penerapan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara: <i>Internet of Things</i> , Desain dan Sensor memberikan literatur review terkait <i>Internet of Things</i> , Desain & Sensor dengan fokus penerapannya di bandar udara.



- 2 (Yuyun Irmayanti & Rosydy, 2021) Pemantauan arah angin menjadi lebih mudah dengan menggunakan perangkat keras berupa dua Arduino (x2), sensor arah, dan sensor kecepatan angin (x3). Alat ini dapat menunjukkan arah dan kecepatan angin pada monitor IoT yang terhubung melalui *wi-fi* (x3). *Internet of Things & Sensor* berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara.
- 3 (Figurandi dkk., 2019) Penelitian ini mengkaji desain Sistem Monitoring dan Kecepatan Angin di Bandar Udara yang mengandalkan mikrokontroler (x2), sensor kecepatan dan arah angin (x3), dan konektivitas IoT melalui *wi-fi* (x1) untuk mengumpulkan data kecepatan dan arah angin secara *real-time* (x4). Desain, sensor, dan *Internet of Things* berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara. Artikel "Penerapan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara: *Internet of Things*, Desain dan Sensor memberikan literatur review terkait *Internet of Things*, Desain & Sensor dengan fokus penerapannya di bandar udara.
- 4 (Pramono & dan Syafriadi, 2016) Sensor (x3) berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Arah dan Kecepatan Angin. Artikel dar (Pramono & dan Syafriadi, 2016) hanya membahas monitoring arah angin melalui website tanpa menyebutkan desain sistem monitoring yang digunakan.



- 5 (Manalu & Gunoto, 2023) Perancangam desain (x2) sistem ini berisi input, proses, dan output dimana input sebagai sinyal, proses sebagai system atau pemberi perintah suatu system dan output sebagai proses suatu sinyal yang di kirim ke *website/pc/smarthpone* menjalankan perintah. Desain dan berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara
- 6 (Syam dkk., 2024) Sensor (x3) berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin dengan hasil pembacaan yang langsung terlihat di *website monitoring* (x6) Sensor dan *Internet of Things* berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara
- Artikel (Manalu & Gunoto, 2023)hanya membahas desain dari Sistem Monitoring Indikator Arah dan Kecepatan Angin di Bandar Udara
- Artikel “Penerapan Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara: *Internet of Things*, Desain dan Sensor memberikan literatur review terkait *Internet of Things*, Desain & Sensor dengan fokus penerapannya di bandar udara. Hasil dari pembacaan sensor dapat dilihat dari *output* Sistem Monitoring Indikator Kecepatan



7	(Fernando dkk., 2022)	Sensor (x3) berpengaruh untuk Sistem Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara dengan menggunakan ESP	Sensor berpengaruh untuk Sistem Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara	dan Arah Angin di Bandar Udara Artikel (Fernando dkk., 2022) hanya membahas pengaruh sensor terhadap Sistem Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara
---	-----------------------	--	--	---

Conclusion

Berdasarkan teori, artikel yang relevan dan pembahasan maka dapat dirumuskan hipotesis untuk riset selanjutnya:

1. Internet of Things berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara.
2. Desain berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara.
3. Sensor berpengaruh terhadap Sistem Monitoring Indikator Kecepatan dan Arah Angin di Bandar Udara.

Berdasarkan hasil kajian ini, IoT, desain, dan sensor terbukti mempengaruhi kinerja sistem monitoring kecepatan dan arah angin di bandara. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian dan kalibrasi sensor secara lebih detail, menggunakan alat ukur standar, dan memanfaatkan energi terbarukan seperti panel surya. Langkah-langkah ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi, efisiensi, dan inovasi pada sistem monitoring.

References

- Angela, D., Nugroho, A. T., Gultom, B., & Yonata, Y. (2017). Perancangan Sensor Kecepatan dan Arah Angin untuk Automatic Weather Station (AWS) . *Jurnal Telematika*, 12(1).
- Ardita, M., PDP, B. R., & Faradisa, I. S. (2023). Internet Of Things (Iot) Untuk Pemantauan Jarak Jauh Kondisi Sistem Repeater Jaringan Internet di Area Terpencil. *Jurnal Mnemonic*, 6(1).
- Arminda, G. W., Hendriawan, Akbar, R., & Sulistijono, L. (2011). Desain Sensor Jarak Dengan Output Suara Sebagai Alat Bantu Jalan Bagi Penyandang Tuna Netra. *Jurnal Teknik Elektronika*.
- Asrul, Amir, A., & Jumaidi. (2023). Sistem Pemantauan Kecepatan dan Arah Angin Potable Berbasis Modul LoRa. *Jurnal Instek*, 1(4).



- Edwinanto, Artiyasa, M., Junfitrihana, A., Imamulhak, Y., & Suryana, A. (2021). Desain Wireless Sensor Network (WSN) yang Efisien dengan Mobilitas Node Terkendali Berbasis Energi. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Efan, S. (2021). Sistem Monitoring Penempatan Lokasi Parkir Kendaraan Berbasis IoT. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(5), 930–950. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i5.238>
- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Imiah Ilmu Komputer*, 4(1).
- Fadholi, A. (2013). Analisis Data Arah dan Kecepatan Angin Landas Pacu (Runway) Menggunakan Aplikasi Windrose Plot (WRPLOT). *Jurnal Ilmu Komputer*, 9(2).
- Fatima, S., & Atmia, K. (2022). Rancangan Detektor Hazard Berbasis IOT (Internet Of Things) Di Panel Distribusi Bandar Udara Kasiguncu Poso IOT (Internet Of Things) Based Hazard Detector Design at Kasiguncu Poso Airport Distribution Panel.
- Fernando, M., Jasa, L., & Hartati, R. S. (2022). Monitoring System Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Raspberry Pi 3. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 21(1), 135. <https://doi.org/10.24843/mite.2022.v21i01.p18>
- Figurandi, V., Kustori, & Suhanto. (2019). Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Wind Direction Indicator (WDI) Dengan Sensor Arah Mata Angin dan Kecepatan Windsok Berbasis Microcontroller. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*.
- Girsang, G., Hapsari, G. I., & Suchendra, D. R. (2021). Rancang Bangun Prototipe Pengukuran Kecepatan Angin Dan Arah Angin Build and Design Prototype of Measuring Wind Speed and Direction. *e-Proceeding of Applied Science*, 7(6).
- Gunadhi, A., Sitepu, R., Bilal, Z., Angka, P., & Agustine, L. (2019). Perangkat Navigasi Arah Angin, Arah Kapal, dan Kecepatan Angin Untuk Nelayan Tradisional. *Jurnal Ampere*, 4(2).
- Hapzi, A., & Limakrisna, N. (2013). *Metode Penelitian Petunjuk Praktis untuk Memecahkan Masalah Bisnis, Penyusunan Skripsi, Tesis, Disertasi*. Deepublish.
- Hernanda, A. P. (2023). Analisis Beban Kerja dan Kinerja Karyawan Terhadap Kualitas Pelayanan Operasional Unit Airport Operation Landside And Terminal (AOLT) (Studi Kasus di Bandar Udara Internasional Yogyakarta).
- Ibrahim, A. M., & Solikhin, A. (2023). Sistem Kontrol Dan Monitoring Berbasis IoT Pada Lampu Dan AC di Laboratorium Komputer Politeknik Mitra Karya Mandiri. *Just IT: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, 13(2), 87–91.
- Istiana, W., & Cahyono, R. P. (2022). Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Daya Berbasis IoT. *Portaldata.org*, 2(6), 2022–2023.
- Lukman, M. P. (2018). Sistem Lampu Otomatis Dengan Sensor Gerak, Sensor Suhu dan Sensor Suara Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Resistor*.
- Manalu, J. W., & Gunoto, P. (2023). Perancangan Sistem Monitoring Kecepatan Angin dan Temperature Udara Berbasis Internet Of Things (IOT). *Sigma Teknika*, 6(1), 86–096.
- Megawati, S. (2021). Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1).



- Nugraha, A. (2022). Kajian Komponen Angin di Bandara Tebelian Sintang Study Of Wind Components At Tebelian Airport Sintang. *BULETIN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA*, 3(4), 1-11.
- Nugroho, Y. A. (2011). Penerapan Sensor Optocoupler Pada Alat Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega8535.
- Pramono, Y., & Syafriadi, W. (2016). Monitoring Data Kecepatan dan Arah Angin Secara Real Time Melalui Web. Dalam *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 4, Nomor 02).
- Riyanto, J., Nurlaila, F., Haerudin, H., & Jarastino, B. T. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ruang Kelas Berbasis Internet of Things pada Universitas Pamulang. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 5(4), 483. <https://doi.org/10.32493/informatika.v5i4.7018>
- Roslidar, R., Karnaini, K., & Arif, T. Y. (2023). IoT based System for Air Pollution Monitoring in Banda Aceh. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 19(3).
- Safrianty, E., Feranita, & Surya, H. (2010). Perancangan Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 9(1).
- Saputra, J. S., & Siswanto. (2020). *Prototype Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Kandang Ayam Broiler Berbasis Internet Of Things*. 7(1).
- Saragih, R. W. (2021). Analisis Data Angin Permukaan di Bandara Syarif Kasim II Pekanbaru Menggunakan Metode Windrose. *Jurnal Widya Climago*, 3(2).
- Setiadi, D., Nurdin, M., & Muhaemin, A. (2018). Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi). *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 3(2), 95-102. <https://doi.org/10.32897/INFOTRONIK.2018.3.2.108>
- Suwarto, Mulyono, & Prasetyo, B. (2020). Pembuatan Monitoring Kecepatan Angin dan Arah Angin Menggunakan Mikokontroler Arduino Uno. *Seminar Nasional Pendidikan, Sains dan Teknologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang*.
- Syam, M. F., Qashlim, A., & Tamin, R. (2024). Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Internet Of Things (Iot) Sebagai Peringatan Dini Bencana Alam. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 10(1).
- Undang-undang (UU) Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, Pub. L. No. 1, Undang-undang (UU) (2009).
- Warnangan, F., Arnas, Y., & Ismail, K. M. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Mata Angin Berbasis Internet of Things. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(2). <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i2.428>
- Widyanto, H. B. (2018). *Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Internet Of Thing (Iot) Sebagai Peringatan Dini Bencana Alam*.
- Wijayanti, D., Rahmawati, E., & Sucahyo, I. (2015). Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino Uno Atmega 328P. Dalam *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia* (Vol. 04).
- Yuyun Irmayanti, A., & Rossydi, A. (2021). Design of Arduino-Based Monitoring Wind Direction Indicator in Indonesian Airport. *Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*, 4.



