

AirDisinfeX: Pengembangan IoT pada Sistem Pencegahan Penyebaran COVID-19 melalui Udara

**Rizqi Sukma Kharisma^{*1}, Kusri², Uyock Anggoro Saputro³, Mulia Sulistiyono⁴,
Majid Rahardi⁵, Bernadhed⁶, Elik Hari Muktafin⁷**

^{1,3,4,5,6}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

^{2,7}Magister Teknik Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta

E-mail: ^{*1}sukma@amikom.ac.id, ²kusri@amikom.ac.id, ³uyock@amikom.ac.id,
⁴muliasulistiyono@amikom.ac.id, ⁵majid@amikom.ac.id, ⁶bernadtagger@amikom.ac.id,
⁷elik.muktafin@students.amikom.ac.id

Abstrak

Ruang tertutup merupakan tempat yang memiliki potensi lebih tinggi dalam penyebaran virus COVID-19. Hal ini dikarenakan virus COVID-19 dapat terbawa udara. Ruang tertutup membuat udara semakin lama di ruang tersebut. Terlebih ruang tertutup sangat banyak digunakan untuk beraktivitas seperti rumah, sekolah, mall, kantor, tempat ibadah, dll. Sehingga untuk ruang tertutup harus mendapat perhatian serius untuk dapat menghindari penyebaran virus. AirDisinfeX adalah alat berbasis IoT dengan dilengkapi sinar UVC yang dapat membunuh virus termasuk virus COVID-19. Alat ini dapat dikendalikan dari jarak jauh secara manual atau timer. Sehingga alat bisa diaktifkan terlebih dahulu sebelum ruang tertutup digunakan. Penelitian ini juga menggunakan mikrokontroler ESP32 dalam mendukung pengembangan alat AirDisinfeX berbasis IoT. Hasil penelitian ini dengan akurasi sistem IoT AirDisinfeX sebesar 96,10% dan waktu respon rata-rata 5,32 detik.

Kata Kunci— uvc, covid 19, virus, disinfektan, iot

1. PENDAHULUAN

SARS-CoV-2 adalah virus baru yang ditemukan pada tahun 2019 yang kemudian diberi nama Corona Virus Disease 2019 (Covid-19). Virus ini memiliki kemampuan menginfeksi manusia dan dapat menular dari manusia ke manusia dengan sangat cepat [1]. Sehingga virus ini disebut membuat keadaan menjadi pandemi. Pandemi Covid-19 memiliki dampak yang luar biasa terhadap kehidupan manusia. Segala aspek kehidupan manusia yang terdampak di antara perekonomian, pendidikan, peribadatan, politik, sosial budaya, dll. Pada bidang perekonomian, banyak negara mengalami resesi yang membuat orang semakin sulit mencukupi kehidupannya [2]. Pada bidang pendidikan memiliki dampak sulitnya menyelenggarakan proses pembelajaran secara tatap muka. Pada bidang peribadatan masih dibatasinya jumlah kapasitas tempat ibadah dikarenakan harus menerapkan jaga jarak. Selain itu masih banyak lagi dampak negatif yang ditimbulkan oleh virus Covid-19 ini. Covid-19 adalah virus yang telah ada dan tidak akan pernah hilang. Manusia harus hidup berdampingan dengan virus tersebut. Hal ini membuat perubahan besar terhadap tatanan kehidupan manusia selanjutnya. Pembiasaan baru harus dilakukan di antaranya memakai masker, meminimalisir kontak sentuhan, menjaga jarak, hidup sehat, selalu menjaga kebersihan, dll. Selain merubah kebiasaan juga harus terus ditemukan alat yang dapat membantu mengurangi kecepatan dari penyebaran virus covid-19. Hal ini mengingat dampak yang luar biasa yang ditimbulkan oleh virus tersebut [3]-[5].

Oleh karena itu, berbagai hal dilakukan untuk mencegah penyebaran virus tersebut. Di antaranya dengan melakukan upaya pencegahan penyebaran virus di ruang tertutup. Hal tersebut menjadi sangat penting dikarenakan virus dapat terbawa udara. Sehingga tingkat potensi penyebaran di ruang tertutup lebih tinggi daripada ruang terbuka. Ruang tertutup membuat udara

semakin lama di ruang tersebut. Terlebih ruang tertutup sangat banyak digunakan seperti rumah, sekolah, mall, kantor, tempat ibadah, dll. Sehingga untuk ruang tertutup harus mendapat perhatian serius untuk dapat menghindari penyebaran virus. Ada banyak cara untuk mencegah paparan virus corona penyebab Covid-19. Salah satunya dilengkapi dengan perangkat desinfeksi sinar UVC. Pada penelitian ini dirancang dan dikembangkan alat berbasis IoT dengan dilengkapi sinar UVC yang dapat membunuh virus termasuk virus COVID-19. Alat ini dapat dikendalikan dari jarak jauh secara manual atau timer. Sehingga alat bisa diaktifkan terlebih dahulu sebelum ruang tertutup digunakan [6]-[8].

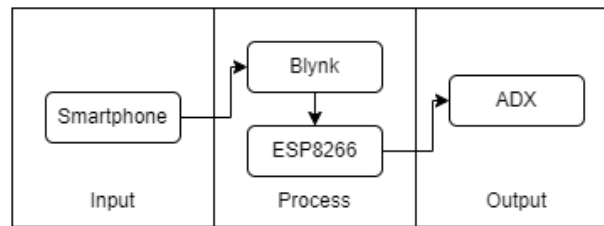
Corona Virus Disease 2019 atau dikenal Covid-19 adalah virus yang pertamakali ditemukan akhir tahun 2019 di Wuhan, China. Virus ini memiliki kemampuan untuk menular yang sangat cepat antar manusia [1]. Hal ini membuat World Health Organization (WHO) sebagai organisasi kesehatan mengumumkan status pandemi pada Maret 2020. Selain angka infeksi yang tinggi virus ini menyebabkan kematian yang cukup tinggi. Covid-19 telah menginfeksi ke banyak negara di dunia. Hal ini membuat pemerintah di setiap negara melakukan segala upaya untuk menekan laju penyebaran virus tersebut. Upaya yang dilakukan di antaranya menerapkan kebijakan lockdown, pembatasan aktivitas di tempat umum, penggunaan masker, work from home (WFH), Pembelajaran dari rumah, dll. Selain penyebaran virus melalui kontak sentuhan, covid-19 juga mampu menyebar melalui udara. Hal ini dikarenakan bentuknya yg kecil dan beratnya yang ringan. Oleh karena itu penanganan intervensi untuk ruang tertutup sangat diperlukan. Hingga saat ini masih banyak yang mencari cara untuk menekan penyebaran virus termasuk di ruang tertutup [10]-[13].

Ultraviolet C (UVC) adalah varian dari Ultraviolet A (UVA) dan Ultraviolet B (UVB). UVC adalah sinar Ultraviolet yang memiliki gelombang energi terpendek. UVC adalah sinar ultraviolet yang dapat menghancurkan bakteri hingga virus sekalipun. UVC adalah jenis sinar ultraviolet yang paling efektif untuk membunuh bakteri dan biasanya digunakan untuk mendisinfeksi permukaan, udara, dan cairan. Metode membunuh patogen seperti virus dan bakteri dengan menghancurkan asam nukleat dan proteinnya. Kerusakan ini mencegah bakteri melakukan proses yang diperlukan untuk kehidupan yang dipentaskan. Columbia University Medical Center telah mempublikasikan hasil penelitian bahwa UVC dapat membunuh 95% virus di udara. Pada penelitian selanjutnya UVC mampu membunuh virus covid-19 hingga 90% [14]-[18].

Internet of Things adalah konsep penyematan teknologi seperti sensor dan perangkat lunak ke dalam objek atau objek yang berkomunikasi dengan perangkat lain sambil tetap terhubung ke Internet. Internet of Things adalah bentuk kolaborasi pengembangan ilmu pengetahuan kecerdasan buatan, teknologi sensor, dan Konektivitas. Sensor adalah alat yang dibuat untuk mampu mendeteksi nilai dari berbagai hal seperti cahaya, gerakan, suhu dan hal lainnya pada lingkungan sekitar. Konektivitas adalah terhubungnya peralatan pada jaringan dan mampu bertukar data. Data yang dikirimkan mampu dibaca dengan baik oleh alat penerima untuk selanjutnya diproses menjadi sebuah keputusan tindakan. Internet of Things telah banyak digunakan untuk membantu kebutuhan dan menata kehidupan manusia. IoT sangat berdampak positif diberbagai bidang seperti bidang kesehatan, transportasi, pertanian, perkantoran, perumahan, dan lingkungan [14], [19]-[23].

2. METODE PENELITIAN

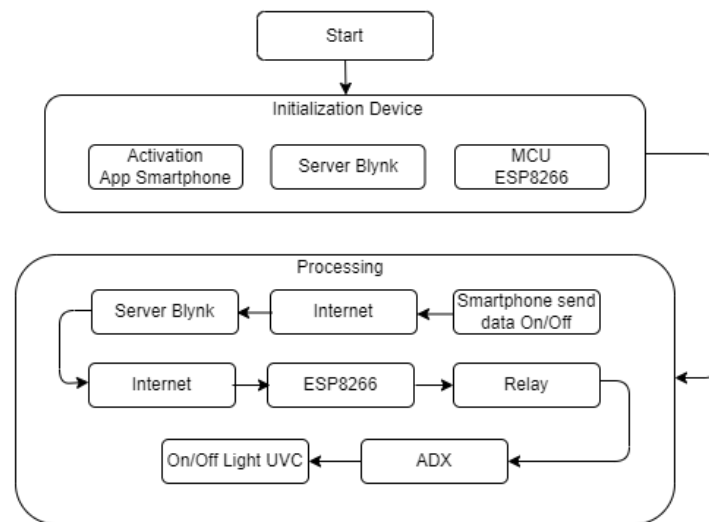
Sistem dirancang menjadi 3 bagian yaitu Input, Prosessing, dan Ouput [5], [24]. Data input menggunakan gadget smartphone yang memiliki koneksi internet dan aplikasi yang telah dikembangkan. Bagian prosessing menggunakan server blynk yang terhubung mikrokontroler node ESP32 [25]-[27]. Bagian output merupakan alat ADX yang menerima data 1 or 0 dengan makna 1 untuk ON dan 0 untuk OFF. Adapun bagan Sistem AirDisinfeX dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan Sistem AirDisinfeX

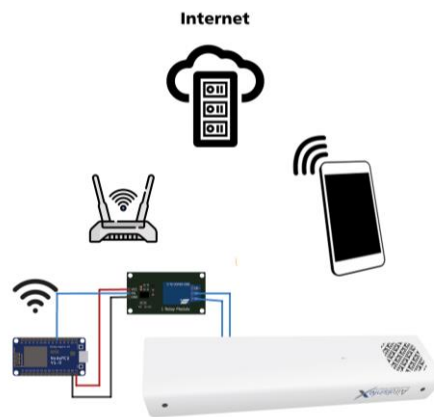
2.1. Alur Penelitian Sistem AirDisinfeX

Adapun alur studi ini dimulai dengan pengembangan alat IoT AirDisinfeX dengan mempersiapkan gadget smartphone, pengaturan server Blynk, dan penanaman code pada mikrokontroler ESP32. Smartphone dipasang aplikasi IoT AirDisinfeX dan sinkronisasi ESP32 ke relay yang diteruskan ke lampu UVC. Adapun flowchart IoT AirDisinfeX dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Alur Penelitian

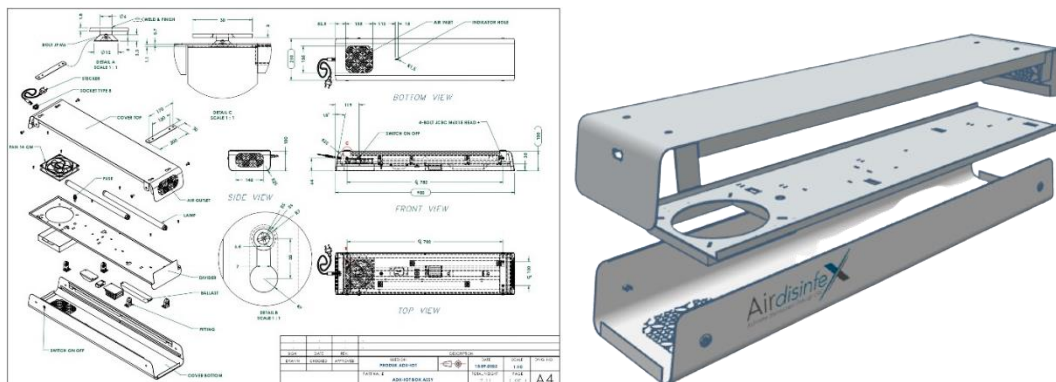
IoT AirDisinfeX membutuhkan koneksi internet sebagai media komunikasi antar peralatannya. Smartphone harus terhubung ke internet untuk mengirimkan data ke server blynk berupa data 1 atau 0. Node ESP32 juga harus terhubung ke internet agar dapat berkomunikasi dengan server blynk untuk menerima data perintah dari pengguna IoT. Selanjutnya sinyal data akan diteruskan ke relay untuk menghidupkan atau mematikan lampu UVC yang ada di dalam kotak. Agar lampu UVC bisa dihidupkan juga dibutuhkan tegangan listrik. Adapun konektivitas sistem AirDisinfeX dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Konektivitas Sistem AirDisinfeX

2.2. Desain Sistem AirDisinfeX

Adapun desain dari kotak lampu UVC dirancang dengan memperhatikan unsur keamanan dalam penggunaan UVC. Hal ini dikarenakan UVC dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata. Sinar UVC dapat memiliki efek yang kurang baik pada kulit. Sinar UVC dalam waktu singkat bisa mengakibatkan reaksi inflamasi seperti iritasi kulit bahkan kemerahan pada kulit. Namun jika UVC digunakan dengan baik dan benar akan memberikan banyak manfaat. Hal ini karena kemampuannya yang dapat membunuh bakteri dan virus. Oleh karena itu kotak lampu dirancang terbuat dari baja yang kuat. Selain itu untuk mendapatkan hasil yang optimal lampu UVC dirancang sepanjang 100cm. Sedangkan panjang keseluruhan dari kotak AirDisinfeX adalah 118cm. Selain itu juga terdapat kipas yang berfungsi memasukkan udara ke dalam kotak agar udara tersebut berjalan melalui lampu UVC. Setelah udara melewati UVC udara akan dikeluarkan kembali dari kotak AirDisinfeX. AirDisinfeX juga membutuhkan tegangan listrik sebesar 75W untuk menyalakan kipas dan lampu UVC. Adapun desain sistem AirDisinfeX dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Desain Sistem AirDisinfeX

Adapun rencana desain dari sistem ADX IoT adalah memiliki kemampuan membersihkan udara $240\text{m}^3/\text{jam}$. Selain itu juga memiliki Light UVC dengan kemampuan 254 nm. Hal ini membutuhkan power sebesar 75W untuk menggerakkan kipas dan menghidupkan light UVC. Agar light UVC aman dalam penggunaannya kotak dibuat dari baja. Selanjutnya konektivitas selain dengan manual juga bisa menggunakan RF 433Mhz atau wireless 2.4 GHz. Adapun spesifikasi sistem AirDisinfeX dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem AirDisinfeX

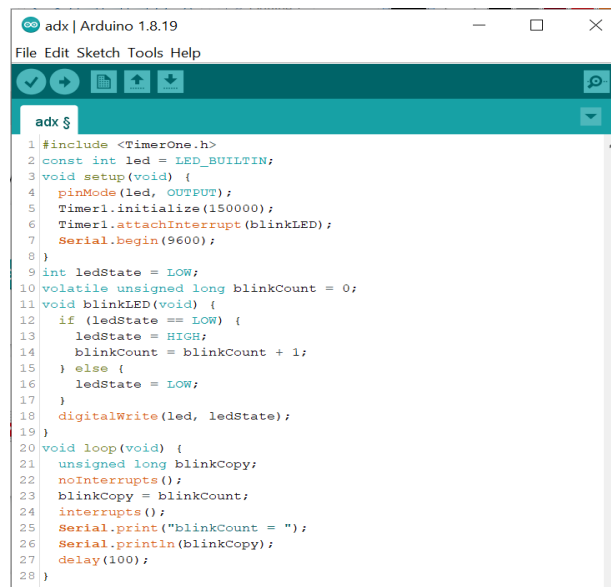
Specification	Value
Capacity	240 m ³ / hour
Light UVC	254 nm
Voltage	200-300 Volt
Frequency	50/60 Hz
Power	75 W
Material	Steel
Connection	RF 433 Mhz Wireless 2.4 GHz

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

AirDisinfeX menggunakan teknologi sinar UV-C yang memiliki sifat germicidal yang mana dapat melumpuhkan bakteri dan virus di udara dalam hitungan detik. AirDisinfeX dapat menghadirkan sistem pembersihan udara yang modern, aman dan efektif, menjaga dari potensi resiko penularan patogen berbasis aerosol. Udara ditarik masuk dan diolah menggunakan sinar UV-C intensitas tinggi untuk melumpuhkan bakteri dan virus, kemudian dihembuskan kembali ke ruangan untuk meningkatkan higienitas udara dalam mendukung lingkungan yang lebih sehat.

3.1. Coding Sistem AirDisinfeX

Tahap selanjutnya adalah menyiapkan coding untuk ditanam ke mikrokontroler ESP32. Coding dilakukan pada editor Arduino IDE. Adapun desain sistem AirDisinfeX dapat dilihat pada gambar 5.



```

1 #include <TimerOne.h>
2 const int led = LED_BUILTIN;
3 void setup(void) {
4   pinMode(led, OUTPUT);
5   Timer1.initialize(150000);
6   Timer1.attachInterrupt(blinkLED);
7   Serial.begin(9600);
8 }
9 int ledState = LOW;
10 volatile unsigned long blinkCount = 0;
11 void blinkLED(void) {
12   if (ledState == LOW) {
13     ledState = HIGH;
14     blinkCount = blinkCount + 1;
15   } else {
16     ledState = LOW;
17   }
18   digitalWrite(led, ledState);
19 }
20 void loop(void) {
21   unsigned long blinkCopy;
22   noInterrupts();
23   blinkCopy = blinkCount;
24   interrupts();
25   Serial.print("BlinkCount = ");
26   Serial.println(blinkCopy);
27   delay(100);
28 }

```

Gambar 5. Coding Sistem AirDisinfeX

3.2. Implementasi Sistem AirDisinfeX

Desain AirDisinfeX cocok diimplementasikan di rumah, kantor dan tempat lainnya. Dilengkapi kipas dengan daya hisap tinggi yang bekerja pada desibel rendah. Hal ini membuat AirDisinfeX bekerja dengan efektif tanpa menimbulkan suara yang mengganggu. AirDisinfeX dilengkapi dengan sistem pintar berbasis IOT, pengguna dapat menghidupkan dan mematikan perangkat dengan mudah menggunakan Tombol Manual, Remote RF, dan Aplikasi Smartphone. Hadirnya teknologi IoT pada AirDisinfeX memudahkan pengguna untuk melakukan penjadwalan otomatis dan kontrol jarak jauh semudah mengoperasikan gadget. Udara yang bersih bebas dari virus dan bakteri, dapat meningkatkan kesehatan. Adapun implementasi sistem AirDisinfeX dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Implementasi Sistem AirDisinfeX

4. KESIMPULAN

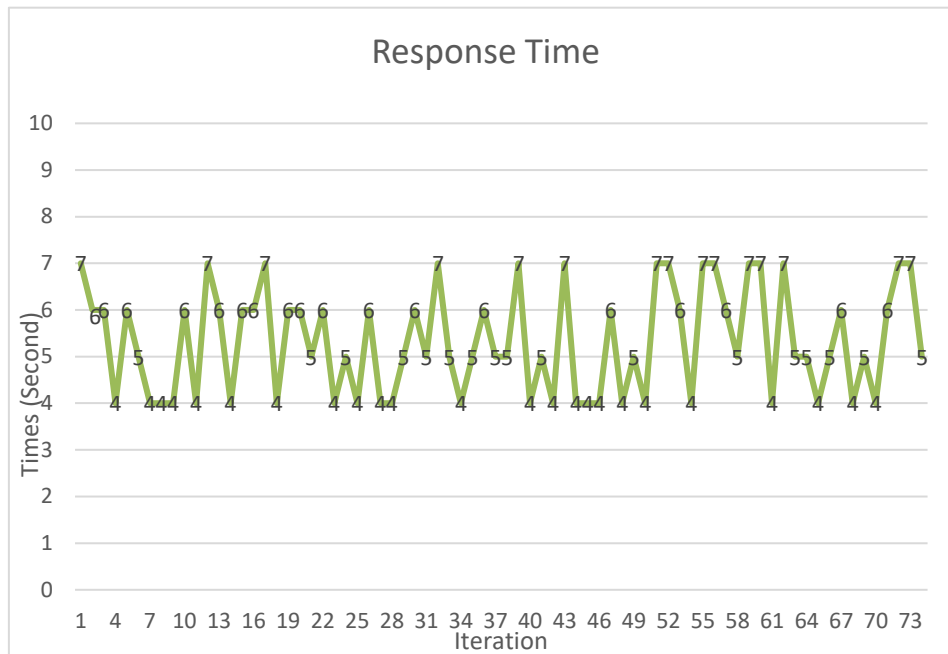
Sebagai tahap evaluasi pada studi ini dilakukan pengujian akurasi fungsionalitas pada sistem IoT AirDisinfeX. Pengujian dilakukan sebanyak 80 kali menekan tombol On dan 80 kali menekan tombol Off pada perangkat smartphone. Adapun hasil dari pengujian ini sebanyak 74 kali terjadi kesesuaian antara sistem aplikasi smartphone dengan IoT AirDisinfeX System. Sedangkan terjadi ketidaksesuaian sebanyak 6 kali. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Sistem AirDisinfeX

Actual of Gadget	Actual of ADX System	
	On	Off
On	74	6
Off	0	74

$$Akurasi = \frac{74+74}{74+74+0+6} = 96,10\%$$

Selanjutnya, dilakukan uji waktu respon dari sistem IoT AirDisinfeX. Hal ini untuk mengetahui kecepatan respon dan kelayakan sistem. Data diambil dari 74 pengujian yang berhasil ditanggapi oleh sistem IoT AirDisinfeX. Hasilnya sistem AirDisinfeX memiliki waktu respon rata-rata 5,32 detik. Hasil grafik response time dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil Uji Waktu Respon Sistem AirDisinfeX

Adapun kesimpulan dari studi ini adalah sistem IoT AirDisinfeX dapat digunakan dengan baik. Hasil Uji fungsionalitas menghasilkan akurasi sebesar 96,10%. Sedangkan hasil uji waktu respon memiliki rerata sebesar 5,32 detik. Sebagai saran untuk selanjutnya dapat dibangun sistem IoT dengan mikrokontroler dan komponen yang dapat meningkatkan akurasi fungsionalitas dan waktu respon.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Yang, W. Wang, F. Li, and D. Yang, "An IoT-Based COVID-19 Prevention and Control System for Enclosed Spaces," *Futur. Internet*, vol. 14, no. 2, 2022, doi: 10.3390/fi14020040.
- [2] I. M. A. Agastya, "A Covid-19 Positive Case Prediction and People Movement Restriction Classification," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 8, pp. 234–245, 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.0130828.
- [3] L. Kartikawati, I. Nabawi, V. Rahayu, Kusri, D. Ariatmanto, and F. Ernawan, "Physical Distancing System Using Computer Vision," *3rd Int. Conf. Cybern. Intell. Syst. ICORIS 2021*, 2021, doi: 10.1109/ICORIS52787.2021.9649548.
- [4] Mashoedah *et al.*, "IoT Enabled Ventilator Monitoring System for Covid-19 Patients," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2111, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2111/1/012035.
- [5] M. I. Abdullah, L. Raya, M. A. A. Norazman, and U. Supriyadi, "Covid-19 Patient Health Monitoring System Using IoT," *2022 IEEE 13th Control Syst. Grad. Res. Colloquium, ICSGRC 2022 - Conf. Proc.*, no. July, pp. 155–158, 2022, doi: 10.1109/ICSGRC55096.2022.9845162.
- [6] M. P. Sathyaseelan, M. K. Chakravarthi, A. P. Sathyaseelan, and S. Sudipta, "IoT based

- COVID De-Escalation System using Bluetooth Low Level Energy,” *Proc. 6th Int. Conf. Inven. Comput. Technol. ICICT 2021*, pp. 174–177, Jan. 2021, doi: 10.1109/ICICT50816.2021.9358718.
- [7] I. P. Roy, M. Rahman, M. Hasan, and M. S. Hossain, “IoT-based COVID-19 Suspect Smart Entrance Monitoring System,” *Proc. 5th Int. Conf. I-SMAC (IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud), I-SMAC 2021*, pp. 11–19, 2021, doi: 10.1109/I-SMAC52330.2021.9641016.
- [8] D. Mazumder, “A novel approach to IoT based health status monitoring of COVID-19 patient,” *2021 Int. Conf. Sci. Contemp. Technol. ICSCT 2021*, 2021, doi: 10.1109/ICSCT53883.2021.9642608.
- [9] L. Tawalbeh, F. Muheidat, M. Tawalbeh, M. Quwaider, and G. Saldamli, “Predicting and Preventing Cyber Attacks during COVID-19 Time Using Data Analysis and Proposed Secure IoT layered Model,” *2020 4th Int. Conf. Multimed. Comput. Netw. Appl. MCNA 2020*, pp. 113–118, Oct. 2020, doi: 10.1109/MCNA50957.2020.9264301.
- [10] N. Bin Kamarozaman and A. H. Awang, “IOT COVID-19 Portable Health Monitoring System Using Raspberry Pi, Node-Red and ThingSpeak,” *IEEE Symp. Wirel. Technol. Appl. ISWTA*, vol. 2021-August, pp. 107–112, 2021, doi: 10.1109/ISWTA52208.2021.9587444.
- [11] J. E. Nalavade, “Digital Screening Tool to detect Covid-19 infected People,” *2021 Int. Conf. Comput. Commun. Informatics, ICCCI 2021*, vol. 2021-January, Jan. 2021, doi: 10.1109/ICCCI50826.2021.9457003.
- [12] K. V. Sahukara, M. B. Ammisetty, G. S. K. G. Devi, S. Prathyusha, and T. S. Nikhita, “COVID-SAFE: IoT Based Health Monitoring System using RFID in Pandemic Life,” *2021 IEEE Int. Conf. RFID Technol. Appl. RFID-TA 2021*, pp. 203–206, 2021, doi: 10.1109/RFID-TA53372.2021.9617312.
- [13] M. Rahardi, A. Aminuddin, F. F. Abdulloh, and R. A. Nugroho, “Sentiment Analysis of Covid-19 Vaccination using Support Vector Machine in Indonesia,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 6, p. 2022, 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.0130665.
- [14] R. L. Patrao, C. S. Da Silva, G. P. C. P. Da Luz, F. L. De Caldas Filho, F. L. L. De Mendonca, and R. T. De Sousa, “Technological Solution Development during the COVID-19 Pandemic: A Case Study in an IoT Lab,” *2020 IEEE Glob. Conf. Artif. Intell. Internet Things, GCAIoT 2020*, 2020, doi: 10.1109/GCAIoT51063.2020.9345864.
- [15] Akshat, V. Nanda, A. Singhal, and S. K. Jindal, “AT89S52-Microcontroller Based Elevator with UV-C disinfection to prevent the transmission of COVID-19,” *Proc. - 2020 Int. Conf. Interdiscip. Cyber Phys. Syst. ICPS 2020*, pp. 25–30, 2020, doi: 10.1109/ICPS51508.2020.00011.
- [16] J. Wyeth, “Infection prevention and control,” *Dev. Pract. Nurs. Ski. Found. Nurs. Healthc. Students*, pp. 561–632, 2022, doi: 10.4324/9781003020660-12.
- [17] A. Rai, C. Shylaja, T. Singh, and S. Trivedi, “Design and Development of Ultra-Violet Light Disinfectant Robot,” *2021 9th Int. Conf. Reliab. Infocom Technol. Optim. (Trends Futur. Dir. ICRITO 2021*, pp. 1–5, 2021, doi: 10.1109/ICRITO51393.2021.9596288.
- [18] C. McGinn, E. Bourke, and M. F. Cullinan, “An IoT Approach for Monitoring UV Disinfection Robots,” *Conf. Proc. - IEEE Int. Conf. Syst. Man Cybern.*, pp. 3056–3060, 2021, doi: 10.1109/SMC52423.2021.9659310.
- [19] K. Kommuri and V. R. Kolluru, “Real time implementation and comparison of ESP32 vs. MSP430F2618 QoS characteristics for embedded and IoT applications,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 11, no. 9, pp. 196–202, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110923.
- [20] E. H. Muktafin, K. Kusriani, and E. T. Luthfi, “Analisis Sistem Kendali Robot USMAN untuk Sterilisasi Lantai Masjid dengan Algoritma Proportional Integral Derivative,” *J. Eksplora Inform.*, vol. 10, no. 2, pp. 80–91, 2021, doi: 10.30864/eksplora.v10i2.468.
- [21] A. Gormantara, J. G. P. Negara, and Suyoto, “Smart Kost: A Proposed New Normal Boarding House Controlling and Monitoring System in Industry 4.0 Era,” *2020 3rd Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICOIACT 2020*, pp. 257–261, 2020, doi: 10.1109/ICOIACT50329.2020.9331971.
- [22] N. Pathak, P. K. Deb, A. Mukherjee, and S. Misra, “IoT-to-the-Rescue: A Survey of IoT

- Solutions for COVID-19-Like Pandemics,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 17, pp. 13145–13164, Sep. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2021.3082838.
- [23] K. Baskaran, P. Baskaran, V. Rajaram, and N. Kumaratharan, “IoT based COVID preventive system for work environment,” *Proc. 4th Int. Conf. IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud, ISMAC 2020*, pp. 65–71, Oct. 2020, doi: 10.1109/I-SMAC49090.2020.9243471.
- [24] M. Rahardi, F. F. Abdulloh, and W. S. Putra, “A Blind Robust Image Watermarking on Selected DCT Coefficients for Copyright Protection,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 7, pp. 719–726, 2022.
- [25] R. S. Kharisma and A. Setiyansah, “Fire early warning system using fire sensors, microcontroller, and SMS gateway,” *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 3, pp. 165–169, 2021, doi: 10.18196/jrc.2372.
- [26] H. R. Iskandar, S. Sambasri, D. I. Saputra, N. Heryana, A. Purwadi, and Marsudiono, “IoT Application for On-line Monitoring of 1 kWp Photovoltaic System Based on NodeMCU ESP32 and Android Application,” *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, Oct. 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011154.
- [27] R. Lakshmi Devi, G. Saravanan, K. Sangeetha, S. Pavithra, and S. Thiyagarajan, “Smart Train Accident Detection and Prevention System Using Iot Technology,” *2021 Int. Conf. Syst. Comput. Autom. Networking, ICSCAN 2021*, Jul. 2021, doi: 10.1109/ICSCAN53069.2021.9526413.