

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN PADA LEMARI MIKROSKOP BERBASIS MIKROKONTROLER

Asdar^{1*}, Desak Ketut Sutari¹ dan Ridia Utami Kasih¹

¹D-III Teknologi Elektro-Medik, Universitas Mandala Waluya

Jl. Sungai wangu II Kota Kendari, Indonesia

Corresponding author: Author (e-mail: @gmail.com)

ABSTRAK

Suhu dan kelembapan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kondisi dan umur pakai mikroskop. Penyimpanan mikroskop dalam suhu yang tidak stabil, terutama di atas atau di bawah rentang optimal 15–25°C, dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mekanik dan optik. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pemuaian pada bagian mekanik, sementara suhu yang terlalu rendah berisiko menyebabkan kondensasi yang dapat merusak lensa dan bagian elektronik. Selain itu, kelembapan yang tinggi, khususnya di atas 60%, berpotensi memicu pertumbuhan jamur pada lensa dan bagian logam, yang dapat mengganggu fungsi mikroskop serta mengurangi kualitas hasil pengamatan. Modul ini menggunakan Sensor DHT22 untuk memantau serta mengendalikan suhu dan kelembapan dalam lemari mikroskop. Sensor DHT22 mendeteksi suhu dan kelembapan, lalu mengirimkan data ke mikrokontroler ATmega328 untuk dianalisis. Jika suhu rendah, relay mengaktifkan lampu pijar sebagai pemanas. Jika suhu atau kelembapan tinggi, relay menyalakan kipas untuk mendinginkan dan mengurangi kelembapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembapan pada box mikroskop dengan tingkat akurasi yang memadai. Berdasarkan analisis, rata-rata selisih pengukuran suhu terhadap alat pembanding hanya sekitar 1°C dengan error 3,4%, sedangkan rata-rata selisih kelembapan sebesar 4,6% dengan error 5,41%. Nilai tersebut tergolong kecil, sehingga alat dapat dikatakan efektif dalam memberikan perlindungan terhadap mikroskop dari risiko kerusakan akibat perubahan lingkungan. Sebagai saran pengembangan, penelitian berikutnya dapat menambahkan keypad digital sebagai kunci pintu untuk meningkatkan keamanan serta menggunakan akrilik bening pada pintu box agar kondisi mikroskop dapat terlihat jelas tanpa membuka pintu. Dengan penambahan fitur tersebut, alat tidak hanya berfungsi sebagai pengendali suhu dan kelembapan, tetapi juga lebih aman dan praktis untuk digunakan di lingkungan laboratorium

Sejarah Artikel:

Diterima: 25 Maret 2026

Direvisi: 25 Agustus 2026

Diterima untuk
dipublikasikan: 28
September 2026

Kata Kunci:

PM10, Suhu, Kelembaban,
Sensor GP2Y1010AU0F,
Sensor DHT22,
Mikrokontroler Atmega
328, Pertambangan.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Stabilitas kondisi lingkungan merupakan faktor utama yang memengaruhi performa perangkat laboratorium, termasuk mikroskop. Perubahan suhu dan kelembapan yang signifikan dapat menyebabkan kerusakan fisik pada perangkat, seperti kondensasi pada lensa mikroskop, keretakan komponen optik, hingga korosi pada bagian elektronik. Hal ini tidak hanya menurunkan efisiensi dan umur perangkat, tetapi juga mengancam keakuratan hasil pengamatan. Dalam dunia penelitian dan pendidikan, keakuratan tersebut merupakan elemen krusial untuk menghasilkan data yang valid [1]. Permasalahan ini semakin relevan dengan kondisi geografis Indonesia yang memiliki tingkat kelembapan tinggi sepanjang tahun, terutama di wilayah tropis. Rata-rata kelembapan udara di beberapa wilayah Indonesia mencapai lebih dari 70%. Tingkat kelembapan yang tinggi ini berisiko memicu pertumbuhan jamur pada lensa mikroskop dan mempercepat kerusakan mekanisme internal alat. Selain itu, suhu ruang yang tidak terkendali sering kali menjadi penyebab utama distorsi hasil pengamatan pada perangkat optik [2].

Suhu dan kelembapan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kondisi dan umur pakai mikroskop [3]. Penyimpanan mikroskop dalam suhu yang tidak stabil, terutama di atas atau di bawah rentang optimal 15–25°C, dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mekanik dan optik. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pemuaian pada bagian mekanik, sementara suhu yang terlalu rendah berisiko menyebabkan kondensasi yang dapat merusak lensa dan bagian elektronik. Selain itu, kelembapan yang tinggi, khususnya di atas 60%, berpotensi memicu pertumbuhan jamur pada lensa dan bagian logam, yang dapat mengganggu fungsi mikroskop serta mengurangi kualitas hasil pengamatan [4].

Untuk menjaga stabilitas suhu dan kelembapan dalam lemari penyimpanan, diperlukan sistem pengendalian lingkungan yang efektif. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah penggunaan *blower* untuk meningkatkan sirkulasi udara di dalam lemari penyimpanan. *Blower* berfungsi untuk mengurangi risiko kondensasi akibat perbedaan suhu antara lingkungan luar dan dalam lemari, serta membantu mendistribusikan kelembapan secara merata, sehingga mengurangi potensi pertumbuhan jamur pada lensa dan komponen logam. Penggunaan *blower* dapat meningkatkan efektivitas dalam mengontrol kelembapan, terutama di daerah dengan tingkat kelembapan tinggi. Selain itu, *blower* dapat mencegah udara lembap terperangkap di dalam lemari penyimpanan, yang sering menjadi penyebab utama munculnya jamur dan korosi pada mikroskop [5].

Saat ini, sebagian besar laboratorium di Indonesia, terutama di sektor pendidikan menengah dan perguruan tinggi, belum dilengkapi dengan fasilitas pengendalian lingkungan yang memadai [6]. Kendala utama adalah tingginya biaya instalasi sistem kendali suhu dan kelembapan yang konvensional, seperti penggunaan ruangan dengan kontrol AC terpusat atau alat pengatur kelembapan komersial. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan solusi teknologi yang lebih efisien dan ekonomis [7].

Salah satu teknologi yang dapat diimplementasikan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah sistem kendali berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler memungkinkan pengendalian otomatis melalui integrasi sensor suhu dan kelembapan dengan aktuator yang relevan, seperti kipas pendingin, pemanas, dan pelembab udara. Menurut penelitian [8], teknologi berbasis mikrokontroler menawarkan fleksibilitas dan keakuratan tinggi dalam mengatur kondisi lingkungan secara real-time. Sistem ini juga memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui koneksi internet, sehingga meningkatkan efisiensi operasional perangkat laboratorium [9].

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan implementasi teknologi mikrokontroler dalam mengontrol sistem elektronika. Misalnya penelitian tentang pengontrolan timer lampu UV dan sistem keamanan pintu pada lemari sterilisasi (Sutiari, 2023). Penelitian [10], menggunakan mikrokontroler sebagai pengontrol sistem kerja alat yang bersifat otomatisasi. Studi yang dilakukan oleh Santoso dan Putra, 2020, berhasil mengembangkan sistem pengendalian suhu pada ruang inkubasi dengan akurasi mencapai $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Demikian pula, penelitian yang dilakukan oleh [11] menunjukkan efektivitas pengendalian kelembapan menggunakan sensor DHT22 untuk aplikasi pada ruang penyimpanan perangkat optik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [12] menggunakan

mikrokontroler untuk mengembangkan alat kesehatan pengukur kadar hemoglobin, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [13], menggunakan mikrokontroller untuk membuat suatu alat kesehatan yaitu alat kesehatan indeks massa tubuh. Namun, penerapan sistem serupa untuk box mikroskop masih jarang dilakukan, meskipun potensinya sangat besar.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini akan merancang dan membangun alat pengendali suhu dan kelembaban pada box mikroskop berbasis mikrokontroler. Sistem ini dirancang untuk menjaga kondisi lingkungan yang optimal di dalam box mikroskop, sehingga meningkatkan keakuratan hasil pengamatan serta memperpanjang masa pakai perangkat. Alat ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis dan ekonomis bagi laboratorium di berbagai tingkat, baik pendidikan, penelitian, maupun diagnostik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen modifikasi alat yang menggunakan beberapa tahapan dalam pembuatan alat mulai dari menyiapkan alat dan bahan, perancangan blok diagram dan pembuatan skematik rangkaian. Setelah alat selesai dirangkai selanjutnya dilakukan uji coba.

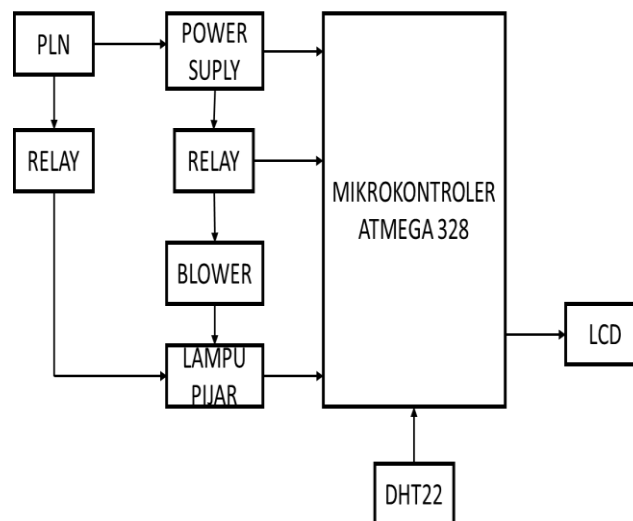
2.1. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mikrokontroler ATmega328 sebagai pusat kendali sistem, sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, serta regulator 7805 dan *power supply* untuk menyediakan dan menstabilkan tegangan. LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran, sedangkan modul *relay* berfungsi mengontrol lampu pijar sebagai pemanas dan *blower* sebagai pendingin serta pengurang kelembaban. Saklar *ON/OFF* digunakan untuk menghidupkan dan mematikan alat.

Seluruh komponen dirangkai sesuai skematik, kemudian dipasang dalam box mikroskop berukuran $30 \times 25 \times 45$ cm. Mikrokontroler diprogram menggunakan Arduino IDE agar sistem dapat bekerja secara otomatis dalam mengendalikan suhu dan kelembaban.

2.2. Blok Diagram

Gambar 1 merupakan blok diagram dari alat memantau suhu dan kelembaban pada box mikroskop.



Gambar 1 Blok Diagram

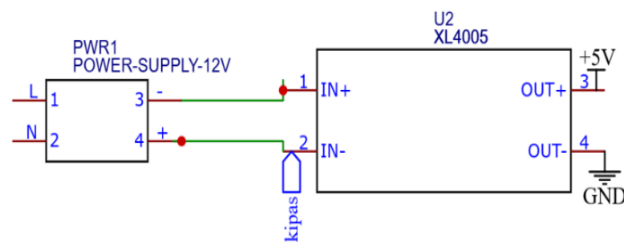
2.3. Skematik Rangkaian

Skematik rangkaian ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara komponen serta cara kerja alat pada yang dirancang. Dari skematik ini, dapat diketahui susunan rangkaian dan fungsi masing-

masing komponen dalam mendukung kinerja alat memantau suhu dan kelembaban pada box mikroskop. Secara keseluruhan, rangkaian alat ini terdiri dari beberapa bagian utama.

a. Rangkaian Power Supply

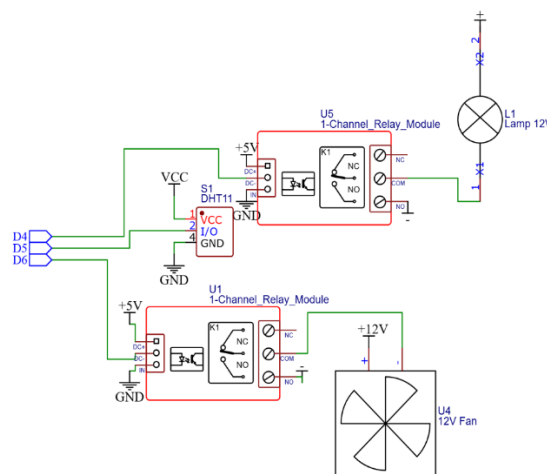
Rangkaian *power supply* pada Gambar 2 yaitu Power supply pada alat ini berfungsi mengubah tegangan AC 220 V dari PLN menjadi DC 5 V dan 12V untuk kebutuhan mikrokontroler dan komponen lainnya. Tegangan diturunkan menggunakan trafo step down, disearahkan oleh dioda bridge, dan distabilkan dengan kapasitor filter. Regulator 7805 menghasilkan 5 V untuk mikrokontroler dan sensor, sedangkan regulator 7812 menyediakan 12 V untuk kipas dan lampu pemanas, sehingga sistem bekerja dengan tegangan yang stabil dan aman.



Gambar 2 Rangkaian Power Supply

b. Rangkaian Sensor dan modul relay

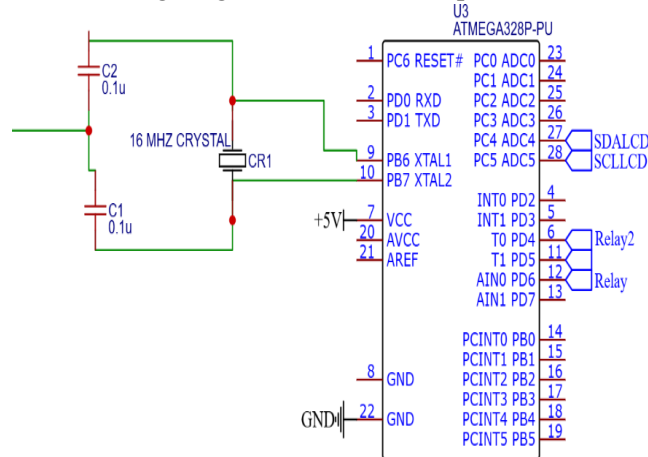
Rangkaian sensor dan modul relay pada Gambar ke 3 yang rangkaian sensor dan modul relay berfungsi untuk memantau dan mengendalikan suhu serta kelembaban dalam lemari mikroskop. Sensor DHT22 mengirimkan data ke mikrokontroler ATmega328 untuk diproses. Relay akan mengaktifkan lampu pijar saat suhu rendah dan menyalakan kipas saat suhu atau kelembaban tinggi, sehingga kondisi dalam lemari tetap stabil dan aman bagi mikroskop.



Gambar 3 Rangkaian Sensor dan Modul Relay

c. Rangkaian Sistem minimum

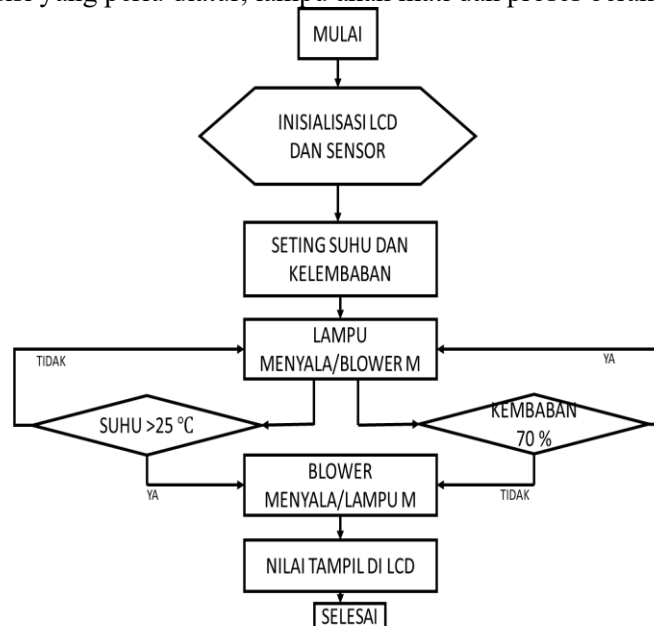
Rangkaian sistem minimum pada Gambar 4 menggunakan rangkaian sistem minimum berfungsi sebagai pusat kendali alat menggunakan mikrokontroler ATmega328 yang didukung catu daya 5V, crystal oscillator 16 MHz, resistor, dan kapasitor. Mikrokontroler mengolah data dari sensor DHT22 dan mengontrol relay untuk mengaktifkan kipas atau lampu pijar sesuai kondisi suhu dan kelembaban. Informasi ditampilkan pada LCD 16x2, sehingga alat dapat bekerja otomatis dan efisien dalam menjaga kestabilan lingkungan lemari mikroskop.



Gambar 4 Rangkaian sistem minimum

2.4. Diagram Alir Kerja Alat

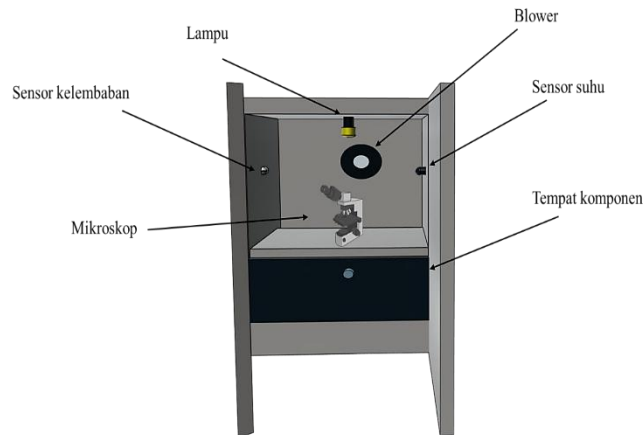
Berdasarkan diagram alir kerja alat, proses dimulai dengan inisialisasi sensor dan LCD. Setelah itu, alat mengatur suhu dan kelembaban sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Jika alat mendeteksi bahwa suhu kurang dari 15°C, lebih dari 25°C, atau kelembaban lebih dari 70%, maka lampu dan blower akan menyala untuk menyesuaikan kondisi lingkungan. Setelah kondisi sesuai atau pengukuran selesai, LCD akan menampilkan data yang diperoleh. Jika alat dalam keadaan tidak aktif atau tidak mendeteksi kondisi yang perlu diatur, lampu akan mati dan proses berakhir.



Gambar 5 Diagram Alir Kerja Alat

2.5. Desain Mekanik

Desain mekanik pada alat bantu robotik ini dirancang untuk mendukung fungsi pergerakan jari secara terkontrol serta menyesuaikan dengan sistem aktuator dan komponen yang digunakan. Perancangan mekanik yakni bentuk, susunan, dan keterkaitan antar bagian mekanik agar alat dapat bekerja sesuai dengan tujuan rehabilitasi. Desain mekanik dari alat yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9 berikut, yang menunjukkan tampilan serta struktur mekanik alat.



Gambar 6 Desain Konsol Alat

2.6. Standar Operasional Prosedur (SOP)

Standar Operasional Prosedur (SOP) digunakan sebagai panduan dalam pengoperasian alat memantau suhu dan kelembaban pada box mikroskop agar dapat digunakan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Langkah-langkah pengoperasian alat dijelaskan sebagai berikut:

- Sambungkan alat ke sumber listrik, dan pastikan komponen terhubung.
- Hidupkan alat dengan menekan tombol ON, LCD menampilkan "Sistem Siap".
- Pemantauan Sensor DHT22 membaca suhu & kelembaban, hasil tampil di LCD.
- Lampu menyala jika suhu rendah, kipas menyala jika suhu tinggi atau kelembaban berlebih, mati jika normal.
- Monitoring Sistem terus membaca & menyesuaikan otomatis.
- Matikan alat dengan menekan tombol OFF, LCD mati, dan cabut listrik jika tidak digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang dan dibuat sebuah box mikroskop berbasis sensor DHT22 yang difungsikan sebagai tempat penyimpanan mikroskop sekaligus sebagai sistem pemantau kondisi lingkungan di dalamnya. Perancangan alat ini bertujuan untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban agar mikroskop tetap berada pada kondisi optimal, sehingga dapat mencegah kerusakan seperti timbulnya jamur pada lensa, korosi pada komponen logam, serta gangguan pada sistem optik dan mekanik. Dengan adanya sistem pemantauan ini, penyimpanan mikroskop menjadi lebih aman dan terkontrol dibandingkan dengan penyimpanan konvensional.

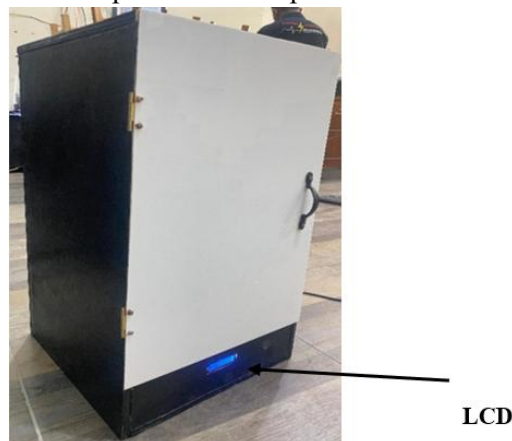
Secara spesifikasi, alat ini diberi nama box mikroskop berbasis sensor DHT22, yang menekankan pada penggunaan sensor suhu dan kelembaban sebagai komponen utama dalam sistem pemantauan. Fungsi utama alat ini adalah untuk memantau suhu dan kelembaban di dalam box secara real-time. Sensor DHT22 akan mendeteksi kondisi lingkungan di dalam box, kemudian data tersebut diproses oleh

sistem mikrokontroler dan ditampilkan melalui layar LCD sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi suhu dan kelembaban secara langsung. Dengan sistem ini, pengguna dapat memastikan bahwa kondisi penyimpanan selalu berada dalam rentang yang aman untuk mikroskop.

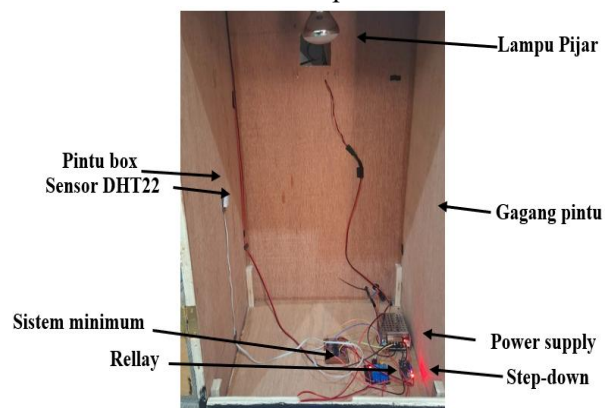
Dari segi catu daya, alat ini menggunakan tegangan sumber sebesar 12 V DC sebagai suplai utama untuk mengoperasikan seluruh rangkaian elektronik yang ada di dalam sistem. Tegangan tersebut kemudian didistribusikan ke masing-masing komponen sesuai dengan kebutuhan kerjanya. Penggunaan sumber tegangan 12 V DC dipilih karena stabil dan umum digunakan pada sistem elektronika berbasis mikrokontroler.

Secara fisik, box mikroskop ini memiliki ukuran panjang 30 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 45 cm. Dimensi tersebut dirancang agar cukup untuk menempatkan satu unit mikroskop beserta komponen pendukung sistem seperti sensor, blower, lampu pemanas, dan rangkaian kontrol. Ukuran ini juga mempertimbangkan efisiensi ruang serta kemudahan dalam penempatan alat di laboratorium. Dengan spesifikasi tersebut, alat yang dirancang tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan, tetapi juga sebagai sistem pengendali lingkungan yang mendukung keawetan dan kinerja mikroskop secara optimal.

Rancang bangun alat alat memantau suhu dan kelembaban pada box mikroskop. Dapat dilihat tampak luar alat pada gambar 7 dan tampak dalam alat pada Gambar 8.



Gambar 7 Tampak luar alat



Gambar 8 Tampak dalam alat

Setelah modul selesai dibuat, dilakukan pengujian untuk mengetahui kinerja dan tingkat akurasi alat. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor suhu dan kelembaban dengan thermohigrometer sebagai alat standar. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan ketepatan hasil

pengukuran serta mengevaluasi apakah setiap komponen pada rangkaian modul telah bekerja sesuai dengan fungsi yang direncanakan. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Data Pengukuran suhu

No.	Suhu alat (°C)	Suhu standar (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1.	26	27	1	3,70
2.	27	28	1	3,57
3.	28	29	1	3,44
4.	29	30	1	3,33
5.	30	31	1	3,22

Tabel 2. Data pengukuran kelembaban

No.	Kelembaban alat (%)	Kelembaban standar (%)	Selisih (%)	Error (%)
1.	87	84	3	3,57
2.	90	86	4	4,65
3.	91	92	1	1,08
4.	74	84	10	11,80
5.	80	85	5	5,88

3.2. Pembahasan

Penelitian ini merancang dan membangun alat pengendali suhu dan kelembaban pada box mikroskop menggunakan komponen yang mudah diperoleh dan berbiaya terjangkau. Komponen utama yang digunakan meliputi sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban, mikrokontroler ATmega328 sebagai pusat kendali dan pemroses data, relay sebagai saklar otomatis, blower untuk mengurangi suhu dan kelembaban, lampu pijar sebagai pemanas, modul step-down untuk menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V, power supply sebagai sumber tegangan, LCD untuk menampilkan hasil pengukuran, serta PCB dan saklar ON/OFF sebagai pendukung sistem. Seluruh rangkaian ditempatkan dalam box berukuran 30 cm × 25 cm × 45 cm. Sistem minimum mikrokontroler dilengkapi crystal oscillator dan kapasitor untuk menjaga kestabilan kerja dan tegangan sistem.

Setelah perakitan selesai, dilakukan proses kalibrasi untuk mengetahui tingkat akurasi alat dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 terhadap thermohigrometer sebagai alat standar. Pada pengujian suhu dengan setingan 26°C hingga 30°C, diperoleh selisih pengukuran sekitar 1°C. Nilai error tercatat sebesar 3,70°C; 3,57°C; 3,44°C; 3,33°C; dan 3,22°C, dengan rata-rata selisih 5,41°C. Hasil menunjukkan suhu yang ditampilkan pada box mikroskop cenderung lebih tinggi dibandingkan alat standar.

Pada pengujian kelembaban, nilai yang ditampilkan alat berkisar 74%–91%, sedangkan thermohigrometer menunjukkan 84%–92%. Selisih pengukuran berkisar antara 1% hingga 10% dengan rata-rata selisih 4,6% dan rata-rata error 5,41%. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa alat memiliki tingkat akurasi yang cukup baik meskipun masih terdapat perbedaan kecil dibandingkan alat pembanding.

Sensor DHT22 bekerja berdasarkan prinsip sensor kapasitif dalam mendeteksi kelembaban. Sensor ini menggunakan bahan higroskopis yang menyerap uap air, sehingga perubahan kelembaban akan mengubah nilai kapasitansi. Perubahan tersebut dikonversi menjadi sinyal frekuensi, lalu diolah oleh

mikrokontroler internal sensor menjadi data digital suhu dan kelembaban yang kemudian dikirim ke mikrokontroler utama seperti ATmega328

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan, pengujian serta pengambilan data maka, pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang dan dibuat alat pemantau suhu dan kelembapan pada box mikroskop dengan memanfaatkan sensor DHT22 sebagai komponen utama pendeteksi kondisi lingkungan. Sensor ini dipasang di dalam ruang box untuk mengukur suhu dan kelembaban secara langsung, sehingga kondisi penyimpanan mikroskop dapat terpantau dengan baik.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data, sensor DHT22 menunjukkan kinerja yang cukup akurat dan efektif. Perbandingan dengan alat pembanding (thermohigrometer) menunjukkan selisih pengukuran yang relatif kecil. Nilai rata-rata efektivitas pengukuran diperoleh sebesar 4,6°C untuk suhu dan 5,41% untuk kelembaban. Hasil ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu bekerja dengan tingkat ketelitian yang baik dan layak digunakan sebagai sistem pemantau pada box mikroskop.

Selain menggunakan sensor DHT22, alat ini juga dilengkapi dengan lampu sebagai pemanas dan blower sebagai sirkulasi udara untuk menurunkan suhu serta mengurangi kelembaban berlebih.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa dukungan dari Laboratorium Workshop Prodi D-III Teknologi Elektro-Medis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Mandala Waluya. Ucapan terima kasih atas segala fasilitas dan sumber daya yang telah disediakan. Penulis juga menyampaikan apresiasi yang tulus kepada semua individu yang telah berpartisipasi dan berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian dan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Purnomo and A. Setiawan, "Pengaruh Faktor Suhu dan Kelembaban pada Lingkungan Kerja terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Mikroba," vol. 9, pp. 45–54, 2023.
- [2] A. Steva, "Low-cost Microscope for Live Cells Sample Detection," no. 20524108, 2024.
- [3] R. G. Simanjuntak and N. Farida, "POPULATION RESPONSES OF *Sitophilus oryzae* TO TEMPERATURE," vol. 13, no. 3, pp. 150–158, 2025, doi: 10.21776/ub.jurnalhpt.2025.013.3.3.
- [4] D. Pembinaan, S. Menengah, D. Jenderal, P. Menengah, K. Pendidikan, and D. A. N. Kebudayaan, "Panduan Teknis Perawatan Peralatan Laboratorium Biologi," 2011.
- [5] S. P. Ramadhani, *Pengelolaan Laboratorium*.
- [6] K. A. Mahendra, "Evaluasi Implementasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Laboratorium Jalan Raya Universitas Lampung," vol. 4, no. 5, pp. 1440–1453, 2025, doi: 10.55123/insologi.v4i5.6596.
- [7] M. A. Syaputra, B. Sutomo, U. Saprudin, and M. A. Putra, "Energy Efficiency and Time Management through IoT-Based Automated Electrical Control System and Digital Prayer Schedule Integration," vol. 9, no. 1, 2025.

-
- [8] M. F. Umar, “PENGEMBANGAN SISTEM OTOMASI PETERNAKAN AYAM BERBASIS IOT”.
 - [9] E. Jurnal and N. D. Setiawan, “Rancang Bangun Sistem Real-Time Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan ESP32,” vol. 18, no. 1, pp. 447–453, 2025.
 - [10] D. K. Sutiari, “Desain Alat Sterilisasi Dengan Sinar Uvc Di Massa Pandemi Covid-19,” *Sebatik*, vol. 27, no. 2, pp. 553–559, 2023, doi: 10.46984/sebatik.v27i2.2353.
 - [11] M. Fathurrahman, A. Wagyana, T. Elektro, and P. N. Jakarta, “Evaluasi Akurasi Sensor Suhu-Kelembapan untuk Monitoring Vertical Garden Abstrak,” vol. 4, no. 1, pp. 1186–1194.
 - [12] D. ketut Sutiari, “Desain Alat Pengukur Kadar Hemoglobin Noninvasive.” [Online]. Available: <https://epublikasi.digitallinnovation.com/index.php/sempatin/article/view/121>.
 - [13] D. K. S. Muhammad Sainal Abidin, Ridia Utami Kasih, “Desain Sistem Analisa Indeks Massa Tubuh, Kadar Lemak, Dan Kebutuhan Kalori Gizi Dengan Output Thermal Printer.” [Online]. Available: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=QXzke-wAAAAJ&citation_for_view=QXzke-wAAAAJ:8k81kl-MbHgC