

Sistem Kontrol dan Monitoring: Sterilisasi Micro-organism Pada Ruangan Pasien Rawat Inap Untuk Menurunkan Penyakit Menular

M. Najib Fikri Fadillah¹, Adi Mulyadi^{**2}

¹ Rumah Sakit Umum Daerah Blambangan, Jl. Letkol Istiqlah No.49, Singonegaran, Kec. Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi, 68415, Jawa Timur, Indonesia

² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi, 68411, Indonesia

¹najibfikrifadillah@gmail.com, ²adimulyadi@unibabwi.ac.id

****Corresponding Author:** adimulyadi@unibabwi.ac.id

 **Cite:** <https://doi.org/10.63440/jef.v2i1.100>

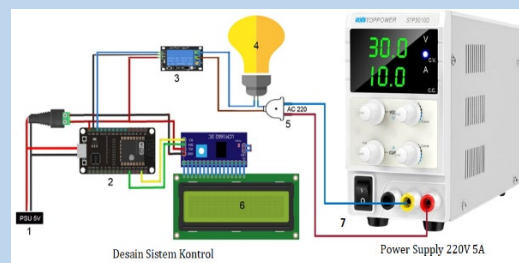
 Read Online

ACCESS

RECOMENDATION

Abstract: Sterilization rooms are a concern for patients in hospitals. Inpatients affected by infectious diseases require a special action room. Therefore, the application of the sterilization room control and monitoring system with IoT is proposed to overcome TB patients. The study technique covers the design and testing of the control system and IoT monitoring system with time variations of 60, 90, and 120 minutes.

The results of the application of the control system application show that the time variation causes a decrease in current from 0.8A to 0.5A with a test time of 60 minutes, but inversely proportional to the voltage with a test time of 90 and 120 minutes, which increases by 3.2V-3.9V. While the results of monitoring data in the inpatient room have varying lag times ranging from 0.13 seconds, 0.8 seconds and 0.7 seconds. the average value of time variation and data transmission affects the decrease in the bacteria of the hospital room cleaning process. the longer the irradiation time, the number of bacteria will decrease. Sterilizer control and monitoring system is used as a recommendation for infectious diseases in the inpatient room in the hospital.



Keyword: Control System, Monitoring System, Sterilizer, Patient Room, Hospital

Article Info

Recieved
January 13, 2025

Revised
March 18, 2025

Accepted
May 22, 2025

Published
June 25, 2025



1. PENDAHULUAN

Ruangan sterilisator menjadi perhatian bagi pasien di rumah sakit. Pasien rawat inap yang terkena penyakit menular membutuhkan ruangan tindakan khusus. Salah satu tindakan untuk mengendalikan ruangan menggunakan sterilisator [1]. Sterilisator digunakan sebagai penurun penyakit *micro-organism* yang menular seperti influenza [2], corona-virus-19 [3], (Covid-19) [4], tuberkulosis (TBC) [5], infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) [6], dan campak [7].

Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO) penyakit menular yang mematikan adalah TBC yang mencapai 10.600.000 kasus secara global, dan $\pm 1.500.000$ menyebabkan kematian [8]. Sedangkan data penyakit menular di Indonesia tahun 2015-2017 (malaria 18, gastroenteritis 6.048, kusta 272, demam berdarah 7.668, TBC 18.521), tahun 2018-2020 (malaria 22, gastroenteritis 19.157, kusta 217, demam berdarah 4.422, TBC 19.974). Tahun 2021-2023 (malaria 41, gastroenteritis 97.658, kusta 199, demam berdarah 3.837, TBC 26.515), dan tahun 2024 yaitu malaria 34, demam berdarah 3.722, kusta 69, TBC 24.561 [9].

Peningkatan data statistik penyakit menular setiap tahun mengakibatkan peningkatan kinerja rumah sakit baik dari jumlah pasien, pengunjung dan fasilitas [10]. Disisi lain, tuntutan sumber daya tenaga medis, peralatan kesehatan dan obat juga meningkat [11]. Sehingga upaya yang dilakukan oleh rumah sakit dalam mengatasi peningkatan pasien, tenaga medis dan fasilitas alat kesehatan seperti teknologi informasi [12][13], rekam medis elektronik [14], teknologi digital pelayanan publik [15], e-health [16], teknologi SIMRS [17], teknologi kesehatan menggunakan web [18], teknologi EMR [19], teknologi tambahan IoT [20], *artificial-intelligence*, *robotic*, *3D-printing* [21], *health management technology* [22], *digital-health* [23], *IoT healthcare* [24], *digital-health-tools* [25], *telemedicine* [26], dan penerapan *informatic technology* [27]. Namun, beberapa teknologi yang diterapkan di rumah sakit membutuhkan perizinan. Perizinan rumah sakit memiliki standar yang diatur oleh Menteri Kesehatan No.24 Tahun 2022 tentang keamanan data pasien. Selain itu, teknologi yang tidak standar menyebabkan resiko salah dalam penggunaan alat (malpraktik) [28].

Penggunaan alat teknologi (malpraktik) telah ditemukan oleh PMA-RI (Putusan Mahkamah Agung RI) tahun 2011-2021 di beberapa rumah sakit yang menyebabkan cacat permanen sebesar 37%, keterkaitan dokter 95.8% RS (rumah-sakit) swasta 75%, RS-Type B 79.2%, dan RS yang terakreditasi telah usai 70.4% [29]. Walaupun data malpraktik sudah ditemukan, penelitian malpraktik menggunakan teknologi di rumah sakit Indonesia belum banyak diungkap. Hal ini disebabkan oleh keselamatan pasien dan status akreditasi rumah sakit. Keselamatan pasien dan status akreditasi rumah sakit dalam sudut pandang HKI (Hukum-Kesehatan-Indonesia) belum diatur secara tegas, tetapi tiga pasal UUK (Undang-Undang-Kerajaan) dan UURS (Undang-Undang-Rumah-Susun) membahas kegiatan malpraktik [30]. Beberapa penelitian tentang sterilisator yang menunjang rumah sakit dengan sistem kontrol dan teknologi seperti alat pelindung diri (APD) tenaga medis pasien covid-19 dengan IoT [31], kontrol kadar ozon dengan *fuzzy logic* [32], robot sterilisasi ruang covid-19 dengan UV dan arduino [33], [34], sterilisasi kering dengan ozon dan pemanas [35], sterilisasi ruang dengan deteksi keadaan menggunakan IoT [36], perancangan autoklaf sterilisasi alat medis [37].

Penelitian di atas menunjukkan bahwa sistem kontrol dan *monitoring* sterilisasi ruangan menggunakan *monitoring Internet of Things* pada pasien yang memiliki penyakit menular TBC belum dilakukan. Penyakit TBC mempunyai tingkat penularan dan diagnosis mematikan sebesar 50% dibandingkan penyakit demam berdarah, malaria, kusta, dan gastroenteritis. Sehingga penelitian ini mengusulkan aplikasi sistem kontrol dan monitoring pembersih ruangan (sterilisator) bagi pasien TBC yang dapat dipantau melalui dokter atau perawat. Sistem kontrol menggunakan lampu ultraviolet tipe-C dan sistem monitoring dirancang menggunakan modul ESP32 dan Node MCU yang dihubungkan pada wifi. Hasil monitoring ditampilkan pada layar LCD ukuran 16x2 dan website. Tampilan LCD memberikan kondisi lampu ultraviolet tipe-C pada saat menyala dan mati, sedangkan suplai lampu ultraviolet sebesar 220 v. Tujuan penelitian memberikan rekomendasi pada pasien menular di rumah

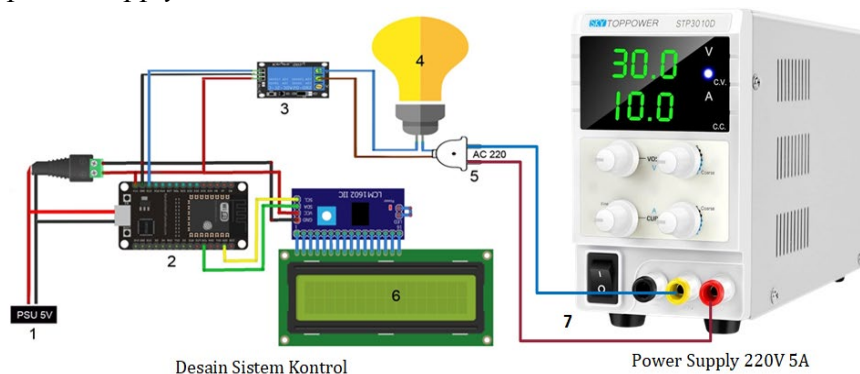
sakit, sehingga pasien yang memiliki penyakit menular dapat dikendalikan dan dipantau melalui website secara *real-time* berdasarkan waktu.

2. METODE

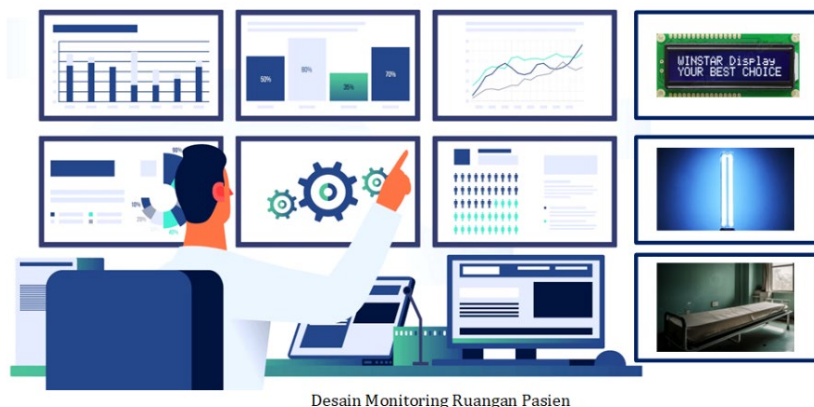
Metode penelitian menggunakan perancangan dan eksperimen pada sistem kontrol serta sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things*. Sistem kontrol menerapkan mikrokontroler Arduino Nano [38], lampu ultraviolet tipe-C 30w [39], trafo 30w [40], *relay* 5v [41], *power supply* 5V-1A [42], kabel jumper [43], lampu LED [44] sebagai indikator dan perakitan menggunakan PCB lubang berukuran 1.27 mm. Sedangkan sistem *monitoring* mengaplikasikan algroritma pemograman pada Arduino IDE untuk konfigurasi alat dan menggunakan pemograman C++ pada pembuatan aplikasi.

Tahap pertama pemrograman alat sterilisator dilakukan meggunakan *software Arduino IDE* sebagai pengolah perintah. Tahap kedua rangkaian komponen dirakit kemudian dihubungkan ke laptop untuk proses pemograman. Tahap ketiga proses pemograman memerlukan beberapa *library* Arduino dan upload kode program ke mikrokontroler. Tahap keempat pengujian sistem kontrol dan *monitoring* sinar ultraviolet pada ruangan dengan variasi waktu 60 menit, 90 menit dan 120 menit.

Pengukuran sistem kontrol meliputi tegangan dan arus lampu ultraviolet terhadap waktu jeda, sedangkan pengukuran *monitoring* ruangan pasien rawat inap yaitu kecepatan *internet* dan pengiriman data hasil pengukuran *internet* pada waktu jeda. Masing-masing data diukur dan ditampilkan pada LCD serta *web monitoring* IoT Kemudian hasil pengukuran menggunakan komponen mikrokontroler yang dijelaskan pada gambar 1 berikut. (1) *power supply* 5v 1A, (2) modul ESP32, (3) *relay*, (4) lampu, (5) sumber tegangan listrik 220v, (6) LCD dan (7) *power supply* 220v 5A.



Gambar 1. Desain Sistem Kontrol Sterilisator



Gambar 2. Desain Monitoring Ruangn Pasien Penyakit Menular

3. HASIL

Hasil perancangan alat dijelaskan pada gambar 3. (3a) menjelaskan perancangan kontrol sterilisator, (3b) perakitan box kontrol, (3c) perakitan lampu ultraviolet dan pengujian *monitoring* berbasis *web*, (3d) menjelaskan rangkaian kontrol dan sistem *monitoring*.



Gambar 3. Pengujian Sistem Kontrol dan Monitoring Sterilisator

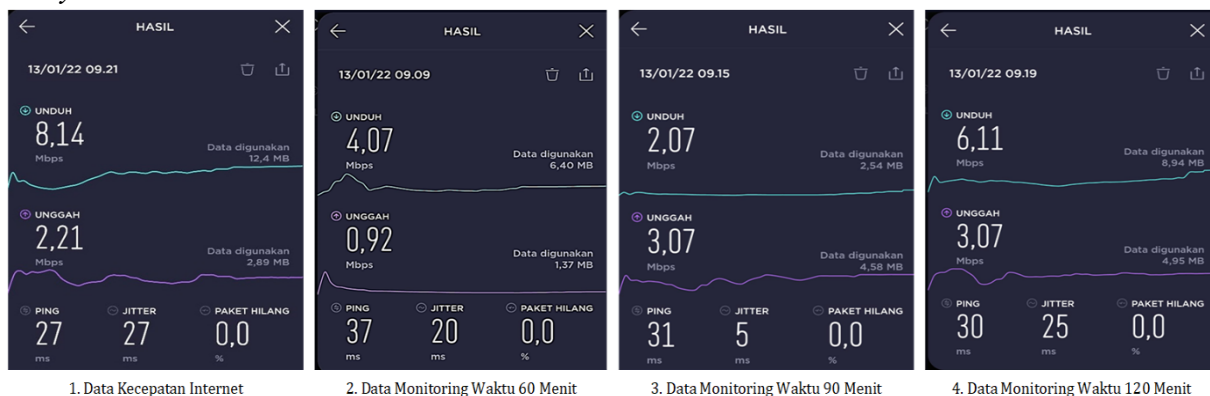
Hasil pengukuran kontrol lampu ultraviolet dan monitoring sterilisator juga dijelaskan pada tabel 1. Waktu pengukuran dilakukan dengan variasi waktu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. pengiriman data, arus, tegangan dan delay. Tabel 1 hasil pengukuran kontrol dan monitoring sterilisator berbasis IoT menggunakan waktu 60 menit dengan kecepatan pengiriman data 4.07-4.39 Mbps, arus 0.5-1.3 A, tegangan 3.2-3.9 V, dan time delay 4.2-4.9 detik. Data menggunakan waktu 90 menit menghasilkan kecepatan data 5.10-5.60 Mbps, arus 0.9-1.2 A, tegangan 3.2-3.9 V, dan time delay 5.1-5.9 detik. Data dengan variasi 120 menit menunjukkan pengiriman data 6.11-8.14 Mbps, arus 1.4-0.5 A, tegangan 3.2-3.9 V, dan time delay 6.2-6.9 detik. Jumlah rata-rata variasi waktu 90 menit, pengiriman data 5.49 Mbps, arus 0.84 A, tegangan 3.62 V, dan time delay 5.5 detik.

Tabel 1. Pengukuran Kontrol dan Monitoring Sterilisator Menggunakan IoT

No	Waktu (Menit)	Pengiriman Data (Mbps)	Arus (A)	Tegangan (V)	Delay (Detik)
1	60	4.07	0.8	3.2	4.2
2	60	4.09	0.6	3.5	4.4

3	60	4.12	0.5	3.7	4.6
4	60	4.27	1.2	3.8	4.8
5	60	4.39	1.3	3.9	4.9
6	90	5.10	0.9	3.2	5.1
7	90	5.22	0.8	3.5	5.3
8	90	5.38	0.6	3.7	5.5
9	90	5.47	0.5	3.8	5.7
10	90	5.60	1.2	3.9	5.9
11	120	6.11	1.4	3.2	6.2
12	120	6.44	0.9	3.5	6.4
13	120	6.70	0.8	3.7	6.6
14	120	7.15	0.6	3.8	6.8
15	120	8.14	0.5	3.9	6.9
Rata-Rata	90	5.49	0.84	3.62	5.55

Hasil *monitoring* sterilisator dijelaskan pada gambar 4. Gambar 4.1 menjelaskan data kecepatan *internet*, 4.2 data *monitoring* pada waktu 60 menit, gambar 4.3 data *monitoring* waktu 90 menit, dan data *monitoring* waktu 120 menit. Data kecepatan *internet* 8.14 Mbps dan unggah 2.21 Mbps, data *monitoring* waktu 60 menit menunjukkan kecepatan unduh 4.07 Mbps dan 0.92 kecepatan unggah, data kecepatan data *monitoring* pada waktu 90 Mbps dan kecepatan unggah 3.07 Mbps, sedangkan data *monitoring* menggunakan waktu 120 menit menghasilkan kecepatan unduh 6.11 Mbps dan kecepatan unggah 3.07 Mbps. Data hasil *monitoring* dengan variasi waktu 60-120 menit menghasilkan kecepatan unduh dan unggah yang berbeda. Semakin besar variasi waktu data *monitoring*, data unduh dan unggah semakin besar. Hal ini mempengaruhi kecepatan pengiriman data pada *web monitoring* dan waktu *delay*.

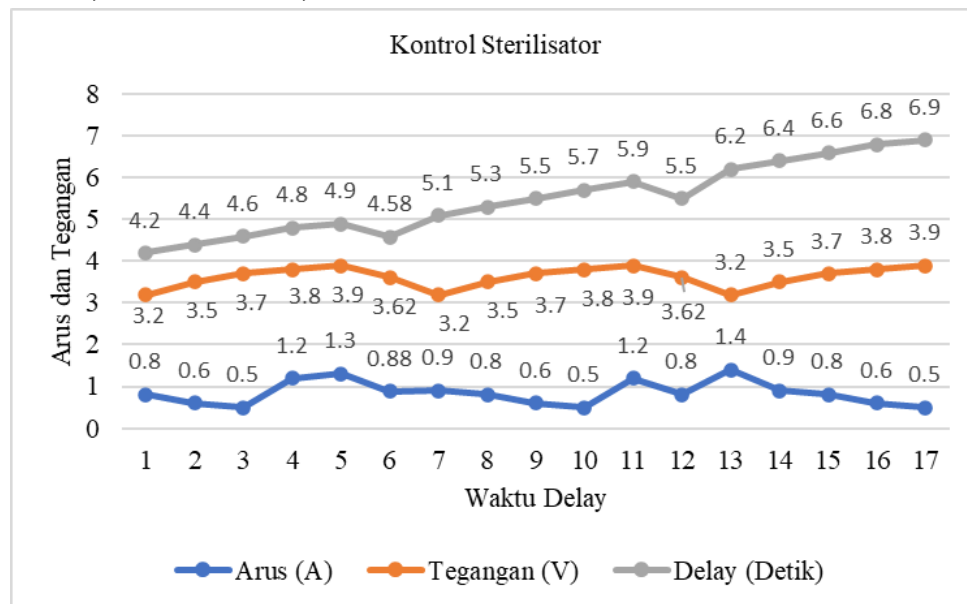


Gambar 4. Data *Monitoring* Ruang Pasien Rawat Inap

4. PEMBAHASAN

Gambar 5 menjelaskan grafik hasil pengukuran kontrol sterilisator pada ruang pasien rawat inap di rumah sakit. Kontrol sterilisator diukur berdasarkan arus dan tegangan terhadap *time delay*. Hasil kontrol pengukuran pertama menunjukkan bahwa arus memiliki variasi 0.8A, 0.6A, 0.5A, 1.2A, 1.3A dan tegangan 3.2V, 3.5V, 3.7, 3.8V, 3.9V dengan waktu 60 menit dan *time delay* 4.2 sec, 4.4 sec, 4.6 sec, 4.8 sec, 4.9 sec. Hasil pengukuran kedua mempunyai nilai arus meningkat sebesar 0.9A, 0.8A, 0.6A, 0.5A, 1.2A dan masing-masing tegangan 3.2V,

3.5V, 3.7V, 3.8V, 3.9V pada waktu 90 menit serta *time delay* 5.1 sec, 5.3 sec, 5.5 sec, 5.7 sec, 5.9 sec. Hasil pengukuran ketiga dengan waktu 120 menit menghasilkan arus 1.4A, 0.9A, 0.8A, 0.6A, 0.5A, dan tegangan 3.2V, 3.5V, 3.7V, 3.8V, 3.9V serta *time delay* masing-masing 6.2 sec, 6.4 sec, 6.6 sec, 6.8 sec, 6.9 sec.

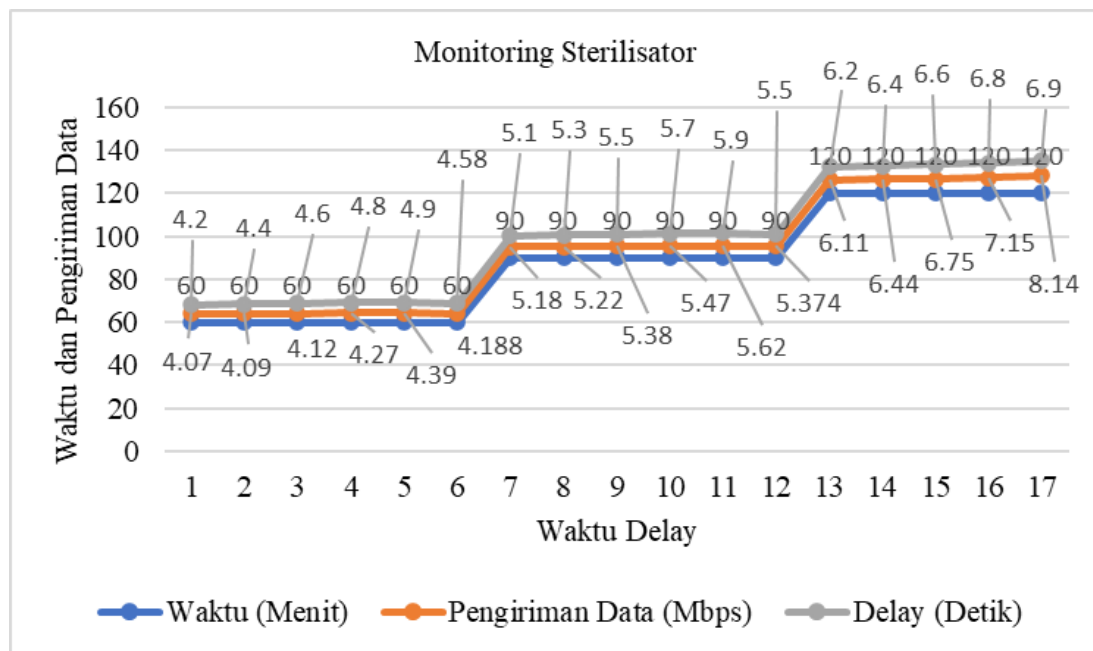


Gambar 5. Grafik Hasil Pengukuran Kontrol Sterilisator

Hasil pengukuran kontrol sterilisator ruang pasien rawat inap pertama menunjukkan bahwa perbandingan arus dan tegangan untuk menyalakan lampu ultraviolet memiliki nilai yang bervariasi. Variasi ditunjukkan dengan penurunan arus dari 0.8A menjadi 0.5A dengan waktu pengujian selama 60 menit, namun berbanding terbalik pada tegangan dengan waktu pengujian 90 menit dan 120 menit yaitu meningkat sebesar 3.2V-3.9V. Sedangkan arus mengalami peningkatan yang signifikan dari 1.2A-1.3A dalam waktu yang singkat. Hal ini terjadi pada waktu jeda yang meningkat dari 4.2 detik-4.9 detik.

Penurunan arus lampu ultraviolet disebabkan beberapa faktor seperti degradasi material, kegagalan komponen, dan kondisi operasi yang tidak optimal [45]. Arus lampu UV-C yang disebabkan oleh degradasi material dipengaruhi energi foton, dimana foton lampu UV-C memiliki energi sebesar 4.43-12.4eV dan berbanding lurus dengan frekuensi elektromagnetik. Semakin besar frekuensi fotor, maka semakin besar energi foton yang diproduksi [46]. Selain itu, penurunan daya sebagian besar disebabkan oleh penurunan arus hubung singkat dan tegangan hubung terbuka. Namun pada waktu jeda mencapai 4 detik, arus meningkat hingga 1.2 A dan tegangan 3.7V-3.8V. Tegangan yang meningkat dipengaruhi oleh proses ionisasi gas untuk menghasilkan radiasi. Ionisasi gas menggunakan arus listrik dalam tabung sehingga menghasilkan cahaya lampu [47].

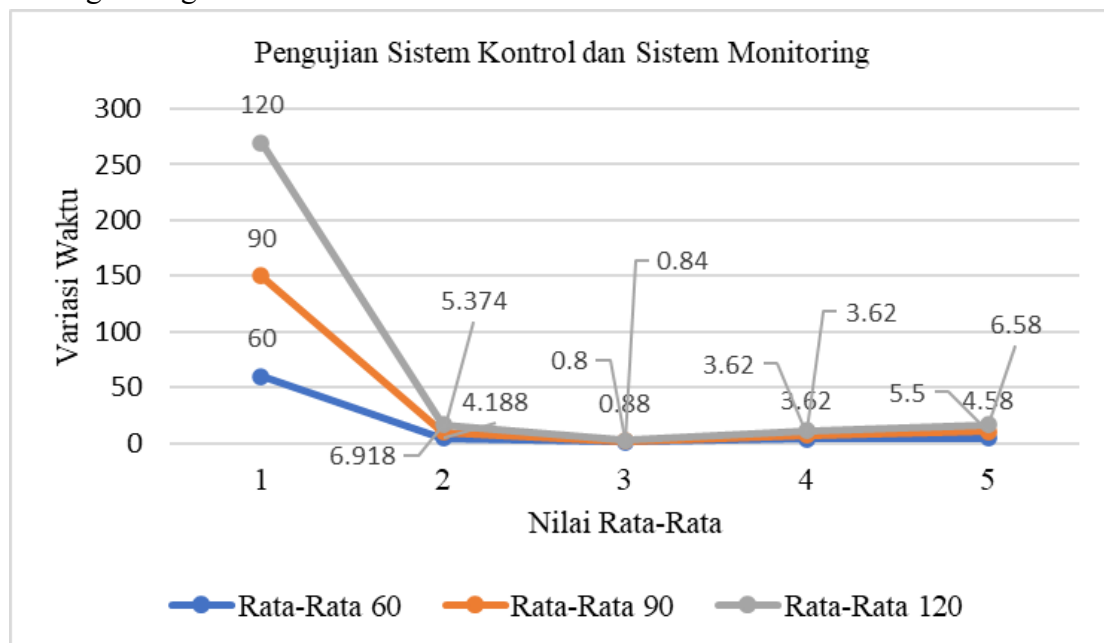
Gambar 6 menjelaskan monitoring sterilisator lampu UV-C menggunakan internet of things. Monitoring dilakukan selama 120 menit dengan masing-masing 60 dan 90 menit. Pengujian monitoring dengan waktu 60 menit menunjukkan bahwa variasi waktu, pengiriman data dan waktu jeda mengalami peningkatan yang stabil berdasarkan variasi waktu. Variasi waktu 60 menit menghasilkan pengiriman data 4.2 menit dan waktu jeda 4.07 detik selisih nilai 0.13 detik. Sedangkan waktu 90 menit, pengiriman data mengalami jeda waktu 5.18 dan 5.1 dengan selisih nilai sebesar 0.8 detik. Namun pada variasi waktu 120 menit, pengiriman data mengalami jeda waktu selisih 0.7 detik dibandingkan dengan waktu 60 dan 90.



Gambar 6. Grafik Hasil *Monitoring Sterilisator*

Hasil grafik monitoring sterilisator mengalami time delay pada waktu 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Hasil pengiriman data monitoring pada ruang pasien rawat inap memiliki waktu jeda bervariasi mulai dari 0.13 detik, 0.8 detik dan 0.7 detik. Waktu jeda pengiriman data yang dihasilkan oleh Arduino Uno pada modul ESP32 melalui komunikasi serial UART (Universal Asynchronous Receiver or Transmitter) dan pin TX (pengirim) pada pin RX (penerima) [48]. Pengiriman data dan komunikasi serial setiap mikrokontroler digunakan untuk menyalakan dan mematikan lampu UV-C di ruang rawat inap pasien.

Gambar grafik 7 menjelaskan nilai rata-rata pengujian dari sistem kontrol dan sistem monitoring sterilisator ruangan pasien rawat inap di rumah sakit. Nilai rata-rata diperoleh berdasarkan hasil pengujian variasi waktu 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Variasi waktu dibandingkan dengan nilai rata-rata setiap pengujian sistem kontrol lampu UV-C dan sistem monitoring ruangan.



Gambar 7. Grafik Nilai Rata-Rata Pengujian

Hasil menunjukkan perbedaan nilai rata-rata pengiriman data 2 pada waktu 60 menit yaitu 4.188 menit, waktu 90 menit diperoleh hasil rata-rata 5.374 menit, dan waktu 120 menit sebesar 6.918 menit. Sedangkan pengiriman data 3 mempunyai perbedaan nilai rata-rata pada waktu 60-120 menit yang tidak signifikan dari 0.8, 0.84 dan 0.88. Pengiriman data 4 memiliki nilai rata-rata waktu 60-120 menit yang sama yaitu 3.62 menit. Namun perubahan nilai rata-rata pengiriman data 5 dengan waktu 60-120 menit meningkat sebesar 4.58, 5.5 dan 6.58 menit.

Peningkatan nilai rata-rata pengiriman data 2 dan 4 disebabkan oleh kecepatan internet selama pengujian di ruangan pasien. Selain itu, waktu jeda pada saat pengiriman data dari NodeMCU dan ESP32 memiliki rentang jarak dan waktu pengujian maksimal untuk penyinaran lampu sterilisator 2 jam. Variasi waktu dan pengiriman data mempengaruhi pada penurunan bakteri proses pembersihan ruang rumah sakit. semakin lama waktu penyinaran, maka jumlah bakteri akan menurun juga [49].

Temuan penelitian penerapan aplikasi sistem kontrol lampu UV untuk sterilisasi ruangan yang efektif dalam mengurangi bakteri antara 200-280 nm [50]. Hal ini menunjukkan bahwa variasi waktu menyebabkan penurunan arus dari 0.8A menjadi 0.5A dengan waktu pengujian selama 60 menit, namun berbanding terbalik pada tegangan dengan waktu pengujian 90 dan 120 menit yaitu meningkat sebesar 3.2V-3.9V. Sedangkan hasil pengiriman data monitoring pada ruang pasien rawat inap memiliki waktu jeda bervariasi mulai dari 0.13 detik, 0.8 detik dan 0.7 detik. Dampak penelitian. variasi waktu dan pengiriman data mempengaruhi pada penurunan bakteri proses pembersihan ruang rumah sakit. semakin lama waktu penyinaran, maka jumlah bakteri akan menurun $\pm 70-80\%$.

5. KESIMPULAN

Aplikasi sistem kontrol dan monitoring sterilisator ruangan dengan *internet of thing* untuk pasien rawat inap menggunakan mikrokontroler Arduino Nano, ESP32 dan variasi waktu 60, 90, dan 120 menit. Variasi waktu digunakan sebagai kontrol dalam menyalakan lampu UV-C, dan sistem *monitoring* ditampilkan pada *web*. Hasil penerapan aplikasi sistem kontrol menunjukkan bahwa variasi waktu menyebabkan penurunan arus dari 0.8A menjadi 0.5A dengan waktu pengujian selama 60 menit, namun berbanding terbalik pada tegangan dengan waktu pengujian 90 dan 120 menit yaitu meningkat sebesar 3.2V-3.9V. Sedangkan hasil pengiriman data monitoring pada ruang pasien rawat inap memiliki waktu jeda bervariasi mulai dari 0.13 detik, 0.8 detik dan 0.7 detik. Nilai rata-rata variasi waktu dan pengiriman data mempengaruhi pada penurunan bakteri proses pembersihan ruang rumah sakit. semakin lama waktu penyinaran, maka jumlah bakteri akan menurun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi yang telah memberikan fasilitas dalam menyelesaikan proyek skripsi. Proyek ini merupakan syarat untuk memenuhi penyelesaian program sarjana teknik elektro (S-1) di Universitas PGRI Banyuwangi.

REFERENSI

- [1] M. A. Kuswardani, D. Hartono, and N. N. Rahmat, "Pengaruh Sterilisasi UV Boxster Terhadap Penurunan Jumlah Bakteri Di Rumah Pasien Tb Kelurahan Mayangan Kota

- Probolinggo,” J. Kesehat. Tambusai, vol. 4, no. 4, pp. 7072–7082, 2023, doi: <https://doi.org/10.31004/jkt.v4i4.21204>
- [2] A. Tahira, R. S. Putri, and S. Prifiantari, “Menerapkan Pemahaman Penyakit Influenza Pada Anak Usia Dini,” As-Sibyan J. Pendidik. Anak Usia Dini, vol. 7, no. 1, pp. 41–50, 2022, doi: <https://doi.org/10.32678/assibyan.v7i1.9835>
- [3] A. Aditia, “Covid-19: Epidemiologi, virologi, penularan, gejala klinis, diagnosa, tatalaksana, faktor risiko dan pencegahan,” J. Penelit. Perawat Prof., vol. 3, no. 4, pp. 653–660, 2021, doi: <https://doi.org/10.37287/jppp.v3i4.574>
- [4] D. R. Wulan, A. Suwandewi, and H. Khatimah, “Faktor Risiko Penularan Covid-19 di Masyarakat,” J. Penelit. Kesehat. Suara Forikes, vol. 14, no. 1, pp. 73–76, 2023, doi: <https://doi.org/10.33846/sf14i15>
- [5] A. Rasyid and L. Heryawan, “Klasifikasi Penyakit Tuberculosis (TB) Organ Paru Manusia Berdasarkan Citra Rontgen Thorax Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN),” J. Manaj. Inf. Kesehat. Indones., vol. 11, no. 1, pp. 35–44, 2023, doi: <https://doi.org/10.33560/jmiki.v11i1.484>
- [6] S. D. Afifah, E. Windiany, and Dharmasetiawani, “Analisis Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian ISPA pada Anak Usia 0-5 Tahun di RS Budi Kemuliaan Tahun 2021,” Muhammadiyah J. Midwifery, vol. 5, no. 1, pp. 21–30, 2024, doi: <https://doi.org/10.24853/myjm.5.1.21-30>
- [7] T. H. T. Nguyen, T. V. Nguyen, Q. C. Luong, T. V. Ho, C. Faes, and N. Hens, “Understanding The Transmission Dynamics of a Large-Scale Measles Outbreak in Southern Vietnam,” Int. J. Infect. Dis., vol. 122, pp. 1009–1017, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2022.07.055>
- [8] F. Fahdhienie et al., “Edukasi Pencegahan Penyakit Menular dan Tidak Menular pada Masyarakat di Kabupaten Aceh Besar,” J. Surya Masy., vol. 7, no. 1, pp. 53–59, 2024, doi: <https://doi.org/10.26714/jsm.7.1.2024.53-59>
- [9] M. Noval, “Penyakit Menular 2021-2023,” Badan Pusat Statistik Jakarta, 2025. <https://jakbarkota.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTMwIzI=/penyakit-menular.html>
- [10] L. Luqman, M. K. Sudaryo, and A. Suprayogi, “Analisis Situasi Masalah Kesehatan Penyakit Menular di Provinsi Kalimantan Barat,” J. Epidemiol. Kesehat. Komunitas, vol. 7, no. 1, pp. 357–374, 2022, doi: <https://doi.org/10.14710/jekk.v7i1.13269>
- [11] Aminulloh and P. Astuty, “Literatur Review : Sumber Daya Manusia Rumah Sakit Dalam Ekonomi Saat Pandemi Covid 19 Melanda Indonesia,” Kompleks. J. Ilm. Manajemen, Organ. Dan Bisnis, vol. 10, no. 2, pp. 52–59, 2021, doi: <https://doi.org/10.56486/kompleksitas.vol10no2.142>
- [12] N. Afifah, “Analisis Upaya Manajemen Pelayanan Rumah Sakit Pada Pasien Peserta Bpjs Kesehatan Melalui Sistem Teknologi Informasi,” Researchgate, vol. 07, no. October, pp. 1–7, 2024. <https://www.researchgate.net/publication/384691266>
- [13] C. A. Effendy, V. Paramarta, and E. Purwanda, “Peran Teknologi Informasi, Pengelolaan Sumber Daya Manusia, Dan Sistem Informasi Rumah Sakit Dalam Meningkatkan Kinerja Rumah Sakit (Kajian Literatur),” J. Rev. Pendidik. dan Pengajaran, vol. 7, no. 4, pp. 13479–13489, 2024. <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/jrpp/article/view/34703/23016>

- [14] F. R. Ikawati, "Efektivitas Penggunaan Rekam Medis Elektronik Terhadap Peningkatan Kualitas Pelayanan Pasien di Rumah Sakit," *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 6, no. 3, pp. 282–292, 2024, doi: <https://doi.org/10.38035/rrj.v6i3.819>
- [15] R. Nugroho, M. Hidayat, E. D. D. Rianti, N. L. A. C. Mutiarahati, and A. F. Rosyid, "Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Pelayanan Kesehatan Publik: Sebuah Tinjauan Analisis Kebijakan," *J. Birokrasi Pemerintah. Drh.*, vol. 5, no. 2, pp. 277–285, 2023, doi: <https://doi.org/10.1093/oed/5785588011>
- [16] M. Eliza and F. Idayanti, "Implementasi Layanan E-health dalam Meningkatkan Kualitas Pelayanan Kesehatan di Puskesmas Ketabang Surabaya," *J. Ilmu dan Ris. Akunt.*, vol. 9, no. 12, pp. 1–20, 2020, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.stiesia.ac.id/index.php/jira/article/view/4191>
- [17] D. H. Rambe, M. Lubis, N. Ritonga, and S. H. Purba, "Solusi Teknologi SIMRS dalam Meningkatkan Kualitas Layanan Kesehatan Publik di Indonesia," *JRIKUF J. Ris. Ilmu Kesehat. Umum*, vol. 3, no. 1, pp. 33–43, 2025, doi: <https://doi.org/10.57213/jrikuf.v3i1.488>
- [18] A. P. Arianto Pradana and I. H. Ibnu Hardi, "Sistem Informasi Alat Kesehatan Berbasis Web," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 14–21, 2021, doi: <https://doi.org/10.51903/juisi.v1i1.257>
- [19] Y. Iskandar, W. D. Anjani, U. Islam, and A. Ihya, "Manfaat Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dalam Meningkatkan Pelayanan Kesehatan," *Kuningan Med.*, vol. 1, no. 1, pp. 54–64, 2024, doi: <https://doi.org/10.70476/jmk.v1i1.004>
- [20] H. Kuswoyo, E. Susana, and H. Tjahjadi, "Design of Personal Health Monitoring Devices for Early Detection of Silent Hypoxia," *Teknik*, vol. 43, no. 1, pp. 8–16, 2022, doi: <https://doi.org/10.14710/teknik.v43i1.42752>
- [21] L. Lintang Pramita and A. P. Wibawa, "Perkembangan Teknologi Kesehatan di Era Society 5.0," *J. Inov. Tek. dan Edukasi Teknol.*, vol. 2, no. 7, pp. 307–313, 2022, doi: <https://doi.org/10.17977/um068v1i72022p307-313>
- [22] Carlof and D. Mulyanti, "Inovasi Teknologi dalam Manajemen Kesehatan: Pemanfaatan Sistem Informasi Kesehatan Elektronik di Rumah Sakit," *J. Manag. Soc. Sci. Vol. 2, No. 2 Mei 2023*, vol. 2, no. 2, pp. 50–62, 2023, doi: <https://doi.org/10.55606/jimas.v2i2.262>
- [23] A. Amallia, "Digitalisasi Kesehatan Dalam Peningkatan Kualitas Layanan Kesehatan," *Med. J. Nusantara*, vol. 3, no. 3, pp. 151–158, 2024, doi: <https://doi.org/10.55080/mjn.v3i3.1103>
- [24] A. Parihar, J. B. Prajapati, B. G. Prajapati, B. Trambadiya, A. Thakkar, and P. Engineer, "Role of IoT in Healthcare: Applications, Security & Privacy Concerns," *Intell. Pharm.*, vol. 2, no. 5, pp. 707–714, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ipha.2024.01.003>
- [25] S. Madanian, I. Nakarada-Kordic, S. Reay, and T. Chetty, "Patients' Perspectives on Digital Health Tools," *PEC Innov.*, vol. 2, no. September 2022, p. 100171, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecinn.2023.100171>
- [26] S. Syamsuddin and Jusliani, "Implementasi Telemedicine dan Implikasinya Terhadap Akses Serta Kualitas Pelayanan Kesehatan di Komunitas Pedesaan : Mini Review," *J. Ris. Sains dan Kesehat. Indones.*, vol. 1, no. 3, pp. 117–123, 2024, doi: <https://doi.org/10.69930/jrski.v1i3.154>

- [27] R. S. Putra, “Kajian Penerapan Teknologi Informatika pada Dunia Kesehatan,” *Akad. J. Mhs. Humanis*, vol. 3, no. 3, pp. 180–187, 2023, doi: <https://doi.org/10.37481/jmh.v3i3.813>
- [28] R. Rayyan, A. Rahman, M. Siregar, M. Hukum, K. Universitas, and P. Panca, “Kepastian Hukum dalam Penerapan Teknologi Kesehatan: Perlindungan Data Pasien dan Malpraktik,” *Polit. Progresif J. Hukum, Polit. dan Hum.*, vol. 2, no. 1, pp. 01–11, 2025, doi: <https://doi.org/10.62383/progres.v2i1.1230>
- [29] I. Dhamanti, T. Rachman, and M. Amiati, “Analisis Kasus Malpraktik di Rumah Sakit di Indonesia,” *J. Kebijak. Kesehat. Indones.*, vol. 13, no. 2, 2024, doi: <https://doi.org/10.22146/jkki.93363>
- [30] A. Retnowati and E. Sundari, “Kebijakan Hukum Pidana Terhadap Malpraktik Medis Pada Rumah Sakit,” *Justitia Pax*, vol. 37, no. 1, pp. 39–59, 2021, doi: <https://doi.org/10.24002/jep.v37i1.3303>
- [31] Supardiyono and Pudjijuniarto, “Pengembangan Sterilisator Alat Pelindung Diri (APD) Bagi Tenaga Medis Pasien Covid-19 Berbasis IoT,” *Indones. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 34–40, 2021, doi: <https://doi.org/10.26740/inajet.v4n1.p34-40>
- [32] B. Mohammad, L. P. Rahayu, and D. F. Syahbana, “Implementasi Sistem Kontrol Kadar Ozon Menggunakan Logika Fuzzy dan Monitoring Performa pada Sterilisator,” *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.73683>
- [33] R. Darpono, D. Sucipto, and R. Wikaningtyas, “Robot Sterilisasi Ruang Covid-19 Menggunakan Sinar Uv Type-C Berbasis Arduino Dengan Kendali Android,” *Politeknik Harapan Bersama Tegal*, 2021. [Online]. Available: http://eprints.poltektegal.ac.id/995/%0Ahttp://eprints.poltektegal.ac.id/995/1/RonyDarpono_0606128001_penelitian_2020_2021_Genap.pdf
- [34] M. Aditya and D. E. Myori, “Sistem Sterilisator Otomatis Berbasis Arduino Uno,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 99–109, 2020, doi: <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.49>
- [35] W. Salira, D. Nurcipto, P. Kusi Olla, and S. K. Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang Jl Kolonel Warsito Sugiarto, “Sterilisator Kering Berbasis Arduino Dengan Teknologi Ozon dan Pemanas,” *Appl. Ind. Eng. J.*, vol. 7, no. 2, pp. 80–88, 2023, doi: <https://doi.org/10.33633/aiej.v7i2.9126>
- [36] A. Sholeh, L. Sudarmana, and B. H. Suharto, “Sistem Sterilisasi Ruangan Dengan Pendeteksi Keberadaan Berbasis Internet of Things,” *Techno.Com*, vol. 22, no. 3, pp. 769–782, 2023, doi: <https://doi.org/10.33633/tc.v22i3.8545>
- [37] R. R. Algifahri, P. K. Olla, and B. Wahyud, “Rancang Bangun Autoklaf Untuk Proses Sterilisasi Peralatan Medis Risky Ramadhan Algifahri Patrisius Kusi Olla Bayu Wahyud,” *J. Heal. Technol. Public Heal.*, vol. 1, no. 2, pp. 33–50, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.stikessemarang.ac.id/index.php/JHTPH/article/view/4>
- [38] D. Sasmoko, *Arduino dan Sensor pada Project Arduino DIY*, 1st ed. Semarang: Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik, 2021.
- [39] A. S. Azzahra, N. Y. Hanurawaty, and N. Y. Hasan, “Pengaruh Variasi Daya Lampu Uv-C Terhadap Penurunan Angka Kuman Alat Makan Di Pt. X,” *J. Kesehat. Siliwangi*, vol. 2, no. 2, pp. 461–469, 2021, doi: <https://doi.org/10.34011/jks.v2i2.731>
- [40] Philips, “CertaDrive,” 2021. [Online]. Available: www.philips.com/oem
- [41] S. Relay, “Songle Relay,” 2018.

- [42] T. I. Designs, “5-V, 1-A, Cost-Effective, Single-Layer TO-247 LDO Replacement Reference Design With 93% Efficiency,” 2017.
- [43] B. P. Systems, “Product Datasheet BusBoard Prototype Systems ‘Faster ways to build prototypes,’” 2015. [Online]. Available: https://www.tubesandmore.com/sites/default/files/associated_files/s-w604_spec.pdf
- [44] Datasheet LED, “Data Sheet Strawhat LED,” 2020. [Online]. Available: www.iled.com
- [45] A. Sinha et al., “UV-induced Degradation of High-Efficiency Silicon PV Modules With Different Cell Architectures,” *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, vol. 31, no. 1, pp. 36–51, 2023, doi: <https://doi.org/10.1002/pip.3606>
- [46] B. Priantoro and T. Agung, “Efektivitas Intensitas Cahaya Uv-C Untuk Menurunkan Parameter Pencemar Limbah Batik,” in *Prosiding Environmental Science and Engineering Conference*, 2020, pp. 1–8. [Online]. Available: <http://esec.upnvjt.com/index.php/prosiding/article/view/5>
- [47] S. Gideon and R. Marpaung, “Observasi dan Evaluasi Reaktor UV pada Sistem Desinfeksi Pengolahan Air Minum Dalam Kemasan (Studi Kasus di PT. X, Langkat),” *Sains Fis.*, vol. 4, no. 1, pp. 37–45, 2024, [Online]. Available: <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis/article/view/45171>
- [48] E. A. Prastyo, “Komunikasi Data Arduino dan ESP32 dengan menggunakan UART,” *Arduino Indonesia*, 2025. <https://www.arduinoindonesia.id/2023/08/blog-post.html>
- [49] N. A. Afida, Yushardi, and Sudarti, “Potensi Sinar Ultraviolet-C Terhadap Jumlah Bakteri Sebagai Upaya Peningkatan Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat,” *J. Kesehat. Madani Med.*, vol. 13, no. 01, pp. 1–6, 2022, doi: <https://doi.org/10.36569/jmm.v13i1.244>
- [50] Elisa Rinihapsari, Arneta Syafrinelly Fita Putri, and Bernadeta Hesti Widyaningrati, “Waktu Dan Jarak Efektif Penyinaran Sinar Ultraviolet Pada Mikroba Udara Laboratorium,” *J. Sains dan Kesehat.*, vol. 5, no. 1, pp. 66–77, 2021, doi: <https://doi.org/10.57214/jusika.v5i1.470>