

# Sistem Sirkulasi Udara Bertekanan Negatif Pada Lemari Sterilisasi

Triyana Yuniar<sup>1</sup>, Bambang Puguh Manunggal<sup>2</sup>, Indriyani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : triyana.yuniar.tken18@polban.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : bambang.puguh@polban.ac.id

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : indriyani.indriyani@gmail.com

## ABSTRAK

Kualitas udara yang memadai dalam ruangan sebenarnya dapat diperoleh melalui sistem sirkulasi udara yang baik, terutama dalam ruangan sterilisasi yang dapat membantu mengurangi penumpukan partikel hasil proses sterilisasi yang terjadi di dalam ruangan tersebut. Pertukaran udara yang diperlukan pada lemari sterilisasi untuk mendapatkan tekanan negatif ini dengan memanfaatkan *exhaust system*. Berdasarkan perhitungan kebutuhan sirkulasi pada lemari sterilisasi dengan ukuran lemari sebesar (800×430×1800) mm didapatkan nilai *air flow* sebesar 0,1548 m<sup>3</sup>/menit atau 5,466 CFM, kapasitas maksimum 1,6 m<sup>3</sup>/menit dengan standar *Air Change per Hour* untuk proses sterilisasi sebesar 15 kali/jam. Tekanan yang dihasilkan pada lemari sterilisasi sebesar -5 Pa sesuai dengan Standar Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Ruang Isolasi Penyakit Infeksi Emerging (PIE), 13 April 2020 Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

### Kata Kunci

System sirkulasi, lemari sterilisasi, tekanan negative, exhaust system

## 1. PENDAHULUAN

Perlu diketahui bahwa penularan COVID bisa melalui udara. Dimana udara masuk melalui ventilasi yang terpasang pada suatu ruangan. Ruangan tertutup dengan pemakaian ventilasi yang kurang baik menjadi tempat yang nyaman untuk penyebaran virus sehingga dapat menyebar apabila terlalu lama di dalam ruangan.

Menurut juru bicara pemerintah untuk penanganan COVID-19 Achmad Yurianto mengatakan bahwa *exhaust fan* lebih efektif mencegah penularan virus corona (COVID-19) di dalam ruangan. Alat tersebut mampu membuat udara berputar di dalam satu ruangan. Jadi ketika menggunakan *exhaust fan* dapat menarik keluar udara yang ada di dalam ruangan dan menggantikan dengan udara yang baru.

Agar kualitas udara tetap terjaga, maka penerapan ACH (*Air Change per Hour*) sangat diperlukan, dimana kualitas udara yang ada didalam ruangan yang telah terkontaminasi dapat digantikan dengan udara segar yang berasal dari luar ruangan yang telah dikondisikan dan telah melalui proses filterisasi. Tidak hanya udara yang dari luar ruangan saja yang dilakukan proses filterisasi, akan tetapi udara yang di dalam ruangan yang

sudah terkontaminasi akan dihisap oleh *exhaust system* terlebih dahulu melewati proses filterisasi. Sehingga udara yang dikeluarkan akan bersih kembali dan tidak membahayakan lingkungan sekitar.

Penelitian dalam pembuatan lemari sterilisasi sudah banyak dilakukan oleh beberapa orang. Merujuk pada Standar Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Ruang Isolasi Penyakit Infeksi Emerging (PIE) 13 April 2020 Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tekanan yang diperuntukan sebesar -5 Pa sampai -15 Pa. Pembuatan ruangan di haruskan dapat meminimalisir kebocoran udara (*leakage area*) dan mendukung tekanan udara sesuai peruntukannya.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa tujuan dari penulisan ini untuk mengetahui pemilihan system sirkulasi udara dengan system filterisasi untuk mendukung tekanan negative yang dihasilkan pada lemari sterilisasi.

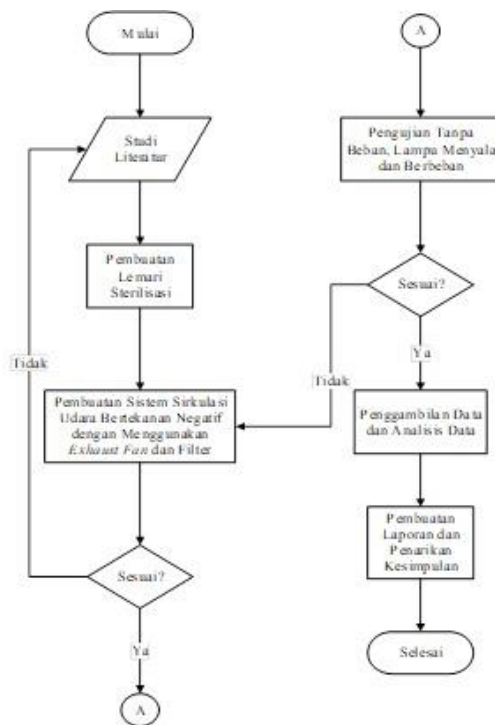
## 2. METODE

Proses pembuatan dalam system sirkulasi udara ini menggunakan konsep *knock down* dan proses dilakukan selama 1 bulan yaitu Mei sampai Juni 2021.

*exhaust fan* yang diperlukan untuk suatu ruangan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$CMH : \text{Volume ruang} \times \text{ACH}$$

## 2.1 Gambar Rancangan Sistem Sirkulasi Udara



## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Gambar Rancangan Sistem Sirkulasi Udara



Gambar 1. Rancangan Sistem Sirkulasi Udara

## 2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam proses pembuatan yaitu gerinda, gergaji dan gunting dan bor listrik, obeng, dan *hole saw*. Bahan yang digunakan yaitu *exhaust fan*, *stainless steel*, dakron, komponen pengikat, kabel konektor dan alat ukur tekanan.

## 2.3 Prosedur Kerja Pembuatan

Prosedur pelaksanaan pembuatan system sirkulasi udara dilakukan dengan dua tahap, dimana tahap pertama dengan menggambar gambar kerja dengan menggunakan aplikasi Inventor dan tahap kedua dengan membuat fisik dari hasil rancangan

## 2.4 Prosedur Analisis Data

Dalam prosedur teknik dan analisis data dilakukan dengan pemilihan ventilasi mekanik (*exhaust fan*) sesuai dengan kebutuhan dari lemari sterilisasi. Dimana, dengan menerapkan memperhitungkan *air flow* yang diperlukan dalam lemari sterilisasi dan untuk pengambilan data selama 45 menit untuk mengetahui nilai tekanan yang dihasilkan bernilai konstan.

## 2.5 Kebutuhan Sirkulasi Udara

Pergantian udara sangat dibutuhkan untuk memperoleh kenyamanan termal, karena udara dalam ruangan yang lebih hangat dan lembab akan tergantikan oleh udara dari luar ruang yang lebih sejuk dan kering. Kebutuhan

Penempatan system sirkulasi udara berdasarkan sumber rujukan dari pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana yaitu di bagian atas dari lemari sterilisasi. *Exhaust fan* dipasang dengan ditambahkan media filterisasi berupa dakron. Untuk jalur udara masuk melewati damper yang terpasang pada bagian kanan dan bagian kiri dari lemari sterilisasi. *Exhaust fan* akan menghisap udara dan partikel kotor hasil proses sterilisasi. Selain untuk sirkulasi, digunakan pula untuk proses pendinginan dari komponen yang ada di dalam lemari sterilisasi.

### 3.2 Perhitungan Kebutuhan Sirkulasi Udara

Perhitungan kebutuhan sirkulasi udara dilakukan untuk mengetahui pemilihan *exhaust fan* yang akan digunakan dalam lemari sterilisasi. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan sirkulasi udara :

$$\begin{aligned} \text{Air Flow} &= \text{ACH} \times \text{Volume Ruang} \\ &= 15 \text{ kali/jam} \times (800 \times 430 \times 1800) \text{ mm} \\ &= 15 \text{ kali/jam} \times 619.200.000 \text{ mm}^3 \\ &= 9.288.000.000 \text{ mm}^3/\text{jam} \\ &= 9,288 \text{ m}^3/\text{jam} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} \\ &= 0,1548 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 5,466 \text{ CFM} \end{aligned}$$

### 3.3 Pembuatan Sistem Sirkulasi Udara

Tahapan pembuatan system sirkulasi udara untuk lemari sterilisasi APD untuk COVID-19 berdasarkan dari rancangan gambar teknis yaitu sebagai berikut :

- a. Siapkan semua alat dan bahan
- b. Kemudian, buat 4 buah damper kemudian dilakukan *laser cutting* untuk mempermudah dalam proses penekukan.



Gambar 3. Proses Penekukan Damper

- c. Tempelkan masing-masing 2 buah damper pada dinding lemari yang sudah dilubangi dengan bor kayu dan tidak lupa tambahkan dakron sebagai media filterisasi di antara kedua damper tersebut dan tidak lupa kencangkan dengan sekrup agar tidak lepas.



Gambar 4. Proses Penambahan Dakron



Gambar 5. Proses Pemasangan Damper

- d. Tambahkan *exhaust fan* di atap yang sudah dilubangi dengan posisi *ducting fan* berada di luar lemari. Fungsi ditambahkan *exhaust fan* untuk menghisap partikel-partikel yang dihasilkan selama dan setelah proses sterilisasi

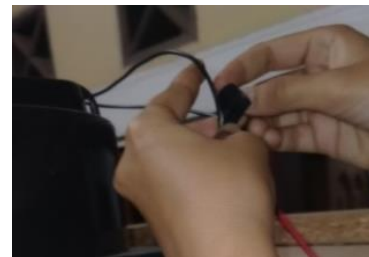


Gambar 6. Proses Penambahan Dakron



Gambar 7. Proses Pemasangan *Casing Exhaust fan*

- e. Sambungkan *exhaust fan* ke kabel yang sudah ada untuk beroperasi.



Gambar 8. Proses Pemasangan Kabel

- f. Pasang alat ukur tekanan pada pintu lemari untuk melihat berapa tekanan yang terukur .



Gambar 9. Proses Pemasangan Alat Ukur

### 3.4 Pengujian dan Pengambilan Data

#### 3.4.1 Tanpa beban

Pengujian tanpa beban dilakukan dengan kondisi di lemari sterilisasi kosong dan hanya *exhaust fan* yang bekerja untuk menghisap udara dan pastikan lemari tertutup rapat tidak ada udara yang keluar.



Gambar 12. Pengujian Tanpa Beban



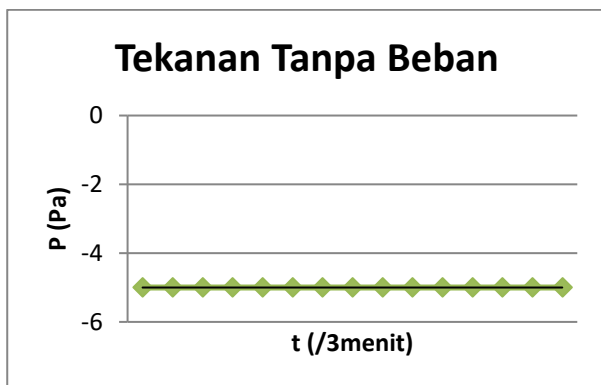
Gambar 13. Pengujian Lampu Menyala

### 3.4.1.1 Data Hasil Pengujian Tanpa Beban

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Tanpa Beban

Tanpa Beban		
No	Waktu	Tekanan (Pa)
1	17.25	-5
2	17.28	-5
3	17.31	-5
4	17.34	-5
5	17.37	-5
6	17.40	-5
7	17.43	-5
8	17.46	-5
9	17.49	-5
10	17.52	-5
11	17.55	-5
12	17.58	-5
13	18.01	-5
14	18.04	-5
15	18.07	-5

Grafik yang dihasilkan berdasarkan data hasil pengujian diatas yaitu sebagai berikut :



### 3.4.2 Pengujian Lampu Menyala

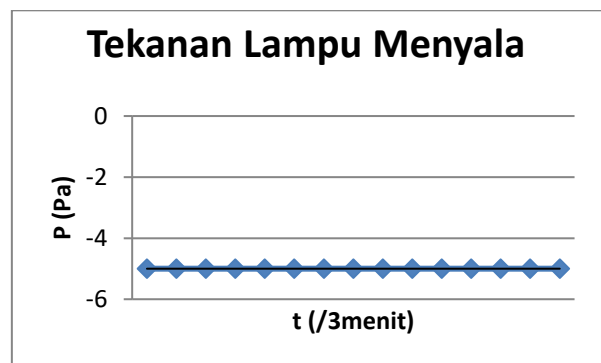
Pengujian lampu menyala dimana kondisi di dalam ruangan dibiarkan hidup. Waktu dinyalakan untuk *exhaust fan* dan lampu UV-C adalah dengan bersamaan. Seperti pada pengujian tanpa beban, kondisi lemari tertutup rapat.

### 3.4.2.1 Data Hasil Pengujian Lampu Menyala

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Lampu Menyala

Lampu Menyala		
No	Waktu	Tekanan (Pa)
1	14.51	-5
2	14.54	-5
3	14.57	-5
4	15.00	-5
5	15.03	-5
6	15.06	-5
7	15.09	-5
8	15.12	-5
9	15.15	-5
10	15.18	-5
11	15.21	-5
12	15.24	-5
13	15.27	-5
14	15.30	-5
15	15.33	-5

Grafik yang dihasilkan berdasarkan data hasil pengujian diatas yaitu sebagai berikut :



### 3.4.3 Pengujian Berbeban

Pengujian berbeban dilakukan ketika kondisi di dalam lemari sterilisasi ditambahkan objek (APD) untuk dilakukan proses sterilisasi dan kondisi lampu UV-C serta *exhaust fan* menyala. Kapasitas untuk penyimpanan objek yaitu sebanyak 15 buah APD, diantaranya 12 buah masker dan 3 buah baju.



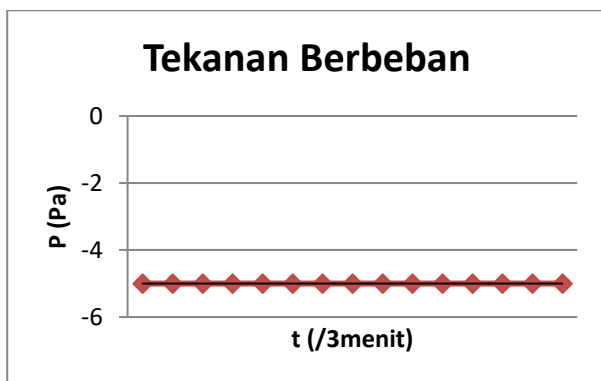
Gambar 14. Pengujian Berbeban

### 3.4.3.1 Data Hasil Pengujian Berbeban

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Berbeban

Berbeban		
No	Waktu	Tekanan (Pa)
1	20.39	-5
2	20.42	-5
3	20.45	-5
4	20.48	-5
5	20.51	-5
6	20.54	-5
7	20.57	-5
8	21.00	-5
9	21.03	-5
10	21.06	-5
11	21.09	-5
12	21.12	-5
13	21.15	-5
14	21.18	-5
15	21.21	-5

Dari data hasil pengujian diatas dapat dibuat grafik untuk mempermudah dalam melihat perubahan yang terjadi. Berikut merupakan grafik tekanan terhadap waktu pada pengujian berbeban



Gambar 17. Grafik Pengujian Berbeban

### 3.5 Perhitungan Konsumsi Energi dan Biaya Konsumsi Energi

Berikut merupakan perhitungan konsumsi energy yang diperlukan pada lemari sterilisasi yang sudah dilengkapi dengan system sirkulasi.

Produk	Exhaust Fan 8 Inch SEKAI WEF 890
Tegangan/Frekuensi	220 V/ 50 Hz
Konsumsi Daya Speed	30 Watt
Daya Sedot	1,60 m <sup>3</sup> /menit
Putaran	1500 rpm
CFM	172
Static Pressure	175 Pa

#### Spesifikasi Lampu UV-C

Tegangan/Frekuensi : 220 V – 50 Hz

Daya : 20 Watt

Waktu Operasi : 45 Menit/hari

Harga per kWh : Rp 1.352,00

#### 1. Menentukan Konsumsi Energi yang Diperlukan

- a. Kosumsi Energi Penggunaan *Fan* (Tanpa Beban)

$$\text{Konsumsi Energi} = P \times t \times n$$

$$\begin{aligned} \text{KE} &= 30 \text{ Watt} \times (45 \text{ menit} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}}) \times 1 \\ &= \mathbf{22,5 \text{ Wh}} \end{aligned}$$

- b. Konsumsi Energi Penggunaan Lampu UV-C

$$\text{Konsumsi Energi} = P \times t \times n$$

$$\begin{aligned} \text{KE} &= 20 \text{ Watt} (45 \text{ menit} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}}) \times 4 \\ &= \mathbf{60 \text{ Wh}} \end{aligned}$$

- c. Konsumsi Energi Pengujian Total (*Fan* dan Lampu UV-C)

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Energi} &= \text{Fan} + \text{Lampu} \\ &= 22,5 \text{ Wh} + 60 \text{ Wh} \\ &= \mathbf{82,5 \text{ Wh}} \end{aligned}$$

#### 2. Menentukan Biaya Konsumsi Energi

- a. Biaya Konsumsi Energi (*Fan*)

$$= \text{KE} \times \text{Harga per kWh} \times \text{waktu}$$

$$= (22,5 \text{ Wh} \times \frac{1 \text{ kWh}}{1000}) \times \text{Rp.1.352} \times 365 \text{ hari}$$

$$= \mathbf{\text{Rp. 11.103,3/tahun}}$$

- b. Biaya Kosumsi Energi (Lampu UV-C)

$$= \text{KE} \times \text{Harga per kWh} \times \text{waktu}$$

$$= (60 \text{ Wh} \times \frac{1 \text{ kWh}}{1000}) \times \text{Rp.} 1.352 \times 365 \text{ hari}$$
$$= \text{Rp. } 29.608,8/\text{tahun}$$

c. Biaya Konsumsi Energi (Total)

$$= \text{KE} \times \text{Harga per kWh} \times \text{Waktu}$$
$$= (82,5 \text{ Wh} \times \frac{1 \text{ kWh}}{1000}) \times \text{Rp.} 1.352 \times 365$$
$$= \text{Rp. } 40.712,1/\text{tahun}$$

### 3.6 Analisis

Penggunaan *exhaust fan* sebagai media utama dalam system sirkulasi pada lemari ini. Sesuai dengan namanya, *exhaust fan* bekerja dengan cara menyedot atau menghisap udara kemudian mengalirkan udara kotor. Setelah udara yang ada di dalam ruangan yang telah terkontaminasi oleh bakteri atau virus dihisap oleh *exhaust fan*, alat ini akan mengalirkan udara kotor tersebut dan membuangnya ke luar ruangan. Sebelum dibuang ke luar ruangan, udara kotor terlebih dahulu masuk ke proses filterisasi. Proses ini dilakukan untuk menyaring udara kotor tersebut sebelum di buang keluar, karena ditakutkan akan mengkontaminasi udara yang ada di luar ruangan. Sehingga udara yang dibuang keluar ruangan dalam keadaan udara bersih dan aman. Penyedotan dan pembuangan udara kotor akan membuat kualitas udara di dalam ruangan menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan volume udara kotor di dalam ruangan menjadi berkurang. Kemudian udara bersih dari luar ruangan akan masuk ke dalam ruangan melalui damper atau lubang ventilasi yang telah ditambahkan filterisasi untuk menggantikan udara kotor yang telah terhisap. Proses ini terjadi berulang kasi selama *exhaust fan* bekerja.

Berdasarkan Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Ruang Isolasi PIE Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menyebutkan bahwa untuk mempertahankan tekanan negative di dalam suatu ruangan tidak hanya dengan system sirkulasi udara yang baik, akan tetapi selalu memperhatikan agar ruangan selalu kedap atau tidak adanya kebocoran yang terjadi. Kebutuhan pergantian udara atau ACH sebesar 15 kali per jam, dan untuk ruangan dengan dimensi (800 × 430 × 1800) mm sebesar 0,1548 m<sup>3</sup>/menit = 5, 466 CFM.

Dengan demikian, dapat disimpulkan dari proses pengujian untuk mengukur tekanan yang di hasilkan dari beberapa kondisi dengan hasil yang konstan yaitu sebesar -5 Pa telah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan mengenai ruang *airlock* dengan memperhatikan pemilihan ventilasi yang dibutuhkan dan pengkondisian lemari untuk menjadi kedap udara dan mempertahankan tekanan negative dengan durasi waktu 45 menit. Sehingga system sirkulasi udara pada lemari sterilisasi layak untuk digunakan.

### 4. KESIMPULAN

System sirkulasi udara lemari sterilisasi dengan memanfaatkan *exhaust fan* sebagai alat untuk menghisap udara kotor hasil proses sterilisasi untuk meminimalisir terjadinya penyebaran virus. Pertukaran udara yang diperlukan pada lemari sterilisasi yaitu sesuai dengan standar untuk ruangan sterilisasi sebesar 15 kali/jam. Oleh karena itu, kebutuhan sirkulsi udara pada lemari sterilisasi minimal yaitu sebesar 9,288 m<sup>3</sup>/jam = 0,1548 m<sup>3</sup>/menit = 5, 466 CFM. Maka dibutuhkan *exhaust fan* dengan kapasitas maksimal 1,60 m<sup>3</sup>/menit. Tekanan yang dihasilkan sebesar -5 Pa dan sesuai dengan Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Ruang Isolasi PIE Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mustiko, Cahyo. Yuniarto, Kurniawan. 2020 Jurnal Abi Insani Universitas Mataram : *Pemanfaatan UV-C Chamber Sebagai Disinfektan Alat Pelindung Diri Untuk Pencegahan Penyebaran Virus Corona*. No1. Vol7
- [2] Parman, dkk. 2015. Jurnal Tugas Akhir. *Simulasi Ruang Operasi Untuk Memperoleh Kondisi Optimum Dengan Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Fakultas Teknik Universitas Mataram
- [3] Tietjen, Linda. Debora Bossemeyer, Noel Mc Intosh. 2004. *Panduan Pencegahan Infeksi untuk Fasilitas Pelayanan Kesehatan dengan Sumber Daya Terbatas*. Jakarta : Yayasan Bina Pustaka Sarwono Prawihardjo
- [4] TN. 2015. *SERI PERENCANAAN PEDOMAN TEKNIS RUANG ISOLASI*. KEMENTERIAN KESEHATAN RI DIREKTORAT JENDERAL BINA UPAYA KESEHATAN
- [5] TN. 2020. *PEDOMAN TEKNIS BANGUNAN DAN PRASARANA RUANG ISOLASI PENYAKIT INFEKSI EMERGING (PIE)*. KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
- [6] Yuniati, Yetti. 2018. *Tesis : Pengaruh Sistem Distribusi Udara Terhadap Kualitas Udara dalam Ruangan*. Fakultas Teknik : Universitas Hasanudin Makassar.