

## **TESIS**

### **UJI PENETRASI AEROSOL, RESISTENSI UDARA, DAN KEMAMPUAN STERILISASI PADA MASKER N95 SETELAH DISTERILKAN MENGUNAKAN MINI STERILISATOR**

*AEROSOL PENETRATION, AIR RESISTANCE, AND STERILIZATION  
ABILITY TEST ON N95 MASK AFTER STERILIZED USING SIMPLE  
PORTABLE STERILIZER*

**Muh. Aprizal Azhar**

**P062201011**



**PROGRAM MAGISTER ILMU BIOMEDIK**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

UJI PENETRASI AEROSOL, RESISTENSI UDARA, DAN KEMAMPUAN  
STERILISASI PADA MASKER N95 SETELAH DISTERILKAN  
MENGUNAKAN MINI STERILISATOR

Disusun dan diajukan oleh

MUH APRIZAL AZHAR  
P062201011

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam  
rangka penyelesaian studi Program Magister Ilmu Biomedik sekolah  
pascasarjana Universitas Hasanuddin

Pada Tanggal 29 November 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

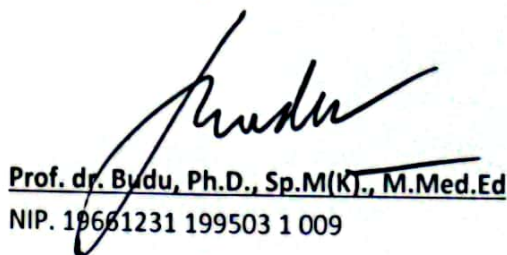
Pembimbing Utama



Prof. dr. Muh. Nasrum Massi, Ph.D, Sp.MK  
NIP. 1967091019 9603 1 001

Pt.

Ketua Program Studi  
Ilmu Biomedik



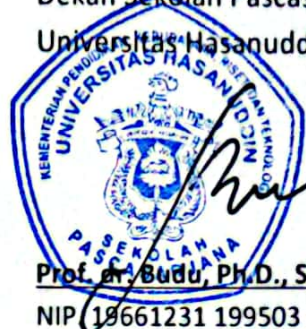
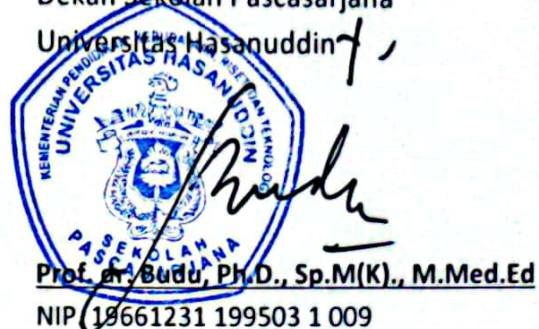
Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K), M.Med.Ed  
NIP. 19661231 199503 1 009

Pembimbing Pendamping



Prof. dr. Rosdiana Natzir, Ph.D, Sp.Biok(K)  
NIP. 19570326 198803 2 001

Dekan Sekolah Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin



Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K), M.Med.Ed  
NIP. 19661231 199503 1 009

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Aprizal Azhar

NIM : P062201011

Program Studi : Ilmu Biomedik

Judul Tesis : Uji Penetrasi Aerosol, Resistensi Udara, dan Kemampuan Sterilisasi pada Masker N95 Setelah Disterilkan Menggunakan Mini Sterilisator

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri

Makassar, 29 November 2022

Yang pembuat pernyataan,



Muh. Aprizal Azhar

## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“UJI PENETRASI AEROSOL, RESISTENSI UDARA, DAN KEMAMPUAN STERILISASI PADA MASKER N95 SETELAH DISTERILKAN MENGGUNAKAN MINI STERILISATOR.”** Tak lupa shalawat dan salam penulis haturkan kepada Rasulullah Shallallahu 'alaihi wa sallam yang telah membukakan pintu ilmu bagi kita semua. Tujuan penulisan tesis ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar master di program studi ilmu Biomedik konsentrasi Mikrobiologi, Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.

Penyusunan tesis ini telah melalui banyak rintangan, tetapi, berkat do'a, masukan, dan bantuan dari berbagai pihak, tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, ayahanda **Ir. Zulkipli** dan ibunda **Asniar, S.Sos, MM** yang menjadi motivasi terbesar penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Istri Penulis, **dr. Hartati Hamzi** dan buah hati **Muh. Reihan Afraz**, yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penulisan tesis ini.
3. **Prof. dr. Muh. Nasrum Massi, Ph.D, Sp.MK** selaku pembimbing utama yang telah memberi banyak kontribusi besar, terutama meluangkan waktu dan tenaganya dalam membimbing dan membantu penulis serta memberikan saran dan solusi di setiap kendala-kendala yang dihadapi penulis mulai dari awal hingga akhir penulisan tesis ini.
4. **Prof. dr. Rosdiana Natzir, Ph.D, Sp.Biok(K)** selaku dosen pembimbing yang juga memiliki kontribusi besar pada penelitian penulis, banyak memberikan saran dan solusi terhadap kendala-kendala pada penelitian penulis dari awal hingga akhir penulisan tesis ini.

5. **Dr. dr. Ika Yustisia, M.Sc** selaku ketua program studi Ilmu Biomedik Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan juga selaku penasihat akademik yang telah meluangkan waktu dan memberi masukan, kritik, dan sarannya.
6. **dr. Rizalinda Sjahril, M.Sc., Ph.D., Sp.MK, Dr. Elyas Palentei., ST., M.Eng,** dan **dr. Sudirman Katu, Sp.PD-KPTI, FINASIM** selaku penguji yang telah meluangkan waktunya dan bersedia memberi masukan dan saran untuk penyusunan tesis ini.
7. Bapak/Ibu dosen pascasarjana beserta Staf Sekolah Pascasarjana atas pelayanan, bantuan, dan ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh pendidikan di pascasarjana Universitas Hasanuddin.
8. Teman-teman angkatan 2020/21 Program Studi Ilmu Biomedik, khususnya konsentrasi Mikrobiologi yang bersedia membantu, bertukar pikiran, dan mendukung peneliti selama menempuh pendidikan.
9. Keluarga, kerabat, sahabat, dan teman-teman yang tidak tercantum namun banyak membantu dan memberi saran bagi penulis dalam penyelesaian tesis ini.

Penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, bukan hanya bagi penulis sendiri. Penulis menyadari bahwa pada tesis ini masih ada banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan tesis ini di masa mendatang.

Makassar, November 2022

**Muh. Aprizal Azhar**

## ABSTRAK

Muh. Aprizal Azhar. **Uji penetrasi aerosol, resistensi udara, dan kemampuan sterilisasi pada masker N95 setelah disterilkan menggunakan mini sterilisator** (dibimbing oleh Nasrum Massi dan Rosdiana Natzir)

Penelitian ini menguji kemampuan sterilisasi dari prototipe portable sterilizer masker N95 dan pengaruhnya terhadap kemampuan filtrasi dan perubahan hambatan udara pada masker N95 dalam rangka penghematan penggunaan alat pelindung diri (APD) pada saat terjadi kelangkaan. Sampel yang digunakan adalah masker N95 tipe 1860. Masker dikontaminasikan dengan 0,6-0,8 McFarland Unit (MFU) *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Metode sterilisasi yang digunakan adalah Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI), panas pada suhu 75°C, dan kombinasi keduanya dalam durasi 1, 3, 5, 10, 30, 60, 90, 120 menit. Selanjutnya, masker akan dimasukkan ke dalam larutan salin untuk dielusi. 100 µL larutan saline tersebut kemudian dikultur dalam media nutrisi agar dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dan setelah itu dilakukan pengamatan pertumbuhan koloni bakteri. Untuk uji penetrasi aerosol dan hambatan udara, masker akan diuji sebelum dan sesudah proses sterilisasi dengan durasi 5, 10, 30 hingga 60 menit, hasilnya akan dibandingkan.

Prototipe sterilizer dengan panas ini efektif membunuh *E. coli* dan *S. aureus* mulai dari sterilisasi 3 menit. Penggunaan portable sterilizer selama 60 menit ini juga tidak mengurangi kemampuan filtrasi aerosol masker N95 di bawah standar *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) dan tidak memberikan perubahan hambatan udara yang signifikan.

Prototipe sterilizer ini mampu membunuh secara efektif terhadap bakteri gram positif dan negatif yang terdapat pada masker N95 tanpa menurunkan kemampuan filtrasinya dan meningkatkan resistensi udara.

**Kata Kunci:** N95, Sterilisasi, Filtrasi, Aerosol, Alat Pelindung Diri

## ABSTRACT

Muh. Aprizal Azhar. **Aerosol Penetration, Air Resistance, and Sterilization Ability Test on N95 Mask After Sterilized Using Simple Portable Sterilizer** (Supervised by Nasrum Massi dan Rosdiana Natzir)

This study examined the sterilization ability of the portable sterilizer prototype for N95 masks and its effect on the filtration ability and changes in air resistance on the N95 mask in order to thrive personal protective equipment (PPE) use during a shortage.

The sample used was an N95 mask type 1860. The mask was contaminated with 0.6-0.8 McFarland Unit (MFU) *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The sterilization methods used were Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI), Heat at 75°C, and a combination of both in the duration of 1, 3, 5, 10, 30, 60, 90, and 120 minutes. Next, the mask will be soaked into a saline solution to be eluted. 100 µL of saline solution was cultured in nutrient agar media and incubated at 37°C for 24 hours and after that the bacterial colony growth was observed. For aerosol penetration and air resistance tests, masks will be tested before and after the sterilization process with a duration from 5, 10, 30 to 60 minutes.

This prototype sterilizer with heat was effective in killing *E. coli* and *S. aureus* starting from 3 minutes. The use of this portable sterilizer for 60 minutes also did not reduce the aerosol filtration ability of the N95 mask below the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) standard and did not provide a significant change in the air resistance.

This prototype sterilizer is capable of effectively sterilizing against both gram-positive and negative bacteria contained in the N95 mask without reducing its filtration performance and increasing air resistance.

Keywords: N95 Mask, Sterilization, Filtration, Aerosol, Personal Protective Equipment

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PRAKATA.....	iii
ABSTRAK.....	v
DATAR ISI.....	vii
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
B. RUMUSAN MASALAH.....	2
C. TUJUAN PENELITIAN.....	2
D. MANFAAT PENELITIAN.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
A. MASKER.....	4
B. STERILISASI DAN PENGGUNAAN KEMBALI.....	6
1. PENGGUNAAN SINAR ULTRAVIOLET C (UVC).....	7
2. PENGGUNAAN PANAS KERING.....	8
C. KERANGKA TEORI.....	9
D. KERANGKA KONSEP.....	9
E. HIPOTESIS PENELITIAN.....	10
1. HIPOTESIS 0 (HO).....	10
2. HIPOTESIS ALTERNATIF (HA).....	10
<b>BAB III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
A. DESAIN PENELITIAN.....	11
B. VARIABEL PENELITIAN.....	11
C. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN.....	11
D. POPULASI DAN SAMPEL.....	12
E. ALAT DAN BAHAN.....	12
F. PROSEDUR PENELITIAN.....	13
UJI PENETRASI AEROSOL DAN RESISTENSI UDARA MASKER N95.....	13
1. PERSIAPAN MASKER.....	13
2. PENGUJIAN SEBELUM STERILISASI.....	13



3. STERILISASI .....	14
4. PENGUJIAN SETELAH STERILISASI .....	14
5. PENGOLAHAN DATA.....	15
6. ANALISIS DATA.....	15
7. PENGAMBILAN KEPUTUSAN.....	15
UJI DETEKSI BAKTERI PADA MASKER .....	15
1. PERSIAPAN MASKER.....	15
2. PERSIAPAN BAKTERI.....	16
3. KONTAMINASI MASKER.....	16
4. STERILISASI .....	16
5. ELUSI BAKTERI.....	16
6. KULTUR BAKTERI.....	16
7. PENGAMATAN KOLONI .....	16
8. ANALISA DATA DAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN .....	17
G. DEFINISI OPERASIONAL.....	17
1. MINI STERILISATOR .....	17
2. ALAT PENGUJI EFISIENSI FILTRASI MASKER .....	19
3. ALAT PENGUKUR JUMLAH PARTIKEL DAN TEKANAN UDARA .....	20
4. NEBULIZER .....	21
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
A. HASIL PENELITIAN .....	22
1. HASIL UJI KEMAMPUAN STERILISASI BAKTERI.....	22
2. HASIL UJI PENETRASI AEROSOL .....	30
3. HASIL UJI RESISTENSI UDARA .....	32
B. PEMBAHASAN.....	34
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>37</b>
A. KESIMPULAN .....	37
B. SARAN .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	39
LAMPIRAN .....	45

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. LATAR BELAKANG MASALAH

Penyakit infeksi merupakan salah satu penyakit yang menyebabkan kematian terbanyak di dunia. *World Health Organization* (WHO) melaporkan penyakit infeksi saluran napas bawah menduduki peringkat ke empat penyebab kematian secara global dan peringkat ke dua penyebab kematian pada negara berkembang<sup>1</sup>. Mudah-mudahan perpindahan penyakit baik dari hewan ke manusia ataupun ke sesama manusia menjadikan penyakit infeksi memiliki angka kejadian yang cukup tinggi. Salah satu metode transmisi yang sangat cepat menularkan adalah melalui udara atau *airborne*. Transmisi ini terjadi ketika orang yang terinfeksi mengeluarkan droplet maupun aerosol ketika berbicara, bernyanyi, batuk, atau bersin<sup>2,3</sup>. Droplet dan aerosol ini mengandung patogen dan ketika masuk ke dalam tubuh orang lain dapat menyebabkan orang tersebut terinfeksi. Beberapa pandemi yang terjadi dalam sejarah kehidupan manusia seperti Influenza, Small Pox, dan *Coronavirus Disease 2019* (COVID-19) juga ditransmisikan dengan cara *airborne*<sup>4-6</sup>.

Salah satu cara untuk mencegah transmisi penyakit ini adalah penggunaan masker. Penggunaan masker dapat menurunkan kemungkinan seseorang terinfeksi hingga 90%<sup>7</sup>. Salah satu masker yang direkomendasikan terutama untuk para tenaga kesehatan (*nakes*) sebagai alat pelindung diri (APD) dalam bertugas adalah masker N95. Tingginya permintaan masker N95 terutama dalam pandemi COVID-19 yang terjadi sampai sekarang menyebabkan kelangkaan di seluruh dunia<sup>8</sup>. Kelangkaan ini mengharuskan para tenaga Kesehatan untuk berhemat dalam penggunaan APD. Penghematan ini dicapai antara lain dengan cara penggunaan kembali masker N95

*Center for Disease Control and Prevention* (CDC) menerbitkan panduan penggunaan kembali masker N95 ketika dalam masa krisis APD. Penggunaan kembali ini harus memperhatikan beberapa hal terkait masker N95. Beberapa yang perlu diperhatikan adalah mengenai kontaminasi dan kemampuan filtrasi pada saat penggunaan berulang. Selain itu perlu diperhatikan juga mengenai kerusakan masker dan pengemasannya di wajah pengguna<sup>9</sup>.

Berangkat dari permasalahan ini, banyak penelitian mengenai metode-metode sterilisasi masker N95 untuk penggunaan kembali. Beberapa metode yang diteliti adalah menggunakan penguapan, panas kering, penggunaan sinar ultraviolet C (UVC), radiasi gamma, penggunaan hidrogen peroksida, hingga perebusan dalam air mendidih dan penggunaan cairan disinfektan seperti klorin dan alkohol<sup>10-12</sup>. Beberapa metode tersebut mengakibatkan kerusakan pada masker namun penggunaan UVC dan panas kering dilaporkan mampu mempertahankan kemampuan filtrasi aerosol masker N95 di atas 95% hingga beberapa kali siklus pengulangan sterilisasi<sup>10</sup>.

Penulis mengobservasi penggunaan alat sterilisasi dari beberapa studi tersebut. Kebanyakan alat yang digunakan dalam studi tersebut memiliki dimensi yang besar dan hanya tersedia pada fasilitas Kesehatan yang memumpuni. Berangkat dari permasalahan ini, penulis mendesain sebuah alat sterilisasi portabel khusus untuk masker N95 yang mampu mengeliminasi patogen namun tetap mempertahankan kemampuan filtrasi masker N95. Sterilisator ini ringkas, mudah dioperasikan, dan bisa digunakan oleh siapa saja dan di mana saja.

## **B. RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah kemampuan filtrasi aerosol masker N95 setelah disterilisasi menggunakan mini sterilisator ?
2. Bagaimanakah restensi udara pada masker N95 setelah disterilisasi menggunakan mini sterilisator ?
3. Bagaimanakah kemampuan sterilisasi bakteri dari mini sterilisator ini ?

## **C. TUJUAN PENELITIAN**

1. Tujuan Umum:

- a. Untuk mengetahui kemampuan dan keamanan penggunaan sterilisator mini terhadap masker N95

## 2. Tujuan Khusus

- a. untuk mengetahui kemampuan filtrasi aerosol masker N95 setelah disterilisasi menggunakan mini sterilisator
- b. untuk mengetahui resistensi udara pada masker N95 setelah disterilisasi menggunakan mini sterilisator
- c. untuk mengetahui kemampuan sterilisasi bakteri dari mini sterilisator ini

## **D. MANFAAT PENELITIAN**

### 1. Manfaat pengembangan Ilmu

Menambah wawasan serta pengetahuan penulis mengenai efektifitas filtrasi aerosol masker N95 setelah disterilkan menggunakan mini sterilisator

### 2. Manfaat Praktis

- a. memberikan informasi dan sumbangan teori mengenai sterilisasi masker N95
- b. hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan mini sterilisator

### 3. Manfaat klinis

- a. Produk akhir berupa mini sterilisator N95 yang dapat digunakan oleh para tenaga kesehatan dalam praktik sehari-hari.

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**  
**A. MASKER**

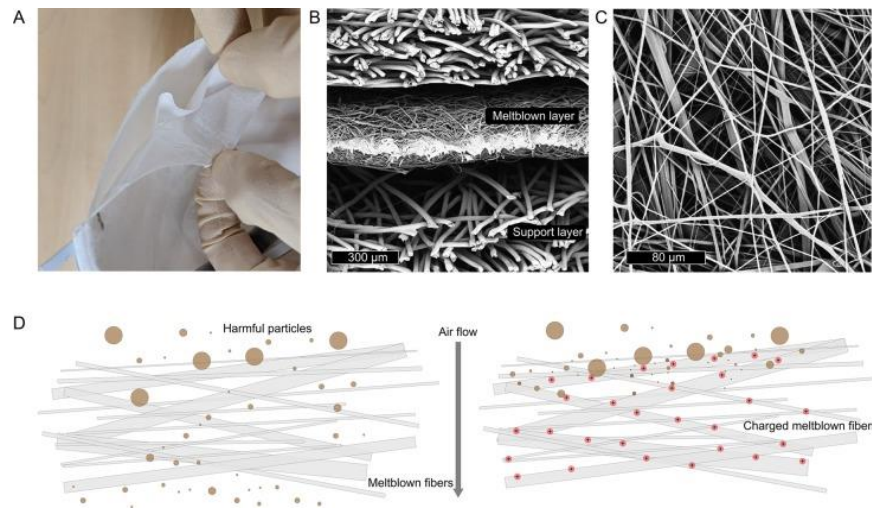
Pandemi yang paling mematikan dalam sejarah umat manusia adalah pandemi Black Death pada tahun 1347-1670. Wabah ini disebabkan oleh bakteri *Yersinia pestis* dan mengakibatkan meninggalnya 15 – 23.5 juta populasi eropa atau sekitar seperempat – sepertiga populasi dunia pada saat itu<sup>13,14</sup>. Kurangnya ilmu pengetahuan dan teknologi pada masa itu mengenai penyakit infeksi membuat para dokter harus menggunakan masker khusus yang memiliki bentuk seperti paruh burung. Dalam paruh tersebut, diletakkan beberapa wewangian herbal yang diyakini dapat melawan miasma yang dipercaya menjadi penyebab pandemic saat itu<sup>15</sup>.

Berabad-abad kemudian, dengan kemajuan ilmu pengetahuan mengenai penyakit infeksi dan penularannya, telah ditemukan berbagai macam masker yang dapat digunakan untuk mencegah transmisi penyakit pernapasan. Masker-masker ini dapat diproduksi dengan murah, mudah didapatkan, praktis dan nyaman dalam penggunaannya sehari-hari. Salah satu masker yang sering direkomendasikan penggunaannya oleh nakes adalah masker N95.

Masker N95 merupakan salah satu alat pelindung diri (APD) yang direkomendasikan oleh CDC untuk mencegah penularan melalui partikel *airborne*<sup>16-18</sup>. Daya filtrasi N95 didapatkan dengan memanfaatkan kombinasi serat polypropylene *microfiber* dan muatan elektrostatis. Penggunaan masker ini mengharuskan dilakukannya pengepasan pada wajah agar tidak terdapat celah antara masker dan wajah pengguna<sup>19</sup>. Penamaan N95 diberikan karena dalam uji coba laboratorium, masker ini mampu menyaring minimal 95% partikel padat maupun aerosol. Huruf N sendiri diberi nama berdasarkan ketahanannya terhadap minyak<sup>20</sup>.z`

Masker N95 terdiri dari beberapa lapisan, salah satunya adalah lapisan yang terbuat dari serat *polypropylene nonwoven*<sup>21</sup>. Diantara lapisan-lapisan ini yang terpenting adalah lapisan yang dibuat dengan proses *meltbown*. Masker filtrasi secara umum memiliki lapisan *meltbown* dengan ketebalan 100-1000  $\mu\text{m}$  yang tersusun dari *polypropylene microfibers* dengan ukuran berkisar antara 1-10  $\mu\text{m}$ . Dikarenakan proses pembuatannya, serat *meltbown* menghasilkan material *nonwoven* dimana seratnya dapat bertumpuk satu sama lain dan membentuk jaring tiga dimensi dan memiliki porositas hingga 90% yang menciptakan permeabilitas udara yang tinggi<sup>22</sup>. Namun, diameter serat yang digunakan berukuran relatif kecil dan masih menyisakan banyak celah besar pada filter. Kemampuan filtrasi secara fisik dari serat *nonwoven* itu sendiri tidak cukup untuk menyaring partikel halus. Untuk meningkatkan kemampuan filtrasi tanpa membuat hambatan udara, serat-serat ini diberi muatan melalui *corona discharge* dan/atau dengan alat

*triboelectric*<sup>23,24</sup>. Setelah diberi muatan, kemampuan filtrasi pada lapisan ini meningkat secara signifikan tanpa harus menambah material media filtrasi<sup>25</sup>.

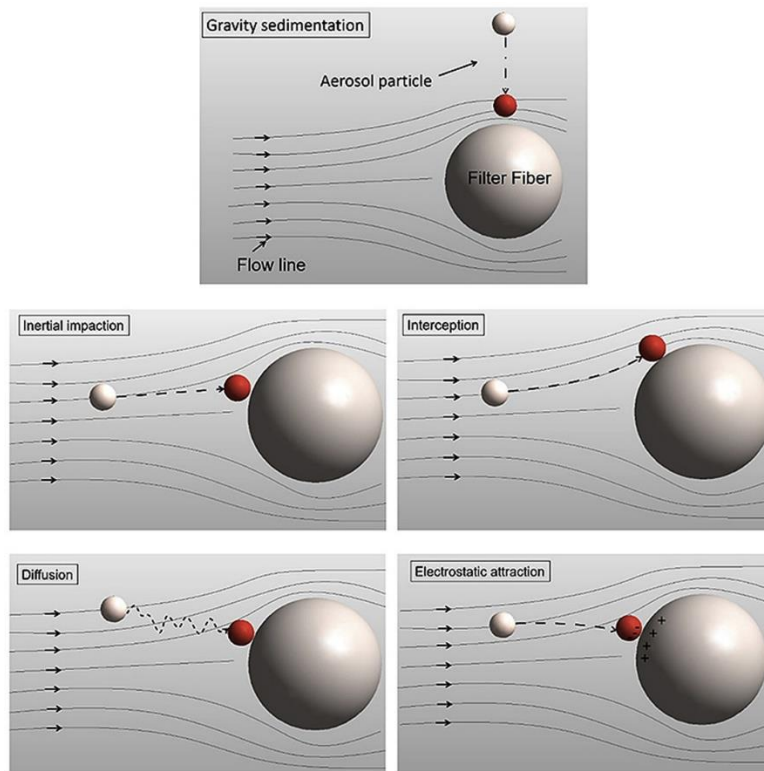


**Gambar 1.** Struktur lapisan N95<sup>10</sup>

(A) Lapisan N95 secara fisik. (B) pencitraan lapisan tengah (lapisan *meltblown*) menggunakan mikroskop elektron. (C) Pencitraan lapisan *meltblown* membentuk serat acak dengan diameter 1-10 μm. (D) ilustrasi bagaimana lapisan *meltblown* dengan dan tanpa muatan elektrik, partikel kecil dapat melewati lapisan serat tanpa muatan elektrik (kiri) dan partikel akan tertangkap jika lapisan serat diberi muatan (kanan)

Kemampuan filtrasi N95 terhadap aerosol didapatkan dengan menggabungkan beberapa metode filtrasi seperti sedimentasi oleh gravitasi, impak secara langsung, intersepsi, difusi, dan elektrostatik<sup>26</sup>. Penggabungan dari beberapa metode filtrasi ini, beberapa studi menunjukkan adanya kelebihan dari segi proteksi terhadap penggunaannya jika dibandingkan dengan masker bedah<sup>27,28</sup>. MacIntyre et. al menemukan bahwa tingkat infeksi influenza pada pengguna masker bedah 2 kali lipat lebih tinggi dibanding pada nakes yang menggunakan masker N95<sup>29</sup>. Studi lain juga menunjukkan Penggunaan N95 secara kontinyu lebih efektif mencegah gejala penyakit saluran napas dibandingkan dengan penggunaan N95 secara berkala atau penggunaan masker bedah<sup>30</sup>. Virus penyebab penyakit saluran napas utamanya ditularkan melalui droplet besar. Sebagian kecil dari virus ini ditransmisikan melalui aerosol. Masker N95 diyakini memberi

perlindungan yang lebih baik dari masker bedah dari virus saluran napas pada lingkungan fasilitas kesehatan<sup>31</sup>.



**Gambar 2.** Mekanisme Filtrasi Masker N95<sup>55</sup>

## **B. STERILISASI dan PENGGUNAAN KEMBALI MASKER N95**

CDC menerbitkan rekomendasi penggunaan kembali masker N95 ketika dalam kondisi krisis APD. Penggunaan kembali ini harus memperhatikan beberapa poin mengenai masker setelah di sterilkan. Poin-poin yang perlu menjadi perhatian adalah: pengepasan di pengguna, kemampuan filtrasi, kontaminasi masker, dan kerusakan masker<sup>9</sup>.

CDC melalui National Personal Protective Technology Laboratory (NPPTL) membandingkan uji dekontaminasi dari 19 metode dan menggunakan 1354 sampel masker N95. Uji tersebut menunjukkan hasil bahwa penggunaan panas kering dan sinar ultraviolet (UV) pada masker tidak memberikan dampak dari segi kemampuan filtrasi dan perubahan elastisitas karet penyangga dari masker N95<sup>32</sup>.

## 1. Penggunaan Sinal Ultraviolet C (UVC)

Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) merupakan salah satu metode sterilisasi yang digunakan untuk mencegah penyebaran penyakit menular. Metode ini memanfaatkan energi UV untuk membunuh virus, bakteri, maupun jamur. UVC memiliki Panjang gelombang yang lebih pendek dibandingkan ultraviolet A (UVA) dan ultraviolet B (UVB)<sup>33</sup>. UVC dihasilkan menggunakan lampu merkuri bertekanan rendah dan memancarkan radiasi sinar dengan panjang gelombang sekitar 100-280 nm, biasanya 254 nm. Prinsip kerjanya, foton sinar UVC akan masuk menembus ke dalam sel dan merusak ikatan *thymine* atau *cytosin* pada asam nukleat<sup>34</sup>. UVGI efektif terhadap mikroba dengan materi genetik baik *single-stranded* RNA (ssRNA), *single-stranded* DNA (ssDNA), *double-stranded* RNA (dsRNA), maupun *double-stranded* DNA (dsDNA)<sup>35</sup>.

Walaupun diketahui bahwa UVC mampu membunuh semua mikroorganisme dan virus, namun setiap patogen memiliki dosis radiasi UVC yang berbeda-beda dalam proses inaktivasinya. Sebagai contoh rotavirus membutuhkan dosis sebesar 25 mJ/cm<sup>2</sup> sedangkan adenovirus (tipe 40) membutuhkan dosis 6 kali lebih tinggi atau sekitar 140 mJ/cm<sup>2</sup>. Untuk inaktivasi bakteri seperti *Mycobacterium tuberculosis*, *Escherchia coli* dan *Staphylococcus aureus* dibutuhkan dosis paparan masing-masing sekitar 41,1 mJ/cm<sup>2</sup>, 5 mJ/cm<sup>2</sup> 6,5 mJ/cm<sup>2</sup> untuk menginaktivasi hingga 90%<sup>36,37</sup>. Belum ada data spesifik mengenai dosis UVGI untuk menginaktivasi SARS Coronavirus 2 (SARS CoV-2), tapi sebagai perbandingan dibutuhkan dosis sekitar 1,32-3,3 mJ/cm<sup>2</sup> untuk menginaktivasi patogen dengan ssRNA<sup>35</sup>.

Penggunaan UVGI pada masker N95 menunjukkan hasil yang cukup menjanjikan. Beberapa studi melaporkan paparan UVGI pada masker N95 mampu menginaktivasi patogen tanpa menurunkan kemampuan filtrasi masker<sup>38-41</sup>. Tapi paparan UVGI pada masker bukan berarti tidak memiliki efek samping. Studi yang dilakukan oleh Lindsley WG et.al mengenai efek paparan UVGI pada terhadap filtrasi N95 menunjukkan bahwa paparan UVGI pada dosis di atas 950J/cm<sup>2</sup> menunjukkan adanya penurunan performa filtrasi dan resistensi udara pada masker N95<sup>42</sup>.



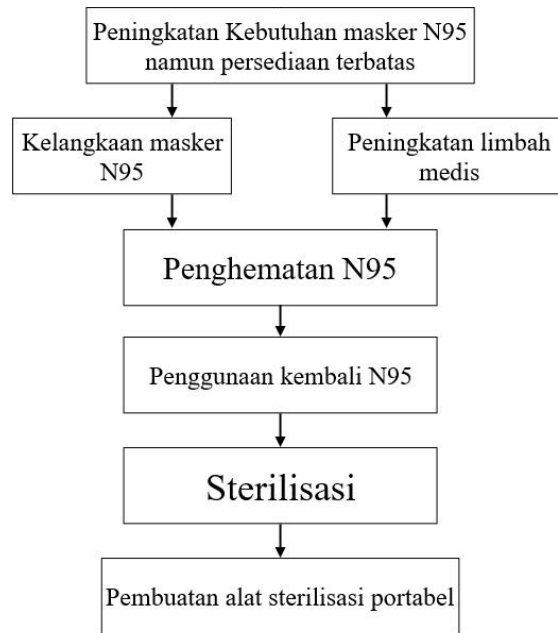
## 2. Penggunaan Panas Kering/*dry heat*

Pada saat proses replikasi, mikroorganisme melakukan proses translasi dimana mRNA akan memberikan informasi ke dalam ribosom untuk dilakukan proses penggabungan asam amino menjadi rantai Panjang berbentuk protein. Protein ini yang akan menjadi struktur organisme baru, salah satunya adalah menjadi dinding sel<sup>43-44</sup>. Dinding sel yang tersusun dari protein memiliki sifat yang tidak tahan terhadap panas. Suhu tinggi akan menyebabkan denaturasi dari protein dan mengakibatkan kematian dari mikroorganisme tersebut<sup>45</sup>.

Thermal Death Time (TDT) merupakan suatu terminologi untuk menentukan suatu mikroorganisme akan mati pada paparan suhu tertentu dalam jangka waktu tertentu<sup>46</sup>. *E. coli* dalam suhu 60°C akan mati dalam waktu 5 menit<sup>47</sup>. Sedangkan *S. aureus* akan mati pada suhu 60°C sekitar 4,8-6,6 menit<sup>48</sup>. Untuk virus, penelitian yang dilakukan oleh Loveday et.al menunjukkan bahwa paparan suhu 65°C selama 15 menit tidak menunjukkan adanya replikasi virus pada kultur sel<sup>50</sup>

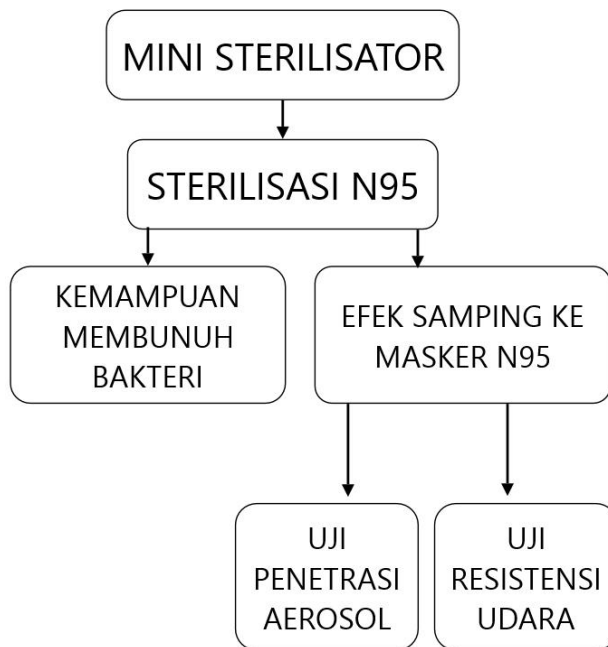
Penggunaan panas juga dapat digunakan untuk mendekontaminasi masker tanpa memberi efek penurunan kemampuan filtrasi<sup>51-53</sup>. Namun perlu diketahui juga suhu yang terlalu tinggi dapat merusak struktur N95. Lapisan *polypropylene* pada masker N95 memiliki titik leleh pada suhu 130-171°C<sup>54</sup>. Apabila temperature mendekati suhu tersebut maka struktur akan melemah dan berdampak pada kemampuan filtrasinya. Pemanasan pada suhu 125°C dapat menurunkan kemampuan filtrasi N95 hingga menjadi 90%<sup>10</sup>.

### C. KERANGKA TEORI



**Bagan 1.** Kerangka teori

### D. KERANGKA KONSEP



**Bagan 2.** Kerangka konsep

## E. HIPOTESIS PENELITIAN

### 1. Hipotesis Nol ( $H_0$ )

- a. Penggunaan mini sterilisator tidak menurunkan kemampuan filtrasi aerosol N95 di bawah 95%.
- b. Penggunaan mini sterilisator tidak meningkatkan resistensi udara dari masker N95 secara signifikan.
- c. Penggunaan mini sterilisator tidak dapat membunuh bakteri pada masker.

### 2. Hipotesis Alternatif ( $H_a$ )

- a. Penggunaan mini sterilisator menurunkan kemampuan filtrasi aerosol masker N95 di bawah 95%.
- b. Penggunaan mini sterilisator meningkatkan resistensi udara dari masker N95 secara signifikan
- c. Penggunaan mini sterilisator dapat membunuh bakteri pada masker.