

## Research

# Penggunaan Sinaran Ultraungu-C Untuk Dekontaminasi Pelitup Muka

(Application Of Ultraviolet Type C Radiation To Decontaminate Face Mask)

Muhamad Haziq Md Khalid<sup>1</sup>, Dayang Fredalina Basri<sup>1</sup>, Noraziah Mohamad Zin<sup>1\*</sup>, Wong Kon Ken<sup>2</sup>, Nor Malia Abd Warif<sup>3</sup>, Reka Inisiatif<sup>4</sup>, Asif Sukri<sup>5</sup>

1. Pusat Pengajian Diagnostik, Terapeutik, dan Penyiasatan (CODTIS), Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia, 50300 Kuala Lumpur, Kuala Lumpur, Malaysia
2. Jabatan Mikrobiologi dan Imunologi Perubatan, Fakulti Perubatan, Universiti Kebangsaan Malaysia, 56000 Cheras, Kuala Lumpur, Malaysia
3. Pusat Pengajian Toksikologi dan Kajian Risiko Kesihatan (CORE), Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia, 50300 Kuala Lumpur, Kuala Lumpur, Malaysia
4. REKA Inisiatif, 26A, Taman City, Off Jalan Kuching, 51200 Kuala Lumpur, Malaysia
5. Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bandar Baru Bangi, Selangor

\*Corresponding author: [noraziah.zin@ukm.edu.my](mailto:noraziah.zin@ukm.edu.my)

## ABSTRAK

Sinaran ultraungu-C (UVC) yang bersifat germisidal banyak digunakan untuk disinfeksi permukaan. Kajian ini adalah untuk menilai keberkesanan sinaran UVC dalam dekontaminasi pelitup muka. Ujian antimikrob menggunakan sinaran UVC terhadap pelitup muka yang diinokulasi dengan patogen dilakukan pada sela masa pendedahan yang berbeza iaitu 10, 30, 50 dan 60 saat. Patogen yang diuji adalah *Acinetobacter baumannii*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* rintang metisilin (MRSA), *Pseudomonas aeruginosa*, dan virus Influenza A dan B. Pendedahan pelitup muka terhadap sinaran UVC memperoleh peratusan pengurangan sebanyak 99.9% untuk semua patogen ujian kecuali *P. aeruginosa*. Hasil kajian ini menunjukkan bahawa sinaran UVC dapat digunakan untuk dekontaminasi pelitup muka.

**Kata kunci:** Dekontaminasi, germisidal, pelitup muka, Sinaran ultraungu-C

## ABSTRACT

Ultraviolet type C (UVC) radiation have germicidal properties commonly used to disinfect surfaces. Objective of this study was to investigate the effectiveness of UVC radiation for decontamination of surgical mask. Antimicrobial testing using UVC radiation on mask that were inoculated with pathogens were conducted at different exposure time, which were 10, 30, 50, and 60 seconds. Pathogens tested are *Acinetobacter baumannii*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Pseudomonas aeruginosa*, and Influenza A dan B viruses. Exposure of mask toward UVC radiation resulting in 99.9% of reduction in all pathogens tested except *P. aeruginosa*. This study showed that UVC radiation can be use for decontamination of mask.

**Key words:** Decontamination, germicidal, face mask, ultraviolet type C

## Article History

Accepted: 19 July 2024

First version online: 30 September 2024

## Cite This Article:

Khalid, M.H.M., Basri, D.F., Zin, N.M., Ken, W.K., Warif, N.M.A., Inisiatif, R. & Sukri, A. 2024. Penggunaan sinaran ultraungu-c untuk dekontaminasi pelitup muka. Malaysian Applied Biology, 53(3): 211-218. <https://doi.org/10.55230/mabjournal.v53i3.3101>

## Copyright

© 2024 Malaysian Society of Applied Biology

## PENGENALAN

Kebelakangan ini, kemunculan virus sindrom pernafasan akut yang teruk coronavirus 2 (SARS-CoV-2) yang menyebabkan penyakit coronavirus 2019 (COVID-19) telah mengakibatkan pandemik dan kelumpuhan aktiviti ekonomi secara global. Keupayaan virus ini untuk bertahan dalam persekitaran seperti keluli tahan karat dan pakaian selama sehari-hari membawa kepada penularan tidak langsung (Chin *et al.*, 2020). Disebabkan oleh jumlah jangkitan wabak COVID-19 yang meningkat secara mendadak, hospital dan pusat transit telah dibanjiri pesakit dan membawa kepada

kecemasan kesihatan masyarakat. Ini membawa kepada pendedahan pekerja kesihatan terhadap jangkitan COVID-19 dan jangkitan perolehan hospital (*hospital acquired infection*, HAI). Keperluan global kepada peralatan perlindungan diri (*personal protective equipment*, PPE) terutamanya dalam wabak COVID-19 ini membawa kepada kekurangan PPE bagi pekerja barisan hadapan untuk melindungi daripada jangkitan COVID-19 dan HAI. Penggunaan pelitup muka oleh masyarakat awam dalam waktu wabak ini juga menyumbang kepada krisis kekurangan PPE yang memerlukan cara dekontaminasi untuk digunakan semula. Selain itu, penggunaan PPE pakai buang membawa kepada pengeluaran sisa perubatan yang dapat mencemarkan alam sekitar dan membahayakan kesihatan orang awam sekiranya ia tidak dilupuskan dengan sebaiknya.

Respirator dan pelitup muka adalah antara salah satu PPE yang sangat diperlukan semasa pandemik ini. Respirator atau nama lain pelitup muka respirator berpenapis (*filtering facepiece respirator*, FFR) seperti N95 berbeza daripada pelitup muka kerana ia dihasilkan untuk kesesuaian mengikut muka dan melindungi pemakai daripada partikel bawaan udara (FDA 2020). Tambahan pula, pelitup muka dan respirator perlu dipakai dan dipasang dengan betul untuk mengelakkan terdapatnya ruang yang boleh menyumbang kepada pencemaran virus pernafasan dan patogen yang tidak diingini. Pusat Kawalan Penyakit-berjangkit (CDC) dan Pertubuhan Kesihatan Dunia (WHO) telah mengeluarkan garis panduan atau SOP untuk mengoptimumkan penggunaan PPE dalam krisis kekurangan PPE terutamanya kepada pekerja kesihatan seperti penggunaan berterusan, penggunaan semula, dekontaminasi respirator untuk digunakan semula, pengendalian pesakit COVID-19 yang tertentu, dan rasional dalam penggunaan PPE (CDC 2020a; WHO 2020). Malahan, terdapat juga garis panduan untuk penggunaan PPE untuk orang awam seperti menggunakan pelitup muka yang guna semula atau pelitup muka fabrik sambil mempraktikkan penjarakan fizikal dan juga kebersihan seperti membasuh tangan atau menggunakan *hand sanitizer* (WHO 2020). Menurut CDC (2020b), maksud penggunaan semula adalah menggunakan respirator yang sama untuk beberapa pengendalian pesakit tetapi membuka dan memakai semula untuk setiap kali pengendalian pesakit, dan dekontaminasi respirator pula adalah proses pengurangan bilangan patogen pada respirator sebelum menggunakannya semula.

Penggunaan sinaran ultraungu jenis C (UVC) yang mempunyai jarak gelombang 253.7 nm adalah salah satu kaedah dekontaminasi respirator yang dicadangkan oleh CDC (2020c) untuk penggunaan semula respirator. Sinaran UVC bersifat germisidal kerana dapat menyebabkan mutasi pada asid nukleik yang membawa kepada kematian sel bakteria.

Oleh itu, keperluan kepada PPE yang dapat digunakan semula adalah sangat penting untuk mengatasi masalah kekurangan PPE, mengurangkan kos pengeluaran, mengurangkan pencemaran alam sekitar dan juga untuk digunakan semula pada masa akan datang sekiranya wabak seperti COVID-19 ini muncul semula. Wabak COVID-19 telah membawa kepada penutupan aktiviti ekonomi dan juga krisis kekurangan PPE yang sangat diperlukan oleh pekerja kesihatan dan juga orang awam untuk melindungi daripada jangkitan. Oleh itu, kaedah dekontaminasi PPE amat diperlukan supaya PPE boleh digunakan semula, lantas dapat mengatasi krisis kekurangan PPE. Objektif kajian ini adalah untuk menilai keberkesanan sinaran UVC untuk dekontaminasi pelitup muka.

## **BAHAN DAN KAEDAH**

### **Bahan dan peralatan**

Pelitup muka yang digunakan dalam kajian ini adalah pelitup muka pembedahan 3 lapisan yang dibeli dari farmasi tempatan. Pelitup muka yang dibeli merupakan pelitup muka operasi yang berwarna biru dengan tiga lapisan dan diperbuat daripada fabrik polipropilena. Prototaip kebuk sinaran UVC dengan jarak gelombang pada 253.7 nm dan mempunyai sinaran UVC dwiarah disediakan oleh REKA Inisiatif Sdn. Bhd. (Kuala Lumpur, Malaysia). Secara prinsipnya, sinaran UVC pada jarak gelombang 253.7 nm mampu untuk menyahaktifkan mikrob kerana pada jarak gelombang tersebut, sinaran mampu untuk menyahaktifkan mikrob pada tahap DNA/RNA. Apabila tenaga foton diserap oleh mikrob, dimer pirimidina akan terbentuk dan menyebabkan mikrob tidak mampu untuk mereplikasi. Jadi, kebuk sinaran UVC ini telah direka untuk menyinar gelombang pada jarak 253.7 nm, iaitu pada jarak spektrum gelombang yang menyebabkan mikrob untuk menyerap gelombang tersebut dan tidak mampu untuk mereplikasi. .

### **Kultur patogen**

Patogen yang digunakan dalam kajian ini adalah sampel klinikal patogen bakteria ESKAPE iaitu *Enterococcus* sp., *Staphylococcus aureus* rintang metisilin (MRSA), *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Enterobacter* sp. Spesies *Enterobacter* yang digunakan dalam kajian ini adalah *Enterobacter aerogenes*. Selepas ujikaji ini dijalankan, *Enterobacter*

*aerogenes* telah dinamakan semula kepada *Klebsiella aerogenes*. Untuk kejelasan manuskrip ini, nama *Klebsiella aerogenes* digunakan untuk keseluruhan manuskrip. Selain patogen ESKAPE, *Bacillus cereus* turut dimasukkan dalam kajian ini. Inokulum piawai kultur bakteria dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer (BioRad Laboratory, USA) pada jarak gelombang 625 nm dengan nilai ketumpatan 0.08-0.13 untuk mendapatkan nilai ketumpatan sel pada  $10^8$  CFU/mL. Virus patogen yang digunakan adalah virus Influenza A dan B pada inokulum awal seperti diterangkan dalam ujian asai antivirus di bawah.

### Ujian antibakteria pada pelitup muka

Ujian antibakteria telah dilakukan dengan mengikut protokol umum makmal The American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC) (AATCC, 2004) yang diubahsuai. Pelitup muka telah dipotong kepada beberapa helaian (3 lapisan) yang mempunyai diameter  $48 \pm 2$  mm. Kemudian, helaian tersebut direndam dalam 1 mL 1% Tween 80 dan diikuti dengan inokulasi 1 mL patogen bakteria pada kepekatan yang telah dipiawaikan. Tween 80 (Polisorbate 80) umumnya tidak dianggap sebagai antibakteria pada kepekatan rendah seperti 1%. Ia biasanya digunakan dalam eksperimen mikrobiologi sebagai surfaktan untuk meningkatkan keterlarutan sebatian hidrofobik dan untuk mencegah sel bakteria daripada bergumpal, tanpa menghalang pertumbuhan bakteria secara signifikan. Helaian tersebut dieram pada  $37^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Selepas eraman, helaian telah didedahkan kepada sinaran UVC pada masa pendedahan yang berbeza (10, 30, 50, 60 saat). Kemudian, helaian pelitup muka telah direndamkan dalam 0.85% normal salin dan divorteks untuk mengampaiakan bakteria yang terdapat pada pelitup muka. Pencairan bersiri dan kedah piring sebaran telah dilakukan atas agar nutrien (NA) (Oxoid, UK). Piring petri dieram pada  $37^\circ\text{C}$  selama 24 jam diikuti dengan penghitungan koloni (CFU/mL). Peratusan pengurangan dan pengurangan log bakteria akan dikira menggunakan formula:

$$\text{Peratusan pengurangan} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

$$\text{Log}_{10} \text{ pengurangan} = \log_{10} A - \log_{10} B$$

Di mana;

A= kiraan koloni pada helaian pelitup muka yang tidak didedahkan pada UVC

B= kiraan koloni pada helaian pelitup muka yang didedahkan pada UVC

### Ujian antivirus pada pelitup muka

Asai antivirus dilakukan dengan mengikut protokol ISO 18184: 2019 yang diubahsuai (Wilkinson & Carney 2022). Pelitup muka dipotong kepada 20 mm × 20 mm dan diinokulasi dengan 100  $\mu\text{L}$  virus Influenza A dan B dalam DMEM dengan waktu sentuhan satu jam pada suhu bilik. Selepas satu jam, helaian pelitup muka didedahkan kepada UVC pada masa pendedahan yang berbeza (10, 30, 50, 60 saat). Helaian pelitup muka yang tidak didedahkan kepada sinaran UVC digunakan sebagai kawalan negatif. Seterusnya, helaian itu direndam dalam 2 mL DMEM (Thermo Fisher Scientific, USA) dan divorteks untuk mengampaiakan virus diikuti dengan penapisan menggunakan membran penuras bersaiz 0.2  $\mu\text{m}$ .

Penentuan titer virus influenza dilakukan dengan asai penentuan dos infektiviti kultur tisu 50% (TCID<sub>50</sub>). Sel MDCK dikulturkan ke dalam piring mikrotiter dan dieram selama 48 jam pada  $37^\circ\text{C}$ , dibekalkan dengan 5% CO<sub>2</sub> untuk sel mencapai konfluen. Sebanyak 10  $\mu\text{L}$  ampaiakan virus diinokulasi ke dalam telaga piring mikrotiter barisan A. Kemudian, pencairan bersiri dilakukan mengikut lajur piring mikrotiter. Piring mikrotiter dieram selama 72 jam pada  $37^\circ\text{C}$ , dibekalkan dengan 5% CO<sub>2</sub>. Kesan sitopatik (CPE) yang terhasil dicerap dan dibandingkan dengan kawalan negatif. Pengiraan TCID<sub>50</sub>/mL dikira untuk penentuan titer virus. Peratusan pengurangan dan pengurangan log titer virus akan dikira menggunakan formula:

$$\text{Peratusan pengurangan} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

$$\text{Log}_{10} \text{ pengurangan} = \log_{10} A - \log_{10} B$$

Di mana;

A= titer virus pada helaian pelitup muka yang tidak didedahkan pada UVC

B= titer virus pada helaian pelitup muka yang didedahkan pada UVC

### Analisis data

Data dipersembahkan dalam bentuk peratusan pengurangan (%), log pengurangan, atau log kiraan koloni (CFU/mL)/ titer virus (TCID<sub>50</sub>/mL). Setiap data yang diperoleh daripada eksperimen dianalisis dengan perisian SPSS. Ujian Kruskal-Wallis dilakukan untuk membandingkan antara sela masa pendedahan kepada sinaran UVC yang berbeza. Pengiraan pengurangan log antara eksperimen kawalan dan pelitup muka yang telah didedahkan kepada sinaran UVC telah dijalankan untuk menentukan keberkesanan aktiviti antibakteria atau antivirus sinaran UVC kepada pelitup muka.

## HASIL

### Ujian antibakteria sinaran uvc pada pelitup muka

Ujian antibakteria pelitup muka menggunakan sinaran UVC pada sela masa berbeza menunjukkan pengurangan bilangan koloni bakteria seiring dengan peningkatan masa pendedahan pelitup muka kepada sinaran UVC (Jadual 1).

**Jadual 1.** Bilangan koloni bakteria (CFU/mL) pada pelitup muka menggunakan sinaran UVC pada sela masa yang berbeza

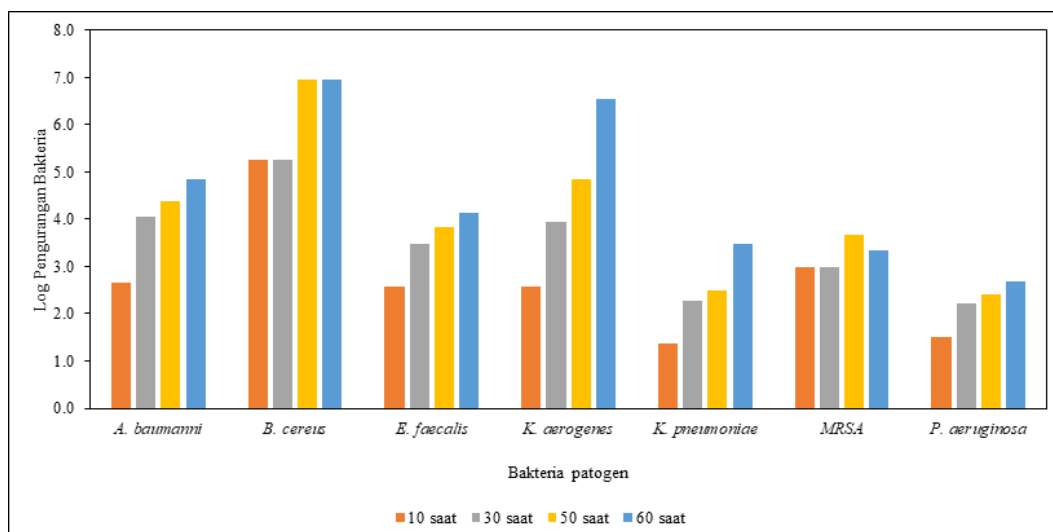
Bakteria patogen	Bilangan koloni bakteria (CFU/mL)				
	Kawalan negative	Masa pendedahan sinaran UVC, saat (s)			
		10s	30s	50s	60s
<i>A. baumannii</i>	$3.60 \times 10^6$	8000	330	150	50
<i>B. cereus</i>	$9.20 \times 10^6$	50	50	0	0
<i>E. faecalis</i>	$2.04 \times 10^6$	5500	700	300	150
<i>K. aerogenes</i>	$3.40 \times 10^6$	9200	400	50	0
<i>K. pneumoniae</i>	$1.54 \times 10^9$	$6.35 \times 10^7$	$8.02 \times 10^6$	$5.00 \times 10^6$	$5.00 \times 10^5$
MRSA	$2.56 \times 10^6$	2600	2600	550	1150
<i>P. aeruginosa</i>	$1.37 \times 10^9$	$4.25 \times 10^7$	$8.28 \times 10^6$	$5.25 \times 10^6$	$2.76 \times 10^6$

Nota: Kawalan negatif adalah pelitup muka yang tidak didedahkan kepada sinaran UVC. MRSA: *S. aureus* rintang metisilin.

Log pengurangan bakteria *A. baumannii* melebihi 3 log<sub>10</sub> iaitu 4.04 pada masa pendedahan 30 saat. Log pengurangan *B. cereus* mencapai 5.26 pada masa pendedahan 10 saat. Tiada perbezaan signifikan perbandingan antara sela masa pendedahan pelitup muka yang didedahkan kepada sinaran UVC untuk bakteria patogen *A. baumannii* dan *B. cereus* menggunakan ujian Kruskal-Wallis ( $H = 3.00$ ,  $p = 0.392$ ) (Rajah 1). Pengurangan log melebihi 3 log<sub>10</sub> untuk patogen *E. faecalis* (3.46) dan *K. aerogenes* (3.93) diperoleh daripada masa pendedahan 30 saat kepada sinaran UVC. Tiada perbezaan signifikan perbandingan antara sela masa pendedahan pelitup muka yang didedahkan kepada sinaran UVC untuk bakteria patogen dan *E. faecalis* ( $H = 2.654$ ,  $p = 0.448$ ) dan *K. aerogenes* ( $H = 3.00$ ,  $p = 0.392$ ) menggunakan ujian Kruskal-Wallis (Rajah 1). Pengurangan log sebanyak 3.49 untuk patogen *K. pneumoniae* pada masa pendedahan 60 saat kepada sinaran UVC. Tiada perbezaan signifikan perbandingan antara sela masa pendedahan patogen *K. pneumoniae* pada pelitup muka yang didedahkan kepada sinaran UVC menggunakan ujian Kruskal-Wallis ( $H = 4.714$ ,  $p = 0.194$ ) (Rajah 1). Pengurangan log sebanyak 3.67 untuk patogen MRSA pada masa pendedahan 50 saat kepada sinaran UVC. Tiada perbezaan signifikan perbandingan antara sela masa pendedahan patogen MRSA pada pelitup muka yang didedahkan kepada sinaran UVC menggunakan ujian Kruskal-Wallis ( $H = 3.789$ ,  $p = 0.285$ ) (Rajah 1). Pendedahan patogen *P. aeruginosa* pada sela masa sehingga 60 saat tidak mencapai 3 log<sub>10</sub> pengurangan dengan pengurangan hanya 2.70 pada 60 saat masa pendedahan kepada sinaran UVC. Tiada perbezaan signifikan perbandingan antara sela masa pendedahan patogen *P. aeruginosa* pada pelitup muka yang didedahkan kepada sinaran UVC menggunakan ujian Kruskal-Wallis ( $H = 4.821$ ,  $p = 0.185$ ) (Rajah 1).

### Ujian antivirus sinaran uvc pada pelitup muka

Pengurangan titer virus Influenza A dan B pada pelitup muka yang didedahkan pada sinaran UVC mengikut sela masa (Jadual 2).



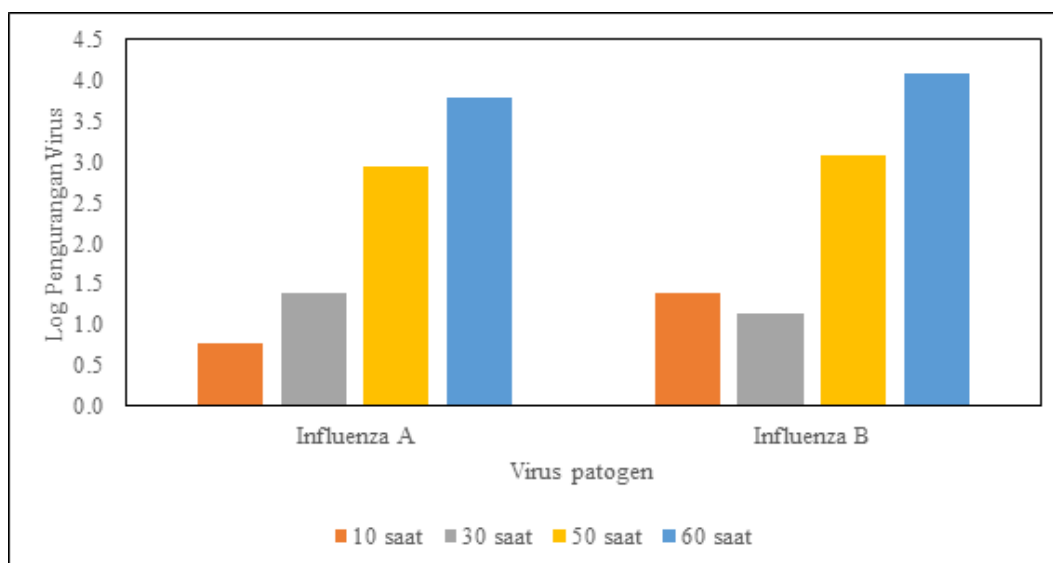
**Rajah 1.** Log pengurangan bakteria patogen pada pelitup muka setelah pendedahan kepada sinaran UVC pada sela masa yang berbeza. MRSA: *S. aureus* rintang metisilin.

**Jadual 2.** Titer virus (TCID<sub>50</sub>/mL) influenza pada pelitup muka menggunakan sinaran UVC pada selang masa berbeza

Virus patogen	Kawalan negative	Titer virus (TCID <sub>50</sub> /mL)			
		Masa pendedahan sinaran UVC, saat (s)			
		10s	30s	50s	60s
Influenza A	6.08 × 10 <sup>8</sup>	1.00 × 10 <sup>8</sup>	2.51 × 10 <sup>7</sup>	7.00 × 10 <sup>5</sup>	9.86 × 10 <sup>4</sup>
Influenza B	3.84 × 10 <sup>9</sup>	1.60 × 10 <sup>8</sup>	2.76 × 10 <sup>8</sup>	3.20 × 10 <sup>6</sup>	3.15 × 10 <sup>5</sup>

Nota: Kawalan negatif adalah pelitup muka yang tidak didedahkan kepada sinaran UVC.

Log pengurangan titer virus Influenza A pada pelitup muka yang didedahkan kepada sinaran UVC adalah sebanyak 3.79 pada 60 saat masa pendedahan. Tiada perbezaan signifikan yang diperoleh daripada pendedahan pelitup muka kepada sinaran UVC perbandingan antara sela masa untuk Influenza A menggunakan ujian Kruskal-Wallis ( $T = 5.510$ ,  $p = 0.138$ ) (Rajah 2). Log pengurangan titer virus Influenza B pada pelitup muka yang didedahkan kepada sinaran UVC adalah 3.08 dan 4.09 pada masa pendedahan kepada sinaran UVC 50 saat dan 60 saat masing-masing. Tiada perbezaan signifikan yang diperoleh daripada pendedahan pelitup muka kepada sinaran UVC perbandingan antara sela masa untuk Influenza A menggunakan ujian Kruskal-Wallis ( $T = 9.492$ ,  $p = 0.23$ ) (Rajah 2).



**Rajah 2.** Log pengurangan virus patogen pada pelitup muka setelah pendedahan kepada sinaran UVC pada sela masa yang berbeza.

## PERBINCANGAN

Masa pendedahan pelitup muka kepada sinaran UVC yang berbeza telah dilakukan iaitu pada 10, 30, 50, dan 60 saat. Ianya adalah untuk mendapatkan peratusan pengurangan yang tertinggi pada masa yang singkat. Kajian yang dijalankan oleh Cadnum *et al.* (2020) yang mendedahkan respirator yang diinokulasi dengan MRSA kepada sinaran UVC selama seminit mendapat sekurang-kurangnya 1.5 log<sub>10</sub> pengurangan bakteria. Kajian Yang *et al.* (2019) mendapati bahawa sinaran UVC dapat digunakan untuk disinfeksi hospital daripada patogen HAI berdasarkan masa dan juga jarak pendedahan patogen HAI daripada sumber sinaran UVC.

Peratusan pengurangan bakteria yang diuji mendapati bahawa dua patogen iaitu *B. cereus*, dan *K. aerogenes* telah mencapai 100% pengurangan manakala sebanyak 99.9% pengurangan diperolehi daripada *A. baumannii*, *E. faecalis*, *K. pneumoniae* dan MRSA. Patogen *P. aeruginosa* hanya terdapat peratusan pengurangan sebanyak 99%. Perbezaan peratusan pengurangan ini menunjukkan kepada kerentanan dan juga kerintangan patogen yang berbeza terhadap sinaran UVC. Ini bertepatan dengan kajian yang dijalankan oleh Cadnum *et al.* (2020) terhadap keberkesanan sinaran UVC dalam mengurangkan kebolehidupan bakteria dengan menguji pendedahan patogen kepada sinaran UVC.

Kerentanan dan kerintangan bakteria kepada sinaran UVC adalah berdasarkan beberapa faktor seperti kepatogenan dan kevirulenan yang terdapat pada patogen tersebut terutamanya pada patogen ESKAPE yang rintang antibiotik yang membawa kepada perubahan sel dinding (Garcia *et al.*, 2017), keupayaan membentuk biofilm (Ghorbal *et al.*, 2019), dan beberapa pengubahsuaian kepada morfologi dan fisiologi sel bakteria ESKAPE (De Oliveira *et al.*, 2020).

Peratusan pengurangan *B. cereus* yang diperolehi dalam kajian ini sebanyak 100% bercanggah dengan kajian yang dijalankan oleh Cadnum *et al.* (2020) yang mendapati bahawa spora *Bacillus subtilis* adalah antara yang paling rintang kepada sinaran UVC dengan masa pendedahan selama 180 saat. Percanggahan ini berkemungkinan adalah kerana perbezaan dalam kaedah atau cara pendedahan bakteria kepada sinaran UVC iaitu dengan menggunakan endospora *B. cereus* dan juga endospora penunjuk biologi *Geobacillus stearothermophilus* untuk menilai kerintangan dan juga keberkesanan sinaran UVC (Havill *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 2018; Rowan & Laffey, 2021).

Virus influenza dipilih kerana ianya antara virus yang menyebabkan flu bermusim, epidemik, dan pandemik sebelum ini. Influenza A adalah lebih merbahaya kerana boleh mengalami anjakan dan hanyutan antigen untuk membentuk subtipe baharu yang berkemampuan untuk menginfeksi selain daripada hos asal (Bouvie & Palese, 2008). Kajian ini mendapati bahawa 60 saat pendedahan sinaran UVC untuk memberikan pengurangan sebanyak 99.9% (melebihi 3 log<sub>10</sub>) titer virus untuk Influenza B. Proses dekontaminasi respirator menggunakan sinaran UVC yang diinokulasi dengan virus banyak dijalankan dan menunjukkan pengurangan melebihi 3 log<sub>10</sub> virus yang diuji (Fisher & Shaffer, 2010; Heimbuch *et al.*, 2011; Mills *et al.*, 2018).

Sifat tekstil atau PPE yang diperbuat dengan berlainan struktur, banyak lapisan, ketebalan yang tertentu, dan penggunaan serat kain yang berbeza komposisi boleh menyumbang kepada penyerapan, pantulan, atau kesan bayangan terhadap sinaran UVC yang didedahkan semasa proses dekontaminasi (Kerr *et al.*, 2000; Dulęba-Majek, 2009). Namun, kajian keselamatan dan kesihatan yang dijalankan oleh Sylvain & Tapp (2008) terhadap penembusan sinaran UVC pada PPE mendapati bahawa sinaran UVC dapat menembusi pelbagai jenis PPE termasuk pelitup muka. Maka, kajian ini mencadangkan bahawa sinaran UVC dapat menembusi PPE dan boleh digunakan untuk proses dekontaminasi PPE. Kajian ini menggunakan helaian pelitup muka (dalam 3 lapisan) yang dipotong daripada keseluruhan pelitup muka. Oleh kerana kajian ini dijalankan dengan menggunakan helaian pelitup muka (3 lapisan), ianya memberikan struktur 2-dimensi yang mengurangkan kesan bayangan daripada topografi keseluruhan pelitup muka (Rowan & Laffey, 2021). Struktur pelitup muka yang mempunyai tiga lapisan dan berliang membolehkan sinaran UVC menembusi ke bahagian tengah pelitup muka yang bertindak sebagai lapisan penapisan kepada mikroorganisma haruslah dekontaminasi dengan efektif untuk kegunaan semula pelitup muka (Fisher & Shaffer, 2010). Kesan bayangan yang terhasil semasa proses dekontaminasi dapat ditangani dengan penyinaran UVC dwiarah. Ini kerana, kontaminasi mikroorganisma boleh berlaku daripada lapisan luaran dan juga lapisan dalaman pelitup muka selain mikroorganisma yang ditapis di lapisan tengah (Fisher & Shaffer, 2010; Rowan & Laffey, 2021). Oleh itu, penyinaran dwiarah memberikan sinaran UVC yang sekata dan mencukupi untuk dekontaminasi lapisan tengah pelitup muka. Dalam kajian ini, sinaran dekontaminasi dwiarah tidak dilakukan. Dijangkakan bahawa kesan dekontaminasi dwiarah akan berjaya memberikan kesan antivirus dan antibakteria pada pelitup muka dengan lebih signifikan berbanding satu arah. Oleh itu, kajian lanjut perlu dilakukan pada masa hadapan untuk menentukan kesan dekontaminasi menggunakan sinaran dwiarah.

Selain kesan bayangan, jenis bahan pelitup muka atau respirator juga memberikan kesan semasa

proses dekontaminasi menggunakan sinaran UVC dilakukan. Kajian yang dilakukan oleh Lindsey et al. (2015) dan Hamzavi et al. (2020) menunjukkan pendedahan sinaran UVC yang tinggi kepada respirator boleh membawa kepada degradasi polimer yang menjejaskan efikasi penapisan respirator lantas membawa kepada penembusan partikel yang lebih banyak.

## KESIMPULAN

Penggunaan sinaran UVC terhadap pelitup muka yang diinokulasi dengan bakteria patogen dapat mengurangkan bakteria melebihi 99.9% untuk bakteria *A. baumannii*, *E. faecalis*, *B. cereus*, *K. aerogenes*, *K. Pneumoniae*, dan MRSA pada masa pendedahan yang berbeza. Manakala, pengurangan melebihi 99% *P. aeruginosa* sehingga 60 saat masa pendedahan. Pendedahan sinaran UVC terhadap pelitup muka yang diinokulasi dengan Influenza A memperoleh pengurangan melebihi 99.9% pada masa pendedahan 60 saat, manakala untuk Influenza B pada masa pendedahan 50 saat. Oleh itu, sinaran UVC dapat digunakan untuk dekontaminasi pelitup muka untuk tujuan penggunaan semula.

## PENGHARGAAN

Penghargaan didahului kepada Pusat Pengajian Sains Diagnostik, Terapeutik, dan Penyiasatan, Fakulti Sains Kesihatan, UKM yang menyediakan fasiliti penyelidikan untuk projek ini.

## PERNYATAAN ETIKA

Tidak berkaitan.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Semua pengarang mengisytiharkan tiada konflik kepentingan.

## RUJUKAN

- AATCC. 2004. Test Method 100 - Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of. United States. American Association of Chemists and Colourists.
- Bouvier, N.M. & Palese, P. 2008. The biology of influenza viruses. *Vaccine*, 26: D49-D53. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2008.07.039>
- Cadnum, J.L., Li, D.F., Redmond, S.N., John, A.R., Pearlmutter, B. & Donskey, C.J. 2020. Effectiveness of ultraviolet-C light and a high-level disinfection cabinet for decontamination of N95 respirators. *Pathogens and Immunity*, 5(1): 52. <https://doi.org/10.20411/pai.v5i1.372>
- CDC. 2020a. Interim infection prevention and control recommendations for healthcare personnel during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic [WWW Document]. Center for Disease Control and Prevention. URL <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html#print> (accessed 1.26.2021).
- CDC. 2020b. Recommended guidance for extended use and limited reuse of n95 filtering facepiece respirators in healthcare settings [WWW Document]. Center for Disease Control and Prevention. URL <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hcwcontrols/recommendedguidanceextuse.html> (accessed 1.27.2021).
- CDC. 2020c. Decontamination and reuse of filtering facepiece respirators, 30 April [WWW Document]. Centers for Disease Control and Prevention. URL <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/decontamination-reuse-respirators.html> (accessed 6.23.2020).
- Chin, A.W.H., Chu, J.T.S., Perera, M.R.A., Hui, K.P.Y., Yen, H-L., Chan, M.C.W., Peiris, M. & Poon, L.L.M. 2020. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*, 1(1): e10. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)
- De Oliveira, D.M., Forde, B.M., Kidd, T.J., Harris, P.N., Schembri, M.A., Beatson, S.A., Paterson, D.L. & Walker, M.J. 2020. Antimicrobial resistance in ESKAPE pathogens. *Clinical Microbiology Reviews*, 33(3): e00181-19. <https://doi.org/10.1128/CMR.00181-19>
- Duleba-Majek, M. 2009. Transmission of UV radiation through woven fabrics in dependence on the inter-thread spaces. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(2:73): 34-38.
- FDA. 2020. N95 Respirators, Surgical Masks, and Face Masks [WWW Document]. Food and Drug Administration. URL <https://www.fda.gov/medical-devices/personal-protective-equipment-infection-control/n95-respirators-surgical-masks-and-face-masks#s4> (1.17.2021).
- Fisher, E.M. & Shaffer, R.E. 2010. A method to determine the available UV-C dose for the decontamination of filtering facepiece respirators. *Journal of Applied Microbiology*, 110(1): 287-295. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04881.x>
- García, A.B., Viñuela-Prieto, J.M., López-González, L. & Candel, F.J. 2017. Correlation between

- resistance mechanisms in *Staphylococcus aureus* and cell wall and septum thickening. *Infection and Drug Resistance*, 10: 353. <https://doi.org/10.2147/IDR.S146748>
- Ghorbal, S.K.B., Chourabi, K., Maalej, L., Ammar, A.B., Ouzari, H.I., Hassen, A., Jaafoura, H. & Chatti, A. 2019. *Pseudomonas aeruginosa* swarmer cells adaptation toward UVc radiations. *Frontiers in Microbiology*, 10: 556. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00556>
- Hamzavi, I.H., Lyons, A.B., Kohli, I., Narla, S., Parks-Miller, A., Gelfand, J.M., Lim, H.W. & Ozog, D.M. 2020. Ultraviolet germicidal irradiation: possible method for respirator disinfection to facilitate reuse during the COVID-19 pandemic. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 82(6): 1511-1512. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.03.085>
- Havill, N.L., Moore, B.A. & Boyce, J.M. 2012. Comparison of the microbiological efficacy of hydrogen peroxide vapor and ultraviolet light processes for room decontamination. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 33(5): 507-512. <https://doi.org/10.1086/665326>
- Heimbuch, B.K., Wallace, W.H., Kinney, K., Lumley, A.E., Wu, C.Y., Woo, M.H., & Wander, J.D. 2011. A pandemic influenza preparedness study: use of energetic methods to decontaminate filtering facepiece respirators contaminated with H1N1 aerosols and droplets. *American Journal of Infection Control*, 39(1): e1-e9. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2010.07.004>
- Kerr, N., Capijack, L., & Fedosejevs, R. 2000. Ability of textile covers to protect artifacts from ultraviolet radiation. *Journal of the American Institute for Conservation*, 39(3): 345-353. <https://doi.org/10.1179/019713600806113220>
- Lin, T.H., Tang, F.C., Hung, P.C., Hua, Z.C. & Lai, C.Y. 2018. Relative survival of *Bacillus subtilis* spores loaded on filtering facepiece respirators after five decontamination methods. *Indoor Air*, 28(5): 754-762. <https://doi.org/10.1111/ina.12475>
- Lindsley, W.G., Martin Jr, S.B., Thewlis, R.E., Sarkisian, K., Nwoko, J.O., Mead, K.R. & Noti, J.D. 2015. Effects of ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) on N95 respirator filtration performance and structural integrity. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 12(8): 509-517. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1018518>
- Mills, D., Harnish, D.A., Lawrence, C., Sandoval-Powers, M. & Heimbuch, B.K. 2018. Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. *American Journal of Infection Control*, 46(7): e49-e55. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.02.018>
- Rowan, N.J & Laffey, J.G. 2021. Unlocking the surge in demand for personal and protective equipment (PPE) and improvised face coverings arising from coronavirus disease (COVID-19) pandemic - Implications for efficacy, re-use and sustainable waste management. *Science of the Total Environment*, 752: 142259. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142259>
- Sylvain, D. & Tapp, L. 2009. Health hazard evaluation report: UV-C exposure and health effects in surgical suite personnel, Boston, Massachusetts. NIOSH. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health.
- WHO. 2020. Rational use of personal protective equipment for coronavirus disease (COVID-19) and considerations during severe shortages. Interim Guidance: 23 December 2020.
- Wilkinson, M. C. & Carney, J. 2022. Investigating Viral Inoculation and Recovery from Medical Masks. *Advances in Virology*, 2022:3173883. <https://doi.org/10.1155/2022/3173883>
- Yang, J.-H., Wu, U.I., Tai, H.-M. & Sheng, W.H. 2019. Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 52: 487-493. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2017.08.017>