

PENGENDALIAN BAHAYA FAKTOR BIOLOGI MENGUNAKAN MESIN VENTILASI UDARA MEKANIK DENGAN FILTER ANTIBAKTERI

BIOLOGICAL HAZARD CONTROL BY USED OF MECHANICAL AIR VENTILATION WITH ANTIBACTERIAL FILTER

M Sri Prasetyo Budi^{1,*}, Sri Rahayu Gusmarwani², Muhammad Rauf³

¹Department of Mining Engineering, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

*Email corresponding: prasetyobudi@itny.ac.id

²Department of Chemical Engineering, IST AKPRIND, Yogyakarta,
Jalan Kalisahak 28 Komplek Balapan, Yogyakarta, Indonesia

Email: gusmarwani@akprind.ac.id

³Science Laboratory, Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 Pati, Jawa Tengah
Jalan kolonel Sugiyono, Pati, Jawa Tengah, Indonesia

Email: mrauf70@gmail.com

Cara sitasi: M. S. P. Budi, S. R. Gurmarwani, and M. Rauf, "Pengendalian bahaya faktor biologi menggunakan mesin ventilasi udara mekanik dengan filter antibakteri," *Kurvatek*, vol. 7 (*Special Issue*), no. 2, pp. 1 - 10, 2022. doi: 10.33579/krvtk.v7i2.3751 [Online].

Abstrak — Kualitas udara dalam ruangan dengan udara bersih sebagai salah satu faktor dasar dapat diperoleh dengan ventilasi yang memadai. Penggunaan mesin ventilasi yang dilengkapi dengan bio filter akan meningkatkan pengendalian polutan biologis. Mesin ventilasi udara mekanik yang dibuat berukuran 32 cm x 3,25 cm x 60 cm dengan menggunakan exhaust fan bertegangan 220 Volt, frekuensi 50Hz, putaran motor 1250 RPM, volume angin (CFM) speed keluar 450 CFM dengan suhu 25 °C, dilengkapi 2 filter AC cabin mobil dengan cairan bio antibakteri dari filtrat daun sirih hijau dan mesin pengkabut cairan. Berdasarkan hasil uji kualitas kimia dan uji kualitas biologi udara pada mesin ventilasi udara mekanik dengan 2 lapis filter terdapat perbedaan kadar CO₂ yang dihasilkan sangat signifikan dan jumlah koloni pada udara keluar dibawah ambang batas 1000 CFU/m³ untuk jamur dan 700 CFU/m³ untuk bakteri.

Kata kunci: bahaya biologi, ventilasi mekanik, biofilter

Abstract — Indoor air quality with clean air as one of the basic factors could be obtained with adequate ventilation. Implementation of a ventilation machine equipped with a bio filter would improve the control of biological pollutants. The mechanical air ventilation machine was made 32 cm x 3.25 cm x 60 cm using an exhaust fan with a voltage of 220 Volts, a frequency of 50 Hz, a motor rotation of 1250 RPM, a volume wind (CFM) output speed of 450 CFM with a temperature of 25°C, equipped with 2 filters Car cabin air conditioner with bio-antibacterial liquid from green betel leaf filtrate and a liquid misting machine. Based on the results of chemical quality tests and air biological quality tests on mechanical air ventilation machines with 2 layers of filters, there is a significant difference in CO₂ levels produced and the number of colonies in the exhaust air was below the threshold of 1000 CFU/m³ for fungi and 700 CFU/m³ for bacteria.

Keywords: Biological hazard, Mechanical ventilation, biofilter

I. PENDAHULUAN

Faktor bahaya biologi adalah faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas tenaga kerja yang bersifat biologi, disebabkan oleh makhluk hidup meliputi hewan, tumbuhan dan produknya, serta mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit akibat kerja [1]. Salah satu mikroba yang dapat menyebabkan penyakit adalah bakteri maupun virus, sebagaimana yang terjadi saat pandemi Covid-10. Penyakit virus corona (COVID-19) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh virus SARS-CoV-2. Virus dapat menyebar dari mulut atau hidung orang yang terinfeksi melalui partikel cairan kecil ketika orang tersebut batuk, bersin, berbicara, bernyanyi, atau bernapas. Partikel ini dapat berupa droplet yang lebih besar dari saluran

pernapasan hingga aerosol yang lebih kecil. Kita dapat tertular saat menghirup udara yang mengandung virus jika berada di dekat orang yang sudah terinfeksi COVID-19. Penularan juga dapat terjadi jika kita menyentuh mata, hidung, atau mulut setelah menyentuh permukaan benda yang terkontaminasi. Virus lebih mudah menyebar di dalam ruangan [2].

Udara bersih adalah salah satu faktor dasar kualitas udara dalam ruangan. Dikarenakan sebagian besar orang menghabiskan waktu di dalam ruangan, seperti rumah, kantor, sekolah, fasilitas kesehatan, atau bangunan publik maupun privat, Indoor Air Quality (IAQ) atau kualitas Udara Dalam Ruangan (KUDR) menjadi perhatian seluruh dunia [3]. Menurut organisasi kesehatan dunia (WHO), pada tahun 2012, polusi udara di rumah tangga mengakibatkan empat juta (4 juta) kematian anak-anak maupun dewasa. Lebih dari itu, polusi udara dalam rumah menyebabkan lebih dari 1,5 juta kematian dan 2,7% penyakit, dan saat ini menempati peringkat ke-9 resiko terjadinya *burden disease* [4].

Penularan melalui udara muncul melalui penghirupan tetesan aerosol yang dihembuskan oleh personil yang terinfeksi dan hal ini merupakan rute penularan primer virus COVID-19. Pengendalian yang baik pada tingkat kualitas udara dalam ruangan atau yang dikenal sebagai *Indoor Air Quality (IAQ)* merupakan pengurangan yang vital dari penyebaran penyakit karena virus (*airborne virus*). Beberapa bahan yang terlibat dalam penularan *airborne virus* sehingga *air borne virus* ini dapat tinggal dan menginfeksi udara selama beberapa jam, diantaranya: particulate matter (PM10, PM2.5), Nitrogen dioksida (NO₂), Sulfur Dioksida (SO₂), Carbon monoksida (CO), Ozon (O₃), Carbon dioksida (CO₂), dan Senyawa Organik yang dikenal sebagai *Total Volatile Organic Compounds (TVOCs)* maupun polutan udara lainnya yang dapat meningkatkan insiden, penyebaran penyakit yang lebih cepat dan tingkat kematian yang lebih tinggi. Parameter kualitas lingkungan kerja seperti kelembaban (humidity) dan suhu juga mempengaruhi penularan virus di dalam ruangan [5]. *Indoor Air Quality* dipengaruhi juga oleh tingkat polutan udara di luar ruangan, kecepatan inviltrasi, dan perilaku pekerja [6].

Menurut Environmental Protection Agency (EPA), 40% dari waktu kita sehari, kita berada di dalam ruangan dalam rumah, kantor, kendaraan, supermarket, sekolah dan sebagainya [7]. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa kualitas udara dalam ruang yang kita hirup tidak sepenuhnya terbebas dari kontaminan seperti bakteri, virus, debu, bahkan bahan-bahan kimia lainnya. Faktor terbesar penyebab buruknya kualitas udara dalam ruang adalah ketidak lancaran sirkulasi udara dan adanya zat polutan [8]. Lebih dari 80% waktu yang akan dihabiskan dalam ruangan mengakibatkan IAQ menjadi hal khusus yang sangat penting untuk kesehatan dan kenyamanan. "IAQ" ditentukan untuk memastikan kesehatan manusia, indera penciuman, dan kenyamanan yang dapat dirasakan, meliputi: bau, polutan kimia, dan polutan biologi, dalam bangunan non industri. IAQ dipengaruhi oleh kecepatan ventilasi, pola distribusi udara, dan sumber polusi. Organisasi kesehatan dunia (WHO) dan *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)* telah mengajukan daftar polutan yang dibutuhkan untuk IAQ yang dapat diterima. *Chinese national standard for indoor air quality (GB/T 18883)* juga telah mengumumkan parameter yang mempengaruhi IAQ termasuk suhu, kelembaban relatif, senyawaorganik mudah menguap (*volatile organic compounds*) dan *particulate matter* [9].

Kualitas Udara Dalam Ruangan (KUDR) ditentukan oleh suhu, kelembaban, kadar oksigen, dan kadar kontaminan udara [1]. Pertukaran udara di dalam bangunan sangat penting bagi kesehatan. Di dalam bangunan banyak terbentuk uap air dari berbagai macam aktivitas seperti memasak, mandi, dan mencuci. Uap air ini cenderung mengendap di dalam ruangan. Aneka zat berbahaya juga banyak terkandung pada cat, karpet, atau furnitur, yang timbul akibat reaksi bahan kimia yang terkandung di dalam benda-benda tersebut dengan uap air. Jika bangunan tidak memiliki sirkulasi udara yang baik, zat-zat kimia tersebut akan tertinggal di dalam ruangan dan dapat terhirup oleh manusia [10]. Ventilasi sebagai salah satu pengendalian yang banyak diadopsi sebagai aktivitas pencegahan untuk mengurangi resiko penularan virus sekaligus dapat mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan [11].

Suhu udara dalam ruangan adalah komponen integral dari "suhu nyaman", yang telah didefinisikan oleh American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) sebagai "kondisi psikis yang diekspresikan sebagai kenyamanan individu dengan suhu lingkungan" [12]. Pemerintah melalui peraturan menteri ketenagakerjaan nomor 5 tahun 2018 telah menetapkan parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas udara dalam ruangan, yaitu: suhu 23-26°C, kelembaban udara 40-60%, kadar oksigen 19,5-23,5%, nilai untuk partikulat yang dapat dihirup (total) tidak mengandung asbes dan silika kristalin < 1% [1]. Berdasarkan parameter ini perlu dilakukan pemantauan IAQ real-time, untuk mendeteksi polutan, sehingga dapat menghindari dampak kesehatan lebih lanjut. Metode pengukuran IAQ secara konvensional yang banyak digunakan adalah: (i) *passive sampling*, yang membutuhkan periode sampling yang lama (biasanya beberapa minggu) yang diikuti analisis laboratorium, dan atau (ii) *continuous sampling*, secara umum lebih mahal, bising, dan menimbulkan getaran [3].

Pengendalian kualitas udara dalam ruangan dapat dilakukan dengan menggunakan ventilasi. Prinsip utama dari ventilasi adalah menggerakkan udara kotor dalam ruang, kemudian menggantikannya dengan udara bersih. Bangunan yang tidak memiliki sirkulasi udara yang baik, zat-zat kimia tersebut akan tertinggal di dalam ruangan dan dapat terhirup oleh manusia. Jenis-jenis ventilasi dibagi menjadi tiga, yaitu [10]:

1. Ventilasi Alami
Ventilasi alami adalah proses pergantian udara ruangan oleh udara segar dari luar ruangan menggunakan cara alami tanpa bantuan peralatan mekanik. Cara alami ini berdasarkan tekanan angin dan tekanan yang dihasilkan oleh perbedaan kepadatan antara udara di dalam dan di luar gedung.
2. Ventilasi Buatan atau Mekanik
Ventilasi buatan adalah proses pergantian udara ruangan oleh udara segar dari luar ruangan dengan bantuan peralatan mekanik. Biasanya menggunakan kipas untuk mendorong aliran udara.
3. Ventilasi Campuran (*Hybrid Ventilation*)
Ventilasi campuran memadukan penggunaan ventilasi alami dan buatan, serta memberikan peluang untuk memilih sistem ventilasi yang paling sesuai berdasarkan kondisi sekitar.

Penggunaan ventilasi yang dilengkapi dengan bio filter akan meningkatkan pengendalian polutan biologis [13]. Teknologi biaya rendah telah berkembang secara pesat dengan penelitian baru, aplikasi dan pengembangan baru [8]. Salah satu teknologi yang telah dicoba oleh Hastuti dkk [14] adalah rancang bangun mesin ventilasi udara mekanik dengan filter bio antibakteri berbasis siri. Mesin ventilasi udara mekanik tidak hanya mendorong keluar-masuknya udara, namun juga dilengkapi dengan teknologi khusus yang menggunakan filter alami, untuk mengurangi bahkan menghilangkan polutan di dalam suatu ruangan sehingga menjadikan udara di ruangan tersebut bersih dan sehat.

II. METODE PENELITIAN

Salah satu persyaratan dalam lingkungan kerja dengan aspek higiene di tempat kerja yang di dalamnya mencakup faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi, dan psikologi yang keberadaannya di tempat kerja dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja adalah kualitas udara dalam ruang, diantaranya : Karbon dioksida (CO₂), *Formaldehid* (HCHO), dan senyawa organik yang mudah menguap/*Volatle Organic Compound* (VOC). Nilai Ambang Batas untuk CO₂, HCHO, dan VOC tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan kualitas kimia udara dalam ruang

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimal yang Diperkirakan
1	Karbon dioksida (CO ₂)	ppm	1
2	<i>Formaldehid</i> (HCHO)	ppm	0,1
3	<i>Volatle Organic Compound</i> (VOC)	ppm	3

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1077/MENKES/PER/V/2011

Faktor bahaya biologi di tempat kerja meliputi mikroorganisme dan/atau toksinnya, arthropoda dan/atau toksinnya, hewan invertebrata dan/atau toksinnya, alergen dan toksin dari tumbuhan, binatang berbisa, binatang buas, dan produk binatang dan tumbuhan yang berbahaya lainnya. Parameter kontaminan biologi dalam ruang yang diukur dalam penelitian ini adalah parameter yang dianggap mengindikasikan kondisi kualitas biologi udara dalam ruang, yaitu bakteri, jamur, dan mikroorganisme patogen.. Nilai ambang batas bakteri, jamur, dan mikroorganisme patogen yang dijadikan parameter kualitas udara dalam ruang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan kualitas biologi udara dalam ruang

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimal
1	Bakteri	CFU/m ³	700 CFU/m ³
2	Jamur	CFU/m ³	1.000 CFU/m ³
3	Mikroorganisme patogen	CFU/m ³	CFU/m ³

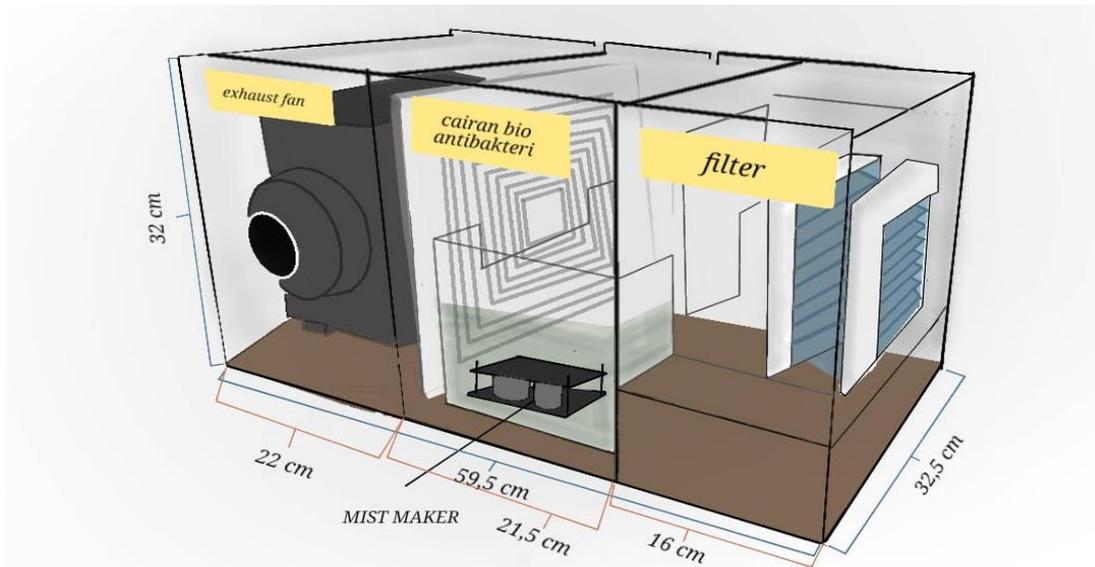
Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1077/MENKES/PER/V/2011

Catatan : CFU= Coloni Form Unit

Penelitian yang dilakukan ini dibimbing oleh Muhammad Rauf pada bulan September 2021 sampai bulan Mei 2022 di laboratorium Biologi SMP Negeri 3 Pati dan laboratorium Kimia Fisika Institut Sains dan Teknologi AKPRIND (IST AKPRID) Yogyakarta. Langkah penelitian adalah sebagai berikut:

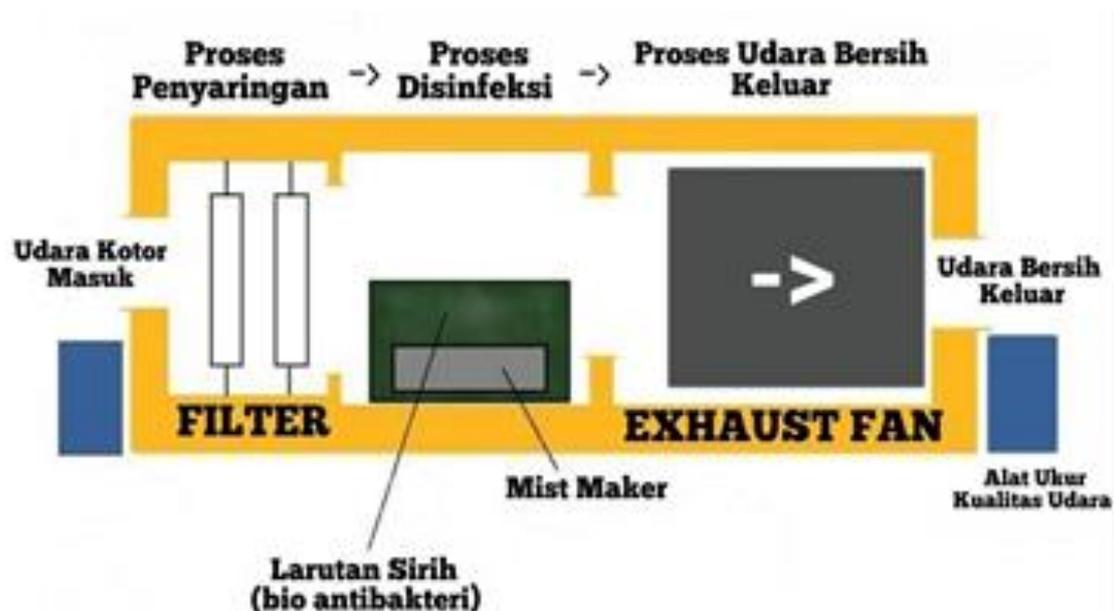
A. Rancang Bangun Mesin Ventilasi Udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri

Pada tahap ini diawali dengan merancang desain mesin ventilasi udara mekanik dengan filter Bio Antibakteri. Adapun rancangannya adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Desain Mesin Ventilasi Udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri

Adapun skema prinsip kerja Mesin Ventilasi Udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Skema prinsip kerja mesin ventilasi udara mekanik dengan filter bio antibakteri

B. Pembuatan Mesin Ventilasi Udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri

Mesin ventilasi udara ini menggunakan 2 filter AC cabin mobil. Adapun langkah-langkah perakitan mesin ventilasi udara ini adalah sebagai berikut:

1. Memotong lembaran akrilik sesuai ukuran yaitu 60 x 32 cm 4 lembar, 32 x 31 cm 4 lembar.

2. Melubangi 3 lembar akrilik ukuran 32 x 31 cm dengan ukuran lubang 15 x 15 cm untuk jalur udara masuk.
3. Membuat kotak ukuran 14,5 x 14,5 x 17 cm untuk menempatkan filter AC cabin.
4. Melubangi 1 lembar akrilik 60 x 32 cm bentuk lingkaran dengan ukuran lubang berdiameter 6 cm untuk jalur udara bersih keluar.
5. Membuat kotak ukuran 14 x 12 x 8 cm untuk menempatkan Mist Maker dan cairan bio antibakteri.
6. Menggabungkan komponen – komponen yang dibuat sesuai dengan desain mesin ventilasi udara mekanik yang telah dirancang.

C. Proses Pembuatan Bio Antibakteri dari Daun Sirih Hijau

Pada tahap ini pekerjaan dilakukan di Laboratorium biologi SMP Negeri 3 Pati. Pembuatan bio antibakteri dari daun Sirih hijau metode yang digunakan dalam mengekstrak daun sirih hijau (*Piper betle L.*) adalah metode maserasi. Didalam metode maserasi menggunakan pelarut air. Sebanyak 500 g daun sirih hijau terlebih dahulu dicuci bersih, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 40°C sampai kering. Kemudian diremas dan dihaluskan sampai menjadi serbuk. Serbuk kemudian direndam dalam 2 liter pelarut air selama 3x24 jam dan diambil filtratnya dengan penyaringan. Maserasi dilakukan dengan pengadukan sebanyak 24 kali selama 15 menit dengan tenggang waktu 5 menit antar pengadukan, selanjutnya dilakukan penyaringan dengan corong dan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan ampas. Hasil penyaringan ini yang kita gunakan sebagai bio antibakteri.

D. Proses Pembuatan Media Agar Untuk Pengujian Indeks Biologi Udara

Proses pembuatan media agar untuk pengujian indeks biologi udara dengan langkah sebagai berikut, serbuk media agar dimasukkan dalam panci, diberi air secukupnya, kemudian dikocok, dipanaskan hingga mendidih. Kemudian bersihkan cawan petri dengan menggunakan tisu atau lap bersih yang diberi alkohol. Selanjutnya media agar yang sudah mendidih, dimasukkan ke dalam cawan petri dan tutup, hingga memadat.

E. Pengujian Mesin Ventilasi Udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri

Pengujian kinerja mesin ventilasi dilakukan dengan menguji efektifitas mesin ventilasi untuk mengurangi polutan bahan kimia maupun polutan biologi di udara. Uji pengurangan polutan kimia dilakukan dengan menggunakan 2 alat ukur kualitas udara yang diletakkan pada mesin ventilasi udara mekanik di lubang udara masuk dan udara keluar. Adapun yang diukur adalah kadar CO₂, kadar HCHO dan kadar VOC dalam satuan bagian dalam sejuta (*part per million*) pada mesin dengan 1 filter dan 2 filter udara.

Uji kualitas biologi di udara menggunakan sampel media agar yang dimasukkan dalam cawan petri yang dibuka tutupnya kemudian diletakkan pada bagian udara masuk dan udara keluar mesin ventilasi udara mekanik selama 15 menit dengan 1 filter dan 2 filter udara. Setelah itu cawan petri ditutup kembali dan diberi label identitas. Selanjutnya cawan petri dibawa ke laboratorium kimia fisika IST AKPRIND Yogyakarta untuk diinkubasi selama 3 hari, kemudian dihitung jumlah koloni yang terbentuk dengan alat *Colony Counter*.

F. Analisa Data

Data hasil uji kualitas kimia dan kualitas biologi di udara pada mesin ventilasi udara mekanik dengan filter bio antibakteri, dibandingkan dengan batas maksimal kadar CO₂, HCHO dan VOC serta batas maksimal koloni faktor biologi yang dipersyaratkan oleh PMK (Peraturan Menteri Kesehatan) Nomor 1077/MENKES/PER V/2011.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Produk Mesin Ventilasi Udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin Ventilasi Udara mekanik dengan filter bio antibakteri berdimensi tinggi 32 cm, lebar 3,25 cm, panjang 60 cm dengan menggunakan exhaust fan bertegangan 220 Volt, frekuensi 50Hz, putaran motor 1250 RPM, volume angin (CFM) speed keluar 450 CFM dengan suhu 25°C. Mesin ini menggunakan 2 filter AC cabin mobil yang dilengkapi dengan cairan bio antibakteri dari filtrat daun sirih hijau dan mesin pengkabut cairan. Adapun foto mesin dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin ventilasi udara mekanik dengan filter bio antibakteri

B. Hasil Uji Kualitas Kimia Udara Mesin Ventilasi Udara Mekanik

Hasil pengujian kualitas kimia udara pada udara masuk dan udara keluar mesin pengukurannya dilakukan dengan menggunakan 1 filter AC kabin mobil dan 2 filter AC kabin mobil. Hasil selengkapnya sebagai berikut :

1. Hasil Uji Kualitas Kimia Udara dengan 1 Filter AC

Hasil pengukuran kualitas kimia udara meliputi kadar CO₂, kadar HCHO dan kadar VOC di ruangan laboratorium Fisika SMP Negeri 3 Pati, adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengukuran kualitas kimia udara dengan 1 filter

Pengukuran Ke	Kimia Udara	Udara Masuk Kadar (ppm)	Udara Keluar Kadar (ppm)
1	CO ₂	1647	1059
	HCHO	2.607	2.107
	VOC	0.329	0.284
2	CO ₂	1689	1297
	HCHO	5.045	2.986
	VOC	0.336	0.354
3	CO ₂	1512	1385
	HCHO	3.748	3.264
	VOC	0.237	0.392
Rata-rata	CO₂	1616	1247
	HCHO	3.8	2.785
	VOC	0.301	0.343

Pengukuran kualitas kimia menggunakan 1 filter hasil yang diperoleh udara keluar tidak tersaring dengan baik akibatnya masih banyak terkandung CO₂. Penyebabnya adalah filter hanya 1 lapis sehingga tidak mampu bekerja secara maksimal dalam proses penyaringan udara. Kadar CO₂ yang tercatat rata-rata 1247 ppm. Angka ini melebihi batas maksimal kadar CO₂ dalam udara di ruangan yang ditetapkan oleh PMK (Peraturan Menteri Kesehatan) Nomor 1077/MENKES/PER V/2011 yaitu 1000 ppm.



Gambar 5. Pengukuran kualitas kimia udara, (a) pengukuran udara masuk (b) pengukuran udara keluar, pada mesin ventilasi udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri dengan 1 lapis filter.

Tabel 4. Hasil pengukuran kualitas kimia udara dengan 2 filter

Pengukuran Ke	Kimia Udara	Udara Masuk Kadar (ppm)	Udara Keluar Kadar (ppm)
1	CO ₂	1528	837
	HCHO	3.747	1.3
	VOC	0.528	0.184
2	CO ₂	1887	827
	HCHO	5.168	1.212
	VOC	0.709	0.172
3	CO ₂	1222	724
	HCHO	2.768	0.924
	VOC	0.344	0.13
Rata	CO₂	1545	796
	HCHO	3.894	1.145
	VOC	0.527	0.162

Pada pengukuran menggunakan 2 lapis filter, hasil yang diperoleh udara keluar tersaring dengan baik, kadar CO₂ terukur rata-rata sebesar 796 ppm. Kadar CO₂ ini dibawah persyaratan batas maksimal kadar CO₂ dalam udara di ruangan yang ditetapkan oleh PMK (Peraturan Menteri Kesehatan) Nomor 1077/MENKES/PER V/2011 yaitu 1000 ppm.



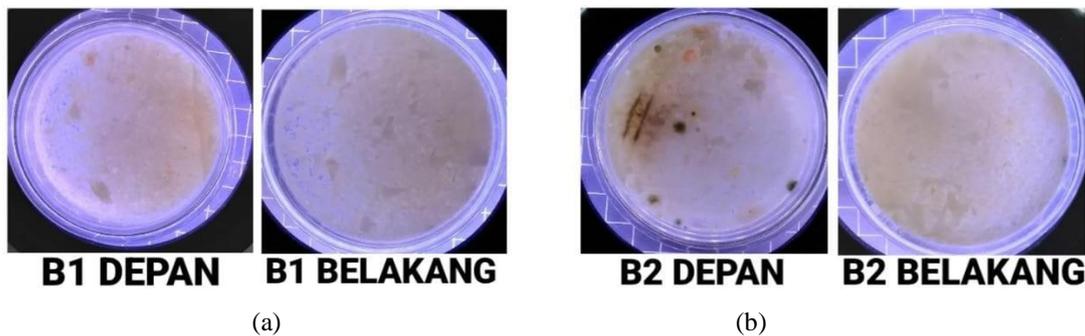
Gambar 5. Pengukuran kualitas kimia udara, (a) pengukuran udara masuk (b) pengukuran udara keluar, pada mesin ventilasi udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri dengan 2 lapis filter.

2. Hasil Uji Kualitas Biologi Udara Mesin Ventilasi Udara Mekanik

Hasil pengujian kualitas biologi udara pada udara masuk dan udara keluar mesin pengukurannya dilakukan dengan menggunakan 1 filter AC kabin mobil dan 2 filter AC kabin mobil.



Gambar 6. Sampel media agar pada (a) pengukuran udara masuk (b) pengukuran udara keluar, pada mesin ventilasi udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri dengan 1 lapis filter

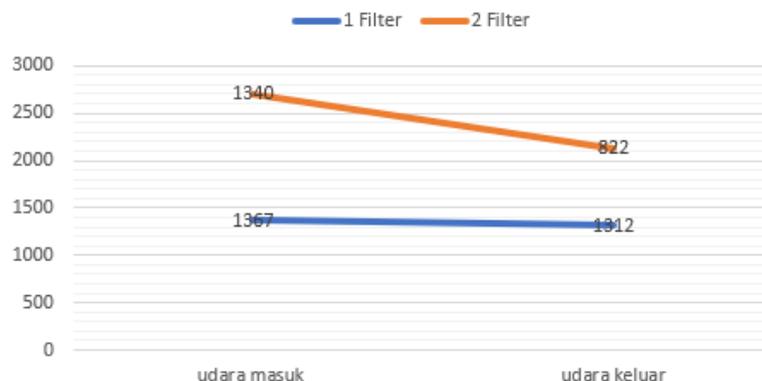


Gambar 7. Sampel media agar pada (a) pengukuran udara masuk (b) pengukuran udara keluar, pada mesin ventilasi udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri dengan 2 lapis filter

Tabel 5. Hasil pengukuran kualitas biologi udara (Indek Biologi) mesin ventilasi udara mekanik dengan filter bio antibakteri

No	Jumlah Filter (lapis)	Jumlah Koloni (Udara Masuk)	Jumlah Koloni (Udara Keluar)
A1	1	1367	1312
A2	2	1340	822

Pengukuran kualitas biologi udara (Indek Biologi udara) menggunakan 1 filter, hasil yang diperoleh jumlah koloni yang terbentuk untuk udara masuk mesin 1367 dan udara keluar dari mesin 1312. Nilai ini melebihi ambang batas jumlah koloni indeks biologi yaitu 1000 CFU/m³ untuk jamur dan 700 CFU/m³ untuk bakteri [15]. Penyebabnya adalah filter hanya 1 lapis sehingga tidak mampu bekerja secara maksimal dalam proses penyaringan udara. Penurunan jumlah koloni yang terbentuk adalah 55, hal ini menunjukkan cairan bio antibakteri telah bekerja dengan baik pada mesin ini.



Gambar 8. Grafik kualitas biologi udara pada mesin ventilasi udara Mekanik dengan Filter Bio Antibakteri dengan 1 lapis filter dan 2 lapis filter

Pada pengukuran menggunakan 2 lapis filter, hasil yang diperoleh jumlah koloni yang terbentuk untuk udara masuk mesin 1340 dan udara keluar dari mesin 882. Jumlah koloni pada udara keluar dibawah ambang batas jumlah koloni kualitas biologi yaitu 1000 CFU/m³ untuk jamur dan 700 CFU/m³ untuk bakteri. Dengan menggunakan filter 2 lapis mesin bekerja secara maksimal pada proses penyaringan udara. Terjadi penurunan jumlah koloni jamur sejumlah 458, hal ini menunjukkan cairan bio antibakteri telah bekerja dengan baik pada mesin ini dan dapat digunakan untuk menyegarkan ruangan.

Berdasarkan hasil uji kualitas kimia dan uji kualitas biologi udara pada mesin ventilasi udara mekanik dengan 2 lapis filter terdapat perbedaan kadar CO₂ yang dihasilkan sangat signifikan dan jumlah koloni pada udara keluar dibawah ambang batas 1000 CFU/m³ untuk jamur dan 700 CFU/m³ untuk bakteri. Keefektifan mesin ventilasi udara mekanik dengan filter bio antibakteri sudah optimal dalam menjaga kualitas udara. Filter yang dilengkapi dengan bio antibakteri dari filtrat daun sirih hijau merupakan filter alami yang mengandung bahan-bahan alami yang memiliki kemampuan antibakteri dan memiliki kandungan antioksidan yang tinggi sehingga dapat melindungi sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Disamping itu daun sirih hijau memiliki kandungan senyawa sineol yang berpotensi menjadi salah satu alternative untuk terapi pasien COVID-19.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dalam hasil dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa Mesin ventilasi udara mekanik dengan filter bio antibakteri yang dilengkapi filtrat daun sirih hijau (*Piper betle L*) efektif dalam menjaga kadar kualitas udara. Hasil pengukur kualitas kimia udara diperoleh kadar CO₂ sebesar 796 ppm, kadar HCHO sebesar 1,145 ppm dan kadar VOC sebesar 0,162. Sedangkan hasil pengukuran kualitas biologi di udara diperoleh jumlah koloni yang terbentuk 882 CFU/m³. Hasil ini sudah memenuhi standar udara di ruangan yang ditetapkan oleh PMK (Peraturan Menteri Kesehatan) Nomor 1077/MENKES/PER V/2011.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada tim peneliti: Agia Keisha Naifazahra, Keysha Aurell Anindikazzahra, Syabilla Lovely Malaksa, I Wayan Wiyasa Helza Zaneta, Devicha Twicy Putri Allea dengan pembimbing Bapak Muhammad Rauf dari SMP Negeri 3 Pati yang telah mengikutsertakan projek ini dalam International Science and Invention Fair (ISIF) 2022 dan memperoleh medali emas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia "Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja," Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, Jakarta 2018.
- [2] Anonim, "Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted?," 2022, [online]. Available: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted> [Accessed on Dec 4th 2022].
- [3] I. Qurrota A'yuna and R. Umarohb, "Polusi Udara dalam Ruangan dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia Indoor Air Pollution and Health Conditions: Analysis of Indonesian Households," *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*. vol. 22, no. 1 pp.16–26, 2022.
- [4] J. P. Sá, M. Conceição, M. Alvim-Ferraz, F. G. Martins, Sofia I.V. Sous, "Application of the low-cost sensing technology for indoor air quality monitoring: a review", *Environmental Technology & Innovation*, vol. 28, pp. 1-27, 2022. doi: 10.1016/j.eti.2022.102551 [Online].
- [5] A. N. Nair, P. Anand, A. George, and N. Mondal, "A review of strategies and their effectiveness in reducing indoor airborne transmission and improving indoor air quality", *Environmental Reserach Journal*, vol. 213, pp. 1-20, 2022. doi: 10.1016/j.envres.2022.113579 [Online].
- [6] N. Fu, M. K. Kim, L. Huang, J. Liu, B. Chen, and S. Sharples, "Experimental and numerical analysis of indoor air quality affected by outdoor air particulate levels (PM1.0, PM2.5 and PM10), room infiltration rate, and occupants' behaviour," *Science of Total Environment Journal*, vol. 851, pp. 1-15, 2022. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.158026 [Online].
- [7] U.S. Environmental Protection Agency, "Indoor Air Quality Indicators Radon: Homes At or Above EPA's Action Level Serum Cotinine Related Links Indoor Air Quality Air Research What are the

- trends in indoor air quality and their effects on human health?," <https://www.epa.gov/report-environment/indoor-air-quality> [Accessed on 30 December 2022].
- [8] R. Prihatmanti, "Kualitas Udara Dalam Ruang", *Rumahku*, No.118, pp. 48-49, 2016. <https://www.uc.ac.id/library/kualitas-udara-dalam-ruang/> [Accessed on 30 December 2022].
- [9] J. Pei, M. Qu , L. Sun, X. Wang, Y. Yin, "The relationship between indoor air quality (IAQ) and perceived air quality (PAQ) –a review and case analysis of Chinese residential environment", *Energy and Built Environment*, *inpress*, <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.09.005>, 2022.
- [10] A. B. Adenan, "Penerapan Adaptive Building Skin Pada Bangunan SOHO Di Jakarta", Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur Universitas Bina Nusantara 2015: <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdok/Bab2/2014-2-01232-AR%20Bab2001.pdf> [Accessed on 3 September 2021].
- [11] D. Rodríguez, I. R. Urbieta, A. Velasco, M. A. Campano-Laborda, E. Jimenez, "Assessment of indoor air quality and risk of COVID-19 infection in Spanish secondary school and university classrooms", *Building And Environment Journal*, vol. 226, no. 109717, pp. 1-13, 2022. doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109717 [Online].
- [12] C. Konstantinou, A. Constantinou, E. G. Kleovoulou, A. Kyriacou, C. Kakoulli, G. Milis, M. Michaelides, and K. C. Makris, "Assessment of indoor and outdoor air quality in primary schools of Cyprus during the COVID–19 pandemic measures," *Heliyon Journal*, vol. 8, no. 5, e09354, pp.1-9, 2022. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e09354 [Online].
- [13] E. Hastuti, I. Medawati dan S. Darwati, "Kajian Penerapan Teknologi Biofilter Skala Komunal Untuk Memenuhi Standar Perencanaan Pengolahan Air Limbah Domestik," *Jurnal Standardisasi*, vol. 16, no. 3, pp. 205 - 214, 2024.
- [14] A. R. and I. S. Asharhani, "Aspek kualitas udara, kenyamanan termal dan ventilasi sebagai acuan adaptasi hunian pada masa pandemi indoor air quality, thermal comfort and ventilation aspects as reference on housing adaptation during pandemic," *Jurnal Arsir*, pp. 24-34, 2021.
- [15] I. Putra, M. Ikhtiar, and A. Emelda, "Analisis mikroorganisme udara terhadap gangguan kesehatan dalam ruangan administrasi Gedung Menara UMI Makassar," *Window of Health: Jurnal Kesehatan*, vol. 1 no. 2, pp. 68-74, 2018.



©2022. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).