

Sistem Informasi Iklim dan Kualitas Udara pada Laboratorium Kalibrasi BMKG Berbasis Website

M. Audi Ikhsan¹, Samsudin^{2*}

^{1,2}Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia
Email: ¹audiikhsan87@gmail.com, ^{2*}samsudin@uinsu.ac.id

ABSTRACT

To ensure the reliability of measurement results, the calibration laboratory of the Indonesian Agency for Meteorology, Climatology, and Geophysics (BMKG) requires accurate control of temperature and humidity. Conventional manual monitoring methods are susceptible to errors caused by human interaction and environmental fluctuations. To address this challenge, a web-based monitoring system has been developed. This system automates the measurement of temperature and humidity, thereby increasing efficiency and reducing the risk of human error. Two prototype meters have been integrated into the system, which have been proven to have an accuracy of over 90% for temperature measurements. The system is capable of measuring humidity in the range of 0% to 100% with an accuracy of $\pm 5\%$ and temperature in the range of -40°C to 80°C with an accuracy of $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$. By automating the monitoring process and providing real-time data access, this system makes a significant contribution to improving the reliability and efficiency of the BMKG calibration laboratory. The implementation of this system is expected to ensure the consistency of calibration measurement results, support the optimal functioning of the laboratory, and contribute to improving the quality of meteorological, climatological, and geophysical services in Indonesia.

Keywords: Calibration Results, Accuracy, Precision, Temperature Range.

ABSTRAK

Laboratorium kalibrasi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) memerlukan kontrol suhu dan kelembaban yang sangat akurat untuk menjamin keandalan hasil pengukuran. Metode pemantauan manual konvensional rentan terhadap kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia dan fluktuasi lingkungan. Untuk mengatasi tantangan ini, sebuah sistem pemantauan berbasis web telah dikembangkan. Sistem ini mengotomatiskan pengukuran suhu dan kelembaban, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko kesalahan manusia. Dua meter prototipe telah diintegrasikan ke dalam sistem, yang telah terbukti memiliki akurasi lebih dari 90% untuk pengukuran suhu. Sistem ini mampu mengukur kelembaban dalam rentang 0% hingga 100% dengan akurasi $\pm 5\%$ dan suhu dalam rentang -40°C hingga 80°C dengan akurasi $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Dengan otomatisasi proses pemantauan dan penyediaan akses data secara real-time, sistem ini memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi laboratorium kalibrasi BMKG. Implementasi sistem ini diharapkan dapat menjamin konsistensi hasil pengukuran kalibrasi, mendukung fungsi optimal laboratorium, dan berkontribusi pada peningkatan kualitas layanan meteorologi, klimatologi, dan geofisika di Indonesia.

Kata Kunci: Hasil Kalibrasi, Akurasi, Presisi, Rentang Temperatur.

1. Pendahuluan

Di laboratorium kalibrasi, suhu dan kelembapan udara merupakan parameter pengukuran yang penting. Salah satu elemen dalam laboratorium kalibrasi yang perlu dilacak, dikelola, dan didokumentasikan sesuai ketentuan adalah suhu dan tingkat kelembapan. Catatan suhu dan kelembapan harus mudah diakses, disimpan, dan diambil kembali saat diperlukan. Mereka juga perlu selalu diperbarui untuk mencegah kerugian[1].

Untuk menjaga kinerja instrumen yang sensitif terhadap variasi lingkungan dan keadaan hidup, diperlukan pemantauan suhu dan kelembaban di laboratorium kalibrasi. Selama periode ini, suhu dan kelembaban laboratorium kalibrasi dipantau secara manual; operator harus masuk dan keluar laboratorium kalibrasi tiga kali sehari untuk mengambil data parameter tersebut (pagi, siang, dan malam). Umah manusia adalah sumber Panas dan air, seperti keringat, keduanya dapat berkontribusi terhadap panas, yang

dapat mengubah nilai pengukuran suhu dan kelembapan. Karena tidak ada ruang perantara di laboratorium kalibrasi, situasi tertentu. Laboratorium kalibrasi dipengaruhi oleh lingkungan sekitar. Hal ini akan berdampak pada data dari sensor suhu dan kelembapan. Untuk menghindari perlunya kehadiran manusia pada saat proses kalibrasi suhu dan kelembapan di laboratorium, maka dikembangkanlah alat ukur tanpa memerlukan campur tangan manusia[2]. Organisasi BMKG bertugas memantau cuaca, iklim, gempa bumi, tsunami, dan informasi terkait, serta menawarkan layanan kalibrasi. BMKG menggunakan teknologi tertentu untuk meramalkan terjadinya bencana alam. Saat terjadi bencana alam, BMKG akan menyiagakan masyarakat agar siap jika terjadi bencana. Mengurangi jumlah korban jiwa akibat bencana alam dapat dilakukan dengan adanya BMKG. Selain itu, BMKG juga mendukung acara kemasyarakatan secara berkala. Misalnya, sistem ini memberi tahu petani, wisatawan, dan anggota angkatan bersenjata tentang prediksi cuaca, yang mereka ikuti untuk memastikan kelancaran semua acara. Kantor Pusat Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) merupakan kantor yang diidentifikasi sebagai mitra layanan dan mencakup petugas laboratorium dan staf administrasi[3]. Dimana permasalahannya yaitu seluruh sistem persuratan masih dilakukan secara manual, mulai dari penulisan surat, pengiriman surat, pembuatan surat, penyimpanan surat, hingga pemasukan data untuk alat kalibrasi. Ketika anggota staf administrasi membuat draf surat di komputer dan mencetaknya, dokumen yang dihasilkan disimpan dan digunakan sebagai catatan dari semua surat yang telah ditulis. Tentu saja cara ini kurang efektif dan aman karena ada kemungkinan surat cetakan salah taruh atau tergelincir sehingga arsip surat tidak ada[4]. Bahkan menemukan surat pun akan menjadi tantangan bila Anda menginginkannya karena Anda harus mengambil setiap surat dan memeriksanya satu per satu untuk menemukan surat yang Anda butuhkan. Tujuan surat adalah menyampaikan keterangan dari pengirimnya kepada pihak yang menerimanya melalui komunikasi tertulis. Biasanya isi surat berupa laporan, perintah, atau pemberitahuan. Sekalipun teknologi komunikasi modern sudah cukup maju, surat masih digunakan sebagai media komunikasi formal dan tidak dapat digantikan olehnya. Kalibrasi merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengetahui ketidaktepatan faktor kalibrasi[5].

Verifikasi keakuratan pengukuran instrumen Anda terhadap standar nasional dan internasional yang ditetapkan. Kemajuan pesat teknologi mengubah cara berpikir masyarakat untuk meningkatkan produktivitas. Dengan adanya sebuah website digunakan untuk melakukan sistem korespondensi karena kemajuan teknologi. Sehingga praktis sehari-hari dilakukan interaksi dengan Pusat Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Membuat berbagai surat yang ditujukan kepada pihak internal maupun eksternal. Untuk membuat surat yang berkaitan dengan kalibrasi

diperlukan teknologi sistem informasi. Agar tenaga administrasi dan tenaga laboratorium dapat menggunakan layanan ini, maka website yang dibuat dapat membantu mereka dalam membuat dan mengirimkan surat serta memasukkan data dari alat kalibrasi.

Bagi mereka yang menggunakan informasi cuaca, seperti pemerintah, sektor komersial, dan organisasi publik lainnya, pengetahuan tentang kondisi cuaca dan iklim sangatlah penting. Data tersebut dimanfaatkan untuk berbagai tugas, seperti memberikan dukungan perencanaan pembangunan, mulai dari sektor transportasi, pertanian, perekonomian hingga sektor kesehatan. Badan Meteorologi, Iklim, dan Geofisika (BMKG) merupakan organisasi resmi di Indonesia yang bertugas menyediakan dan menyebarluaskan data kondisi meteorologi kepada pihak-pihak terkait. Saat ini, permintaan akan informasi meteorologi semakin meningkat, begitu pula jumlah pihak yang memanfaatkannya. Oleh karena itu, BMKG diharapkan mampu menyampaikan informasi secara cepat, tepat, dan akurat. Dengan demikian, kemajuan ilmu pengetahuan dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut semakin signifikan, oleh karena itu penggunaan teknik inovatif dapat memenuhi kebutuhan data cuaca yang semakin kompleks[6].

Cuaca mengacu pada karakteristik fisik atmosfer, seperti suhu udara, kelembapan, kecepatan angin, dan faktor lainnya, di lokasi tertentu pada waktu tertentu dan dalam keadaan tertentu. Secara umum, ada dua jenis cuaca di Indonesia: cerah berawan dan hujan. Ketika tidak ada curah hujan atau sedimen yang jatuh ke permukaan bumi, kondisi cerah-berawan terjadi. Setiap curah hujan atau lumpur yang mencapai permukaan bumi merupakan keadaan hujan. kondisi cuaca setempat. Ada fenomena lokal, regional, dan global yang berdampak pada daerah tropis. Fenomena global Madden Julian, Dipole Mode Index, La Nina, dan Osilasi El Nino. Kondisi suhu permukaan laut sekitar Indonesia, badai tropis, dan Zona Konvergensi Antar Tropis merupakan contoh fenomena regional. Sedangkan faktor lokal meliputi kecepatan angin, suhu, tekanan udara, dan kelembapan.

Perkembangan awan konvektif yang dapat mengakibatkan hujan merupakan fenomena cuaca yang sering terjadi di daerah tropis[7]. Faktor meteorologi lokal, seperti suhu (T), kelembapan relatif (Rh), tekanan udara (p), dan kecepatan angin, selain sirkulasi udara global, mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik awan suatu wilayah. Suhu suatu benda adalah ukuran tingkat panasnya. Kapasitas suatu benda untuk meneruskan atau menerima panas dari satu benda ke benda lain ditentukan oleh suhunya. Tingkat penyebaran panas di atmosfer sangat bergantung pada tingkat radiasi matahari, yang mengubah suhu udara. Salah satu variabel penting yang dipantau oleh pengamat cuaca seperti BMKG adalah suhu udara permukaan bumi.

Menurut Fadholi [8] suhu udara permukaan dalam meteorologi mengacu pada suhu udara pada ketinggian 1,25 hingga 2 meter di atas permukaan tanah. Banyaknya uap air di udara atau atmosfer disebut dengan kelembaban udara. Besarannya ditentukan oleh penguapan air dari sungai, danau, dan lautan serta air tanah yang menyebabkan uap air masuk ke atmosfer.

Selain itu, hasil dari proses transpirasi, yaitu penguapan materi tumbuhan. Sementara itu, banyaknya unsur yang mempengaruhi jumlah air di udara, seperti angin, suhu, tekanan, sumber uap, dan ketersediaan air. Uap air di atmosfer antara lain memiliki kemampuan untuk berubah wujud dari cair menjadi padat dan akhirnya jatuh ke bumi sebagai hujan. Kelembaban udara yang cukup menunjukkan dengan jelas bahwa udara banyak mengandung uap air atau udara lembab [9]. Sensor DHT11, yang mengukur suhu dan kelembaban udara, dapat digunakan untuk mengukur keduanya secara bersamaan.

Berdasarkan hukum Buys, angin merupakan salah satu komponen cuaca dan iklim. Udara bergerak dari daerah dengan tekanan udara tertinggi ke daerah dengan tekanan udara minimal; ini dikenal sebagai angin pemungutan suara. Perbedaan tekanan udara dan suhu antara kedua lokasi inilah yang menyebabkan terjadinya angin. Udara berpindah dari daerah bertekanan tinggi (maksimum) ke daerah bertekanan rendah (minimum) akibat disparitas ini. Meter per detik, atau m/s, digunakan untuk menyatakan kecepatan angin [10]. Biasanya sensor anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin secara langsung.

Penelitian sebelumnya telah mengamati sistem prediksi cuaca dengan layar LCD [11], desain pemantauan suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT11 yang digabungkan dengan Arduino Uno dan GSM908 (Awalliza dan Nugraha, 2017), dan pemantauan stasiun cuaca dengan nirkabel berbasis mikrokontroler. teknik[4].

Tujuan dari penelitian sebelumnya tentang logika fuzzy dalam sistem pendukung keputusan prakiraan cuaca adalah untuk mengembangkan perangkat lunak yang dapat memfasilitasi penerapan logika fuzzy dalam pengambilan keputusan prakiraan cuaca. Desain pemantauan cuaca yang sederhana dan efektif dapat dibuat dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang menggunakan dua jenis sensor sebagai pembaca dan tiga parameter pengukuran. Perancangan ini didasarkan pada beberapa metode yang digunakan pada penelitian sebelumnya, dan menggunakan running text P10 sebagai penampil karakter. Selain itu, peralatan dan perlengkapan yang dibutuhkan mudah didapat dan harganya terjangkau.

Untuk mengatasi permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, penulis mengusulkan pengembangan sistem pemantauan suhu dan kelembaban di laboratorium Kalibrasi Tekanan dan Volume akan dilaksanakan di BMKG dengan sistem pemantauan suhu

dan kelembaban berbasis web, yang dapat mendukung skalabilitas. Hal ini memungkinkan pemantauan suhu dan kelembaban dalam satu gedung yang memiliki beberapa laboratorium kalibrasi yang dapat dipantau dari jarak jauh. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat Sistem Informasi Pengukuran Iklim dan Kualitas Udara di Laboratorium Kalibrasi BMKG berbasis Website. Diharapkan adanya sistem pemantauan suhu dan kelembaban Berbasis website ini dapat mendukung skalabilitas sehingga pemantauan akan lebih efektif dan efisien.

2. Metode Penelitian

Perancangan dan pembuatan sistem informasi laboratorium berbasis web merupakan metode penelitian yang digunakan, yaitu penelitian pengembangan dengan menggunakan metodologi pengembangan SDLC (System Development Life Cycle) dengan model air terjun. Tahapan model air terjun dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi kebutuhan

Untuk memastikan keluaran yang akan dihasilkan sistem, masukan yang dibutuhkan, sejauh mana proses yang digunakan untuk mengubah masukan menjadi keluaran, jumlah data yang dibutuhkan sistem, dan jumlah pengguna dan kelompok pengguna, kebutuhan-kebutuhan ini harus diidentifikasi.

2. Analisis

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan analisis sistem adalah:

a. Wawancara

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dari kepala BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika) Sumatera Utara.

b. Studi Literatur

Yaitu dengan menggali informasi dari pemakai yang menggunakan sistem serupa pada tempat lain sebagai bahan perbandingan.

c. Observasi Lapangan

Yaitu melakukan pengamatan secara langsung di lapangan, meneliti serta melakukan langsung kegiatan untuk mendapatkan data yang lebih lengkap.

3. Desain

Setelah selesainya tahap analitis, pemodelan sistem akan digunakan untuk menerjemahkan persyaratan yang disarankan ke dalam sistem informasi berbasis komputer. Dalam penelitian ini digunakan data flow diagram (DFD) untuk menggambarkan model proses[12].

4. Implementasi

Tahap pemrograman dan pengujian program pada tahap implementasi telah selesai. Berdasarkan perancangan sistem akhir, sekarang sedang dilakukan pengembangan aplikasi. Bahasa pemrograman harus digunakan untuk menerjemahkan desain ke dalam format yang dapat dimengerti mesin.

5. Pengujian sistem

Untuk mengidentifikasi kesalahan atau kekurangan pada produk yang diuji, pengujian merupakan langkah penting dalam proses rekayasa perangkat lunak. Saat ini, prosedurnya melibatkan pengoperasian sistem perangkat lunak untuk melihat apakah sistem tersebut memenuhi persyaratan sistem dan beroperasi di lingkungan yang diinginkan. Penulis menggunakan pendekatan pengujian black box, yang hanya melibatkan menjalankan atau mengeksekusi unit atau modul dan kemudian mengamati apakah hasil unit tersebut sejalan dengan proses bisnis yang dimaksudkan, untuk menguji perangkat lunak aplikasi yang sedang dibangun.

Ketika tiba waktunya untuk melakukan kalibrasi, akan dihasilkan surat dalam sistem yang dibangun. Jadwal Staf laboratorium dapat melihat kalibrasi menggunakan tabel data alat. Nomor, ID, nama pegawai, nomor peralatan, nama provinsi, jenis peralatan, nama peralatan, lokasi, kondisi, tanggal pembaruan terakhir, tanggal mulai kalibrasi, dan tanggal selesai kalibrasi merupakan beberapa entri penting dalam tabel data alat[3].

Membangun database data alat dan menambahkan data kalibrasi tiga tahun terakhir sesuai dengan informasi yang diberikan BMKG. Selain itu, data dapat dimasukkan ke dalam tabel data jika kalibrasi terkini telah selesai.

3. Hasil dan Pembahasan

Desain perangkat lunak adalah salah satu faktor yang harus diperhitungkan selama fase desain sistem. Pemrograman yang digunakan untuk membuat sistem dan website berkaitan dengan desain perangkat lunak.

Pengujian Komunikasi Website dengan Sistem

Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan apakah data yang dikirim dari sistem melalui web berhasil. Gambar 1 menggambarkan rencana transfer data dari alat melalui internet



Gambar 1. Alur pengiriman data dari alat dengan web

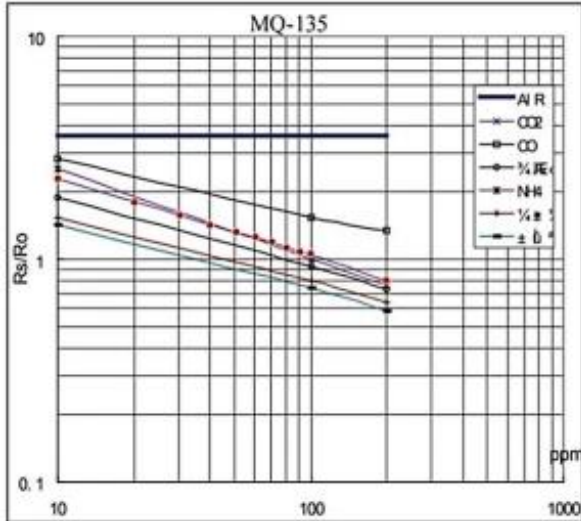
Alur pengujian transmisi data digambarkan pada Gambar 1 yang bertujuan untuk memverifikasi bahwa mikrokontroler dapat mengirimkan data yang dihasilkan oleh sensor tanpa ada kehilangan data selama menggunakan program yang telah diupload dan disimpan sepenuhnya di database MySQL. Transmisi data dilakukan melalui koneksi internet memanfaatkan Wi-Fi yang disediakan modul NodeMCU ESP8266. Untuk menguji koneksi, paket data dikirim melalui antarmuka monitor serial ke NodeMCU ESP8266, dan situs web menerima data secara real-time. Penyedia jaringan internet Indihome digunakan untuk melakukan pengujian ini. Pembacaan data sensor oleh situs web memberikan hasil yang konsisten dengan database; Gambar 2 mengilustrasikan hal ini secara efektif ditampilkan sesuai dengan layar LCD gadget. Diperlukan waktu sekitar 17 detik untuk mengirim data dari panel LCD ke internet. Gambar 2 dibawah menunjukkan proses pengujian pengiriman data sensor dari alat melalui terminal serial monitor. Gambar 2 menunjukkan bagaimana data pemantauan dari alat dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi melalui URL HTTP ke situs web. NodeMCU ESP8266 sebagai perangkat untuk menjalin koneksi internet guna mengirim data. Jaringan Wi-Fi yang akan digunakan untuk prosedur transmisi data akan ditemukan oleh NodeMCU ESP8266. Untuk mencapai hal ini, SSID (nama jaringan) dan kata sandi jaringan Wi-Fi harus sesuai dengan yang tercantum dalam sintaks Arduino IDE. Selanjutnya, data dari sensor harus disimpan dalam database MySQL. Informasi tersebut kemudian akan diunggah ke internet dan akan di-refresh setiap 17 detik.



Gambar 2. Hasil pengiriman data via serial monitor

Kalibrasi Sensor

Penting untuk melakukan uji kalibrasi dengan fluktuasi konsentrasi gas dalam satuan bagian per juta (ppm) sebelum menilai kualitas udara. Nilai yang dilaporkan pada datasheet sensor dan nilai yang diperoleh dari pembacaan sistem akan dibandingkan. Kalibrasi ini dilakukan untuk memastikan hasil pengukuran memenuhi standar yang dipersyaratkan, yaitu bagian per juta (ppm), bukan satuan pembacaan analog.



Gambar 3. Grafik karakteristik sensitivitas gas sensor MQ135

Hubungan antara ppm dan R_s/R_o digambarkan dengan titik potong x dan y yang ditemukan menggunakan grafik sensitivitas pada Gambar 3. Grafik ini selanjutnya digunakan sebagai dasar kalibrasi pada program Arduino. Konsentrasi gas yang akan diidentifikasi menentukan di mana letak titik perpotongan hubungan antara x dan y pada garis tersebut. Skala pada grafik berbentuk linier dan log-log. Data tentang konsentrasi gas berkisar antara 10 ppm hingga 200 ppm. Datasheet menunjukkan adanya gas CO₂ dengan garis dan titik biru yang terdeteksi oleh sensor gas MQ135. Konsentrasi gas menunjukkan perilaku eksponensial terhadap hambatan, dan terdapat korelasi antara rasio hambatan dan gas. Terdapat pola linier dalam konsentrasi. Untuk mengetahui nilai R_o pada udara bersih, gunakan (1) sebagai langkah awal pada proses kalibrasi sensor.

$$R_o = \frac{R_s}{\text{nilai maksimal sensitivitas udara di ruang hampa}} \quad (1)$$

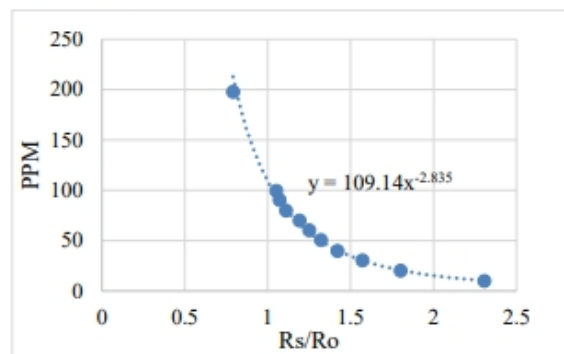
Pada saat ruangan kosong atau udara bersih maka diperlukan nilai R_s untuk menghitung nilai R_o . Hal ini dapat dicapai dengan mengubah pembacaan analog sensor, atau nilai ADC, menjadi tegangan dengan merata-ratakannya. Nilai R_o kemudian dapat ditentukan dengan menggunakan rumus R_s . Terlihat nilai R_s/R_o sensor sebesar 3,6 ppm saat dioperasikan di udara bebas. Dengan tidak adanya gas lain atau dalam ruang hampa, R_o adalah resistansi sensor pada konsentrasi yang diketahui. Sementara itu, resistansi sensor atau R_s

bervariasi menurut konsentrasi gas. Resistensi referensi dihitung untuk memberikan nilai R_s ini, dan nilai tersebut berasal dari (2) dan (3)

$$VRL = \text{analogValue} \times \left(\frac{5}{1023}\right) \quad (2)$$

$$R_s = \left(\frac{V_c \times RL}{VRL}\right) - RL \quad (3)$$

Nilai R_o yang diperoleh akan diinput ke dalam perangkat lunak dengan cara memilih nilai R_o dengan nilai tertinggi yang sering atau konsisten muncul. Untuk mendapatkan persamaan nilai ppm, data nilai intersep dimasukkan ke dalam tabel menggunakan tools Ms Excel. Data tersebut ditampilkan sebagai gambaran visual koneksi R_s/R_o dan PPM pada Gambar 11.



Gambar 4. Kurva Penurunan Konsentrasi

Menemukan nilai ppm adalah langkah selanjutnya. Nilai ppm kemudian ditentukan menggunakan informasi yang diperoleh dari titik potong grafik karakteristik sensor antara x dan y pada Gambar 10. Data titik persimpangan antara grafik x dan y properti sensor ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengukuran titik x dan y

x	y
10	2,306
20,04	1,8
30,32	1,57
39,84	1,42
50,53	1,32
60,27	1,25
70	1,19
79,88	1,11
90,36	1,07
99,56	1,05
197,86	0,79

Sebagai contoh, misal ada 20 ppm akan digunakan untuk menghitung besar nilai R_s/R_o , maka perhitungannya ialah sebagai berikut.

$$y = 109,14x^{-2,83}$$

$$20 = 109,14x^{-2,83}$$

$$x^{-2,83} = \frac{20}{109,14}$$

$$x^{-2,83} = 0,18$$

$$x = \sqrt[-2,83]{0,18}$$

$$x = 1,83$$

Setelah nilai x diperoleh maka didapatkan nilai Rs/Ro sehingga dapat digunakan untuk mencari Ro. Ganti Rs sesuai dengan persamaan

$$\frac{Rs}{Ro} = 1,83$$

$$Rs = 1,83 \times Ro$$

$$\frac{Rs}{1,83} = Ro$$

$$Ro = \frac{Rs}{1,83}$$

Untuk mencari Ro menurut datasheet nilai referensi (Rs) pada sensor MQ-135 terletak pada 30KΩ - 200KΩ, digunakan nilai 30KΩ sehingga nilai Ro yaitu.

$$Ro = \frac{Rs}{1,83}$$

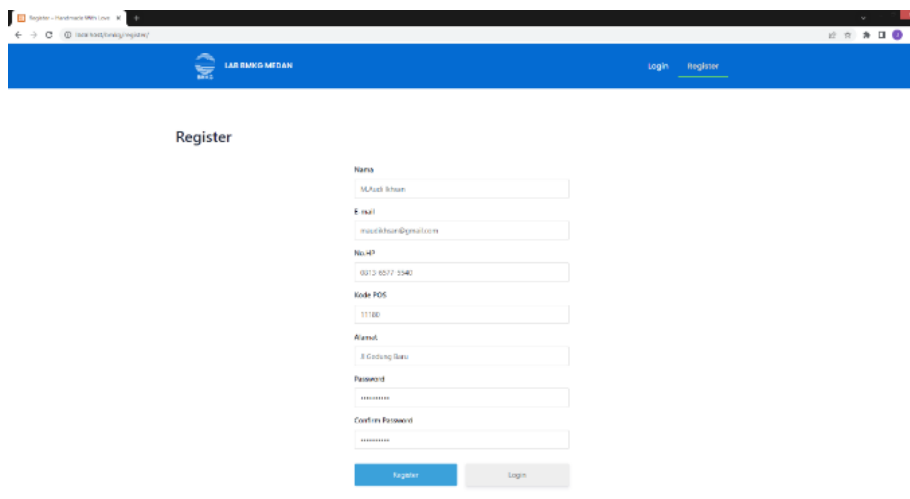
$$Ro = \frac{30000}{1,83} = 16,393\Omega$$

Sehingga untuk menghasilkan nilai ppm digunakan persamaan pada program seperti berikut.

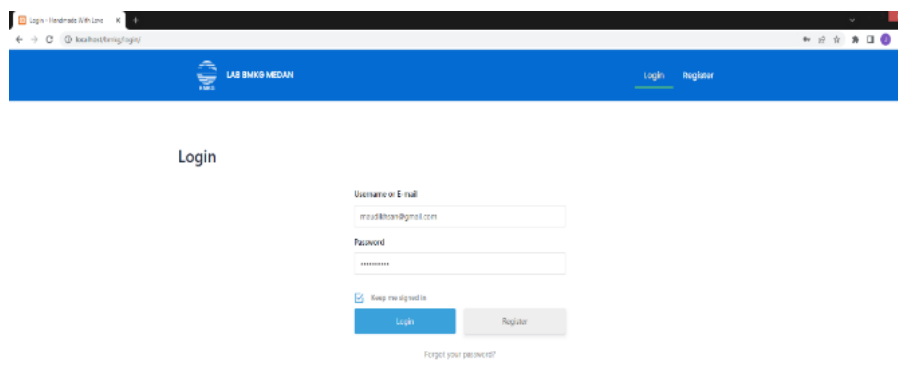
$$ppm = 109,14 * pow(Rs / Ro, -2,83);$$

Pengujian Website

Tujuan utama pengujian situs web adalah untuk mengevaluasi fungsionalitas tampilan yang langsung dilihat pengunjung ketika mereka mengunjungi situs web untuk pemantauan kualitas udara. Halaman dashboard dan halaman monitoring merupakan dua komponen pengujian ini. Pengujian dilakukan dengan memeriksa seberapa baik setiap menu pada dashboard website berfungsi serta data yang ditampilkan pada halaman monitoring online dan disimpan dalam database. Gambar 4 dan 5 menampilkan pengujian dashboard.



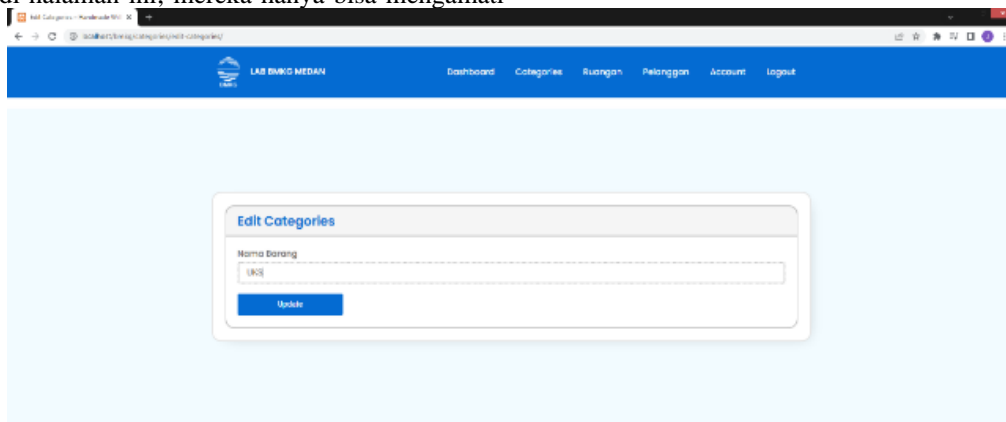
Gambar 5. Pengujian tampilan web dashboard



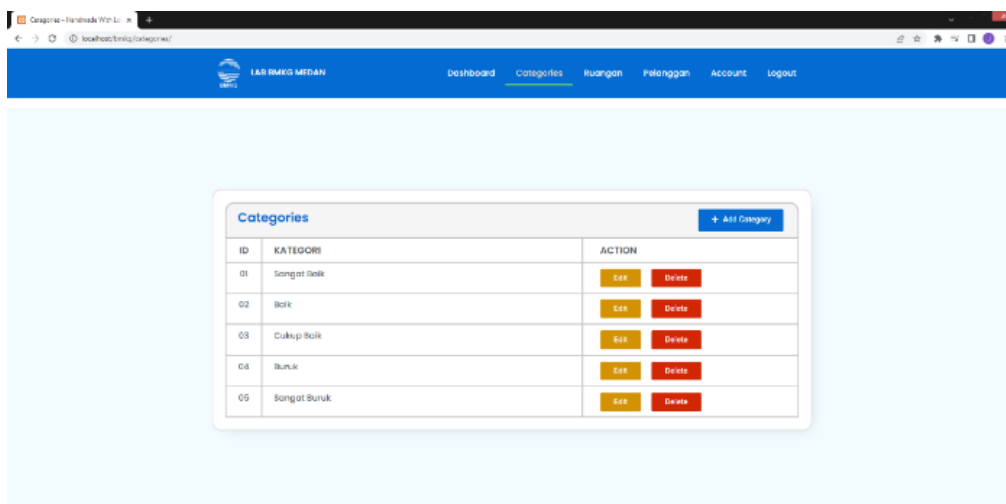
Gambar 6. Pengujian tampilan login

Selain itu, halaman pemantauan pada Gambar 6 dan 7 memungkinkan pengguna mengakses data historis serta data kualitas udara yang diperoleh dari pembacaan sensor secara real-time. Pengguna tidak dapat mengubah statistik di halaman ini; mereka hanya bisa mengamati

kualitas udara. Situs web ini menawarkan sejumlah fungsi utama, seperti tampilan pemantauan berbagai faktor termasuk kategori kualitas udara dan peringatan yang menunjukkan adanya polusi udara.



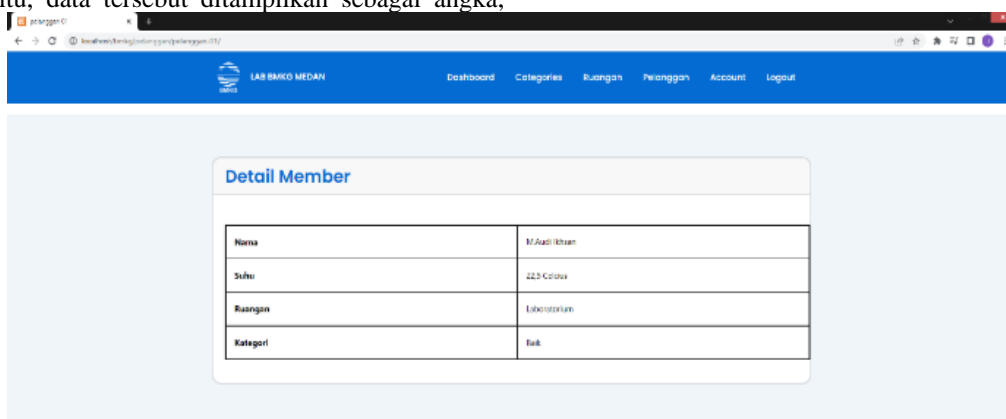
Gambar 7. Pengujian tampilan halaman kategori



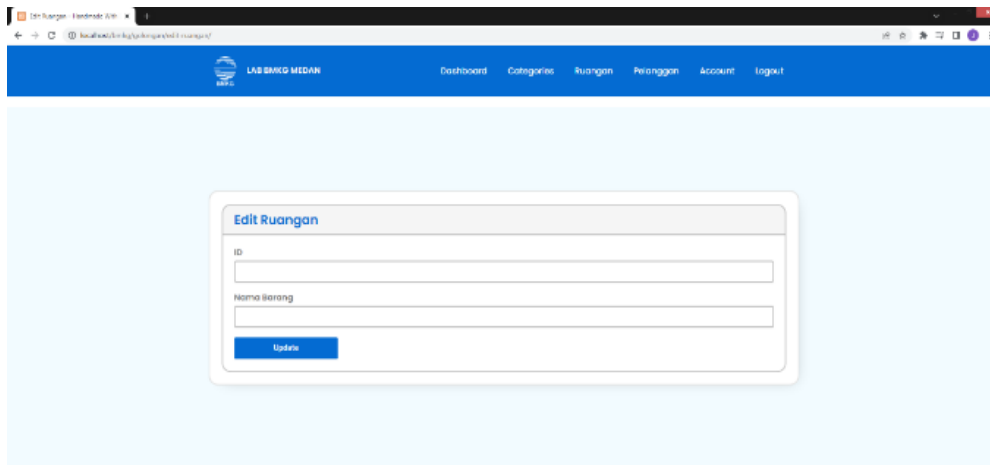
Gambar 8. Pengujian tampilan hasil kategori

Data sensor diharapkan disimpan di server dan ditampilkan di kolom. Data historis dari sensor yang diamati akan ditampilkan pada grafik di website. Informasi yang ditampilkan pada monitor serial dan halaman web sama. Sistem berhasil mengirimkan data dari sensor ke situs web, menurut temuan pengujian. Setelah itu, data tersebut ditampilkan sebagai angka,

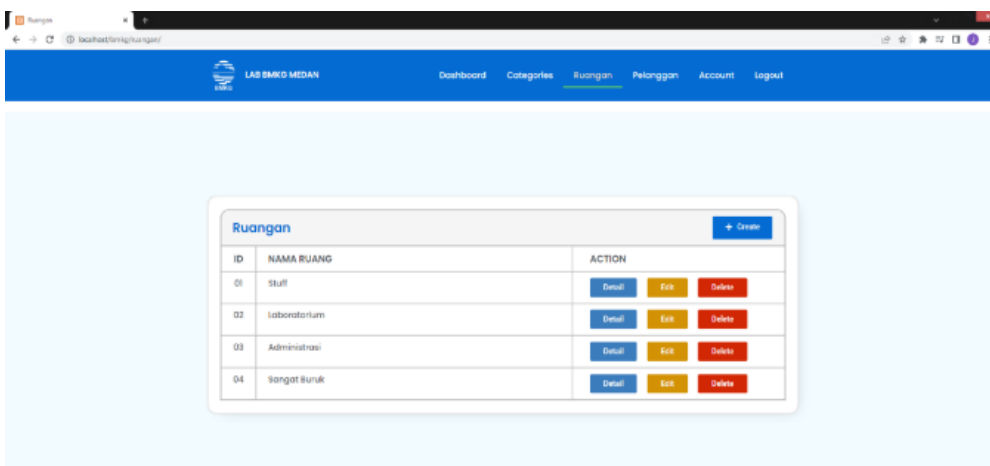
grafik, dan tabel pada halaman web. Terbukti desain website dapat berfungsi dengan baik setelah dilakukan pengujian pada front end website. Website dapat diakses dari sejumlah perangkat, memiliki kemampuan pemantauan jarak jauh, dan menampilkan data pemantauan seperti pada Gambar 8.



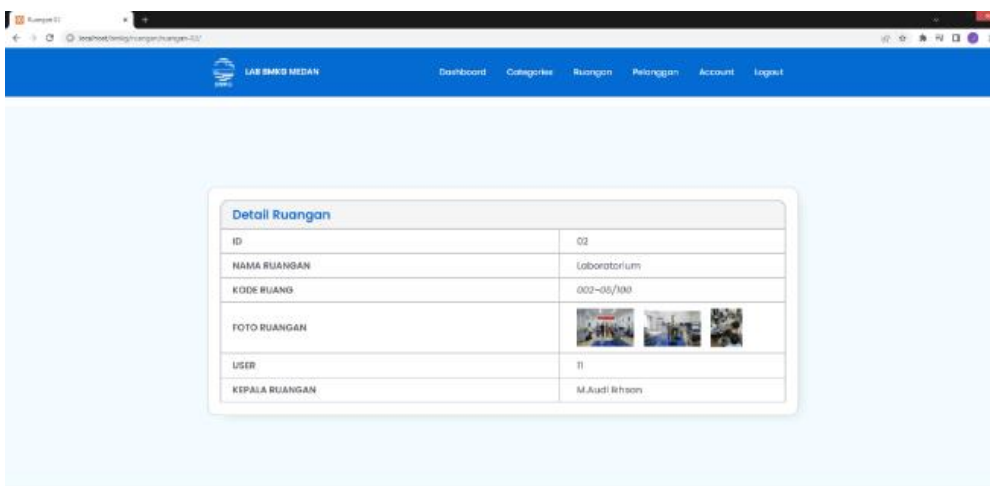
Gambar 9. Pengujian tampilan hasil member



Gambar 10. Pengujian tampilan masukkan data ruangan



Gambar 11. Pengujian hasil tampilan ruangan



Gambar 8. Tampilan data table ruangan

Selanjutnya hasil pengukuran ditampilkan pada website setelah disimpan dalam database. Pengguna dapat menyalin data secara langsung untuk pemrosesan tambahan, atau mengekspornya dalam beberapa format, termasuk CSV, PDF, dan spreadsheet (.xlsx). Halaman pemantauan sekarang berisi alat notifikasi yang dapat

digunakan untuk mengirimkan peringatan polusi udara. Pemberitahuan tersebut merupakan indikator peringatan aktif jika nilai parameter zat apa pun lebih tinggi dari batas yang ditetapkan. Pengguna dapat menggunakan pendekatan ini untuk menentukan apakah suatu tempat memiliki masalah kualitas udara.

Dapat disimpulkan bahwa sistem telah dikembangkan secara efektif dan mampu memantau kualitas udara secara jarak jauh dan real-time berdasarkan temuan penelitian yang telah dilakukan. Detail Data pemantauan kualitas udara telah berhasil ditransfer dari database ke halaman web. Sistem manajemen basis data (DBMS) yang disertakan dalam sistem ini dapat membantu polisi dalam pelaporan, pencatatan, dan pemantauan. Penyimpanan yang efektif dari semua data yang dikumpulkan dalam database memungkinkan penyelesaian inventarisasi data kualitas udara. Visualisasi dashboard dapat digunakan untuk memantau faktor-faktor yang berhubungan dengan kualitas udara dalam ruangan dan secara grafis dapat menyajikan riwayat pengumpulan data kandungan udara, yang meliputi debu, suhu, kelembapan, dan gas setiap jamnya. Situs web tersebut kini memiliki fungsi peringatan yang mengingatkan pengguna akan kemungkinan risiko penurunan kualitas udara sekitar saat sedang dipantau. Tujuan dari sistem ini adalah sebagai alat untuk meningkatkan pemantauan kualitas udara dalam ruangan dengan memahami nilai udara bersih.

Web adalah perangkat lunak yang memungkinkan pemantauan data pengukuran secara jarak jauh dan real-time. Situs web ini menyertakan sejumlah elemen bermanfaat yang membuat setiap halaman lebih mudah dinavigasi[13]. Website ini terdiri dari halaman masuk, halaman utama, halaman grafik pengukuran, dan halaman tabulasi hasil pengukuran. Ini adalah empat halaman kerja. Halaman awal dengan satu hak akses, username Sarah, dan password syafrinaidha merupakan halaman login.

Setelah administrator berhasil login, pengguna akan dibawa ke halaman utama (homepage), yaitu halaman berisi data hasil pengujian real-time yang menampilkan hasil pengukuran secara bersamaan dengan website. Selain grafik historis statis, grafik dinamis real-time juga dapat menampilkan hasil pembacaan suhu dan kelembapan. Data hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik real-time yang bergerak sesuai dengan masukan data dari alat ukur dan memerlukan waktu tunda sebesar waktu yang dibutuhkan alat ukur untuk mengkomunikasikan data hasil pengukuran. Grafik ini tidak bergerak karena menyajikan data yang, berbeda dengan grafik historis, menampilkan data pengukuran berdasarkan waktu tertentu yang disimpan dalam penyimpanan. Halaman grafik ini memiliki bentuk dimana Anda dapat memasukkan kata kunci waktu berdasarkan hari, bulan, tahun, jam, dan menit untuk mendapatkan hasil pengukuran yang sesuai.

Hasil pengukuran ditampilkan tidak hanya secara grafis tetapi juga dalam bentuk tabel dengan fungsi pencarian berdasarkan kata kunci terkait hasil pengukuran. Kata kunci tidak hanya dipilih berdasarkan waktu, tetapi juga berdasarkan nilai pengukurannya. Kemampuan setiap halaman web untuk bekerja sesuai dengan tujuan yang dimaksudkan dapat digunakan untuk memverifikasi kemampuan perangkat lunak web. Setiap lembar kerja

yang dibuat pada website ini menampilkan setiap perubahan pengukuran dari waktu ke waktu dan berfungsi sebagaimana mestinya. Dengan kata lain, pemantauan data pengukuran suhu dan kelembapan secara real-time berbasis web telah terlaksana, terbukti dengan tidak adanya jeda waktu pada halaman beranda dan prototipe LCD yang menampilkan data pengukuran.

Suasana belajar yang nyaman merupakan suatu keharusan bagi mereka yang menggunakan ruang laboratorium pendidikan. Menurut Riyani, lingkungan merupakan komponen luar yang mempengaruhi keberhasilan akademik siswa. Lingkungan kelas yang ramah dan tenteram dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konten yang dibahas[14]. Tingkat kenyamanan lingkungan belajar dipengaruhi oleh iklim dalam ruang. Variabel yang mempengaruhi iklim di ruang angkasa antara lain: Lima faktor pertama meliputi suhu udara; kelembapan; kecepatan angin; suhu radiasi; dan terakhir, PPD dan PMV (PMV merupakan indeks yang pada skala +3 mewakili rasa dingin dan hangat yang dirasakan manusia) tingkat suhu dan kelembapan mempengaruhi tingkat kenyamanan termal pengguna yang berkisar pada -3. Menurut Grandjean[15], panas yang berlebihan dapat menyebabkan serangan panas, sedangkan suhu dingin yang berlebihan dapat menyebabkan radang dingin. Mikroorganisme di lingkungan sekitar akan lebih mudah berkembang pada lingkungan dengan kelembapan udara yang tinggi, namun kelembapan udara yang rendah dapat mengiritasi saluran pernafasan. Kisaran suhu 18°C hingga 28°C dan kelembapan udara 40%RH hingga 60%RH diperlukan agar udara ruangan dapat diterima, sesuai Baku Mutu berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1405 /Menkes/SK/XI/ 2002.

Tersedia akses online untuk penelitian tambahan yang dilakukan oleh Sulistyio [16] yang telah digunakan di laboratorium Departemen Teknik Elektro. SIONLAP V2 adalah nama perangkat sistem aplikasi. Terakhir, menurut penelitian Rochmad Fauzi, perangkat sistem aplikasi yang ditempatkan dalam satu ruangan Laboratorium Sistem Kontrol dapat memantau perubahan suhu dan kelembapan melalui penggunaan sensor internet of things (DHT 11) dan perangkat NodeMCU ESP8266. Namun, terdapat batasan penggunaan ketika perangkat sistem aplikasi dipasang di satu ruangan. Oleh karena itu, peneliti ingin meningkatkan penggunaannya dengan memasangnya di banyak ruangan dan menyertakan alat pemantauan kualitas udara yang terintegrasi.

4. Kesimpulan

Meskipun sebagian besar aktivitas manusia dilakukan di dalam ruangan, kualitas udara dalam ruangan seringkali diabaikan. Menjaga kualitas udara dalam ruangan sangatlah penting karena dapat mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan penghuni di sekitarnya.

Dalam situasi tertentu, manusia tidak mampu mengenali kondisi udara yang berpotensi membahayakan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa sebagian besar polutan gas tersebut sulit dideteksi manusia melalui aroma. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat mengawasi kualitas udara pada ruangan-ruangan tersebut. Saat ini, petugas kesehatan lingkungan masih sering melakukan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan secara manual. Mereka menggunakan alat pengukuran dan melakukan penilaian di lokasi. Tujuan dari proyek ini adalah untuk menciptakan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan yang dapat digunakan untuk memberikan informasi akurat yang dimanfaatkan dari jarak jauh. Sistem ini dapat menawarkan peringatan dini kualitas udara yang buruk, antarmuka penyedia informasi melalui web, dan sistem manajemen basis data sebagai pengumpul data. Data kualitas udara yang diturunkan dari sensor dapat disimpan dalam database dan ditampilkan secara real time. Performa sistem ditentukan melalui pengujian dengan ukuran sampel berbeda ketika konsentrasi gas berada dalam jangkauan deteksi sensor.

SUMBER RUJUKAN

Referensi

- [1] S. I. Jumaila dan S. Maulida, "Pemantauan Suhu dan Kelembaban di Laboratorium Kalibrasi Tekanan dan Volume Berbasis Web Secara Real Time," *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 9, no. 1, hlm. 9, Mei 2018, doi: 10.5614/joki.2017.9.1.2.
- [2] M. P. Awalliza dan B. Nugraha, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU PADA STASIUN TRANSMISI METRO TV JAKARTA DENGAN WEB BERBASIS ARDUINO UNO DAN SIM908," vol. 8, no. 3, 2017.
- [3] B. A. Sakti dan S. Prasetya, "Analisis Pemilihan Sensor dan Ketelitian pada Rancang Bangun Weather Station Sebagai Monitoring System Cuaca Area Politeknik Negeri Jakarta," 2022.
- [4] E. S. Puspita dan L. Yulianti, "PERANCANGAN SISTEM PERAMALAN CUACA BERBASIS LOGIKA FUZZY," *J. n.a Infotama*, vol. 12, no. 1, Feb 2016, doi: 10.37676/jmi.v12i1.267.
- [5] L. Ristiari dan I. K. A. Mogi, "WEBSITE SISTEM INFORMASI KALIBRASI BALAI BESAR METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH III".
- [6] S. Anwar, "Peramalan Suhu Udara Jangka Pendek di Kota Banda Aceh dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)," *MJMST*, vol. 5, no. 1, hlm. 6, Apr 2017, doi: 10.29103/mjmst.v5i1.10882.
- [7] S. S. Siregar, "Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation untuk Prediksi Cuaca Harian di Wilayah Banjarbaru".
- [8] A. Fadholi, "STUDY PENGARUH SUHU DAN TEKANAN UDARA TERHADAP OPERASI PENERBANGAN DI BANDARA H.A.S. HANANJOEDDIN BULUH TUMBANG BELITUNG PERIODE 1980-2010," *J. Penelit. Fis. Apl.*, vol. 3, no. 1, hlm. 1, Jun 2013, doi: 10.26740/jpfa.v3n1.p1-10.
- [9] Y. S. Swarinoto dan S. Sugiyono, "PEMANFAATAN SUHU UDARA DAN KELEMBAPAN UDARA DALAM PERSAMAAN REGRESI UNTUK SIMULASI PREDIKSI TOTAL HUJAN BULANAN DI BANDAR LAMPUNG," *JMG*, vol. 12, no. 3, Des 2011, doi: 10.31172/jmg.v12i3.109.
- [10] R. Samsinar, R. Septian, dan F. Fadliandi, "Alat Monitoring Suhu Kelembapan dan Kecepatan Angin dengan Akuisisi Database Berbasis Raspberry Pi," *RESISTOR*, vol. 3, no. 1, hlm. 29, Mei 2020, doi: 10.24853/resistor.3.1.29-36.
- [11] Y. P. Putra, "Rancang Bangun Papan Informasi Cuaca Berbasis Arduino Dan Visual Basic Menggunakan Teknik Simplex," 2020.
- [12] D. S. E. Estu, Meta Yantidewi, M. Biyadhie Adikuasa, Bim Maulana Rusdi, dan Muhimmatul Khoiro, "Alat Monitoring Ketinggian Air Laut Berbasis IOT dengan Nodemcu ESP32 DAN HC-SR04: IOT-Based Sea Water Level Monitoring Tool with Nodemcu ESP32 and HC-SR04," *J Kol Sai*, vol. 6, no. 7, hlm. 586–597, Jul 2023, doi: 10.56338/jks.v6i7.3782.
- [13] M. Awaluddin, S. Syahrir, dan A. Zarkasi, "Rancang Bangun Prototipe Monitoring Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis Internet Of Things (IOT) Pada Laboratorium Kalibrasi Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang Samarinda," *PPJ*, vol. 3, no. 1, hlm. 132, Jun 2022, doi: 10.30872/ppj.v3i1.910.
- [14] R. Fauzi, "PENGEMBANGAN PERANGKAT SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA LABORATORIUM BERBASIS HYBRID WIRELESS SENSOR NETWORK SIONLAP".
- [15] E. Grandjean, "Fitting the Task to the Man", 4th Edition. London: Taylor & Francis, 1993.
- [16] Sulisty, "PENGUNAAN STIMULATOR PLUS PADA PROSES FERMENTASI JERAMI PADI DALAM PRAKTIKUM TEKNOLOGI PENGOLAHAN PAKAN," Jul 2019, doi: 10.5281/ZENODO.3270926.