

Rancang Bangun Alat Germicidal Pembersih Virus Covid 19 di Udara Dengan Aliran Meander Dan Variasi Laju Udara

Riki Candra Putra^{a,*}, Abdul Rohman^b

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I No.33 RT.007/RW.003 Babakan, Cikokol Kec.Tangerang, Kota Tangerang Banten 15118

^bTeknologi Pendidikan, Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. K.H. Ahmad Dahlan Cirendeu Ciputat, Tangerang Selatan. Kampus B Jl Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta 10510

* rikiumt@gmail.com

Abstract

The pandemic period in Indonesia has ended and now people are given the freedom to socialize more closely, this allows the spread of the Covid 19 virus to become even more widespread even though people have been given vaccines. The spread of the Covid-19 virus and other microorganisms in the air needs to be controlled, especially in closed rooms that contain various human activities using UVC lamp germicidal devices. By using a germicidal apparatus with a meander flow system, it is possible for the process of exposure to UVC rays to the virus to be longer in the apparatus so that the viruses die more quickly. With a smaller flow shape in a closed germicidal apparatus, the airflow shape is expected to be more uniform. By using different voltages, namely 6 volts and 12 volts, different airflow speeds are obtained due to the difference in the magnitude of the value between the inlet and outlet fans with the supply voltage from the adapter which results in a difference in rpm between the inlet and outlet fans, namely the air speed at 6 volts it requires 13 times air circulation to get in and out of the tool while at 12 volts it requires 23 times circulation to get the effectiveness of eradicating the virus for 30 seconds. The airflow inside the device is simulated by using colored smoke to make air movement visible under the condition that the acrylic glass is still clear or has not been covered by a layer of stickers. After the device was tested, the box was covered with colored stickers to keep UVC rays from being exposed when the fan and UVC lamp were turned on.

Kata kunci: Pandemic, covid 19, germicidal, UVC lamp, meander flow

Abstrak

Masa pandemi di Indonesia sudah berakhir dan saat ini masyarakat diberikan kebebasan untuk bersosialisasi lebih dekat, hal ini memungkinkan penyebaran virus covid 19 semakin meluas lagi meskipun masyarakat sudah diberikan vaksin. Penyebaran virus covid 19 dan mikroorganisme lainnya di udara perlu dikendalikan terutama pada ruangan tertutup yang berisi berbagai aktivitas manusia dengan menggunakan alat germicidal lampu UVC. Dengan menggunakan alat germicidal dengan sistem aliran meander dimungkinkan proses paparan sinar UVC ke virus menjadi lebih lama di dalam alat sehingga virus menjadi lebih cepat mati. Dengan bentuk aliran yang lebih kecil di dalam alat germicidal yang tertutup, bentuk aliran udara diharapkan menjadi lebih seragam. Dengan menggunakan tegangan yang berbeda yaitu 6 volt dan 12 volt didapat kecepatan aliran udara yang berbeda-beda karena adanya perbedaan besaran nilai antara kipas *inlet* dan *outlet* dengan suplai tegangan dari adaptor yang menghasilkan perbedaan rpm antara kipas *inlet* dan *outlet* yaitu kecepatan udara pada tegangan 6 volt memerlukan 13 kali sirkulasi udara untuk keluar masuk ke dalam alat sedangkan pada tegangan 12 volt memerlukan 23 kali sirkulasi untuk mendapatkan efektivitas pembasmian virus selama 30 detik. Aliran udara di dalam alat disimulasikan dengan menggunakan asap berwarna agar terlihat pergerakan udara dengan kondisi kaca akrilik yang masih bening atau belum tertutup oleh lapisan stiker. Setelah alat diuji, kotak dilapisi stiker berwarna untuk menjaga sinar UVC tidak terpapar keluar saat kipas dan lampu UVC dinyalakan.

Kata kunci: Pandemi, covid 19, germicidal, lampu UVC, aliran meander

1. Pendahuluan

Keberadaan virus covid 19 yang saat di awal tahun 2023 meskipun dinyatakan masih ada di Indonesia namun sudah tidak begitu mempengaruhi pergerakan masyarakat karena pembatasan sosial sudah tidak diperketat lagi, hal ini membuat masyarakat dapat cenderung kembali lagi mengabaikan keberadaan dan penyebaran virus covid 19 dan mikroorganisme lainnya di lingkungan sekitar.

Virus covid 19 dan mikroorganisme yang hidup di sekitar kita apabila tidak dapat dikendalikan dapat mempengaruhi kesehatan manusia apabila tidak rajin menjaga kebersihan dan memakai masker. Mikroorganisme dapat dibasmi, dihambat dan dibunuh dari lingkungan kita dengan proses yang dinamakan sterilisasi sebagai cara untuk dapat mengendalikannya [1]. Bentuk sterilisasi yang dilakukan pada umumnya dengan menyemprot disinfektan ke udara di dalam ruangan, ke benda-benda yang sering disentuh atau dengan melakukan penyinaran dengan lampu UVC. Namun kegiatan sterilisasi tersebut selain kurang efektif juga mengganggu aktivitas manusia karena membuat benda-benda menjadi lengket oleh disinfektan dan penyinaran UVC di dalam ruangan tidak boleh terpapar langsung pada manusia ataupun makhluk hidup piaraan.

Mikroorganisme merupakan makhluk yang dapat hidup di banyak tempat, tidak hanya di ruangan yang terbuka namun juga dapat hidup di ruangan yang tertutup. Kehidupan mikroorganisme di ruangan yang tertutup lebih mudah dikendalikan dibandingkan di ruangan yang terbuka. Apabila udara di dalam ruangan tertutup terdapat banyak mikroorganisme maka akan dapat menimbulkan gangguan kesehatan dan terdapat hubungannya kelembaban udara dengan jumlah mikroorganisme [2]. Keberadaan jumlah mikroorganisme dan virus covid 19 dapat berbeda-beda dalam suatu ruangan, tergantung ukuran volume ruangan dan juga tergantung pada jumlah manusia yang berada di dalam ruangan tersebut karena sudah diteliti bahwa terdapat hubungan antara jumlah pengunjung dengan angka kuman di udara dan juga dipengaruhi oleh aktivitas manusia di dalam dan kebersihan ruangan [3].

Cara mengendalikan kehidupan mikroorganisme atau sterilisasi ruangan dengan baik tanpa mengabaikan risiko keamanan pada makhluk hidup lainnya adalah dengan cara mensterilkan udara di dalam ruangan menggunakan alat germicidal UVC, cara kerjanya dengan cara dengan menghisap udara di ruangan dan memberikan paparan sinar UVC di dalam sebuah kotak tertutup yang tidak transparan, sehingga cahaya UVC tidak bisa terkena langsung dengan benda dan makhluk hidup lainnya disekitarnya dengan hasil yang didapat rata-rata efektifitas pengurangan mikroorganisme sebesar 86.26% selama 60 menit sirkulasi udara pada alat germicidal [4]. Kata germicidal sendiri didefinisikan sebagai proses membunuh makhluk mikroorganisme dan istilah alat germicidal sering mengacu pada alat yang mempunyai lampu ultraviolet dan kipas udara yang digunakan untuk membunuh kuman dan mikroorganisme lainnya.

Fakta-fakta hasil penelitian lain yang dilakukan sudah mengungkapkan bahwa alat germicidal dan *air purifier* yang menggunakan sinar UVC dapat membunuh mikroorganisme lebih efektif sebesar 73% dibandingkan tidak menggunakan sinar UVC [5] dan efektifitasnya dapat mereduksi mikroorganisme di udara mencapai 92.7% untuk jenis bakteri dan 94.1% untuk jenis fungi dengan menggunakan konsumsi daya kipas sebesar 1.736 watt dan lampu ultraviolet sebesar 7.884 watt pada volume ruangan 1 m³ dengan waktu *treatment* selama 45 menit [6].

Berdasarkan penelitian yang sudah ada disebutkan bahwa untuk membunuh virus covid 19 yang berada di udara dapat digunakan alat germicidal yang berupa kotak tertutup dengan memasang lampu UVC di dalam kotak dan menggunakan kipas kecil untuk menghisap udara masuk kedalam kotak berongga dengan aliran udara sepanjang ukuran dimensi kotak [6], dan juga penelitian menggunakan kotak berisi sinar UVC dengan berbagai macam jenis sinar UVC dengan hasil sinar UVC LED (275 nm) mempunyai tingkat efektifitas yang lebih baik dibandingkan UVC 245 nm dan UVC 222 nm selama 10 detik [7].

Teknologi alat germicidal dengan lampu LED UVC sudah sangat berkembang dan digunakan pada berbagai tempat. Berbagai model alat germicidal yang berbeda diterapkan di area kantor, rumah sakit, di dalam kabin pesawat, kamar mandi, ruangan dalam pabrik, dan banyak tempat lainnya. Teknologi germicidal UV saat ini banyak digunakan untuk mensterilkan udara, permukaan benda dan alat pelindung diri seperti masker N95. Bahkan karena sangat pentingnya, ada suatu kantor di Toronto yang menyediakan tempat sterilisasi ultraviolet di area resepsioning untuk mendisinfeksi kunci, telepon, dan perangkat portabel lainnya [8].

Radiasi sinar UV telah banyak dimanfaatkan dan diakui di seluruh dunia sebagai suatu prosedur sterilisasi pada industri farmasi. Tinjauan tentang efektivitas beberapa jenis sinar UV sudah banyak yang meneliti, telah dipaparkan bahwa bakteri atau virus yang menempel di permukaan benda padat atau melayang di udara bisa mati apabila disinari oleh sinar UVC. Sinar yang banyak digunakan adalah sinar UVC dengan panjang gelombang 100-280 nm [6].

Sistem desinfeksi sinar ultraviolet (UV) telah semakin banyak digunakan dalam pengaturan perawatan kesehatan dalam upaya untuk mengurangi penularan patogen *nosokomial* dan mencegah infeksi terkait perawatan kesehatan. Sebagian besar sistem desinfeksi UV menggunakan lampu kuman yang memancarkan radiasi UVC dengan panjang gelombang sekitar 254 nm. Namun diketahui bahwa UVC 254 nm berbahaya bagi kulit dan mata. Laporan sebelumnya menunjukkan bahwa sinar UVC 222-nm, yang termasuk dalam UVC jauh (207- 222 nm), memiliki sifat pembasmi kuman yang sama efektifnya dengan UVC 254 nm [9].

Selama ini pengukuran lama penyinaran udara di dalam kotak tidak diperhitungkan secara detail pada beberapa metode penelitian yang dilakukan menggunakan kotak berongga, udara dengan volume yang sama dengan kotak dapat keluar dengan cepat melalui lubang keluar, kemudian dipelukan metode sirkulasi udara kembali masuk ke dalam kotak untuk disinari ulang, hal ini tidak memperlihatkan efektivitas lama penyinaran dan kondisi udara di dalam kotak apabila di dalam kotak di berikan sekat-sekat agar udara dapat dialirkan dan disinari UVC secara bertahap dan lebih lama.

Untuk itu perlu dilakukan perubahan pada bentuk aliran udara didalam kotak alat germicidal agar bisa dihitung volume aliran udara yang mengalir dengan panjang lintasan udara yang lebih panjang, dengan menggunakan bentuk aliran *meander* yang menjadikan aliran udara di dalam kotak berbelok-belok sehingga potensi durasi paparan sinar di dalam alat menjadi lebih panjang. Aliran tersebut diambil dari kata *meander* karena aliran *meander* merupakan aliran

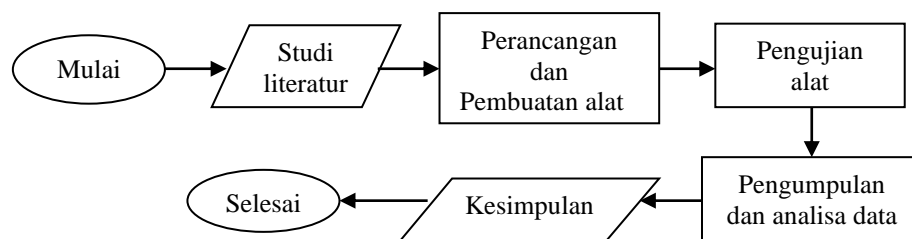
sungai yang berbelok-belok sehingga volume udara yang mengalir dan keluar mempunyai dimensi yang sama dan mengurangi kemungkinan adanya udara yang bergerak lebih lambat karena terjebak di sudut-sudut kotak germicidal. Dan dengan bentuk aliran *meander* ini dapat membuat paparan sinar pada udara di dalam alat germicidal lebih banyak dan lebih efektif meskipun ukuran alat lebih kecil.

Untuk itu dalam penelitian ini akan dibuat suatu alat germicidal dengan lampu UVC yang dapat menjadi contoh simulasi untuk melihat bentuk aliran udara di dalam kotak tertutup dengan tujuan untuk mendapatkan efektivitas sirkulasi udara yang baik dan menghindari terjebaknya udara di sudut-sudut kotak. Manfaat yang dapat diambil adalah semakin cepatnya proses pembasmian mikroorganisme apabila alat digunakan di rumah sakit atau di tempat yang kotor seperti pabrik.

Teknologi pemurnian udara menggunakan alat germicidal dan lampu UVC sangat berkaitan erat dengan sistem HVAC (*Heating, ventilation, and air conditioning*). Sangat banyak penelitian yang mengambil tema tentang alat germicidal lampu UVC, karena menurut Cattai et al [10] adalah kualitas udara dalam ruangan di lingkungan tempat tinggal dan kerja sangat penting bagi kesehatan manusia dan hewan. Risiko penularan melalui udara sangat signifikan terutama di dalam ruangan, karena manusia tetap menjadi salah satu sumber utama bioaerosol.

2. Material dan metode penelitian

Tahapan langkah kerja untuk menyelesaikan permasalahan dalam sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan terstruktur dan sistematis dapat disesuaikan dengan diagram alir metode penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode penelitian ini disusun untuk menunjang metode-metode penelitian yang sudah ada tentang efektivitas lampu UVC dan sistem alat germicidal, studi literatur diperlukan untuk melihat kekurangan-kekurangan pada penelitian-penelitian alat germicidal sebelumnya, dan kebutuhan alat tersebut di tengah-tengah masyarakat.

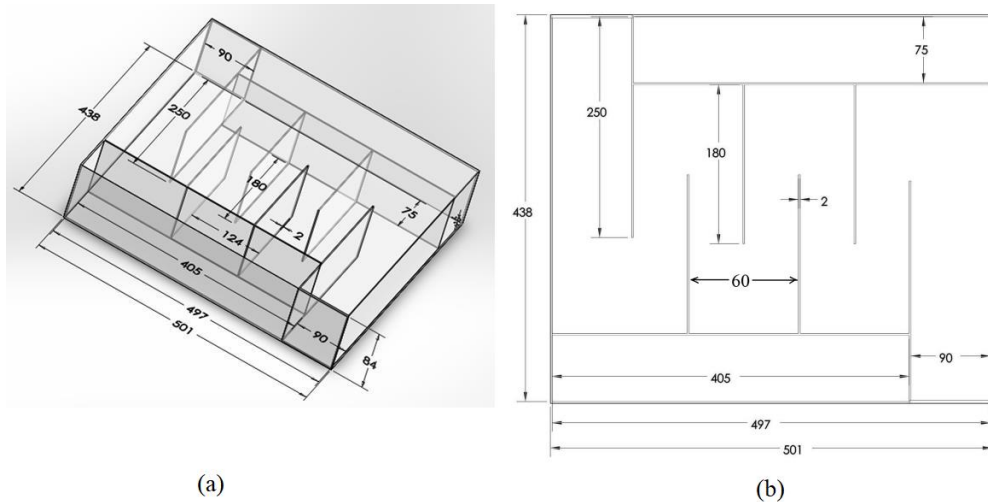
Implementasi dari alat germicidal dengan lampu UVC dibuktikan di negara Mexico dengan dibuatnya desain alat germicidal dengan lampu UVC dengan panjang gelombang 254 nm untuk membunuh virus *SARS-CoV-2* selama masa pandemi. Alat germicidal ini dibuat menggunakan cuk power elektronik konverter sebagai sumber daya utama untuk memberikan energi ke lampu *LED* UVC. Penggunaan konverter ini untuk pengaturan lampur *LED* UVC terbukti bisa menonaktifkan (*deactivate*) jenis virus-virus yang berbeda [11].

Proses pembuatan alat ini dimulai dengan mengukur dimensi alat uji menggunakan meteran dan penggaris untuk dapat mengetahui ukuran alat, panjang aliran dan volume ruang aliran meander. Wujud alat germicidal dengan aliran meander adalah berbentuk kotak tertutup dengan dimensi yang dapat dilihat pada Gambar 2a dan memperlihatkan dari pandangan atas alat dapat dilihat pada Gambar 2b dengan spesifikasi dimensi sebagai berikut:

- Dimensi kotak: P 501 mm x L 438 mm x T 84 mm
- Tebal akrilik: 2 mm
- Lebar ruangan di dalam kotak: 60 mm
- Jumlah sekat sebanyak 6 buah membuat aliran udara berbelok seperti aliran meander

Perancangan kotak tertutup alat germicidal juga pernah dilakukan dengan membuat konveyor mini yang membawa benda-benda ke dalam kotak tertutup untuk disterilisasi dan dapat membunuh virus corona 10 detik untuk barang yang panjangnya 40 cm. Bentuk kotak tertutup ini mirip dengan alat yang sedang diteliti saat ini karena sama-sama mengutamakan keselamatan makhluk hidup sekitar dari pengaruh paparan sinar UVC secara langsung [12].

Prinsip penggunaan alat germicidal tertutup ini adalah untuk kemudahan, keamanan dan kenyamanan. Karena sinar UVC berbahaya apabila terpapar langsung ke tubuh manusia, hewan ataupun tumbuhan, maka beberapa peneliti di Mesir pun juga membuat alat germicidal berupa robot bergerak dan berjalan yang dapat dikendalikan menggunakan remot kontrol [13]. Robot tersebut efektif untuk sebanyak 92% setiap 0.5 meter dari *total bacterial count* (TBC).

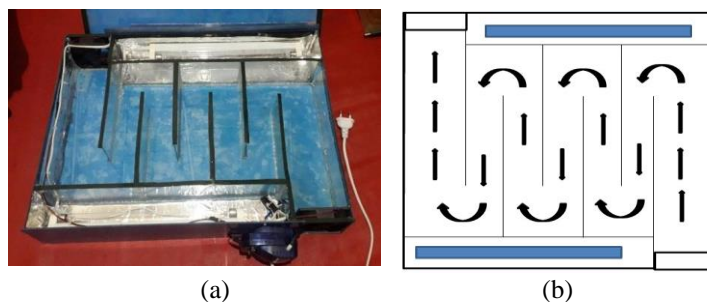


Gambar 2 (a). Ukuran Alat Germicidal Udara, (b). Dimensi alat dari pandangan atas

Peralatan-peralatan yang digunakan di dalam melakukan penelitian ini merupakan bagian-bagian yang dibutuhkan untuk menjadi suatu sistem alat germicidal aliran meander, bagian-bagian tersebut antara lain:

- Lampu UVC 8 watt sebanyak 2 buah
- Kipas diameter 8 cm, sebanyak 2 buah
- Adaptor AC 220 V
- Saklar
- Tachometer
- Multimeter
- Stopwatch
- Meteran / penggaris
- Asap berwarna

Kemudian dilakukan pembuatan alat germicidal dengan mengikuti pola seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2a dan 2b, sehingga hasilnya dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3a yaitu awal pembuatan dan pengujian kotak yang terbuat dari bahan akrilik merupakan benda yang transparan ini tidak diberikan lapisan stiker pelindung cahaya, agar saat pengujian dengan asap berwarna yang kotaknya dalam keadaan tertutup rapat dapat dilihat langsung pergerakan aliran asap di dalam kotak. Gambar 3b memperlihatkan sirkulasi aliran udara di dalam kotak yang menunjukkan bentuk aliran meander. Kemudian setelah kotak germicidal diuji, keseluruhan kotak bagian luar ditempel dengan stiker berwarna biru untuk mencegah keluarnya cahaya UVC.



Gambar 3. (a) Desain Alat Germicidal Udara, (b) Sirkulasi aliran meander

Setelah dilakukan pembuatan alat dan membuat daftar alat bantu yang digunakan, selanjutnya dilakukan pengujian alat dan pengukuran dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Mengukur rpm kipas input dan output menggunakan *tachometer* dengan mengatur supply tegangan 6v dan 12v dari adaptor ke kipas *inlet* dan *outlet*.
2. Memasukkan asap sebagai media udara untuk melihat pergerakan udara di dalam kotak transparan.
3. Mengukur arus dan tegangan pada kipas, adaptor, *fitting* lampu dan lampu *uv* menggunakan multimeter untuk menghitung daya yang di konsumsi alat germicidal udara seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$P = I V \quad (1)$$

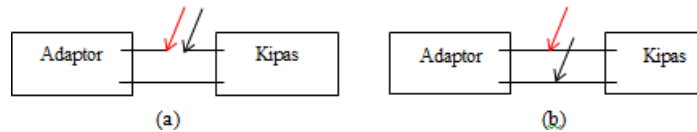
Keterangan:

P = daya listrik (*Watt*)

I = arus listrik (*Ampere*)

V = tegangan listrik (Volt)

Tahapan pengukuran dimensi alat germicidal udara berikut disajikan berupa sketsa diagram cara melihat nilai tegangan, arus, dan daya yang terdapat pada adaptor saat disambung dengan kipas dan diukur pada tegangan 12 v dan 6v seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4a dan 4b. Kemudian data-data daya, arus, tegangan dan rpm kipas ditabulasikan berdasarkan kategori pengukuran tegangan 6 volt dan 12 volt.



Gambar 4a. Pengukuran Arus, 4b. Tegangan Kipas

- Menghitung kecepatan aliran udara menggunakan asap bewarna agar dapat terlihat laju aliran udara pada ruang aliran meander kemudian dihitung menggunakan stopwatch dari inlet sampai outlet aliran udara. Kemudian data-data kecepatan, panjang aliran udara dan waktu ditabulasikan kedalam kategori tegangan 6 volt dan 12 volt.
- Menghitung laju volume aliran udara (*flow rate*) seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$Q = A \cdot v \tag{2}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas Aliran (m³/jam)

A = Luas Permukaan (m²)

v = Kecepatan Aliran (m/s)

- Analisa lama penyinaran udara di dalam alat germicidal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengujian laju aliran pada alat *germicidal*, perlu diketahui terlebih dahulu variabel-variabel kinerja pada komponen-komponen yang terpasang pada alat *germicidal*, tujuannya untuk mengetahui dan sebagai ukuran kerja akhir alat terhadap kinerja masing-masing komponen.

Pertama perlu diketahui kecepatan putar dari kipas dengan menggunakan *tachometer*, satuan kecepatan putar kipas adalah rpm (*radius per minute*). Pengujian rpm kipas menggunakan *tachometer* pada kipas 1 (*inlet*) dan kipas 2 (*outlet*) diukur dengan 2 tegangan pada kipas yaitu 6v dan 12v, dengan hasil rpm kipas *inlet* pada tegangan 12v sebesar 1981 rpm dan pada kipas outletnya 1851 rpm, sedangkan pada tegangan 6v didapat kecepatan putar kipas *inlet* sebesar 1764 rpm dan kipas *outlet* 1623 rpm.



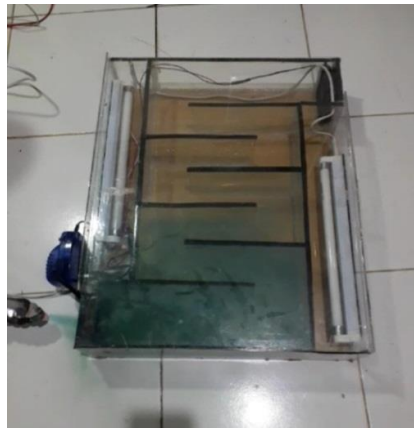
Gambar 5. Pengukuran Rpm Kipas, Arus dan Tegangan

Setelah dilakukan pengukuran rpm, hasilnya ditabulasikan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, dan juga menampilkan hasil pengukuran arus, tegangan dan daya pada sambungan kabel dari adaptor ke kipas yang merupakan nilai yang menentukan putaran dari kipas.

Tabel 1. Hasil Pengujian Rpm, Arus dan Tegangan

No.	Tegangan (adaptor)	Multimeter			RPM	
		Daya (watt)	Arus (mA)	Tegangan (Volt)	Kipas inlet	Kipas Outlet
1	12V	1.92	158	12.2	1981	1851
2	6V	0.8	133	6.08	1764	1623

Setelah diukur variabel-variabel komponen kipas, selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan asap bewarna yang dimasukkan ke dalam alat *germicidal*, dan hasil pengujian kecepatan aliran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



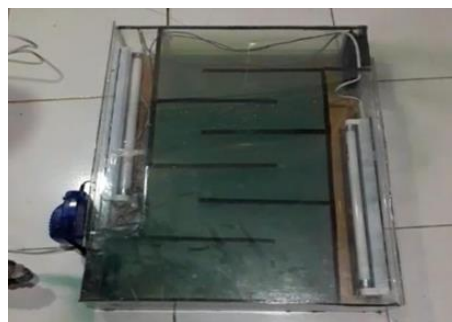
Gambar 6. Dokumentasi Pengujian Kecepatan Aliran Udara

Kemudian didapat nilai rata-rata kecepatan aliran dalam satuan cm/detik untuk setiap tegangan adaptor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Udara

No.	Tegangan adaptor	Panjang aliran (cm)	Rata-rata waktu (<i>second</i>)	Kecepatan aliran	
				cm/s	m/s
1	12V	106	1,28	80,9	0,809
			1,37		
			1,28		
2	6V	106	2,28	44,7	0,447
			2,52		
			2,31		

Dari Tabel 2 dapat terlihat bahwa pada tegangan adaptor 12V menghasilkan kecepatan aliran yang lebih besar dibandingkan tegangan 6V, karena putaran kipas pada 12V lebih besar. Hasil pengujian kecepatan volume udara dihitung berdasarkan luas area pada titik tertentu di dalam alat germicidal dibagi dengan kecepatan udara seperti ditunjukkan pada Tabel 3, pengukuran pada volume udara dilakukan saat semua area di dalam alat saat sudah terisi penuh oleh asap, seperti terlihat pada gambar 7, asap sudah memenuhi ruangan di dalam alat germicidal dan bergerak mengikuti lajur ruangan menuju kipas outlet.



Gambar 7. Dokumentasi Volume kecepatan Aliran Udara

Simulasi asap pada Gambar 7 merupakan praktik aliran yang dibuat berdasarkan pada Gambar 3 sehingga dapat dibuat tabel dimensi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 yang dapat digunakan untuk perhitungan laju aliran volume asap.

Permodelan aliran udara yang diberikan paparan sinar UV di dalam suatu ruangan ini sudah pernah dilakukan dengan membuat permodelan Lagrangian untuk mematikan mikroorganisme yang terbawa oleh udara melewati saluran di dalam ruangan sepanjang 3.5 meter dan diberikan paparan sinar UV. Jenis mikroorganisme yang diteliti adalah *Pseudomonas alcaligenes*, *Salmonella enterica* dan *Escherichia coli* dengan cara di inaktivasi dengan metode penilaian *critical survival fraction probability (CSFP)* dan *maximal bearable UV dose (MBUD)* [14].

Tabel 3. Hasil Pengujian Volume udara

Panjang aliran (P)	Luas permukaan aliran (t x l)
1060 mm	80 mm x 485 mm = 38800 mm ² = 0.0388 m ²

Nilai panjang aliran di dapat dari posisi awal asap masuk ke dalam kotak pada kipas *inlet*, kemudian lintasan pergerakan asap di dalam kotak yang berbelok-belok sampai asap keluar melalui lubang kipas *outlet* yaitu sebesar 1060 mm. Dan luas permukaan aliran adalah ukuran horisontal dan vertikal pada pintu masuk dan keluar asap.

Hasilnya perhitungan laju aliran udara didalam kotak adalah di dapat dari luas ruangan (A, m²) dan kecepatan aliran udara (v, m/s) dengan perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 3 dan 4.

- Perhitungan pada tegangan 12V dengan memasukkan nilai luas permukaan aliran dan kecepatan aliran sebagai berikut:

$$Q = 0,0388 \text{ m}^2 / 0,809 \text{ m/s} \tag{3}$$

$$Q = 0,031 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Perhitungan pada tegangan 6V Perhitungan dengan memasukkan nilai luas permukaan aliran dan kecepatan aliran sebagai berikut:

$$Q = 0,0388 \text{ m}^2 / 0,447 \text{ m/s} \tag{4}$$

$$Q = 0,173 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kemudian berdasarkan perhitungan kecepatan aliran dan panjang aliran, dapat kita tentukan lamanya penyinaran yang terjadi pada udara yang melewati aliran meander dapat ditentukan pada perhitungan sebagai berikut.

diketahui:

Panjang aliran= 1060 mm = 106 cm

Kecepatan aliran 12V = 80.9 cm/s

Kecepatan aliran 6V = 44.7 cm/s

Maka waktu durasi penyinaran dapat dihitung seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 5 dan 6.

$$t_{12v} = \frac{106 \text{ cm}}{80.9 \text{ cm/s}} = 1.31 \text{ second} \tag{5}$$

$$t_{6v} = \frac{106 \text{ cm}}{44.7 \text{ cm/s}} = 2.37 \text{ second} \tag{6}$$

Karena sinar UVC mampu mematikan virus corona yang masih hidup sebesar 99.7% apabila suatu permukaan disinari UVC selama 30 detik [09], maka karena waktu penyinaran yang terjadi pada alat tersebut masih di bawah 30 detik, perlu dilakukan sirkulasi udara secara berulang, agar virus yang berada di udara bisa masuk kembali ke dalam alat dan disinari UVC secara berulang. Pengulangan atau sirkulasi yang perlu dilakukan agar virus bisa mati sebesar 99.7% yang dapat dihitung dengan rumus pembagian seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 7 dan 8.

$$Sirkulasi_{12v} = \frac{30 \text{ second}}{1.31 \text{ second}} = 22.9 \approx 23 \text{ sirkulasi} \tag{7}$$

$$Sirkulasi_{6v} = \frac{30 \text{ second}}{2.37 \text{ second}} = 12.6 \approx 13 \text{ sirkulasi} \tag{8}$$

Terlihat bahwa pada tegangan 6V hasilnya lebih sedikit jumlah sirkulasi yang perlu dilakukan dibandingkan pada tegangan 12V. Dalam satu putaran sirkulasi udara terdapat jumlah luas udara sebesar 0.0388 m² yang masuk ke dalam kotak secara berulang dengan efektivitas penyinaran selama 30 detik belum tentu didapat partikel udara yang sama yang masuk ke dalam kipas *inlet*, tegangan 12V menunjukkan putaran kipas lebih besar dari pada putaran kipas pada tegangan 6V.

Meskipun putaran kipas pada tegangan 12V memerlukan sirkulasi yang lebih banyak dibandingkan pada tegangan 6V, namun putaran kipas pada 12V dapat memberikan daya hisap dan daya dorong yang lebih baik sehingga diharapkan sirkulasi udara di dalam ruangan diharapkan lebih sering berganti dengan putaran kipas yang lebih cepat.

Sirkulasi pada alat germicidal memang perlu dilakukan dan memerlukan analisa lebih lanjut, karena udara yang berada di dalam ruangan perlu diaduk agar tidak berkumpul dalam satu volume yang dapat menyebabkan tidak matinya mikroorganisme, konsep ini juga pernah dilakukan penelitian yang menggunakan kipas angin pada alat germicidal untuk menarik udara dan melakukan pertukaran udara kemudian dilihat pergerakan udara di dalam ruangan menggunakan metode *Computational fluid dynamics (CFD)* [15].

Pengujian yang dilakukan dengan memperhatikan pergerakan asap masih belum menggunakan lampu UVC sebagai alat untuk membunuh virus, karena metode di atas hanya dilakukan untuk melihat kecepatan aliran tetapi belum dilakukan pengujian dengan menggunakan lampu UVC karena lampu UVC tidak boleh dinyalakan demi keamanan orang yang melakukan eksperimen dan makhluk hidup sekitar. Setelah pengujian selesai, kaca akrilik pada alat germicidal ditutup dengan menggunakan stiker berwarna, agar pada saat alat digunakan dengan lampu UVC menyala

tidak terpapar keluar. Metode ini sudah dilakukan penelitian sebelumnya yang membuat kotak tertutup berisi lampu UVC yang desainnya sesuai serta aman untuk anak-anak prasekolah, karena perancangan desain perlu dikembangkan agar para pengguna mau dan suka menggunakan alat tersebut [16].

Alat germicidal lampu UVC memang banyak dimanfaatkan karena berbagai kondisi dan situasi yang dihadapi membuat setiap orang banyak mencoba untuk membuat alat serupa dengan tujuan yang spesifik. Seperti yang dilakukan peneliti dari Rumah Sakit dr. Cipto Mangunkusumo dan Universitas Indonesia membuat suatu alat germicidal bernama ruangan *Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI)* yang berfungsi secara khusus untuk mendisinfeksi respirator N95 sekali pakai [17]. Sehingga hasil yang di dapat pada alat germicidal pada penelitian ini mendapatkan banyak dukungan tema dari berbagai penelitian serupa.

4. Kesimpulan

Sebuah alat germicidal udara menggunakan 2 unit lampu ultraviolet type C masing-masing dayanya 8 watt dengan 7 lorong aliran meander berbahan dasar akrilik dengan tebal 2mm yang dilapisi oleh scotlite bewarna biru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3a dan didapat kesimpulan dari penelitian terhadap alat tersebut sebagai berikut:

- Adanya perbedaan rpm antara kipas *inlet* dan *outlet* dikarenakan perbedaan besaran nilai antara kipas *inlet* dan *outlet* dengan suplai tegangan dari adaptor.
- Kecepatan aliran udara dan volume aliran udara pada tegangan 12v lebih cepat dan lebih besar kapasitas udaranya daripada tegangan 6v, namun lebih lama udara pada tegangan 6v yang diradiasi oleh sinar uvc didalam aliran meander.
- Saran yang perlu dilakukan adalah melakukan analisa *CFD* menggunakan *solidworks* pada laju aliran udara dan tekanan (*pressure*) tertentu pada sisi kipas *outlet* menyebabkan udara yang masuk terjadi percepatan namun kecepatannya menjadi normal pada saat udara keluar, sebaliknya pada kecepatan aliran udara (*velocity*) kecepatan udara yang masuk normal namun mengalami peningkatan kecepatan pada saat keluar. Hasil analisa ini sesuai dengan Hukum *Bernoulli* yaitu kecepatan aliran udara berbanding terbalik dengan tekanan.
- Jika menganalisa dari beberapa penelitian dibawah ini alat germicidal udara ini mampu untuk membunuh bakteri dan virus pada udara

Daftar Pustaka

- [1] Hardono T, Supriyadi K. MODIFIKASI AUTOCLAVE BERBASIS ATMEGA328 (SUHU). Med Tek J Tek Elektromedik Indones. 2020;1(2).
- [2] Putra I, Ikhtiar M, Emelda A. Analisis Mikroorganisme Udara terhadap Gangguan Kesehatan dalam Ruangan Administrasi Gedung Menara UMI Makassar. J Kesehat. 2018;1(2):68–75.
- [3] Wulandari W, Sutomo AH, Irvati S, Kedokteran F, Mada UG, Kedokteran F, et al. YOGYAKARTA. :13–20.
- [4] Mugiharto L, Sudiarto A, Simbolon L, From S, Threats BA. Biological Agent Threats UV-C TECHNOLOGY TO SUPPORT AIR QUALITY FOR SAFETY Lilik Mugiharto , Aries Sudiarto , Luhut Simbolon , Suparlan , & Wely Pasadena : UV-C Introduction The development of technology in the field of science and technology has a positi. 2022;8(1):161–74.
- [5] Atik N, Kusumah SWD, Mahrunnisa F, Maharani W, Nurdiawan W, Dewi PIC, et al. The Development of Germicidal Air Purifier by Employing Ultraviolet System in Controlling Airborne Bacteria. Glob Med Heal Commun. 2020;8(3):233–8.
- [6] Siswanto F, Suryo SH. RANCANG BANGUN ALAT GERMICIDAL UDARA MENGGUNAKAN SINAR ULTRAVIOLET. Vol. 3, Jurnal Teknik Mesin S-1. 2015.
- [7] Liang JJ, Liao CC, Chang CS, Lee CY, Chen SY, Huang SB, et al. The effectiveness of far-ultraviolet (Uvc) light prototype devices with different wavelengths on disinfecting sars-cov-2. Appl Sci. 2021;11(22).
- [8] Anderson M. The ultraviolet offense: Germicidal UV lamps destroy vicious viruses. New tech might put them many more places without harming humans. IEEE Spectr. 2020;57(10):50–5.
- [9] Kitagawa H, Nomura T, Nazmul T, Omori K, Shigemoto N, Sakaguchi T, et al. Effectiveness of 222-nm ultraviolet light on disinfecting SARS-CoV-2 surface contamination. Am J Infect Control. 2021;49(3):299–301.
- [10] Cattai F, D’Orazio A, Sbardella G. A Systematic Review on the Application of Ultraviolet Germicidal Irradiation to HVAC Systems. Energies. 2023;16(22).
- [11] Juarez-Leon FA, Soriano-Sanchez AG, Rodriguez-Licea MA, Perez-Pinal FJ. Design and Implementation of a Germicidal UVC-LED Lamp. IEEE Access. 2020;8:196951–62.
- [12] Reza Satria Rinaldi, Ika Novia Anggraini. Perancangan Sistem Disinfektan UV-C Sterilisasi Paket sebagai Pencegahan Penyebaran Covid-19. J Nas Tek Elektro dan Teknol Inf. 2021;10(1):57–62.
- [13] Ezzat KA, Omran LNM, Ismail AAM, El Seddawy AIB. Corona destroyer based ultra violet sanitizing robot. Indones J Electr Eng Comput Sci. 2023;31(1):108–14.

- [14] Yang Y, Zhang H, Lai AC. Lagrangian modeling of inactivation of airborne microorganisms by in-duct ultraviolet lamps. *Build Environ* [Internet]. 2021;188(November 2020):107465. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107465>
- [15] Rudnick SN, McDevitt JJ, Hunt GM, Stawnychy MT, Vincent RL, Brickner PW. Influence of ceiling fan's speed and direction on efficacy of upperroom, ultraviolet germicidal irradiation: Experimental. *Build Environ*. 2015;92:756–63.
- [16] Richo Y, Sony M, Sirojul H. Desain Alat Sterilisasi Covid-19 dengan Teknologi Sinar UV yang Ramah untuk Anak-anak Usia 2-6 Tahun. *J Desain Idea J Desain Prod Ind Inst Teknol Sepuluh Nop Surabaya*. 2021;20(2):86.
- [17] Restuti RD, Priyono H, Saleh RR, Sriyana AA, Yusuf PA, Airlangga TJ, et al. The Effectiveness of Cipto Mangunkusumo Hospital Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) Chamber for N95 Respirators Disinfection in COVID-19 pandemics: A Preliminary Study. *J Indones Med Assoc*. 2022;72(1):16–22.