Jurnal Teknik Indonesia

Volume 5 Nomor 3 Agustus 2026

https://jti.publicascientificsolution.com/index.php/rp

Sistem Iot Ruang Server dengan Visualisasi Tren Data untuk Pemeliharaan Preventif

Muhammad Ammar Zaky Nasrullah*, Ipin Prasojo, Hery Siswanto

Universitas Muhammadiyah PKU, Indonesia

Email: 01202207009@students.itspku.ac.id*, ipinprasojo@umpku.ac.id, herysiswanto@umpku.ac.id

Keywords:

IoT system; Server Room; Data Trend Visualization; Preventive Maintenance; aaPanel; Nuxt.js.

Abstract

The management of information technology infrastructure in the university environment often faces real challenges in detecting disturbances in the physical condition of the environment and analyzing the influence of daily traffic dynamics on the increase in the temperature of the server machine early. This research aims to design and implement a hybrid server room monitoring system called ServMon to support preventive maintenance activities. The design of this research applies the experimental method of Research and Development (R&D) with a Prototyping model approach. The methodology used combines environmental parameters from physical sensors with real-time extraction of server internal activity logs. In the hardware design, the control center is positioned on the ESP32 microcontroller which binds the DHT22 sensor as well as the ZMPT101B voltage sensor. In the software region, the backend Express.js is used to pull the security logs of the aaPanel panel to calculate the active visitor metrics simultaneously. All of the multivariable information is stored in the MySQL database and presented through an interactive data trend visualization graph based on the Nuxt.js framework on the frontend side. The main results of the calibration showed an average error rate of 7.54% for temperature, 1.20% for humidity, and 3.94% at AC voltage testing. Functionality testing using the Black Box Testing method through Katalon Studio recorded an absolute 100% success without any system functional errors. Meanwhile, the early warning system feature via the Telegram Bot API successfully sends emergency notifications during critical conditions with an average latency of 12.75 seconds. The results of the User Acceptance Testing show a feasibility percentage of 87.5% in the very feasible category. In conclusion, through the integration of this hybrid technology, the ServMon system has proven to be very reliable and responsive in supporting remote preventive maintenance actions proactively and efficiently.

Kata Kunci:

Sistem IoT; Ruang Server; Visualisasi Tren Data; Pemeliharaan Preventif; aaPanel; Nuxt.js

Abstrak

Pengelolaan infrastruktur teknologi informasi di lingkungan perguruan tinggi sering menghadapi tantangan nyata dalam mendeteksi gangguan kondisi fisik lingkungan serta menganalisis pengaruh dinamika trafik harian terhadap peningkatan suhu panas mesin peladen secara dini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring ruang server hibrida bernama ServMon untuk mendukung aktivitas pemeliharaan preventif. Desain penelitian ini menerapkan metode eksperimental Research and Development (R&D) dengan pendekatan model Prototyping. Metodologi yang digunakan memadukan parameter lingkungan dari sensor fisik dengan ekstraksi log aktivitas internal peladen secara waktu nyata. Pada perancangan perangkat keras, pusat kendali diposisikan pada mikrokontroler ESP32 yang mengikat sensor DHT22 serta sensor tegangan ZMPT101B. Di wilayah perangkat lunak, backend Express.js difungsikan untuk menarik log keamanan panel aaPanel guna

menghitung metrik pengunjung aktif secara simultan. Seluruh informasi multivariabel tersebut disimpan ke database MySQL dan disajikan lewat grafik visualisasi tren data interaktif berbasis framework Nuxt.js pada sisi frontend. Hasil utama kalibrasi menunjukkan tingkat galat rata-rata sebesar 7,54% untuk suhu, 1,20% untuk kelembapan, dan 3,94% pada pengujian tegangan AC. Pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black Box Testing melalui Katalon Studio mencatat keberhasilan mutlak 100% tanpa adanya galat fungsional sistem. Sementara itu, fitur early warning system via Telegram Bot API sukses mengirimkan notifikasi darurat saat kondisi kritis dengan latensi waktu rata-rata 12,75 detik. Hasil User Acceptance Testing menunjukkan persentase kelayakan sebesar 87,5% dalam kategori sangat layak. Kesimpulannya, melalui integrasi teknologi hibrida ini, sistem ServMon terbukti sangat andal dan responsif dalam menunjang aksi pemeliharaan pencegahan jarak jauh secara proaktif serta efisien.

Pendahuluan

Layanan data yang andal dan bekerja tanpa henti sudah menjadi standar wajib bagi operasional institusi pendidikan tinggi saat ini. Kondisi ini dirasakan langsung pada ruang server Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta (UMPKU). Ruangan ini menjadi tumpuan utama karena menyimpan seluruh aset informasi penting, mulai dari data akademik mahasiswa hingga sistem administrasi harian kampus. Kendala utamanya terletak pada karakteristik perangkat server yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan dengan skala kecil di sekitarnya. Riset terdahulu oleh Maulana dkk. (2023) menegaskan bahwa kestabilan parameter suhu dan kelembapan sangat memengaruhi performa perangkat peladen makro di ruang kontrol. Perubahan suhu dan kelembapan sedikit saja bisa berakibat fatal bagi kelangsungan sistem. Lonjakan suhu udara yang tidak terkendali akan memicu panas berlebih (overheating) yang merusak komponen sirkuit internal, sebagaimana dimitigasi oleh Rifqi dkk. (2025) melalui batasan ambang waktu nyata. Begitu juga dengan kelembapan udara yang tidak ideal, kondisi terlalu lembap mempercepat korosi pada material elektronik, sedangkan udara yang terlalu kering memicu akumulasi listrik statis yang rawan memicu arus pendek.

Pemeliharaan ruang server yang berjalan di lapangan saat ini umumnya masih memakai pola lama yang pasif dan reaktif. Menurut penelitian Kusuma dan Waluyo (2025), penanganan kendala lingkungan sering terlambat karena pengelola baru bergerak melakukan perbaikan setelah ada komponen server yang tumbang atau sistem mengalami gangguan operasional. Padahal, jika ingin membangun skema pemeliharaan pencegahan (preventif) yang matang, indikator suhu fisik ruangan saja tidak bisa menjadi satu-satunya acuan. Ada dinamika internal dari dalam mesin server yang kerap terabaikan. Berdasarkan dokumentasi aaPanel (n.d.), gejala naik turunnya panas di dalam ruang server sebenarnya memiliki keterikatan linier dengan volume lalu lintas jaringan serta beban komputasi perangkat lunak. Arsitektur pengawasan yang optimal harus bisa menyatukan indikator fisik lingkungan dengan standar aktivitas digital secara bersamaan melalui platform dasbor modern seperti Nuxt.js (2025).

Dari urgensi tersebut, proyek riset ini membangun sebuah Sistem IoT Ruang Server Dengan Visualisasi Tren Data Untuk Pemeliharaan Preventif menggunakan arsitektur kombinasi. Area perangkat keras (hardware) dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 DevKit V1 yang dipadukan dengan sensor DHT22 untuk menangkap dinamika suhu dan kelembapan udara ruangan. Untuk memperluas cakupan proteksi daya, sensor ZMPT101B ditanamkan pada sirkuit utama guna memantau stabilitas tegangan listrik AC yang keluar dari unit Uninterruptible Power Supply (UPS). Sisi kebaruan dari sistem ini terletak pada pemanfaatan arsitektur Fullstack JavaScript. Peladen backend Express.js diprogram agar tidak hanya menampung data sensor fisik luar, melainkan juga mengekstrak metrik keamanan serta log jumlah pengguna aktif secara waktu nyata langsung dari dalam kontrol panel aaPanel server (aaPanel, n.d.).

Kumpulan data multivariabel yang rumit tersebut kemudian diolah agar mudah dipahami oleh staf pengelola jaringan komputer kampus. Sisi antarmuka pengguna (frontend) memanfaatkan framework Nuxt.js (2025) untuk menyajikan visualisasi data dalam bentuk grafik tren interaktif yang responsif. Sebagai instrumen proteksi tambahan, logika program ditanami fitur peringatan dini (early warning system). Ketika ada parameter fisik yang melewati ambang batas aman misalnya suhu ruangan menembus angka kritis 28°C atau tegangan UPS mendadak drop, backend server secara otomatis memicu perintah webhook. Perintah ini akan mengirimkan notifikasi darurat secara instan ke ponsel tim IT melalui API Bot Telegram sebagaimana diimplementasikan oleh Baco dkk. (2025). Melalui integrasi teknologi terpadu ini, riset difokuskan pada implementasi nyata di lapangan untuk mempermudah staf jaringan dalam mendeteksi dan mencegah potensi kerusakan perangkat peladen dari jarak jauh.

Penelitian mengenai sistem pemantauan ruang server berbasis IoT dan arsitektur mikrokontroler telah menjadi fokus yang berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Maulana dkk. (2023) melakukan riset tentang rancang bangun pengawasan suhu dan kelembapan ruang server pada ITTelkom Surabaya dengan penekanan pada stabilitas akuisisi data lingkungan. Studi serupa dikembangkan oleh Rifqi dkk. (2025) yang mengimplementasikan sistem early warning berbasis seluler dengan ambang batas adaptif secara real-time. Meskipun efektif dalam menyajikan data terkini, kedua penelitian tersebut masih membatasi parameternya pada aspek lingkungan makro di luar peladen dan belum menyentuh korelasi beban kerja digital internal server.

Dari aspek pilihan sensor, Kusuma dan Waluyo (2025) menegaskan keandalan mikrokontroler ESP32 yang dikombinasikan dengan sensor DHT22 dalam mentransmisikan data lingkungan secara stabil lewat jaringan nirkabel. Penggunaan sensor sejenis juga dipadukan dengan sistem perlindungan kelistrikan oleh Prima Satya dkk. (2025) menggunakan transformator tegangan berpresisi tinggi ZMPT101B untuk memitigasi fluktuasi daya pada beban elektronik AC. Sementara itu, eksplorasi fitur notifikasi darurat proaktif dikaji oleh Baco dkk. (2025) menggunakan Telegram Bot API sebagai media transmisi alert instan yang memiliki reliabilitas tinggi untuk penanganan jarak jauh. Pengendalian suhu IoT pada lingkungan objek kritis lainnya juga dikembangkan oleh Rahman Hakim (2024) dengan penekanan pada kestabilan pembacaan data berkala.

Berbeda dengan penelitian-penelitian terdahulu yang umumnya mengandalkan platform cloud pihak ketiga siap pakai atau aplikasi native yang kaku, penelitian ServMon ini menawarkan integrasi hibrida yang utuh. Pemantauan tidak hanya mengisolasi parameter fisik luar (suhu, kelembapan, dan tegangan UPS), tetapi secara orisinal menggabungkannya dengan metrik trafik pengunjung concurrent hasil ekstraksi asinkron log keamanan aaPanel (n.d.). Seluruh data tersebut disatukan lewat backend Express.js dan divisualisasikan menggunakan framework Nuxt.js (2025) dalam bentuk grafik tren terpadu guna mendukung analisis prediktif pemeliharaan preventif.

Dari urgensi tersebut, proyek riset ini membangun sebuah Sistem IoT Ruang Server Dengan Visualisasi Tren Data Untuk Pemeliharaan Preventif menggunakan arsitektur kombinasi. Area perangkat keras (hardware) dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 DevKit V1 yang dipadukan dengan sensor DHT22 untuk menangkap dinamika suhu dan kelembapan udara ruangan. Untuk memperluas cakupan proteksi daya, sensor ZMPT101B ditanamkan pada sirkuit utama guna memantau stabilitas tegangan listrik AC yang keluar dari unit Uninterruptible Power Supply (UPS). Sisi kebaruan dari sistem ini terletak pada pemanfaatan arsitektur Fullstack JavaScript. Peladen backend Express.js diprogram agar tidak hanya menampung data sensor fisik luar, melainkan juga mengekstrak metrik keamanan serta log jumlah pengguna aktif secara waktu nyata langsung dari dalam kontrol panel aaPanel server (aaPanel, n.d.). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berhenti pada pengumpulan data

fisik, tetapi juga melakukan analisis korelasi antara beban kerja digital dan kondisi termal ruangan (Badriah et al. 2026; Kenizy et al. 2025; Nurhaida 2025; Qomariyah et al. 2025; Romadhon et al. 2026).

Kumpulan data multivariabel yang rumit tersebut kemudian diolah agar mudah dipahami oleh staf pengelola jaringan komputer kampus. Sisi antarmuka pengguna (frontend) memanfaatkan framework Nuxt.js (2025) untuk menyajikan visualisasi data dalam bentuk grafik tren interaktif yang responsif. Perintah ini akan mengirimkan notifikasi darurat secara instan ke ponsel tim IT melalui API Bot Telegram sebagaimana diimplementasikan oleh Baco dkk. (2025). Tujuan akhirnya adalah untuk menciptakan lingkungan server yang lebih stabil dan handal, yang pada gilirannya akan menjamin ketersediaan layanan akademik dan administrasi kampus.

Metode Penelitian

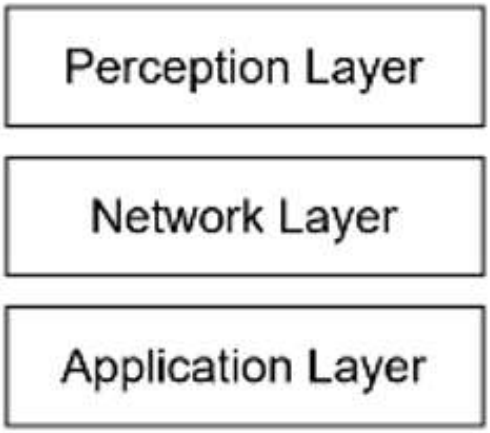
Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Research and Development (R&D) karena berorientasi pada penciptaan produk teknologi yang fungsional, selaras dengan metodologi dari Rahayu (2025). alam mengeksekusi pembuatan perangkat keras maupun perangkat lunaknya, model Prototyping dari Priyono dkk. (2025) dipilih sebagai acuan kerja di lapangan. Sifat model ini yang fleksibel dan adaptif sangat membantu tim peneliti saat melakukan kalibrasi ulang atau perbaikan kode program ketika ditemukan kesalahan. Siklus evaluasi yang berulang ini menjadi krusial untuk memastikan keakuratan data sensor fisik selaras dengan respons visual pada dasbor web sebelum diimplementasikan secara penuh di Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta. Garis waktu pengerjaan seluruh tahapan riset ini dijabarkan secara sistematis pada Tabel 1.

Tabel 1 Jadwal Kegiatan Penelitian Eksperimental

No	Kegiatan Penelitian	Feb	Mar	April	Mei	Juni
1	Pengumpulan Data (Studi literatur & Observasi lapangan)					
2	Analisis & Perancangan (Analisis kebutuhan, Desain *Hardware* & UI *Dashboard*)					
3	Implementasi Sistem (Perakitan *IoT* ESP32 & *Coding* Nuxt.js)					
4	Pengujian Sistem (Kalibrasi Sensor, Uji Notifikasi, & Evaluasi)					
5	Penyusunan Laporan (Analisis Hasil & Penulisan Skripsi)					

Detail Arsitektur Sistem

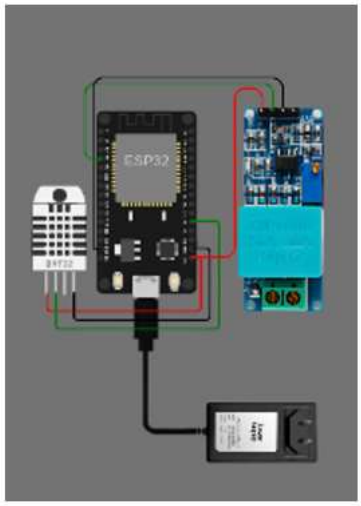
Konstruksi sistem pemantauan dirancang secara campuran untuk memisahkan alur pemrosesan data lingkungan fisik dengan pemantauan aktivitas digital. Pemisahan area kerja ini sengaja diterapkan untuk mempermudah isolasi masalah apabila salah satu subsistem mengalami kendala operasional. Konsep tiga lapisan utama pada teknologi ini mengacu pada standar umum arsitektur pengolahan data terdistribusi digital. Penjelasan alur lapisannya digambarkan melalui skema Gambar 1.



Gambar 1 Tiga Lapisan Utama Struktur Arsitektur IoT Hibrida ServMon

Komponen Perangkat Keras dan Akuisisi Data

Mikrokontroler ESP32 DevKit V1 memegang kendali penuh sebagai otak pemrosesan di sektor perangkat keras. Modul Wi-Fi yang sudah tertanam di dalamnya dimanfaatkan secara optimal untuk mengirimkan data tanpa kabel. Untuk menjaring indikator udara di dalam ruangan, sensor DHT22 dipasang demi mendapatkan angka suhu dan kelembapan secara berkala (Kusuma & Waluyo, 2025). Mekanismenya memanfaatkan sensor tegangan ZMPT101B yang dipasang langsung pada jalur keluaran UPS (Prima Satya et al., 2025). Interkoneksi pemasangan kabel antarkomponen elektronik ini disimulasikan menggunakan simulator Wokwi (2026), dengan detail pinout yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema Pemasangan Kabel (Wiring Diagram) Blok Node Sensor IoT

Arsitektur Perangkat Lunak dan Integrasi aaPanel

Pondasi utama di sektor perangkat lunak dibangun di atas arsitektur Fullstack JavaScript. Bagian backend mengandalkan lingkungan runtime Node.js yang dikombinasikan dengan framework Express.js dan arsitektur REST API terenkripsi JWT milik Pattinama dkk. (2023). Selain menerima pasokan data dari sensor luar, program di dalamnya juga mengekstrak berkas log keamanan (security log) dari panel kontrol aaPanel server secara asinkron (aaPanel, n.d.). Langkah ekstraksi log ini bertujuan untuk menghitung volume trafik jaringan serta memantau jumlah pengunjung yang sedang aktif mengakses sistem. Seluruh data dari sensor fisik maupun log perangkat lunak tersebut disimpan ke dalam database relasional MySQL mengacu pada struktur Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Kolom Tabel monitoring_data pada Database MySQL

No	Nama Field	Tipe Data	Keterangan
1	id	bigint	Primary key, identitas unik setiap data monitoring.
2	temperature	float	Menyimpan nilai suhu ruangan dalam satuan derajat Celsius (°C).
3	humidity	float	Menyimpan nilai kelembapan udara dalam persen (%).
4	active_traffic	decimal(8,2)	Menyimpan nilai trafik jaringan aktif yang sedang berjalan.
5	voltage	float	Menyimpan nilai tegangan listrik AC yang terdeteksi pada UPS/server.
6	created_at	datetime	Menyimpan waktu saat data monitoring dicatat secara otomatis.

Metode Validasi dan Pengujian Alat

Proses validasi prototipe dilakukan lewat serangkaian pengujian objektif yang terukur. Langkah awal menyasar keandalan sensor fisik melalui kalibrasi perbandingan langsung (Direct Comparison) dengan alat ukur standar industri mengacu pada pendekatan Broto (2024). Untuk menghitung nilai tingkat kesalahan pembacaan sensor perangkat keras, digunakan rumus persentase kesalahan (error margin) standar sebagai berikut:

$$Error = \frac{\text{[Nilai Sistem-Nilai Alat Ukur Standar]}}{\text{Nilai Alat Ukur Standar}} \times 100\%$$

Beralih ke bagian aplikasi web, pengujian fungsionalitas fitur-fiturnya diperiksa secara komprehensif menggunakan metode Black Box Testing yang diotomatisasi lewat bantuan perangkat lunak Katalon Studio (2026). Kelayakan antarmuka diuji melalui User Acceptance Testing (UAT) menggunakan kuesioner skala Likert kepada 8 responden berdasarkan standardisasi Nuralifah dkk. (2025). Kecepatan respon sistem peringatan darurat dihitung menggunakan pengujian latensi (Latency Test) guna mengetahui seberapa cepat notifikasi Telegram terkirim sejak anomali pertama kali aktif terdeteksi oleh backend server (Baco et al., 2025).

Hasil dan Pembahasan

Bagian ini memaparkan wujud nyata dari implementasi Sistem IOT Ruang Server Dengan Visualisasi Tren Data Untuk Pemeliharaan Preventif yang telah diuji coba langsung pada ruang server Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta (UMPKU). Fokus bahasan kali ini dititikberatkan pada hasil kalibrasi keakuratan perangkat keras, pengujian fungsionalitas sistem menggunakan metode Black Box, serta analisis performa kecepatan pengiriman notifikasi darurat.

Hasil Pengujian Akurasi Sensor (Kalibrasi)

Validasi data lingkungan menjadi pondasi paling krusial sebelum sistem menyajikan visualisasi tren (Broto, 2024). Kalibrasi sensor DHT22 dilakukan lewat metode perbandingan langsung dengan termometer serta higrometer standar industri yang ditempatkan berdampingan di dalam rak server (Broto, 2024). Proses pencatatan data dilakukan secara berkala selama 60 menit untuk melihat konsistensi performa sensor, seperti yang dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pencatatan Kalibrasi Fisik Suhu dan Kelembapan Sensor DHT22

Sesuaikan format tabel dengan templat jurnal !	Suhu (°C)			Kelembapan (%)		
	Monitor	Termometer	Selisih	Monitor	Termometer	Selisih
14.30.00	27.5	25.6	1.9	74.8	76	1.7
14.35.00	27.6	25.4	2.2	71.0	73	2.0
14.40.00	26.8	24.9	1.9	69.7	70	0.3
14.45.00	26.4	24.6	1.8	69.2	69	0.2
14.50.00	26.1	24.4	1.7	68.8	68	0.8

14.55.00	26.0	24.3	1.7	68.5	68	0.5
15.00.00	25.9	24.2	1.7	68.4	68	0.4
15.05.00	25.9	24.1	1.8	67.7	67	0.7
15.10.00	25.8	24.0	1.8	67.6	67	0.6
15.15.00	25.7	24.0	1.7	67.5	66	1.5
15.20.00	26.0	24.0	2.0	66.3	66	0.3
15.25.00	25.8	23.9	1.9	66.4	66	0.4
15.30.00	25.6	23.9	1.8	66.3	65	1.3
Rata – rata	26.22	24.40	1.84	68.59	68.38	0.82

Berdasarkan data pada Tabel 3, selisih rata-rata pembacaan suhu adalah 1,84°C dengan nilai margin eror sebesar 7,54%. Sementara untuk parameter kelembapan udara relatif, selisih rata-ratanya hanya 0,82% dengan tingkat kesalahan sebesar 1,20%. Tingkat akurasi pada sistem ServMon ini dinilai sangat aman karena berada di bawah ambang batas toleransi kesalahan industri, yaitu maksimal 10% (Broto, 2024). Selain parameter udara, pengujian sensor tegangan ZMPT101B juga dijalankan untuk memastikan ketepatan pemantauan daya listrik AC pada jalur UPS server (Prima Satya et al., 2025). Hasil pengujian daya ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Uji Kalibrasi Batas Tegangan AC pada Perangkat Sensor ZMPT101B

Waktu	Nilai Tegangan		Selisih Tegangan (V)
	Multimeter (V)	Sensor ZMPT101B (V)	
16.20.00	211	211.8	0.8
16.25.00	211	207.5	3.5
16.30.00	212	199.5	12.5
16.35.00	211	199.0	12.0
16.40.00	209	220.1	11.1
16.45.00	208	216.4	8.4
16.50.00	208	218.2	10.2
16.55.00	208	196.5	11.5
17.00.00	208	203.1	4.9
17.05.00	208	212.8	4.8
17.10.00	209	203.0	6.0
17.15.00	209	224.8	15.8
17.20.00	209	205.1	3.9
Rata – rata	209.31	209.06	8.24

Perhitungan dari Tabel 4 menunjukkan nilai rata-rata selisih tegangan sebesar 8,24 Volt. Jika dikonversi menggunakan rumus persentase kesalahan, diperoleh nilai eror sebesar 3,94%. Pengujian kelistrikan ini menegaskan bahwa sirkuit perangkat keras IoT yang dibangun sudah siap mengirimkan data tegangan secara valid ke dalam database backend, sejalan dengan pengawasan fluktuasi sistem oleh Noviyanto dkk. (2025).

Pengujian Fungsional dan Latensi Notifikasi

Untuk menguji seluruh fitur pada sistem aplikasi web ServMon tanpa melihat struktur kode internalnya, kami menggunakan metode Black Box Testing. Skenario pengujian ini dieksekusi secara otomatis dengan bantuan perangkat lunak Katalon Studio (2026). Rangkuman hasil pengujian fungsional ini tertera pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Rekap Skenario Uji Fungsional Aplikasi ServMon dengan Katalon Studio

No	Skenario Pengujian	Langkah Pengujian (*Test Steps*)	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual (*Output*)	Kesimpulan
1	Dasbor Utama (*Dashboard UI*)	Membuka tautan utama web *ServMon* dan memverifikasi	Grafik multivariabel serta kartu status parameter (Suhu,	Objek title_server, card_suhu, card_tegangan, dan chart_monitoring sukses terdeteksi di layar.	PASSED

		komponen data visual.	Kelembapan, Tegangan UPS, Visitor) termuat utuh.		
2	Autentikasi Pengguna (*Login Form*)	Mengakses alamat /login, mengosongkan teks awal, lalu memasukkan kredensial akun staf IT UMPKU.	Kolom isian dapat menerima teks masukan dan memproses tombol validasi masuk peladen secara responsif.	Input username ("staff") dan password ("staffumpku") berhasil diketik, form masuk tervalidasi lancar.	PASSED
3	Manajemen Batas Aman (*Thresholds*)	Mengubah konfigurasi angka batas suhu maksimum ke 28°C dan kelembapan ke 70% di menu *Settings*.	Nilai konfigurasi ambang batas terbaru berhasil tersimpan secara permanen ke dalam basis data MySQL.	Isian angka berhasil diperbarui melalui eksekusi klik pada objek tombol SAVE THRESHOLDS.	PASSED
4	Manajemen Kontak (*Notification ID*)	Memasukkan *Chat ID* Telegram (966720787), menguji hapus pendaftaran, lalu melakukan pemulihan (*restore*).	Tabel basis data tujuan pengiriman pesan *Early Warning System* terupdate secara dinamis dari antarmuka web.	Fungsi klik Hapus subscriber dan pengujian koneksi simpan ulang (*restore*) sukses dijalankan.	PASSED
5	Ekspor Berkas Historis (*Export Data*)	Melakukan gulir halaman (*scroll*) ke posisi koordinat bawah lalu mengeklik tombol unduhan rekap data mingguan.	Sistem *backend* Express.js berhasil melakukan kueri data kompilasi berkas untuk diunduh klien.	Aksi objek click_download_rekap sukses merespon instruksi unduhan file rekapitulasi tanpa *error*.	PASSED
6	Keamanan Sesi Pengguna (*Logout*)	Mengeklik tombol Logout dari halaman pengaturan, lalu mencoba menembak langsung URL /settings.	Sesi akun dihancurkan, pengguna dialihkan ke halaman login, dan hak akses menuju menu internal ditolak.	Pengguna sukses diarahkan kembali ke halaman utama /login; hak akses masuk ke /settings terblokir penuh.	PASSED

Merujuk pada Tabel 5, seluruh fungsi utama perangkat lunak mendapatkan status Passed alias sukses 100%. Integrasi komponen visualisasi tren data pada bagian frontend terbukti mampu menampilkan grafik pergerakan suhu, kelembapan, beban trafik aaPanel, dan status UPS secara real-time tanpa mengalami kendala render halaman (Nuxt.js, 2025; Katalon Studio, 2026).

Pengujian Latensi Notifikasi Darurat (Early Warning System)

Skenario pengujian berikutnya menyasar fitur sistem peringatan dini melalui Telegram Bot API (Baco et al., 2025). Pengujian dilakukan dengan memberikan paparan panas buatan di dekat sensor DHT22 hingga suhunya melompat melebihi ambang batas kritis yang telah ditentukan, yaitu 28°C. Kecepatan pengiriman pesan peringatan ke ponsel tim IT diukur menggunakan parameter waktu tunggu (latensi), sebagaimana dijabarkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Pengujian Jeda Waktu Tanggap Notifikasi Darurat Bot Telegram

Percobaan ke-	Ambang Batas Suhu Kritis (°C)	Waktu Respon Notifikasi (*Latency*)	Status Notifikasi
1	28.0	10.66 detik	Berhasil
2	28.0	08.54 detik	Berhasil

3	28.0	12.59 detik	Berhasil
4	28.0	12.78 detik	Berhasil
5	28.0	19.19 detik	Berhasil
Rata – rata	28.0	12.75 detik	100% Sukses

Hasil uji coba sebanyak lima kali pengulangan acak pada Tabel 6 menghasilkan nilai rata-rata latensi pengiriman pesan sebesar 12,75 detik. Jeda waktu pengiriman notifikasi ini dinilai sangat responsif untuk ukuran jaringan lokal kampus, sehingga tim IT bisa segera mengambil tindakan darurat sebelum kerusakan fisik akibat panas berlebih meluas (Baco et al., 2025).

Analisis Grafik Tren Data Untuk Pemeliharaan Preventif

Kunci utama dari keberhasilan sistem IoT hibrida ini terlihat jelas saat grafik tren multivariabel pada dasbor Nuxt.js dianalisis secara mendalam (Nuxt.js, 2025). Berdasarkan rekaman visualisasi data saat jam sibuk akademik kampus misalnya sewaktu pengisian Kartu Rencana Studi (KRS) mahasiswa, terjadi lonjakan trafik pengguna yang sangat tajam pada log aaPanel server (aaPanel, n.d.). Menariknya, grafik visualisasi memperlihatkan adanya korelasi linier langsung antara kenaikan beban lalu lintas perangkat lunak dengan kondisi fisik ruang server.

Lonjakan pengunjung aktif memaksa prosesor peladen utama bekerja ekstra keras. Akibat dari peningkatan aktivitas digital ini, disipasi energi panas pada rak server merangkak naik sekitar 1,5°C hingga 2°C dalam waktu singkat, dibarengi dengan fluktuasi penarikan arus daya listrik pada UPS (Prima Satya et al., 2025; Noviyanto et al., 2025). Fenomena ini membuktikan bahwa kenaikan suhu di ruang server tidak selalu disebabkan oleh malafungsi mesin pendingin ruangan (AC), melainkan sangat dipengaruhi oleh volume beban komputasi internal. Melalui penyajian grafik korelasi tren data yang terintegrasi ini, strategi pemeliharaan preventif kini bisa dijalankan dengan jauh lebih akurat. Staf jaringan komputer tidak perlu lagi bersikap pasif menunggu ruangan telanjur panas untuk bertindak. Dengan memantau pergerakan grafik tren secara berkala dari jarak jauh, tim IT UMPKU dapat memprediksi potensi bahaya kerusakan sejak awal dan mengambil langkah mitigasi pencegahan sebelum server utama mengalami gangguan performa.

Kesimpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian perancangan, implementasi, hingga tahapan pengujian Sistem IOT Ruang Server Dengan Visualisasi Tren Data Untuk Pemeliharaan Preventif di Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta, beberapa poin kesimpulan dapat dirumuskan sebagai berikut: 1.) Infrastruktur perangkat keras monitoring berbasis IoT berhasil dibangun secara stabil menggunakan mikrokontroler ESP32 DevKit V1 yang mengintegrasikan sensor DHT22 dan sensor ZMPT101B. Hasil uji kalibrasi mencatatkan akurasi yang presisi dengan nilai tingkat kesalahan (error margin) yang aman, yaitu eror suhu sebesar 7,54%, eror kelembapan 1,20%, dan eror pembacaan tegangan listrik AC pada UPS sebesar 3,94%. 2.) Pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black Box Testing via Katalon Studio membuktikan bahwa seluruh fitur utama aplikasi web ServMon, termasuk autentikasi sistem dan penarikan data log hibrida dari basis data MySQL, berfungsi dengan sukses 100% tanpa adanya galat sistem (passed). 3.) Penerapan visualisasi tren data dalam rupa grafik interaktif pada frontend Nuxt.js terbukti efektif menyajikan korelasi antara dinamika trafik aaPanel server dengan fluktuasi suhu fisik ruang server. Ditambah dengan fitur *early warning system berbasis Telegram Bot API yang memiliki kecepatan respons latensi rata-rata 12,75 detik, sistem ini sangat andal digunakan oleh staf jaringan dalam mendukung strategi pemeliharaan preventif ruang server secara dini dan jarak jauh.

Referensi

aaPanel. (n.d.). *Security log, access log, dan panel server*. aaPanel Documentation.

Baco, S., Sukirman, S., Hanif, A., & Maulidha, R. P. (2025). Rancang bangun pemantau suhu ruangan server menggunakan bot Telegram di Jamkrida Sulsel. *ILTEK: Jurnal Teknologi, 20*(1), 1–7.

Badriah, D. L., Subkhi, I., & Roebidin, R. (2026). *Ergonomi industri: Integrasi fisiologi, kinerja, dan keselamatan kerja*. Deepublish.

Broto, P. E. (2024). Perbandingan persentase kesalahan sensor sonar pengukur jarak berbasis HC-SR04 dan HY-SRF05. *Jurnal Sains dan Fisika, 4*(1), 1–10.

Hakim, A. R. (2024). *Rancang bangun sistem kendali suhu dan pemantauan pH pada kotak fermentasi biji kakao berbasis Internet of Things (IoT)*. Universitas Ahmad Dahlan.

Katalon Studio. (2026). *Katalon Studio automation testing environment for web frameworks*. Katalon Documentation Series.

Kenizy, R. M., Asrida, S., & Silitonga, N. K. (2025). Analisis beban kerja fisik pada pekerja CV. Kubah Milari Jaya dengan metode cardiovascular load. In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (pp. 1143–1151).

Kusuma, F., & Waluyo, S. (2025). Prototipe sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang server berbasis IoT ESP32 dan DHT22. *Senafti, 4*(2).

Maulana, R. F., Ramadhan, M. A., Maharani, W., & Maulana, M. I. (2023). Rancang bangun sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis IoT: Studi kasus ruang server ITTelkom Surabaya. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Social and Technology, 1*(3). https://doi.org/10.31004/ijmst.v1i3.169

Noviyanto, H., Rianto, A., & Kusumo, J. D. (2025). Pemantauan tegangan listrik tiga fase berbasis Internet of Things pada transmisi TVRI Jawa Tengah. *SPIRIT, 17*(1), 24–32.

Nuralifah, S. M., H., M. R., Ahmad, P. F., & Amelia, W. (2025). Penguji pengguna (user acceptance testing) pada sistem informasi akademik EMACCA Universitas Teknologi AKBA Makassar. *Inventor: Jurnal Inovasi dan Tren Pendidikan Teknologi Informasi, 3*(2), 84–91.

Nuxt.js. (2025). *Framework Nuxt.js untuk pengembangan antarmuka dashboard modern*. Nuxt Documentation Series.

Nurhaida, I. (2025). *Thermal imaging dan artificial intelligence: Solusi modern deteksi gejala penyakit*. Diandra Kreatif.

Pattinama, Y. L., Ferdiansyah, Susanti, I., & Painem. (2023). Implementasi REST API web service dengan otentikasi JSON Web Token untuk aplikasi properti. *Informatik*.

Priyono, N., Alam, N., Arfian, A., Bastari, J., & Lubis, B. O. (2025). Penerapan metode prototype pada pengembangan sistem informasi penjualan jasa instalasi internet. *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam, 6*(4), 195–204.

Prima Satya, T., Puspasari, F., Muhamad, E., & Admoko, D. (2025). Pengembangan instrumen pengukuran energi listrik berbasis ESP32 dengan integrasi sensor arus SCT013 dan sensor tegangan ZMPT101B. *POSITRON, 15*(2), 157–168. https://doi.org/10.26418/positron.v15i2.100457s

Qomariyah, L., et al. (2025). Analisis faktor determinan kejadian occupational heat strain pada pekerja outdoor di Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Kesehatan dan Pengelolaan Lingkungan, 6*(2), 63–75.

Rahayu, A. (2025). Metode penelitian dan pengembangan (R&D): Pengertian, jenis dan tahapan. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 4*(3), 459–470.

Rifqi, K. S., Irawan, I., Irawan, H., Novita, I., & Chandra, J. C. (2025). Sistem monitoring dan early warning suhu serta kelembapan ruang server berbasis IoT dengan ambang batas real-time yang dapat disesuaikan melalui aplikasi seluler. *Bitnet: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi, 22*(1), 88–96. https://doi.org/10.36080/bit.v22i1.4021

Romadhon, T., Fauzi, R. A., & Maulana, M. A. M. (2026). Analisis pengaruh elemen visual interior terhadap persepsi kenyamanan dan kepuasan pengguna pada ruang kerja era digital. *Jurnal Farmasi, Klinis, dan Kesehatan Masyarakat (JFKKM), 1*(1), 40–49.
Wokwi. (2026). *Arduino and ESP32 simulator software environment*. Wokwi Simulator Docs.