

RANCANG BANGUN ULTRAVIOLET STERILIZER BERBASIS MOBILE ROBOT

Mulyanto¹⁾, Achmad Fanany Onnylita Gaffar¹⁾, Supriadi¹⁾, Arief Bramanto Wicaksono Putra¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda

ABSTRACT

Ultraviolet (UV) sterilization technology used to help reduce micro-organisms that may be left behind after standards emerge to a minimum. Our research team developed a mobile robot-based ultraviolet (UV) sterilizer for room sterilization. The UV mobile robot has a pair of 40 watt UVC lamps and a pair of 25 watt UVC light gun with a wavelength of 254 nm. The two pairs of lamps are mounted on the lamp upper frame covering 360° direction. The mobile robot is equipped with omni-wheel and 4WD control to explore the entire field efficiently and effectively to find the spot to be sterilized, remotely controlled using a smartphone by applying IOT technology. The measurement results using the ATP bacteriometer show that the sterilization activity function has been successfully carried out.

Keywords: covid, UVC, sterilizer, mobile robot

1. PENDAHULUAN

Covid-19 merupakan penyakit yang menyerang saluran pernapasan dan disebabkan oleh virus SARS-CoV-2. Sejak Covid-19 pertama kali dilaporkan oleh WHO di Wuhan China pada akhir Desember 2019, saat ini telah menyebar ke lebih dari 180 negara termasuk Indonesia. Semua negara berupaya mempersempit penyebaran virus Covid-19 yang ditransmisikan antar manusia melalui droplet dari hidung atau mulut [1]. Covid-19 akan inaktif jika terkena sinar ultraviolet (UV) dan suhu tinggi serta disinfektan yang bersifat lipofil (larut lemak) [2].

Meskipun sinar matahari mengandung jenis sinar UV, jenis ini tidak terlalu efektif membunuh virus. Jenis yang paling efektif untuk menghancurkan virus adalah sinar UVC (sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 200 – 280 nanometer). Sebagian besar sinar UVC tidak pernah sampai ke permukaan bumi, karena diserap oleh lapisan ozon. Akibatnya, lampu UVC buatan manusia lebih efektif membunuh virus daripada sinar matahari [3].

Menurut satu penelitian yang diterbitkan dalam *American Journal of Infection Control* (AJIC), sinar UVC menonaktifkan sejumlah besar COVID-19 dalam kultur cair dalam sembilan menit. Sebuah studi terpisah menemukan bahwa sinar UVC membunuh virus di permukaan laboratorium sebesar 99,7% dalam waktu setengah menit. Penelitian ini menggunakan jenis sinar UVC yang disebut “far-UVC”, yang memiliki panjang gelombang antara 207 dan 222 nanometer [3].

ASHRAE merekomendasikan ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) sebagai salah satu strategi untuk mengatasi penularan penyakit COVID-19 [4]. UVGI adalah metode desinfeksi yang menggunakan sinar ultraviolet gelombang pendek (ultraviolet kelas C atau UV-C) untuk membunuh atau menonaktifkan mikroorganisme (bakteri, jamur, dan virus) dengan menghancurkan asam nukleat dan mengganggu DNA mikroorganisme, dan membuatnya tidak dapat melakukan fungsi seluler vital [5]. Namun, menerapkan sinar UVC bisa berbahaya karena bisa menembus kulit dan mata manusia, yang menyebabkan kanker kulit dan katarak [6]. Karena efek perusakan ini, maka perangkat disinfektan apa pun yang menggunakannya harus dirancang untuk beroperasi saat tidak ada orang di dalam ruangan.

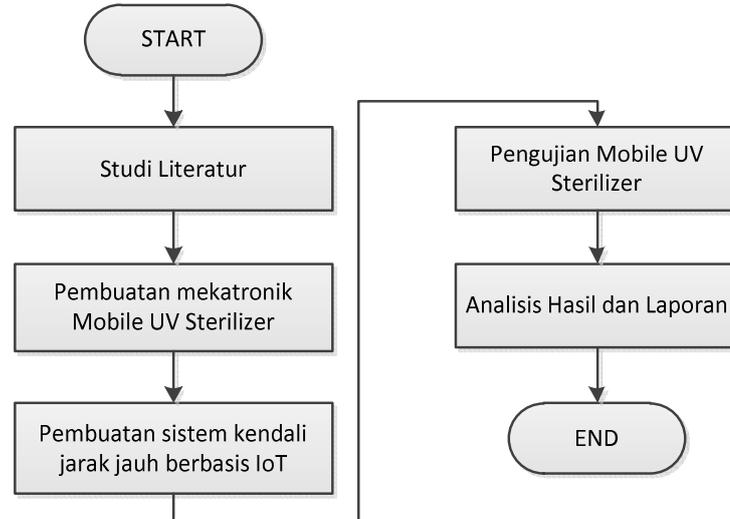
Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur membentuk Satuan Petugas Darurat Covid-19 khusus wilayah Provinsi Kalimantan Timur melalui Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur No. 433/K.237/2020 tentang Pembentukan Gugus Tugas Percepatan Penanganan Corona Virus Disease 2019. Sampai dengan penelitian ini dilakukan, perkembangan penyebaran Covid-19 di Kalimantan Timur tergolong sangat signifikan, terutama Kota Samarinda, sehingga dikawatirkan akan menjadi episentrum baru.

Gugus Tugas Penanganan Covid-19 telah berusaha keras melakukan berbagai tindakan pencegahan dan penanganan. Selain menjaga kontinuitas dan memperkuat tindak pencegahan dan penanganan yang telah dilakukan, perlu juga dipertimbangkan langkah-langkah cerdas yang melibatkan penggunaan teknologi terapan, khususnya untuk aktivitas sanitasi dan sterilisasi. Penelitian ini bertujuan memberikan kontribusi dalam perang melawan penyebaran Covid-19.

¹ Korespondensi penulis: Mulyanto, Telp 082158874786, mulyanto@polnes.ac.id

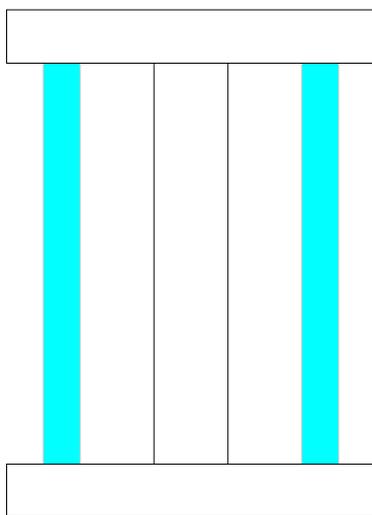
2. METODE PENELITIAN

Secara umum, metode penelitian diwujudkan dalam tahap-tahap penelitian yang ditunjukkan dalam Error! Reference source not found..

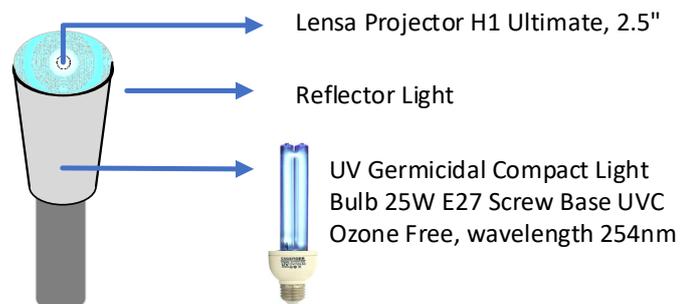


Gambar 1. Metode Penelitian

Mobile robot ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu: (a) *main drive*, (b) frame lampu, dan (c) *UV light gun*. *Main drive* adalah bagian penggerak utama mobil robot yang sekaligus sebagai tempat penyimpanan daya baterai, inverter, dan mikro prosesor. Frame lampu adalah frame yang menopang sepasang lampu UV dan sepasang *UV light gun*. Sedangkan *UV light gun* menggunakan *germicidal UV light bulb* yang dipasang pada *reflector light* dan pancaran cahayanya diperkuat dengan menggunakan lensa proyektor. Bagian-bagian dimaksud ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.

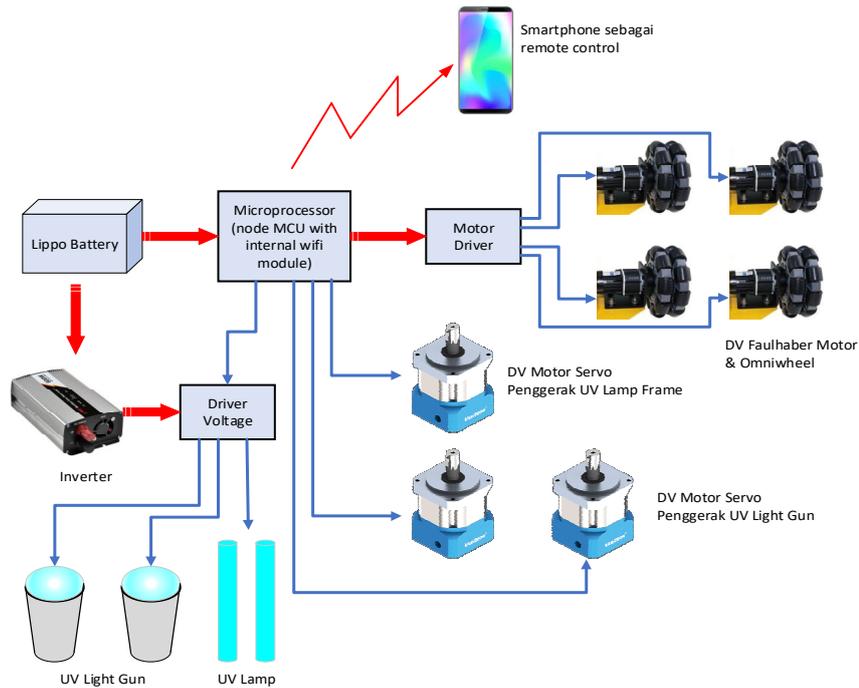


Gambar 2. Frame lampu UV

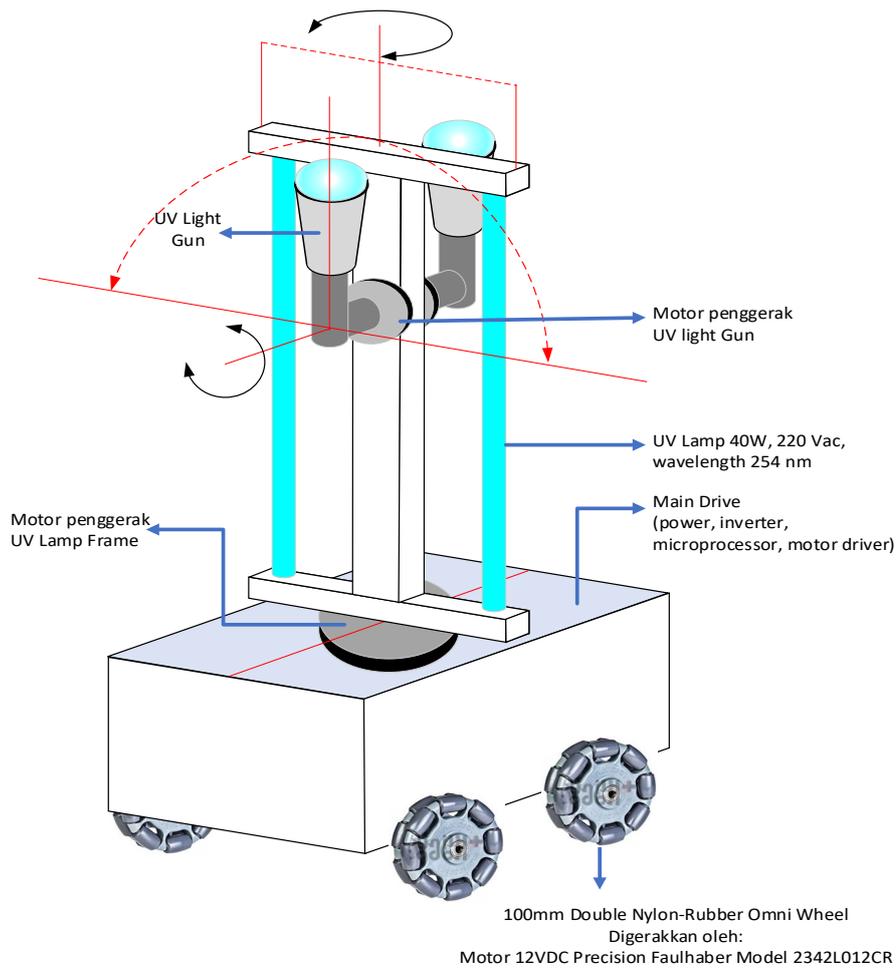


Gambar 3. UV Light Gun

Rancangan mobile UV sterilizer ditunjukkan dalam Gambar 4 dan 5. Piranti ini bergerak secara mobile dengan kendali jarak jauh berbasis IoT (*Internet of Things*) menggunakan media komunikasi WiFi via *smartphone*. Alat ini dapat bergerak secara bebas untuk mengeksplorasi semua medan datar. Desain seperti demikian dimaksudkan agar dapat mengeksplorasi seluruh area, terutama pada bagian *indoor*. Mobile robot ini memanfaatkan cahaya UV kelas C yang tergolong sebagai UVGI.



Gambar 4. Rancangan main drive



Gambar 5. rancangan prototype Mobile UV Sterilizer

Beberapa spesifikasi dari mobile robot ini adalah sebagai berikut:

- 1). Frame lampu UV, menggunakan UV lamp kelas UVGI wavelength 254 nm, 40 Watt, intensity: $135 \mu W/cm^2$. Bagian ini bergerak secara rotasional horisontal pada arah *clock-wise* dan *counter clock-wise* secara bergantian dengan durasi tertentu. Jarak jangkauan pancaran lampu UV maksimum 5m. Dengan sepasang UV lamp yang bergerak secara rotasional 360° maka diperkirakan lebih dari 10 meter area horisontal yang mampu disterilisasi.
- 2). UV Light Gun, menggunakan UV light bulb kelas UVGI wavelength 254 nm, , 25 Watt, intensity: $85 \mu W/cm^2$ yang diperkuat dengan *reflector light* dan *high ultimate projector lens*. Bagian ini bergerak secara rotasional vertikal pada arah *clock-wise* dan *counter clock-wise* secara bergantian dengan durasi tertentu. Jarak jangkauan pancaran UV light bulb maksimum 1.2m. Dengan *reflector light* dan *high ultimate projector lens* maka diperkirakan jarak jangkauan pancaran hingga mencapai lebih dari 5m. Dengan sepasang UV light gun yang bergerak rotasional 180° secara berlawanan maka diperkirakan lebih dari 10 meter area vertikal yang mampu disterilisasi.
- 3). Mobile robot yang dilengkapi dengan *omni-wheel* dan kendali 4WD direncanakan akan mampu mengeksplorasi seluruh medan rata secara efisien dan efektif untuk menemukan spot yang akan disterilisasi.
- 4). Mobile robot dikendalikan jarak jauh (*remote control*) menggunakan smartphone dengan menerapkan teknologi IOT via komunikasi wifi. Jarak jangkauan antara mobile robot dan operator adalah maksimum 20 meter. Ini dimaksudkan untuk menjamin keamanan operator selama mengoperasikan mobil robot, mengingat resiko pancaran UVGI terhadap makhluk hidup.

Dalam aktivitas desinfeksi udara dan permukaan, efektivitas UV diperkirakan dengan menghitung dosis UV yang akan dikirim ke populasi mikroba. Dosis UV dihitung sebagai berikut:

$$UV_{dose}(\mu W \cdot sec/cm^2) = UV_{intensity}(\mu W/cm^2) \times exposure\ time(sec) \quad (1)$$

Dosis, intensitas cahaya UV dan waktu pemaparan, biasanya diukur dalam microjoule per sentimeter persegi, atau setara dengan mikrowatt detik per sentimeter persegi ($\mu W \cdot sec/cm^2$). Dosis untuk 90% membunuh sebagian besar bakteri dan virus berkisar antara 2000–8000 $\mu W \cdot sec/cm^2$ (*United States Environmental Protection Agency*). Jika ditetapkan dosis UV adalah 8000 $\mu W \cdot sec/cm^2$, maka waktu pemaparan yang diperlukan untuk UV lamp 40 Watt, $135 \mu W/cm^2$ intensity adalah:

$$exposure\ time(sec) = \frac{UV_{dose}(\mu W \cdot sec/cm^2)}{UV_{intensity}(\mu W/cm^2)} = \frac{8000}{135} = 59.3\ sec \approx 1\ menit$$

Sedangkan untuk UV light bulb 25 Watt, $85 \mu W/cm^2$ intensity adalah:

$$exposure\ time(sec) = \frac{UV_{dose}(\mu W \cdot sec/cm^2)}{UV_{intensity}(\mu W/cm^2)} = \frac{8000}{85} = 94.12\ sec \approx 1.5\ menit$$

Formula di atas dihitung dengan estimasi intensitas UV efektif pada jarak maksimum 1 m. Sedangkan intensitas UV akan berkurang 80% per 1 m jarak dari sumber UV secara kumulatif. Intensitas UV berdasarkan jarak jangkauan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$UV_{intensity}(i+1) = UV_{intensity}(i) * 0.8|_{i=1...m} \quad (2)$$

dimana i adalah jarak pancaran UV terhadap sumber UV, dan m adalah jarak maksimum.

Dengan estimasi maksimum area yang akan disterilisasi adalah 10 m, maka jarak maksimum pancaran terhadap sumber UV adalah 5 m, dengan intensitas UV adalah:

$$UV_{intensity}(UV\ 40Watt) = UV_{intensity}(i) * 0.8|_{i=1...5} = 55.3\ \mu W/cm^2$$

$$UV_{intensity}(UV\ 25Watt) = UV_{intensity}(i) * 0.8|_{i=1...5} = 34.8\ \mu W/cm^2$$

Perhitungan waktu pemaparan UV menjadi sebagai berikut:

$$exposure\ time(sec) = \frac{UV_{dose}(\mu W \cdot sec/cm^2)}{UV_{intensity}(\mu W/cm^2)} = \frac{8000}{55.3} = 144.67\ sec \approx 2.5\ menit$$

$$exposure\ time(sec) = \frac{UV_{dose}(\mu W \cdot sec/cm^2)}{UV_{intensity}(\mu W/cm^2)} = \frac{8000}{34.8} = 229.89\ sec \approx 4\ menit$$

Untuk memastikan mobile robot UV bekerja secara efektif dan efisien maka waktu pengoperasian sterilisasi dilakukan selama minimal 5 menit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mobile UV Sterilizer dibuat di laboratorium Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Samarinda. Laboratorium dimaksud telah dilengkapi dengan sarana dan prasana perakitan dan pengujian seperti CNC, dan

perangkat-perangkat lain yang diperlukan untuk menunjang aktivitas perakitan robot. Tahap-tahap pembuatan terkait langsung dengan bagian-bagian besar mobile robot UV, yaitu: 1) pemenuhan dan pengadaan kebutuhan perangkat dan komponen yang diperlukan; 2) pengadaan kebutuhan APD selama proses pembuatan; 3) pengadaan kebutuhan alat uji fungsi sterilisasi; 4) pembuatan mekatronik robot (*main drive*, frame lampu, *UV light gun*); 5) pembuatan sistem kendali jarak jauh berbasis IOT via wifi; 6) integrasi seluruh bagian mobile UV robot. Gambar 6 menunjukkan prototype mobile UV sterilizer yang dikerjakan.



Gambar 6. Prototype Mobile UV Sterilizer

Uji operasi dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut: 1) pengujian fungsi mekatronik robot (*main drive*); 2) pengujian sistem kendali jarak jauh berbasis IoT via wifi; 3) pengujian modul frame lampu UV dan *UV Light Gun*; dan 4) pengujian secara interintegrasi. Khusus untuk pengujian modul frame lampu UV dan *UV Light Gun*, serta pengujian terintegrasi dilakukan di ruang khusus dengan menggunakan APD.

Untuk memastikan fungsi aktivitas sterilisasi digunakan alat ukur berupa ATP bacteriameter. Alat ini berbasis sistem ATP, menggunakan unit cahaya relatif (*Relative Light Units/RLU*) sebagai satuan ukuran untuk Adenosin TriPhosphate (ATP). Meskipun rasio RLU ke ATP bervariasi per produsen, semakin besar ATP, semakin tinggi RLU. Skor batas untuk skor RLU yang dapat diterima atau tidak dapat diterima disebut ambang, atau batas. Batasan RLU memungkinkan pengguna untuk mengkategorikan hasil tes RLU sebagai Lulus (*Pass*), Perhatian (*Caution*), atau Gagal (*Fail*). Pada ATP bacteriameter, Lulus (*Pass*) ditunjukkan dengan tanda centang dan berarti permukaan telah dibersihkan dengan benar dan aman, Perhatian (*Caution*) ditunjukkan oleh tanda seru. Hasil pengukuran ini mengindikasikan dapat dibersihkan dan diuji ulang, atau dipantau untuk masalah di masa mendatang, dan Gagal (*Fail*) ditunjukkan oleh X dan harus dibersihkan dan diuji ulang hingga mencapai skor *Caution* atau *Pass*. Hasil pengukuran menggunakan ATP bacteriameter menunjukkan fungsi aktivitas sterilisasi berhasil dilakukan

4. KESIMPULAN

Telah dirancang bangun sebuah alat ultraviolet sterilizer berbasis mobile robot yang dikendalikan menggunakan smartphone. Alat ini terdiri dari *main drive* sebagai bagian penggerak utama mobil robot, frame lampu, dan *UV light gun*. Robot sterilizer dimaksudkan untuk melengkapi pembersihan rutin (manual) dan bukan untuk menggantikannya. Pengembangan teknis lebih lanjut dan uji klinis diperlukan untuk mengatasi keterbatasan saat ini dan menemukan cara untuk mengintegrasikan teknologi baru ini di masa kini dan masa yang akan datang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization, "Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations". 27 March 2020. [online]. Tersedia : <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>.
- [2] Y. Chen, Q. Liu, and D. Guo, "Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis," *J. Med. Virol.*, vol. 92, no. 4, pp. 418–423, October 2020.
- [3] C. S. Heilingloh, U. W. Aufderhorst, L. Schipper, M. Alt, E. Steinmann, and A. Krawczyk, "Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation," *Am. J. Infect. Control*, vol. 48, no. 10, pp. 1273–1275, October 2020.

- [4] ASHRAE, “ASHRAE Resources Available to Address COVID-19 Concerns,” *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, March 2020.
- [5] I. T. Kurniawan and W. Adiprawita, “A Method of Ultraviolet-C Surface Irradiation Simulation and Evaluation,” in *2021 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, pp. 1–5, , 3-7, 29-30 June 2021
- [6] SCHEER, “Health effects of UV - C lamp radiation,” *Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks*, pp. 1–45, 2 February 2017. [online]. Tersedia : https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/scientific_committees/scheer/docs/scheer_o_002.pdf

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada pimpinan institusi Politeknik Negeri Samarinda dan Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang sudah membantu dan membiayai terlaksananya penelitian ini.