

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM RADIOSONDE MENGGUNAKAN
NODEMCU ESP32 DENGAN MULTISENSOR BERBASIS WEBSITE**

***DESIGN AND CONSTRUCTION OF A RADIOSONDE SYSTEM PROTOTYPE USING
NODEMCU ESP32 WITH WEBSITE-BASED MULTISENSOR***

Arfany Dhimas Muftareza^{*}, Program Studi Instrumentasi-MKG, Sekolah Tinggi Meteorologi
Klimatologi dan Geofisika
Rio Bintang Samudra Silalahi, Program Studi Instrumentasi-MKG, Sekolah Tinggi
Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Yosafat Donni Haryanto, Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi
Klimatologi dan Geofisika

*e-mail: arfanydhimuf@gmail.com (corresponding author)

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem prototipe radiosonde menggunakan NodeMCU ESP32 dengan multisensor berbasis website sebagai alternatif yang lebih efisien dan ekonomis dalam pengamatan meteorologi udara atas. Sistem terdiri dari dua komponen utama yaitu transmitter dan receiver. Transmitter dilengkapi dengan ESP32, sensor DHT11, BMP280, modul GPS ublox NEO-6M, dan modul LoRa SX1278. Data suhu, kelembaban, tekanan udara, ketinggian, serta posisi geografis (latitude dan longitude) yang diukur oleh transmitter dikirimkan ke receiver melalui modul LoRa SX1278. Receiver, yang juga dilengkapi dengan ESP32 dan modul LoRa SX1278, menerima data tersebut dan menyimpannya dalam database lokal menggunakan PhpMyAdmin. Data yang tersimpan kemudian ditampilkan pada website yang dikelola menggunakan extension PHP di Visual Studio Code (VSCode). Website ini menyediakan fitur dashboard data real-time, grafik pengukuran, titik lokasi pengukuran, dan riwayat data dalam bentuk tabel. Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat mengukur parameter meteorologi dengan akurat, data dapat dikirimkan dan diterima dengan baik, serta ditampilkan pada website dan dapat diunduh dalam format .csv. Uji coba transmisi data menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengirimkan data dengan baik hingga jarak 160 meter secara horizontal, meskipun terdapat banyak penghalang. Diperkirakan bahwa jarak transmisi dapat meningkat sampai beberapa kali lipat dalam kondisi vertikal tanpa penghalang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem prototipe yang dikembangkan dapat menjadi solusi yang efektif dan terjangkau untuk pengamatan meteorologi udara atas, khususnya untuk aplikasi di BMKG Indonesia.

Kata Kunci: *Radiosonde, NodeMCU ESP32, pengamatan udara atas.*

Abstract. *This study aims to develop a radiosonde prototype system using NodeMCU ESP32 with a website-based multisensor as a more efficient and economical alternative in upper air meteorological observations. The system consists of two main components, namely transmitter and receiver. The transmitter is equipped with ESP32, DHT11 sensor, BMP280, ublox NEO-*

6M GPS module, and LoRa SX1278 module. Data on temperature, humidity, air pressure, altitude, and geographical position (latitude and longitude) measured by the transmitter are sent to the receiver via the LoRa SX1278 module. The receiver, which is also equipped with ESP32 and LoRa SX1278 module, receives the data and stores it in a local database using PhpMyAdmin. The stored data is then displayed on a website managed using the PHP extension in Visual Studio Code (VSCode). This website provides real-time data dashboard features, measurement graphs, measurement location points, and data history in tabular form. System testing was conducted to ensure that the sensor can measure meteorological parameters accurately, data can be sent and received properly, and displayed on the website and can be downloaded in .csv format. Data transmission trials showed that the system can transmit data well up to a distance of 160 meters horizontally, even though there are many obstacles. It is estimated that the transmission distance can increase several times in vertical conditions without obstacles. The results of this study indicate that the developed prototype system can be an effective and affordable solution for upper air meteorological observations, especially for applications at BMKG Indonesia.

Keywords: *Radiosonde, NodeMCU ESP32, upper air observation.*

PENDAHULUAN

Pengamatan beberapa parameter meteorologi seperti suhu, kelembaban, tekanan udara, dan sebagainya pada udara bebas dilakukan melalui pengamatan udara atas menggunakan peralatan pengamatan udara atas, baik secara langsung maupun tidak langsung. Data yang dihasilkan dari pengamatan udara atas sangat berguna untuk proses analisis cuaca (World Meteorological Organization, 2008). Pengamatan meteorologi udara atas memainkan peranan penting dalam pemahaman dan prediksi dinamika atmosfer. Udara atas mencakup berbagai lapisan atmosfer mulai dari permukaan bumi hingga stratosfer yang memiliki variabilitas suhu, kelembaban, tekanan, dan angin yang signifikan. Data dari pengamatan udara atas sangat krusial untuk berbagai aplikasi, termasuk penerbangan, pelayaran, pertanian, dan mitigasi bencana alam. Pengumpulan data yang akurat tentang kondisi atmosfer pada berbagai ketinggian membantu para ilmuwan dan praktisi meteorologi dalam memprediksi cuaca dan iklim dengan lebih tepat.

Salah satu instrumen utama yang digunakan dalam pengamatan meteorologi udara atas adalah radiosonde. Salah satu instrumen utama yang digunakan dalam pengamatan meteorologi udara atas adalah radiosonde. "*Radiosonde adalah instrumen yang diangkut oleh balon udara untuk mengukur profil vertikal suhu, kelembaban, tekanan, dan angin pada berbagai ketinggian atmosfer.*" (Holton & Hakim, 2013: 15). Selama penerbangannya, radiosonde terus mengirimkan data pengukuran ke stasiun penerima di permukaan bumi melalui komunikasi sinyal radio. Data yang dikumpulkan oleh radiosonde ini sangat penting untuk membuat model cuaca yang lebih akurat dan untuk berbagai penelitian ilmiah mengenai dinamika atmosfer.

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengamatan udara atas telah dikembangkan sebuah sistem prototipe radiosonde menggunakan NodeMCU ESP32 dengan multisensor berbasis website. NodeMCU ESP 32 merupakan mikrokontroler yang sumber terbuka dan berbiaya rendah yang sudah terintegrasi dengan chip Wifi dan bluetooth dalam papan sirkuit (Suriana, dkk, 2021). Sistem ini dirancang untuk menjadi alternatif yang lebih terjangkau dalam segi biaya dan mudah dalam penggunaannya. Sistem ini terdiri dari dua komponen utama yaitu transmitter dan receiver.

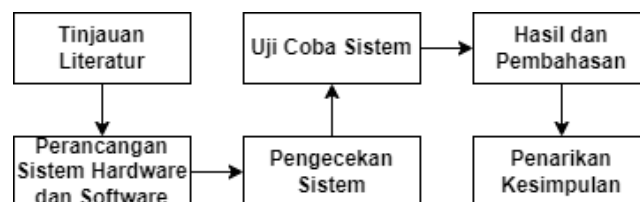
Transmitter pada sistem terdiri dari beberapa komponen utama yaitu ESP32 yang digunakan sebagai otak dari sistem untuk mengintegrasikan dan memproses data dari berbagai sensor, sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sensor BMP280 digunakan untuk mengukur tekanan udara dan ketinggian, modul GPS ublox NEO-6M digunakan untuk mendapatkan data posisi geografis (latitude dan longitude), dan modul LoRa SX1278 digunakan untuk mengirimkan data dari sensor ke receiver komunikasi jarak jauh pada frekuensi 433MHz. Modul LoRa SX1278 memiliki kemampuan untuk mentransmisikan data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah.

Receiver pada system terdiri dari ESP32 dan modul LoRa SX1278. Receiver bertugas untuk menerima data yang dikirimkan oleh transmitter. Setelah data diterima, ESP32 pada receiver akan memproses dan menyimpannya ke dalam database lokal. Data yang telah tersimpan kemudian akan ditampilkan pada website yang telah dirancang. Website ini menyediakan berbagai fitur seperti dashboard data real-time, grafik data real-time untuk memvisualisasikan perubahan parameter atmosferik secara dinamis, peta untuk menunjukkan lokasi transmitter, dan tabel history untuk menampilkan data yang telah dikumpulkan oleh transmitter.

Di Indonesia, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) adalah lembaga yang bertanggung jawab atas pengamatan dan analisis data meteorologi, termasuk pengamatan udara atas. BMKG menggunakan data dari radiosonde untuk memantau dan memprediksi kondisi udara atas. Sistem prototipe ini dapat menjadi solusi untuk BMKG dalam meningkatkan efisiensi dalam pengamatan udara atas. Dengan biaya yang lebih rendah dan kemudahan operasional, sistem ini dapat diimplementasikan di berbagai stasiun pengamatan BMKG di seluruh Indonesia.

METODE

Metode adalah tata cara, langkah, atau prosedur yang ilmiah mulai dari tinjauan literatur rencana sampai dengan penarikan kesimpulan. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Diagram Penelitian

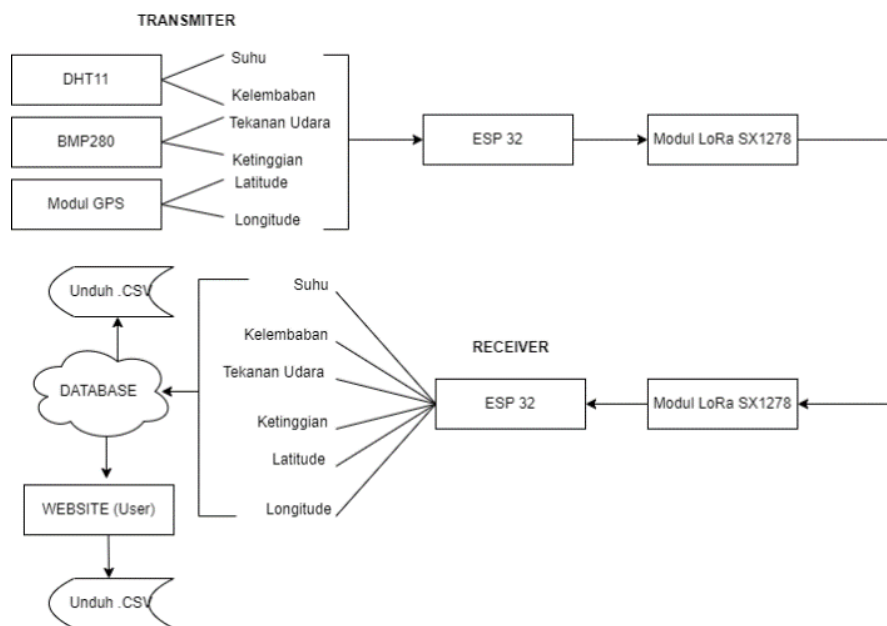
Penelitian dimulai dari Tinjauan literatur yang melibatkan pengumpulan dan analisis literatur yang relevan dengan pengamatan meteorologi udara atas, radiosonde, dan teknologi yang digunakan dalam sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini. Pada tahap Perancangan Sistem Hardware dan Software, sistem dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan fungsional dan teknis. Sistem terdiri dari dua komponen Utama, yaitu transmitter dan receiver. Perancangan software melibatkan pembuatan program untuk transmitter dan receiver menggunakan Bahasa C/C++ pada Arduino IDE. Tahap pengecekan sistem melibatkan verifikasi bahwa sistem yang dirancang berfungsi dengan baik. Tahap Uji coba sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi nyata. Pengujian kemampuan sensor pada transmitter untuk mengumpulkan data suhu, kelembaban, tekanan udara, ketinggian, latitude, dan longitude. Tahap Pembahasan dan Penarikan kesimpulan mencakup evaluasi kinerja sistem, identifikasi kekuatan dan kelemahan sistem, serta potensi

perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Data yang diperoleh dari system akan dipaparkan pada tahapan ini, meliputi data unsur meteorologi yang diukur oleh sensor, tampilan database local, tampilan website. Ketika system ini dijalankan, sampai tampilan data yang dapat diunduh dalam format .csv pada system ini. Memastikan bahwa system berjalan sesuai rencana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

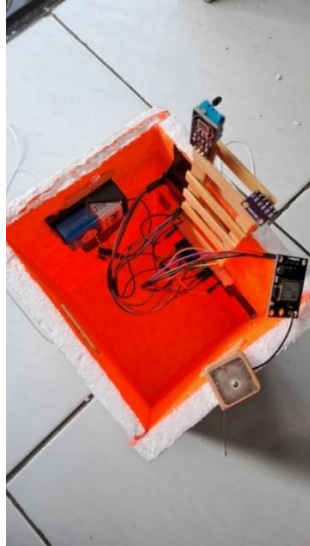
Pada bagian ini, akan dibahas hasil dari Rancang bangun sistem prototipe radiosonde berbasis NodeMCU ESP32 dengan multisensor berbasis website. Pembahasan mencakup perancangan system hardware dan software, Uji coba system, dan Hasil pembahasan.

1. Perancangan Sistem Hardware dan Software



Gambar 2. Skema Perancangan Sistem

Skema perancangan sistem ditunjukkan oleh Gambar 2. Transmitter menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler untuk mengintegrasikan dengan sensor dan modul lainnya. Gambar 3 menunjukkan bagaian dalam transmitter dan Gambar 4 menunjukkan transmitter. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dipilih karena kemudahan penggunaannya dan akurasi yang memadai untuk aplikasi ini. BMP280 digunakan untuk mengukur tekanan udara dan ketinggian karena akurasinya yang cukup baik dan konsumsi daya yang rendah. Modul GPS ublox NEO-6M ini digunakan untuk mendapatkan data posisi geografis berupa latitude dan longitude. Modul LoRa SX1278 digunakan untuk komunikasi data jarak jauh antara transmitter dan receiver. Program untuk transmitter dikembangkan menggunakan Arduino IDE yang dirancang untuk Mengambil data dari sensor DHT11, BMP280, dan modul GPS, Mengolah data yang diambil dan mengonversinya ke format yang sesuai untuk dikirim ke receiver, dan mengirimkan data melalui modul LoRa SX1278 ke receiver. Transmitter akan dikemas menggunakan styrofoam berwarna putih untuk mengurangi pengaruh pembacaan suhu dalam bentuk bangun ruang balok dimana sensor DHT11 dan BMP280 akan diletakkan di luar balok yang akan disangga menggunakan stick. Antena LoRa dan antena modul GPS juga akan diletakkan di luar balok guna untuk memberikan akses komunikasi.

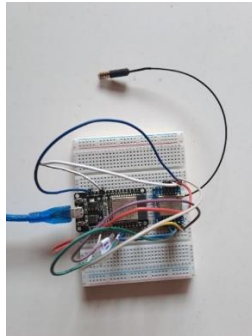


Gambar 3. Bagian Dalam Transmitter



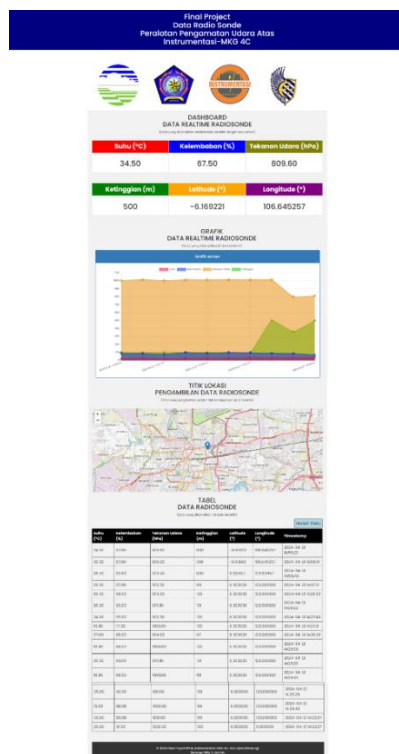
Gambar 4. Transmitter

Gambar 5 menunjukkan receiver yang menggunakan NodeMCU ESP32 untuk mengolah data yang dikirimkan oleh transmitter dan menyimpan data tersebut ke dalam database local karena ESP32 mempunyai fitur berupa konektivitas WiFi yang dapat mengirimkan data ke database local. Modul LoRa SX1278 digunakan pada receiver untuk menerima data dari transmitter. Program untuk receiver juga dikembangkan menggunakan Arduino IDE yang dirancang untuk Menerima data yang dikirimkan oleh transmitter melalui modul LoRa SX1278, Mengolah data yang diterima dan menyimpannya ke dalam database local MySQL yang dikelola menggunakan PhpMyAdmin, serta Mengirimkan data ke website untuk ditampilkan dalam berbagai format, seperti dashboard data real-time, grafik, peta lokasi, dan tabel riwayat data.



Gambar 5. Receiver

Tampilan website (Gambar 6) dikembangkan menggunakan extension PHP di Visual Studio Code (VS Code). Extension PHP di VS Code menyediakan fitur seperti penyorotan sintaks, penyelesaian kode, dan debugging, yang memudahkan proses pengembangan. Website ini dirancang untuk menampilkan data meteorologi yang diterima dari sistem transmitter dan receiver dalam bentuk yang informatif dan mudah dipahami. Website ini menyediakan berbagai fitur termasuk dashboard data real-time Menampilkan data suhu, kelembaban, tekanan udara, ketinggian, latitude, dan longitude secara real-time; grafik pengukuran Menampilkan grafik data real-time untuk visualisasi perubahan parameter atmosferik dari waktu ke Waktu; titik lokasi pengukuran Menampilkan peta yang menunjukkan lokasi transmitter berdasarkan data GPS; dan table riwayat data dalam bentuk tabel yang Menampilkan riwayat data yang telah dikumpulkan oleh transmitter dalam bentuk tabel yang dapat diunduh.



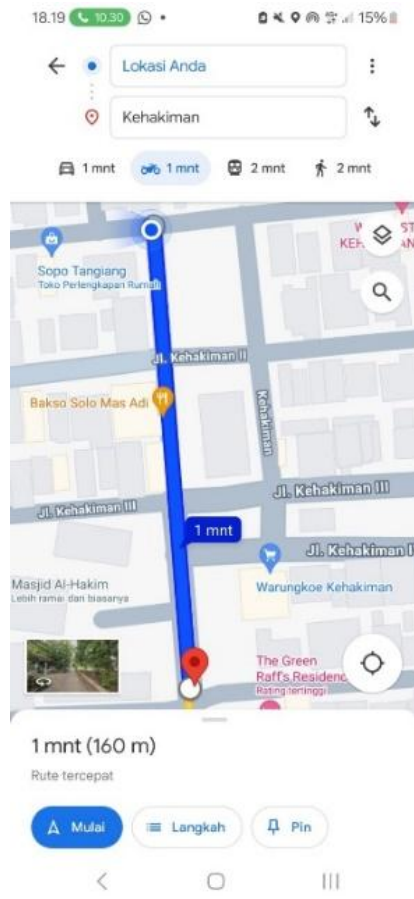
Gambar 6. Tampilan Website Sistem Prototipe Radiosonde

2. Pengujian Sistem

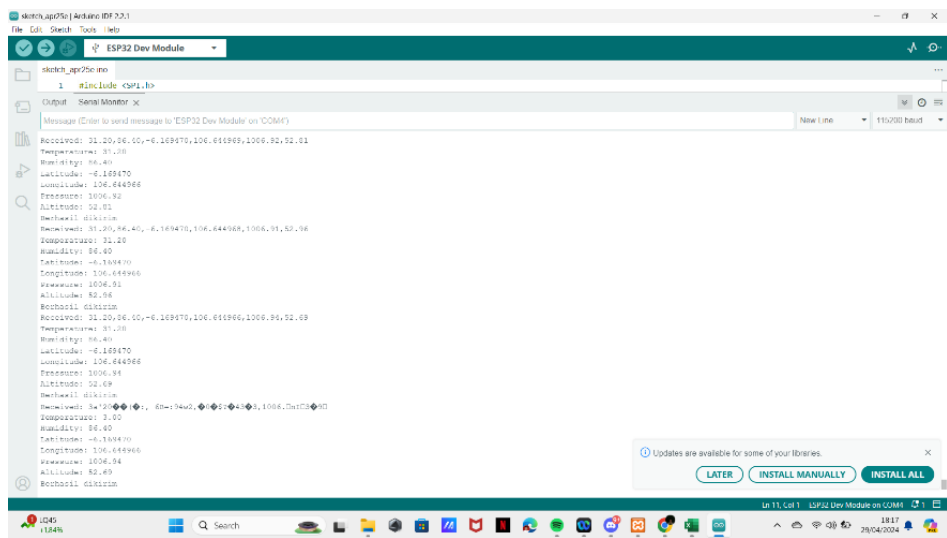
Pengujian dimulai dengan memastikan bahwa setiap sensor pada transmitter dapat menangkap data dengan akurat. Sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sensor BMP280 untuk mengukur tekanan udara dan ketinggian. Modul GPS ublox NEO-6M untuk mendapatkan data posisi geografis (latitude dan longitude). Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua sensor bekerja dengan baik dan memberikan data yang akurat. Setelah memastikan sensor berfungsi dengan baik, langkah selanjutnya adalah memastikan bahwa data yang diukur oleh sensor dapat dikirimkan melalui modul LoRa SX1278. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dari transmitter ke receiver. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data dapat ditransmisikan dengan sukses tanpa adanya kehilangan atau kerusakan data dalam jarak pendek.

Pengujian selanjutnya adalah memastikan bahwa receiver dapat menangkap data yang dikirimkan oleh transmitter melalui modul LoRa. Data yang diterima oleh receiver kemudian diperiksa untuk memastikan bahwa tidak ada kesalahan atau kehilangan data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa receiver dapat menerima data dengan baik dan tepat. Data yang diterima oleh receiver kemudian dikirimkan ke database lokal melalui jaringan lokal. Pengujian ini melibatkan pengecekan apakah data yang diterima dapat disimpan dengan benar di database lokal yang dikelola menggunakan PhpMyAdmin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data dapat disimpan dengan baik di database lokal tanpa ada kesalahan. Setelah memastikan data tersimpan di database lokal, langkah selanjutnya adalah memastikan bahwa data dapat ditampilkan di website. Website dikembangkan menggunakan extension PHP di Visual Studio Code dan menampilkan data dalam bentuk dashboard data real-time, grafik pengukuran, peta lokasi pengukuran, dan tabel riwayat data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua komponen website berfungsi dengan baik dan menampilkan data sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian variasi jarak untuk transmisi data antara transmitter dan receiver bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem ini dapat mengirimkan data dengan baik dalam kondisi nyata (Gambar 7). Pengujian dilakukan dengan menjauhkan transmitter secara horizontal pada jalan lurus dengan berbagai variasi jarak. Data diukur pada setiap interval jarak hingga mencapai jarak maksimum di mana data masih dapat diterima dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak terjauh di mana data dapat dikirimkan dengan baik adalah 160 meter. Pada jarak lebih dari 160 meter, data yang dikirimkan mengalami kesalahan dan terdapat data yang hilang (Gambar 8). Hal ini disebabkan oleh banyaknya penghalang di jalan secara horizontal seperti pohon, rumah, kendaraan, dan gangguan sinyal lainnya yang memengaruhi komunikasi. Namun, berdasarkan hasil pengujian horizontal ini, dapat diperkirakan bahwa ketika transmitter diterbangkan secara vertikal, sistem akan mampu mencapai jarak transmisi yang lebih jauh. Dalam kondisi vertikal, transmitter tidak akan mengalami gangguan komunikasi yang disebabkan oleh penghalang seperti yang ditemukan dalam pengujian horizontal. Dengan tidak adanya penghalang seperti pohon, rumah, dan kendaraan, komunikasi vertikal dapat berjalan lebih lancar dan efektif. Diperkirakan bahwa jarak transmisi vertikal dapat mencapai beberapa kali lipat dari jarak horizontal yang telah diuji. Ini berarti bahwa sistem prototipe radiosonde ini memiliki potensi untuk berfungsi dengan baik dalam pengamatan udara atas, di mana transmitter dapat mengirimkan data dari ketinggian yang lebih tinggi tanpa mengalami gangguan komunikasi yang signifikan.



Gambar 7. Pengujian jarak horizontal



Gambar 8. Kesalahan penerimaan data

Pengujian Pengunduhan Data dalam Format .csv dilakukan untuk memastikan bahwa data yang tersimpan di database lokal dan yang ditampilkan di website dapat diunduh dalam format .csv (Gambar 9). Fitur unduhan ini diuji dengan mengunduh data melalui antarmuka database lokal dan juga melalui website. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data dapat diunduh dengan benar dan sesuai dengan format yang diinginkan.

ID	suhu	kelembaban	tekanan	ketinggian	latitudo	longitudo	timestamp
1	30.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:30:59
2	29.50	70.00	1011.00	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:32:24
3	31.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:33:59
4	31.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:35:24
5	32.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:36:59
6	32.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:38:24
7	33.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:39:59
8	33.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:41:24
9	34.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:42:59
10	34.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:44:24
11	35.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:45:59
12	35.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:47:24
13	36.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:48:59
14	36.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:50:24
15	37.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:51:59
16	37.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:53:24
17	38.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:54:59
18	38.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:56:24
19	39.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:57:59
20	39.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 09:59:24
21	40.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 10:00:59
22	40.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 10:02:24
23	41.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 10:03:59
24	41.50	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 10:05:24
25	42.00	70.00	1010.50	22.00	6.169223	106.645256	2024-05-08 10:06:59

Gambar 9. Data yang terunduh

SIMPULAN

Setelah melalui berbagai macam percobaan, dapat ditarik kesimpulan bahwa telah berhasil mengembangkan sebuah sistem prototipe radiosonde menggunakan NodeMCU ESP32 dengan multisensor berbasis website. Sistem ini dirancang untuk mengukur dan mengirimkan data meteorologi udara atas, seperti suhu, kelembaban, tekanan udara, ketinggian, serta posisi geografis (latitude dan longitude), secara real-time. Dengan biaya yang lebih rendah dan kemudahan dalam penggunaan, sistem ini menawarkan alternatif yang efisien dan efektif bagi pengamatan udara atas. Proses pengembangan sistem melibatkan berbagai tahap. Sistem ini mampu mengintegrasikan data dari berbagai sensor, mengirimkan data tersebut melalui modul LoRa, dan menampilkan hasilnya pada website yang dirancang khusus. Pengecekan dan uji coba sistem menunjukkan bahwa sistem ini mampu berfungsi dengan baik dalam kondisi nyata.

Sensor pada transmitter dapat mengukur suhu, kelembaban, tekanan udara, ketinggian, serta posisi geografis dengan akurat. Data yang diukur oleh sensor dapat dikirimkan dengan lancar melalui modul LoRa dan diterima oleh receiver. Receiver kemudian mengirimkan data tersebut ke database lokal dan menampilkannya pada website. Data dapat diunduh dalam format .csv baik melalui database lokal maupun tampilan website. Pengujian jarak transmisi data mengungkapkan bahwa sistem mampu mengirimkan data dengan baik hingga jarak 160 meter dalam kondisi horizontal, meskipun terdapat banyak penghalang seperti pohon, rumah, dan kendaraan. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi vertikal, di mana transmitter diterbangkan ke atas tanpa adanya penghalang, sistem ini dapat mencapai jarak transmisi yang lebih jauh, bahkan beberapa kali lipat dari jarak horizontal yang diuji. Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya berhasil mengembangkan sebuah alat pengamatan udara atas yang efisien, tetapi juga mendorong inovasi dalam bidang meteorologi di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, dan kemudahan sehingga kami dapat menyelesaikan jurnal ini dengan baik. Tanpa izin dan ridho-Nya, tidak mungkin kami bisa mencapai hasil ini. Kami juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua kami, yang selalu memberikan dukungan moral, doa, dan kasih sayang yang tiada henti. Ucapan

terima kasih yang tulus juga kami sampaikan kepada Bapak dosen mata kuliah Praktik Peralatan Pengamatan Udara Atas atas bimbingan, ilmu, dan dukungan yang diberikan selama proses penulisan jurnal ini. Tak lupa, kami juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh teman-teman yang telah membantu baik secara moral maupun material dalam menyelesaikan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, D.J., Sutanto, A.T., Rafi, A.M., & Aditama, G.K.L. (2018). Rancang Bangun Sistem Radiosonde untuk Pengamatan Profil Udara Atas. *In Prosiding Seminar Bumi dan Atmosfer STMKG* (pp. 568-575).
- Holton, J.R., & Hakim, G.J. (2013). *An Introduction to Dynamic Meteorology* (Vol. 88). Academic press.
- Suriana, I.W., Setiawan, I.G.A., & Graha, I. M. S. (2021). Rancang Bangun Sistem Pengaman Kotak Dana Pusia Berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Aplikasi Telegram. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 4(2), 75-84.
- World Meteorological Organization (WMO), 2008, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, Publication WMO, Geneva.