

IMPLEMENTASI NEGATIVE PRESSURE HOOD (NPH) DAN NEGATIVE PRESSURE WHEELCHAIR (NPW) UNTUK MENCEGAH PENULARAN COVID-19 PADA PARA TENAGA KESEHATAN DI RSU KEBON JATI

Yudith Yunia Kusmala¹, Deny Bayu Saefudin^{*2}, Rachman Hakim³, Damawidjaya

Biksono⁴, Manty Aldilani Ikaningsih⁵

¹ Program Studi Kedokteran - Universitas Jenderal Ahmad Yani; Cimahi, (022) 6642781-83

^{2,3,4} Program Studi Teknik Mesin - Universitas Jenderal Achmad Yani; Cimahi, (022) 6610219

⁵ Program Studi Teknik Metalurgi - Universitas Jenderal Achmad Yani; Bandung, (022)

7320920

***deny.bayusaefudin@lecture.unjani.ac.id**

ABSTRAK

Rumah Sakit Umum Kebon Jati merupakan salah satu rumah sakit rujukan Covid-19 yang ada di Kota Bandung. Saat ini, proses transportasi pasien Covid-19 dilakukan dengan menggunakan ranjang dan kursi roda yang ditutupi dengan tudung mika transparan untuk mencegah penularan dari pasien ke lingkungan sekitarnya, tanpa dilengkapi alat filtrasi apapun. Rancangan tudung ranjang yang telah ada di RS membuat pasien kurang nyaman karena kondisi ventilasi dalam tudung kurang baik. Selain itu, rancangan tudung kursi roda yang tidak dilengkapi sistem negative pressure membuat tenaga kesehatan merasa khawatir jika udara infeksius dalam tudung menyebar tidak terkontrol. Hal ini menjadi perhatian dan motivasi tim untuk memodifikasi ranjang dan alat transfer pasien yang sudah ada dengan menggunakan sistem negative pressure yang dilengkapi HEPA filter. Modifikasi tersebut dilakukan untuk mencegah udara yang dihembuskan pasien keluar dari tudung (hood) tanpa terkendali dan tanpa filtrasi.. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, penggunaan Negative Pressure Hood (NPH) dan Negative Pressure Wheelchair (NPW) dapat meningkatkan kenyamanan dan mengurangi kekhawatiran tenaga kesehatan atas penularan virus. Hasil eksperimen pada simulasi kondisi ruangan dan menggunakan smoke generator sebagai simulator partikel virus, menunjukkan nilai efisiensi filtrasi lebih dari 90% dengan tingkat desibelmeter blower sekitar 55-68 dB untuk NPH dan NPW.

Kata Kunci : COVID-19, HEPA Filter, Negative Pressure Hood (NPH), Negative Pressure Wheelchair (NPW).

PENDAHULUAN

Virus SARS-CoV-2 (sindrom pernafasan akut parah coronavirus 2) dan pneumonia terkait Covid-19 (penyakit coronavirus 2019) yang menyebar dengan cepat, merupakan tantangan utama bagi sistem perawatan kesehatan di seluruh dunia. Coronavirus berbentuk bola dengan diameter sekitar 125 nm, seperti yang digambarkan dalam studi terbaru dengan *cryo-electron tomography* dan *cryo-electron microscopy* (Bárcena dkk. 2009; Fehr dan Perlman 2015). Virus Covid-19, ditularkan melalui droplet atau tetesan cairan yang keluar dari rongga mulut atau rongga hidung saat seseorang batuk, bersin, atau berbicara (World Health Organization 2020b). Droplet yang dihasilkan dalam beberapa prosedur rumah sakit memiliki ukuran diameter lebih kecil dari 5 μm sehingga akan bertahan lama di udara sebagai aerosol (Bourouiba 2020). Virus yang terbawa oleh aerosol ini berpotensi menularkan virus (World Health Organization 2020b).

Pada publikasi riset terbaru oleh Faridi, dkk., ditemukan RNA virus SARS-CoV-2 pada sampel udara di ruang isolasi pasien Covid-19, meskipun tidak dilakukan prosedur medis yang mengakibatkan timbulnya aerosol (Faridi dkk. 2020). Hal tersebut menunjukkan bahwa dalam ruang tertutup, aerosol yang membawa virus SARS-CoV-2 dari pasien Covid-19, dapat terbentuk dengan sendirinya (Bourouiba 2020). *World Health Organization* (WHO) telah menyebutkan bahwa total kasus *Coronavirus Disease* (Covid-19,) di seluruh dunia per tanggal 10 Nov 2020 adalah sebesar 55,928,327 dengan jumlah kematian sebanyak 1,344,003. Tenaga kesehatan yang melakukan kontak langsung dengan pasien, sangat rentan terinfeksi virus Covid-19, dari droplet dan aerosol. Ikatan Dokter Indonesia (IDI) hingga saat ini mencatat total 228 tenaga kesehatan meninggal dunia terdiri dari 29 dokter, 9 dokter gigi dan 92 orang perawat.

Rumah Sakit Umum Kebon Jati merupakan salah satu rumah sakit rujukan berdasarkan Keputusan Wali Kota Bandung No: KS.01.02/1564.Bg.KS/IV/2020 tentang Penetapan Rumah Sakit Rujukan Penanggulangan Penyakit Infeksi *Emerging* Tertentu (Pemerintah Kota Bandung 2020). RSUD Kebon Jati banyak menerima pasien rujukan dari PPK 1 (Pemberi Pelayanan Kesehatan Tingkat Pertama) di sekitar Kecamatan Andir, Cicendo, Astana Anyar dan Bojong Loa Kaler. Sebagai rumah sakit rujukan pasien Covid-19, tentunya tenaga kesehatan di rumah sakit ini memiliki risiko yang tinggi untuk terinfeksi virus Covid-19. Hal ini menjadi perhatian khusus bagi Tim Pengabdian Masyarakat Fakultas Kedokteran dan Fakultas Teknologi Manufaktur Unjani untuk mengimplementasikan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mengurangi penyebaran virus Covid-19 terhadap tenaga kesehatan, khususnya di RSUD Kebon Jati.

Limei Hao, et al. (2019) mengembangkan suatu *negative pressure isolation hood* untuk pasien yang terinfeksi atau diduga terinfeksi. Bagian badan terbuat dari material polivinil klorida (PVC) transparan yang fleksibel dan dikombinasi dengan material tudung yang kedap udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kebisingan internal tudung (*hood*) adalah $68 \pm 1\text{dB}$ (A) dan efisiensi filtrasi *filter* terhadap partikel 0.3 μm adalah >99.99%. Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tudung

merupakan perlindungan isolasi yang efektif untuk pasien dengan penyakit infeksi saluran pernapasan (Hao dkk. 2019).

Berdasarkan penelitian Hai Thien, et al pada tahun 2002, mereka mengusulkan bahwa memasukkan pasien dalam sistem bertekanan negatif dengan filtrasi HEPA akan mengatasi penerapan ventilasi tekanan negatif noninvasif untuk pasien dengan penyakit pernapasan menular. Selain itu, hal tersebut juga memberikan perlindungan tambahan untuk tenaga kesehatan. Hal ini pun dapat mengurangi beban ventilator dan kebutuhan ICU (Phu dkk. 2020). Selain penelitian-penelitian tersebut, masih banyak lagi penelitian yang mengembangkan sistem bertekanan negatif ini untuk pasien yang mengalami penyakit infeksi saluran pernapasan (Convissar dkk. 2020; David dkk. 2020; Huang dkk. 2014; Miller dkk. 2017; Nishimura, Fan, dan Sakata 2020; Seger dkk. 2020).

Kegiatan pengabdian masyarakat yang sekarang dilakukan oleh Prodi Kedokteran Umum – Fakultas Kedokteran dan Prodi Teknik Mesin – Fakultas Teknologi Manufaktur Universitas Jenderal Achmad Yani yaitu melaksanakan implementasi alat *Negative Pressure Hood* (NPH) dan *Negative Pressure Wheelchair* (NPW) di RSU Kebon Jati. Kedua alat tersebut digunakan sebagai alat tambahan untuk penanganan pasien yang sudah ada di RSU Kebon Jati. NPH merupakan alat tambahan berupa tudung transparan yang dilengkapi sistem ventilasi untuk menghisap dan menyaring udara infeksius dari pasien yang berada di dalam tudung sebelum akhirnya dilepaskan kembali ke ruangan sekitar pasien. Hampir serupa dengan NPH, NPW adalah kursi roda yang dilengkapi dengan tudung berventilasi yang berfungsi untuk menghisap dan menyaring udara infeksius dari pasien pada saat mobilisasi pasien dari satu tempat ke tempat yang lain di dalam lingkungan RS.

Alat penanganan pasien sementara di IGD RSU Kebon Jati yang sudah ada hanya berupa ranjang dan kursi roda dengan tudung tanpa sistem ventilasi. NPH dan NPW dirancang untuk dapat memberikan perlindungan tambahan dan kenyamanan bagi pasien dan tenaga kesehatan di RS dengan menerapkan sistem *negative pressure* yang dilengkapi dengan *High Efficiency Particulate Air* (HEPA) *filter*.

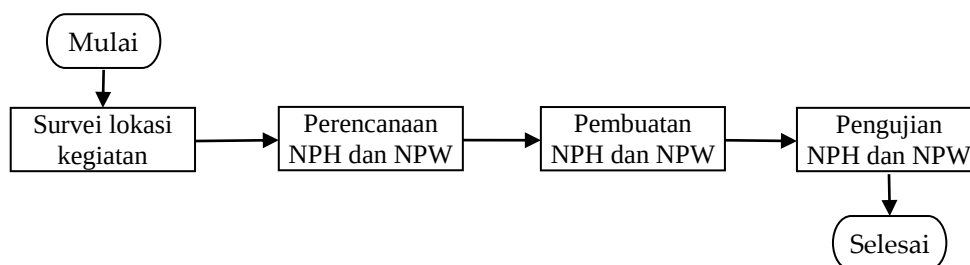
Prinsip dasar dari sistem *negative pressure* ini adalah mengisolasi pasien terinfeksi dari lingkungan luar melalui ventilasi dan penghalang khusus yang membatasi tekanan antara lingkungan internal dan eksternal. Dengan demikian, udara di dalam tudung (*hood*) tidak dapat keluar, sehingga mencegah penyebaran virus Covid-19. Selain itu, udara yang keluar dari ventilasi khusus pun harus mengalami proses filtrasi terlebih dahulu untuk memastikan tidak adanya pencemaran ke lingkungan luar (Hao dkk. 2019; Phu dkk. 2020). Untuk itu, alat NPH dan NPW yang digunakan perlu dilengkapi dengan *HEPA filter*. Pemasangan *HEPA filter* ini bertujuan untuk menyaring virus, bakteri atau partikel yang ada di dalam tudung (*hood*) agar tidak menyebar ke lingkungan sekitar.

Harapannya adanya NPH dan NPW yang dilengkapi dengan *HEPA filter* ini dapat membuat pasien dan tenaga kesehatan akan mendapatkan perlindungan tambahan dan merasa lebih nyaman. Selain itu, pada saat ini, di Indonesia belum ada alat penanganan dan mobilisasi pasien berupa kursi roda dan ranjang yang dilengkapi

dengan NPH dan *HEPA filter* yang bersifat portabel dan ringkas serta cocok untuk diterapkan dengan fasilitas kesehatan yang sudah ada di RS.

METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan oleh Program Studi Kedokteran dan Program Studi Teknik Mesin Bidang Keahlian Konversi Energi Unjani ini terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu survei lapangan, perencanaan, pembuatan, pengujian dan pelatihan penggunaan dari NPH dan NPW yang dilengkapi dengan *HEPA filter*, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Kegiatan Pengabdian Masyarakat.

Survei Kondisi di Lapangan

Kegiatan survei lapangan dilakukan di RSUD Kebon Jati. Kegiatan survei dilakukan langsung oleh Ketua Tim Pengabdian Masyarakat yang merupakan salah satu dokter penanggung jawab pasien di RSUD Kebon Jati yakni ibu Yudith Yunia Kusmala, dr. MKes, SpPD, Finasim. Kegiatan survei yang dilakukan diantaranya mengamati proses penanganan pasien dan menganalisis pengaplikasian NPH dan NPW di RSUD Kebon Jati. Selanjutnya, hasil dari kegiatan survei digunakan sebagai bahan acuan untuk proses perancangan dan pembuatan alat penanganan pasien berupa kursi roda dan ranjang yang akan dilengkapi sistem *negative pressure* dan *HEPA filter*.

Saat ini, alat penanganan pasien Covid-19 yang digunakan di RSUD Kebon Jati masih terbilang sederhana, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Alat transfer yang digunakan hanya ditutupi oleh tudung mika transparan untuk mencegah keluarnya udara atau droplet dari pasien, tanpa dilengkapi oleh filtrasi apapun. Rancangan alat tersebut membuat pasien dan tenaga kesehatan masih kurang terlindungi dan kurang nyaman. Kesimpulan tersebut diambil dari hasil analisa pada beberapa bagian di tudung mika kursi roda yang masih terbuka dan memungkinkan droplet atau pun aerosol yang keluar dari hidung dan mulut pasien masih dapat keluar dari tudung dan menginfeksi lingkungan sekitar. Selain itu, rancangan ranjang yang bertudung terlihat tertutup cukup rapat untuk menghindari droplet dan aerosol keluar dari dalam tudung, namun desain ini menyebabkan suasana yang tidak nyaman karena kurangnya ventilasi bagi pasien di dalam tudung. Rancangan NPH dan NPW yang dibuat harus dapat mengakomodir kekurangan dari rancangan alat yang sudah ada di RSUD Kebon Jati dengan menerapkan sistem *negative pressure* dan *HEPA filter*.

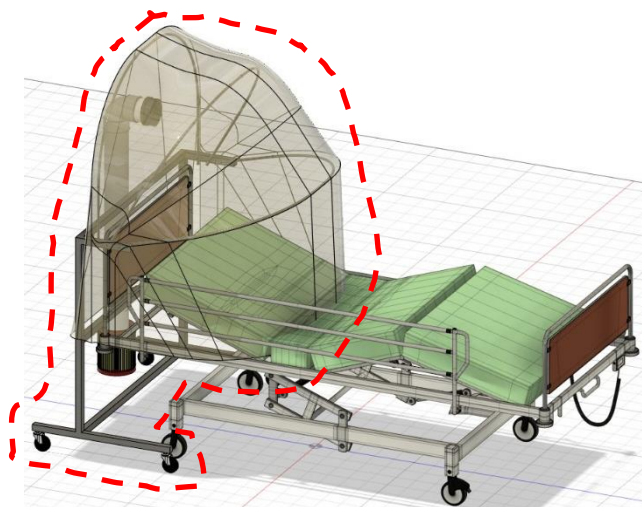


Gambar 2. Alat Penanganan Pasien yang Telah Ada di RSUD Kebon Jati.

Perencanaan Alat Transfer Pasien berupa *Negative Pressure Hood* (NPH) dan *Negative Pressure Wheelchair* (NPW) yang dilengkapi dengan *HEPA Filter*

Tahap awal yang dilakukan pada proses perencanaan ini adalah dengan melakukan studi literatur mengenai sistem *negative pressure*. Selanjutnya, hasil survei dan studi literatur dilakukan sebagai bahan acuan untuk membuat alat transfer pasien yang sesuai dengan kebutuhan saat ini di RSUD Kebon Jati. Selain itu, studi literatur dan studi ketersediaan komponen di pasaran juga diperlukan sebagai referensi pemilihan material dan spesifikasi komponen dalam pembuatan NPH dan NPW.

Rancangan NPH dan NPW yang akan dibuat ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Kursi roda dan dimensi ranjang yang akan digunakan sebagai komponen utama adalah unit yang tersedia di pasaran. Tim gabungan dosen dan mahasiswa bekerja untuk merancang NPH dan NPW di Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin Unjani untuk merancang kelengkapan sistem *negative pressure* dan *HEPA filter* kursi roda dan tudung ranjang. Sistem ini terdiri dari *blower* dan saluran ventilasi beserta alat kontrol elektroniknya, sistem catu daya berupa baterai dan pengisian dayanya untuk cadangan daya darurat, serta *HEPA filter* dan tempat penyimpanannya.



Gambar 3. Rancangan *Negative Pressure Hood* (NPH) yang dilengkapi dengan *HEPA Filter*



Gambar 4. Rancangan *Negative Pressure Wheelchair* (NPW) yang dilengkapi dengan *HEPA Filter*

Blower yang digunakan adalah tipe *inline – brushless DC 4 in blower* dengan spesifikasi daya listrik 12VDC 5A. *Blower* ini dihubungkan dengan alat kontrol elektronik untuk menyalakan, mematikan, mengatur kecepatan dan mengatur sumber daya listrik yang digunakan *blower*. NPH dirancang agar dapat menggunakan sumber daya utama berupa baterai 12VDC atau listrik 220VAC dari jaringan PLN, sedangkan NPW hanya menggunakan baterai 12VDC sebagai sumber daya utama. Baterai pada NPW diisi ulang daya listriknya menggunakan alat pengisi daya yang disambungkan ke sumber listrik 220VAC. Perbedaan sistem sumber daya ini dikarenakan NPH digunakan di ruangan sedangkan NPW digunakan untuk mobilisasi antar ruangan.

HEPA filter yang digunakan pada alat transfer pasien ini memiliki dimensi (20 x 20 x 29.3) cm dengan berat 780 gram dan *rating* H-13 menurut EN 1822, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan Tabel 1 *filter* dengan kelas H-13 menurut standar EN 779 & EN 1822 memiliki efisiensi filtrasi sebesar 99,95% untuk MPPS (*Most Penetrating Particle Size*). MPPS tersebut berkisar pada ukuran 12 hingga 20 nm (Christopherson dkk. 2020). Ukuran lubang *HEPA filter* diketahui dapat mencapai 10 nm, dan ukuran coronavirus berkisar antara 80 nm hingga 120 nm, sehingga secara teori virus yang kemungkinan bertransmisi secara *airborne* tersebut dapat tersaring (Masters 2006). Jika merujuk laman penjelasan ilmiah yang dikeluarkan WHO pada bulan maret 2020 dijelaskan bahwa Covid-19 ditularkan melalui *respiratory-droplet* berukuran sekitar lebih dari 5 hingga 10 μm (World Health Organization 2020a). Hal ini tentunya mengindikasikan bahwa *filter* HEPA H-13 tersebut dapat digunakan untuk usaha menyaring udara infeksius Covid-19 dengan baik.

Tabel 1. Klasifikasi Kelas *Filter* Berdasarkan Standar EN 1882-1 (Hutten 2007)

Filter class	Overall value (%)		Local value (%)	
	Efficiency	Penetration	Efficiency	Penetration
H10	85	15	–	–
H11	95	5	–	–
H12	99.5	0.5	–	–
H13	99.95	0.05	99.75	0.25
H14	99.995	0.005	99.975	0.025
U15	99.9995	0.0005	99.9975	0.0025
U16	99.99995	0.00005	99.99975	0.00025
U17	99.999995	0.000005	99.999975	0.000025



Gambar 5. High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter dan Wadahnya

Pembuatan Alat Transfer Pasien berupa *Negative Pressure Hood* (NPH) dan *Negative Pressure Wheelchair* (NPW) yang dilengkapi dengan HEPA Filter

Proses pembuatan alat transfer pasien ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin Unjani. Sama dengan proses perancangannya, proses pembuatan alat ini dilakukan oleh tim gabungan dosen dan mahasiswa yang sama. Proses pembuatan alat transfer ini terdiri dari pembuatan rangka dan tudung, sistem ventilasi dan HEPA filter, rangkaian kontrol elektronik, baterai dan sistem pengisian daya baterai.

Rangka NPH dan NPW terbuat dari besi profil yang disambung melalui proses pengelasan. Selain itu, karena sifatnya yang modular dan *knock-down* (mudah dibongkar pasang), koneksi antar modul rangka menggunakan teknik *slip-on* dan baut mur sebagai pengencang sambungan. Tudung dibuat dari material mika PVC lemas dengan tebal 0,13 mm yang biasa digunakan untuk jas hujan dengan cara dijahit dan diberi rangka pipa LDPE dengan penguat *hard-type stainless steel wire*.

Rangkaian elektronik yang disematkan ke NPH dan NPW terdiri dari rangkaian sumber daya listrik dan rangkaian kontrol daya hisap dari *blower* sistem ventilasi yang ada. NPH dan NPW yang sudah selesai dibuat ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Pada Gambar 6 terlihat kondisi alat NPH yang siap digunakan namun belum dipasangkan dengan ranjang pasien. Sedangkan pada Gambar 7, terlihat kondisi NPW yang sudah siap digunakan.



Gambar 6. NPH dalam Kondisi Belum Terpasang ke Ranjang.



Gambar 7. NPW dalam Kondisi Terakit dan Siap Digunakan.

Proses Pengujian Alat Transfer Pasien berupa Kursi Roda dan Ranjang yang Dilengkapi dengan NPH dan HEPA Filter

Pengujian NPH dan NPW ini bertujuan untuk mengetahui pola aliran dalam tudung, efisiensi filtrasi, ketahanan baterai dan kebisingan *blower*. Proses pengujian pola aliran adalah usaha visualisasi pola aliran udara di dalam tudung menggunakan sistem pencahayaan, perangkat video dan *smoke generator*. Salah satu kondisi visualisasi pola aliran ini ditunjukkan pada Gambar 8. Pada gambar tersebut terlihat tudung NPH dipasangkan ke ranjang yang diisi model boneka pasien untuk kemudian dilihat pola aliran asap dari *smoke generator* menuju lubang ventilasi *blower* dan HEPA *filter*. Pengujian yang sama juga dilakukan untuk NPW.



Gambar 8. Proses Pengujian/Visualisasi Pola Aliran pada NPH dan NPW.

Proses pengujian efisiensi filtrasi dilakukan dengan menggunakan alat ukur *air quality monitor* yang dapat mengukur PM1.0, PM2.5 dan PM10. Alat tersebut diletakkan pada bagian dalam tudung dan bagian luar *filter* untuk mengukur konsentrasi partikel pada daerah sebelum dan sesudah *filter* seperti terlihat pada Gambar 9. Data konsentrasi partikel ini kemudian diolah untuk mendapatkan nilai efisiensi filtrasi *filter* yang digunakan.



Gambar 9. Proses Pengujian Efisiensi Filtrasi HEPA Filter

Pengujian ketahanan baterai digunakan untuk menunjukkan berapa lama baterai yang terpasang dapat memberikan daya kepada *blower*. Pengujian ini dilakukan pada kondisi paling ekstrim, yakni kondisi kecepatan *blower* pada posisi maksimum. Pada kondisi ini tegangan dan arus listrik yang mengalir dari baterai menuju *blower* dalam kondisi maksimum. Alat ukur yang digunakan pada pengujian ketahanan baterai ini adalah voltmeter, ammeter, anemometer dan *stopwatch*.

Selain itu, dilakukan juga pengukuran tingkat kebisingan *blower* menggunakan *sound pressure level* (desibelmeter). Tingkat kebisingan *blower* diukur beberapa kali pada tiap-tiap kondisi kecepatan *blower*. Adapun tingkat kecepatan *blower* terbagi

menjadi 4 tingkatan, secara berurutan dari kecepatan rendah ke kecepatan tinggi yaitu *low*, *mid1*, *mid2* dan *high*. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan di bagian dalam tudung NPH dan NPW.

Pelatihan Penggunaan Kursi Roda dan Tempat Tidur yang Dilengkapi dengan *Negative Pressure Hood* (NPH)

Pelatihan dilakukan oleh tim pada hari yang sama dengan hari penyerahan alat NPH dan NPW ke RSUD Kebon Jati, Bandung. Materi yang diberikan pada saat pelatihan yaitu penjelasan mengenai tata cara penggunaan alat, serta batasan-batasan kondisi operasi NPH dan NPW. Peserta pelatihan penggunaan alat ini adalah perwakilan tenaga kesehatan yang bertugas menangani pasien Covid-19 di RSUD Kebon Jati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

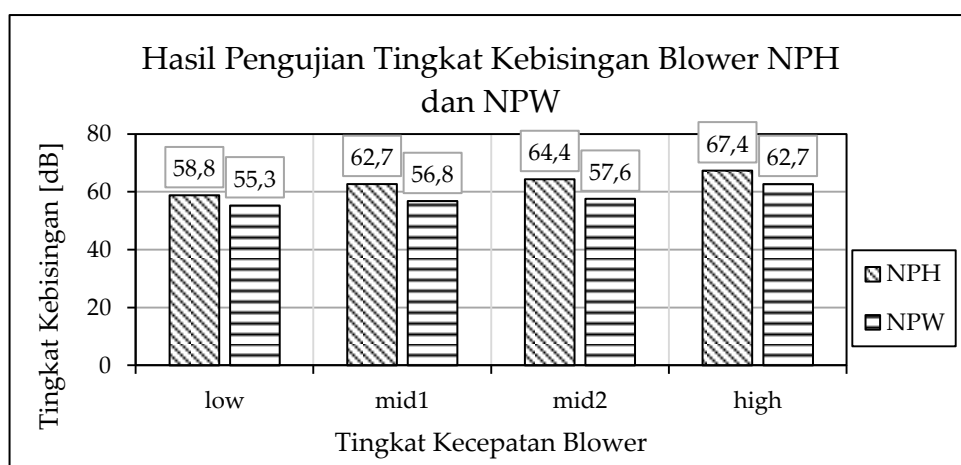
Hasil pengujian pola aliran memberikan informasi mengenai desain tudung yang dapat mendukung sistem ventilasi yang baik bagi NPH dan NPW. Melalui percobaan, tudung dengan bagian bawah yang terbuka dan terurai dapat memperlancar proses masuknya udara dari luar tudung untuk menggantikan udara infeksius di bagian dalam tudung. Alhasil selain udara infeksius dari hidung dan mulut pasien dapat langsung mengalir dengan lancar menuju lubang hisap *blower* untuk selanjutnya difiltrasi sebelum kembali ke lingkungan sekitar.

Hasil pengukuran konsentrasi partikel pada kategori PM1.0 di daerah sebelum dan sesudah *filter* terlihat pada Tabel 2. Pada kondisi ruangan terbuka dan penggunaan *smoke generator* sebagai simulator partikel virus, nilai efisiensi *filter* terhitung berada diatas 90%. Nilai efisiensi terendah berada pada angka 90% dan nilai tertinggi berada pada angka 97%. Pengukuran lebih lanjut menggunakan alat ukur kategori PM0.3 atau PM0.1 perlu dilakukan di laboratorium mengacu ke standar EN 1822. Mengingat *rating* dari *filter* ini menurut hasil uji pabrikan yaitu H-13 dengan efisiensi filtrasi sebesar 99,95% untuk ukuran partikel 12 hingga 20 nm (MPPS). Kemungkinan kesalahan hasil pengukuran berupa simpangan nilai uji pada pengujian yang telah dilakukan mungkin terjadi akibat simulator virus yang belum terkalibrasi dan kurang cocok dengan kondisi alat ukur yang digunakan, sehingga pengujian lanjut mengenai integritas partikel di laboratorium yang mengacu pada EN 1822 perlu dilakukan untuk validasi.

Tabel 2. Hasil Pengukuran PM1.0 dan Perhitungan Efisiensi Filtrasi

Percobaan	PM1.0 In	PM1.0 Out	Efisiensi Filtrasi
1	709	42	94%
2	522	31	94%
3	195	20	90%
4	140	13	91%
5	86	8	91%
6	63	2	97%

Hasil dari pengujian ketahanan baterai tercatat baterai masih dapat memutar *blower* pada daerah kecepatan yang diijinkan selama kurang lebih 45 menit. Kecepatan *blower* disetel pada tingkat tertinggi (*high level*) dan berputar sangat cepat diawal pengujian. Seiring berkurangnya kapasitas daya listrik dalam baterai, tegangan dan arus yang disalurkan baterai ke *blower* menurun meski knop pengatur tingkat kecepatan *blower* tidak diubah (masih dalam kondisi *high*). Hal tersebut menyebabkan kecepatan *blower* turun. Pengukuran waktu dihentikan pada saat kecepatan putar *blower* turun hingga setara dengan tingkat kecepatan *low*. Pada tingkat kecepatan *low*, kecepatan angin pada *blower* terukur sekitar 5 m/s.



Gambar 10. Hasil Uji Tingkat Kebisingan NPH dan NPW dalam Desibel.

Hasil pengujian tingkat kebisingan pada beberapa tingkat kecepatan *blower* terlihat pada Gambar 10. Secara umum untuk NPH dan NPW, semakin tinggi kecepatan *blower*, maka tingkat kebisingan yang terukur juga semakin tinggi. Namun jika dibandingkan antar keduanya, NPH memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dari NPW pada seluruh tingkat kecepatan *blower*.

Pada saat penyerahan alat transfer pasien (NPH dan NPW) yang dilengkapi HEPA filter kepada RSUD Kebon Jati, dilakukan pula pelatihan singkat mengenai cara penggunaan dari alat transfer tersebut seperti terlihat pada Gambar 11. Serah terima dilakukan antara tim pengmas dari Unjani yang diwakili oleh ketua tim yaitu ibu Yudith Yunia Kusmala, dr. M.Kes., Sp.P.D., Finasim., dengan pihak RSUD Kebon Jati yang diwakili oleh Direktur RS yaitu bapak dr. Yunandi Surjautama, S.H., M.M. pada tanggal 4 Maret 2021 di Ruang Rapat RSUD Kebon Jati, Bandung. Pelatihan singkat penggunaan NPH dan NPW dihadiri oleh perwakilan tenaga kesehatan penanganan pasien Covid-19 sebanyak 8 orang. Harapannya para perwakilan ini dapat menularkan kemampuan yang diraih dari pelatihan singkat kepada rekan-rekan tenaga kesehatan lainnya yang tidak dapat hadir pada saat pelatihan karena sedang bertugas atau sedang *off-duty*.

Pelatihan penggunaan NPH dan NPW berlangsung selama kurang lebih 2 jam, dengan antusiasme yang tinggi dari para tenaga kesehatan. Beberapa ide juga

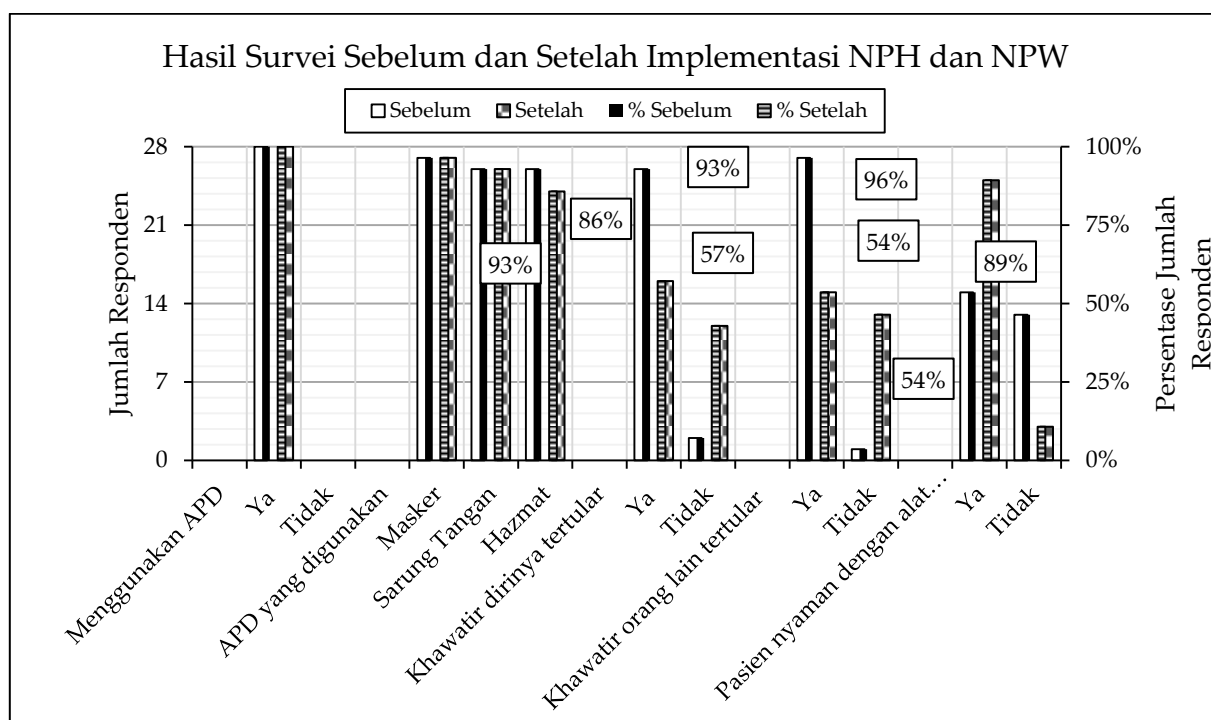
sempat dilontarkan oleh para peserta pelatihan sebagai masukan pengembangan selanjutnya dari NPH dan NPW. Tentunya ide dan pengalaman peserta pelatihan yang merupakan tenaga kesehatan penanganan pasien Covid-19 adalah masukan yang sangat berharga bagi tim pengmas sekaligus pengembang alat NPH dan NPW.



Gambar 11. Acara Serah Terima dan Kegiatan Pelatihan Penggunaan NPH dan NPW.

Selang beberapa hari setelah pelatihan singkat, tim pengmas Unjani melakukan survei kepuasan mengenai NPH dan NPW terhadap tenaga kesehatan sebagai pengguna. Survei yang dilakukan berisi pertanyaan terkait ulasan dari kondisi sebelum dan sesudah implementasi NPH dan NPW. Terkait survei terhadap kepuasan pasien tidak dapat dilakukan karena satu dan lain hal. Harapannya survei yang dilakukan terhadap tenaga kesehatan juga dapat memberikan informasi terkait kondisi implementasi NPH dan NPW secara umum.

Berdasarkan survei yang diisi oleh 28 perawat di RSUD Kebon Jati, terlihat pada Gambar 12 seluruh tenaga kesehatan tetap menggunakan APD baik sebelum dan setelah NPH dan NPW diimplementasikan. Adapun perbedaannya hanya pada jenis APD yang digunakan yakni hazmat. Pada kondisi sebelum dan setelah implementasi, penggunaan masker dan sarung tangan tidak berubah, namun ada pengurangan sedikit pada penggunaan hazmat setelah implementasi sebesar 7% (2 buah). Kekhawatiran tenaga kesehatan terhadap pasien menularkan virus berkurang sebesar 36% (10 responden) setelah implementasi NPH dan NPW dilakukan. Adapun pengurangan kekhawatiran pasien dapat menularkan virus kepada orang lain di sekitar pasien dan tenaga kesehatan berkurang sebesar 43% (12 responden). Tingkat kenyamanan pasien berdasarkan masukan dari tenaga kesehatan naik sebesar 36% (10 responden) setelah implementasi NPH dan NPW. Hasil-hasil tersebut tentunya memberikan informasi yang positif terkait implementasi NPH dan NPW di lingkungan RSUD Kebon Jati.



Gambar 12. Hasil Survei Kondisi Sebelum dan Setelah Implementasi NPH dan NPW.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan hasil survei yang telah dilakukan, alat penanganan pasien berupa *negative pressure hood* (NPH) dan *negative pressure wheelchair* (NPW) berhasil memberikan perlindungan dan meningkatkan kenyamanan kepada pasien, tenaga kesehatan dan lingkungan sekitar di dalam RSU Kebon Jati, Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bárcena, Montserrat, Gert T. Oostergetel, Willem Bartelink, Frank G. A. Faas, Arie Verkleij, Peter J. M. Rottier, Abraham J. Koster, dan Berend Jan Bosch. 2009. "Cryo-electron tomography of mouse hepatitis virus: Insights into the structure of the coronavirus." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(2):582–87. doi: 10.1073/pnas.0805270106.
- Bourouiba, Lydia. 2020. "Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19." *JAMA* 323(18):1837–38. doi: 10.1001/jama.2020.4756.
- Christopherson, David A., William C. Yao, Mingming Lu, R. Vijayakumar, dan Ahmad R. Sedaghat. 2020. "High-Efficiency Particulate Air Filters in the Era of COVID-19: Function and Efficacy." *Otolaryngology - Head and Neck Surgery (United States)* 163(6):1153–55. doi: 10.1177/0194599820941838.
- Convissar, David, Connie Y. Chang, Wonjae E. Choi, Marvin G. Chang, dan Edward A. Bittner. 2020. "The Vacuum Assisted Negative Pressure Isolation Hood (VANISH) System: Novel Application of the Stryker Neptune™ Suction Machine to Create COVID-19 Negative Pressure Isolation Environments."

- Cureus* 12(5). doi: 10.7759/cureus.8126.
- David, Abel P., Jose G. Gurrola Ii, Nicole T. Jiam, dan Joshua M. Reither. 2020. "Endoscopic skull base and transoral surgery during COVID-19 pandemic: Minimizing droplet spread with negative-pressure otolaryngology viral isolation drape." (April):1577–82. doi: 10.1002/hed.26239.
- Faridi, Sasan, Sadegh Niazi, Kaveh Sadeghi, Kazem Naddafi, Jila Yavarian, Mansour Shamsipour, Nazanin Zahra Shafiei Jandaghi, Khosro Sadeghniai, Ramin Nabizadeh, Masud Yunesian, Fatemeh Momeniha, Adel Mokamel, Mohammad Sadegh Hassanvand, dan Talat MokhtariAzad. 2020. "A field indoor air measurement of SARS-CoV-2 in the patient rooms of the largest hospital in Iran." *Science of The Total Environment* 725:138401. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138401.
- Fehr, Anthony R., dan Stanley Perlman. 2015. "Coronaviruses: An overview of their replication and pathogenesis." Hal. 1–23 in *Coronaviruses: Methods and Protocols*. Springer New York.
- Hao, Limei, Jinhui Wu, Jinming Zhang, Zhangyi Liu, Ying Yi, Zongxing Zhang, Enlei Zhang, dan Jiancheng Qi. 2019. "Development of a negative pressure hood for isolation and transportation of individual patient with respiratory infectious disease." *Biosafety and Health* 1(3):144–49. doi: 10.1016/j.bsheal.2019.12.007.
- Huang, Ying, Gwo Hwa Wan, Yao Kuang Wu, Kuo Chien Tsao, Source Infection Control, Hospital Epidemiology, No May, Ying-huang Tsai, dan Gwo-hwa Wan. 2014. "Airborne Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Concentrations in a Negative - Pressure Isolation Room • Airborne Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Concentrations in a Negative-Pressure Isolation Room." 27(5):523–25.
- Hutten, Irwin M. 2007. "Air Filter Applications." Hal. 325–67 in *Handbook of Nonwoven Filter Media*. Elsevier.
- Masters, Paul S. 2006. "The Molecular Biology of Coronaviruses." *Advances in Virus Research*.
- Miller, Shelly L., Nicholas Clements, Steven A. Elliott, Shobha S. Subhash, Aaron Eagan, dan Lewis J. Radonovich. 2017. "Implementing a negative-pressure isolation ward for a surge in airborne infectious patients." *American Journal of Infection Control* 45(6):652–59. doi: 10.1016/j.ajic.2017.01.029.
- Nishimura, Hidekazu, Yuxuan Fan, dan Soichiro Sakata. 2020. "New applications of a portable isolation hood for use in several settings and as a clean hood." *Journal of Thoracic Disease* 12(7):3500–3506. doi: 10.21037/jtd-20-1211.
- Pemerintah Kota Bandung. 2020. *Salinan Keputusan Wali Kota Bandung Tentang Penetapan Rumah Sakit Rujukan Penanggulangan Penyakit Infeksi Emerging Tertentu*. Indonesia.
- Phu, Hai Thien, Yensil Park, Austin J. Andrews, Ian Marabella, Asish Abraham, Reid Mimmack, Bernard A. Olson, Jonathan Chaika, Eugene Floersch, Mojca Remskar, Janet R. Hume, Gwenyth A. Fischer, Kumar Belani, dan Christopher J.

- Hogan. 2020. "Design and evaluation of a portable negative pressure hood with HEPA filtration to protect health care workers treating patients with transmissible respiratory infections." *American Journal of Infection Control* 48(10):1237–43. doi: 10.1016/j.ajic.2020.06.203.
- Seger, Christian D., Libing Wang, Xuezhi Dong, Peyton Tebon, Sebastian Kwon, Elaine C. Liew, Jure Marijic, dan Soban Umar. 2020. "A Novel Negative Pressure Isolation Device for Aerosol." 131(3). doi: 10.1213/ANE.0000000000005052.
- World Health Organization. 2020a. "Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations." *WHO Scientific Brief*. Diambil 17 Maret 2021 (<https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>).
- World Health Organization. 2020b. "Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions." *WHO Scientific Brief* 10. Diambil (<https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>).