

Kode/	: 356
Nama Rumpun Ilmu :	Teknik Penyehatan Lingkungan
Issue	: Pengendalian Pencemaran Udara
	Melalui TTG Penyehatan Udara

LAPORAN AKHIR PENELITIAN

PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



TERAPAN TEKNOLOGI GUNA *CYCLONE VENTILATOR* MODIFICATION UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS UDARA RUMAH PENDERITA TB PARU DAN ISPA

TIM PENELITIAN

Dr. Khambali, ST, MPPM. NIDN.40030362001 (Peneliti Utama)
Rachmaniyah, SKM., M.Kes. NIDN. 4018047501 (Anggota)
Niken Probo Sutanti, S.Si., M.M. NIP.196403231997032002 (Anggota)

POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES SURABAYA
TAHUN 2021

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**

Judul Penelitian : Terapan Teknologi Guna *Cyclone Ventilator Modification* Untuk Meningkatkan Kualitas Udara Rumah Penderita TB paru Dan Ispa

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 356/ Teknik Penyehatan Lingkungan
Peneliti
Nama Lengkap : Dr. Khambali, ST.,M.PPM
NIDN : 4003036201
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Diploma Tiga Kesehatan Lingkungan Surabaya
Nomor HP : 081331728331
Email : khambali2014@gmail.com

Anggota Peneliti (1)
Nama Lengkap : Rachmaniyah, S.KM.,M.Kes
NIDN : 4018047501
Program Studi : Diploma Empat Kesehatan Lingkungan Surabaya
Perguruan Tinggi : Poltekkes Kemenkes Surabaya

Anggota Peneliti (2)
Nama Lengkap : Niken Probo Susanti, S.Si.,MM
NIDN : -
Program Studi : -
Perguruan Tinggi : Balai Besar Teknologi Kesehatan Lingkungan
Pengendalian Penyakit Surabaya

Lama Penelitian Keseluruhan : 2 Tahun
Usulan Penelitian Tahun ke : 1 (Satu)
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 210.000.000,-
Biaya Penelitian tahun ke – 1 : Rp. 70.000.000,-
Biaya Penelitian tahun ke – 2 : Rp. 140.000.000,-

Surabaya, 11 Oktober 2021

Pakar Peneliti,



Prof. Dr. Ririh Yudhastuty, Drh., M.Sc
NIP. 195912241987012001

Mengesahkan
Direktur Poltekkes Kemenkes Surabaya



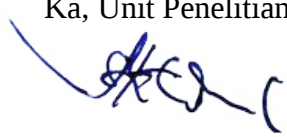
Drg. BAMBANG HADI SUGITO, MKes
NIP : 196204291993031002

Peneliti Utama,



Dr. Khambali, ST, MPPM
NIP: 196203031984031001

Mengetahui
Ka, Unit Penelitian



SETIAWAN, SKM, MPsi
NIP : 196304211985031005

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	1
DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR TABEL.....	3
DAFTAR GAMBAR.....	4
DAFTAR LAMPIRAN	5
RINGKASAN	6
BAB I PENDAHULUAN	7
1.1. Latar Belakang	7
1.2. Permasalahan yang akan diteliti.....	10
1.3. Tujuan Penelitian	10
1.4. Hipotesis Penelitian.....	11
1.5. Urgensi Penelitian	11
1.6. Temuan/Inovasi yang ditargetkan Serta Penerapannya Dalam Rangka Menunjang Pembangunan dan Pengembangan Ipteks-Sosbud.....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1. Udara.....	13
2.2. Penyakit Udara.....	13
2.3. Pencemaran Udara dalam Ruangan	14
2.4. Karbonmonoksida (CO).....	19
2.5. Mikroorganisme Udara	20
2.6. Parameter Kualitas Udara Dalam Ruangan	23
2.7. TB Paru	30
2.8. ISPA	30
BAB III KERANGKA KONSEP.....	32
BAB IV METODE PENELITIAN	33
4.1. Rancangan /Desain Penelitian.....	34
4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	34
4.3. Objek dan Sampel Penelitian	35
4.4. Bahan, Peralatan dan Prosedur Penelitian.....	35
4.5. Analisis Hasil Penelitian	36
4.6. Alur Penelitian Yang Akan Dikerjakan	37
BAB V. HASIL PENELITIAN	38
5.1. Hasil Pengukuran Suhu	38
5.2. Hasil Pengukuran Kelembaban	39
5.3. Hasil Pengukuran Aliran Udara	40
5.4. Hasil Pengukuran Angka Kuman Udara	41
BAB VI. ANALISIS dan PEMBAHASAN	42
6.1. Kemampuan <i>Cyclone Ventilator Modification</i> Dalam Mengendalikan Kualitas Udara	42
6.2. Waktu, Efisiensi dan Kinerja <i>Cyclone Ventilator Modification</i>	44
6.3. Efektivitas <i>Cyclone Ventilator Modification</i>	46

BAB VII Kesimpulan dan Saran	47
7.1. Kesimpulan	47
7.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
Lampran	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis bakteri berdasarkan suhu	15
Tabel 4.1. Ringkasan Anggaran Biaya.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penyaringan Carbon Aktif	23
Gambar 2.2. Pertumbuhan Bakteri	28
Gambar 4.1. Pembuatan Media	27
Gambar 4.2. Alur Penelitian	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Justifikasi Anggaran Penelitian	49
Lampiran 2. Dukungan sarana dan prasarana penelitian	51
Lampiran 3. Susunan organisasi dan pembagian tugas tim peneliti	54
Lampiran 4. Biodata ketua dan anggota.....	55
Lampiran 5. Surat pernyataan ketua peneliti.....	62

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Daftar Singkatan :

AC	= <i>Air Conditioner</i>
EPA	= <i>Environtmental Protection Agency</i>
NAB	= <i>Nilai Ambang Batas</i>
NaCl	= <i>Natrium klorida</i>
Cr	= <i>Chromium</i>
Na ₂ CO ₃	= <i>Natrium karbonat</i>
L	= <i>liter</i>
mg	= <i>Miligram</i>
m	= <i>Meter</i>
RH%	= <i>Persentase Relativity Humidifier</i>
TPC	= <i>Total Plate Agar</i>
Et al	= <i>Dan lain-lain</i>
HVAC	= <i>Heat Ventilation and Air Conditioning</i>
UPT	= <i>Unit Pelaksana Teknis</i>
WHO	= <i>World Health Organization</i>

Daftar Simbol :

°C	= <i>Derajat celcius</i>
%	= <i>Persen</i>
<	= <i>Kurang dari</i>
>	= <i>Lebih dari</i>
≤	= <i>Kurang dari sama dengan</i>
≥	= <i>Lebih dari sama dengan</i>
μ	= <i>mikro</i>

RINGKASAN

Pencemaran udara dalam ruangan yang utamanya adalah konsentrasi polutan lebih banyak terdapat di dalam rumah (*indoor*) daripada di luar ruangan. Tujuan yang ingin dicapai adalah mengevaluasi kemampuan alat *Cyclone Ventilator Modification* untuk meningkatkan kualitas udara rumah penderita TB dan ISPA.

Target khusus yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah ;1) menganalisis Suhu, kelembaban, Laju/kecepatan aliran udara dan angka kuman udara ruang (rumah) sebelum dan sesudah terapan alat *Cyclone Ventilator Modification*; 2) Menganalisis waktu yang dibutuhkan *cyclone ventilator modification* dalam mengendalikan suhu, kelembaban, laju/ kecepatan aliran udara dan angka kuman/mikrobiologi udara dalam rumah; 3) mengevaluasi nilai efektivitas alat *Cyclone Ventilator Modification* ruangan untuk mengendalikan suhu, kelembaban, laju/kecepatan aliran udara, dan angka kuman/ mikrobiologi udara; dan 4) Mengevaluasi kinerja *cyclone ventilator modification* dalam membuat udara ruangan menjadi sehat.

Metode peneltian menggunakan eksperimen dengan bentuk *One Group Pre-Post Test Design*. Variabel bebasnya adalah alat *Cyclone Ventilator Modification* dan variabel terikatnya adalah angka kuman/ bakteriologi udara. Analisis data yang digunakan berupa uji *paired t test*.

Hasil uji *paired t test* didapatkan angka kuman sebelum dan sesudah 2 jam pemasangan alat nilai $t \ 7,447 > 0,625$, sedangkan setelah 4 jam alat beroperasi didapat nilai $t \ 3,725 > 0,625$, artinya hipotesa penelitian dapat diterima. Suhu mengalami penurunan sebesar 15,37%, Kelembaban menurun sebesar 55,25 %, Laju/ kecepatan aliran udara dalam ruang mengalami peningkatan sebesar 65,61 %, setelah alat beroperasi 4 jam.

Penelitian lebih lanjut masih perlu dilakukan untuk menentukan titik jenuh / *life time* pengoperasian *Cyclone Ventilator Modification* dalam mengendalikan suhu, kelembaban, laju/kecepatan aliran udara dan angka kuman terendah. *Cyclone Ventilator Modification* secara efektif dan efisien untuk mengendalikan variabel yang diteliti dengan durasi waktu opsional yang ditetapkan.

Kata Kunci : *Suhu, kelembaban, laju aliran udara, Angka kuman, Cyclone Ventilator Modification*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Udara adalah juga atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di bumi ini. Susunan (komposisi) udara bersih dan kering, tersusun oleh Nitrogen (N_2) 78,09 %, Oksigen (O_2) 21,94 %, Argon (Ar) 0,93 %, Karbon dioksida (CO_2), dan gas-gas lain yang terdapat dalam udara. Apabila susunan komposisi udara ini sudah mengalami perubahan dan sudah dikatakan tidak normal yang kemudian mengganggu makhluk hidup seperti manusia, maka keadaan udara telah tercemar (Sarudji, Didik, 2011).

Sebuah data yang dirilis oleh *Global Burden of Disease Study 2010*, yang dimuat dalam sebuah jurnal medis Inggris bernama *Lancet* bahwa tujuh juta orang mati akibat polusi udara di tahun 2010. Penelitian ini juga menemukan bahwa polusi udara di dalam ruangan telah membunuh 3,5 juta orang di seluruh dunia tahun 2010, sementara polusi udara di luar ruangan telah membunuh 3,3 juta orang. Sehingga perlu diketahui bahwa pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia hewan dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti (EPA dalam Nurbiantara, Setiyawan, 2009). Pencemaran udara tidak hanya bersumber pada hal-hal yang berada diluar ruangan, seperti yang banyak diketahui yaitu dari asap kendaraan bermotor dan industri, tetapi juga bersumber dari dalam ruangan seperti asap rokok yang dimana telah dipaparkan sebelumnya bahwa jumlah kematian lebih besar dari pada di luar ruangan sehingga dapat diketahui pencemaran udara dalam ruangan lebih berbahaya dari pada di luar ruangan. Seperti tertuang dalam penelitian Fahimah, dkk.(2014)

Paparan polusi udara meningkatkan kerentanan manusia untuk terinfeksi bakteri TB. Penyebaran udara menjadi faktor penting disamping penyediaan ventilasi yang baik di dalam rumah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Darius Ciuzas, dkk (2016) menyimpulkan bahwa penyebaran udara dengan *air cleaners* terbukti lebih

efisien untuk menghilangkan partikel aerosol udara.

Permasalahan dalam pencemaran udara dalam ruangan yang utamanya adalah konsentrasi polutan lebih banyak terdapat di dalam rumah (*indoor*) daripada di luar ruangan (*Department of Health Minnesota* dalam Saragih, Winda, 2011). Sebuah asosiasi bernama *The United States Environment Protection Agency (US EPA)* menyatakan paparan udara dalam ruang yang tidak sehat dalam jangka panjang dapat berakhir pada penyakit paru, jantung, dan kanker, yang sulit diobati dan berakibat fatal. Sedangkan menurut Saragih, Winda (2011), keberadaan polutan di dalam udara ruangan dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan baik dalam jangka panjang atau jangka pendek dengan sumber pencemaran udara dapat berasal dari aktifitas rumah tangga dari dapur, asap rokok, bahan bangunan dan lain-lain. Udara sehat sangat dibutuhkan manusia demi mewujudkan kualitas hidup yang lebih baik, namun dengan keadaan yang sekarang sudah menjadi sebaliknya, lahan perumahan semakin sempit maka diperlukan penyehatan udara.

Fernada, dkk. (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa paparan polutan/pencemar udara seperti TSP, PM_{2,5} mampu menaikkan risiko angka kejadian TB Paru pada beberapa negara. Di negara Korea Selatan, paparan partikel tersuspensi di atmosfer dan angka partikulat PM_{2,5} mengakibatkan naiknya angka kejadian TB Paru sebesar 1,27 kali. Sedangkan di negara Taiwan, adanya *exposure* dengan partikel tersuspensi dapat menaikkan angka kejadian TB Paru sebesar 4,0%.

Manusia berlindung/berteduh terhadap bahaya, hujan panas dan udara dari luar, serta perlindungan terhadap kecelakaan, keracunan dan penyakit-penyakit kronis lainnya di dalam rumah. Kontruksi rumah harus kuat, kokoh dan sehat untuk dapat menciptakan udara ruangan yang sehat sehingga melindungi penghuninya dari penularan penyakit, termasuk suhu/ temperatur, kelembaban ruangan, ventilasi, dan pencahayaan serta kepadatan hunian. Di dalam ruangan rumah juga terdapat mikroorganisme, beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya (Fitri, dkk 2016). Penularan penyakit yang melalui udara antara lain influenza, pneumonie, campak, rubella dan TB paru. Di negara Indonesi penularan penyakit TB paru berkembang dengan cepat karena kondisi perekonomian masyarakat yang di bawah rata-rata, sehingga fasilitas perumahan yang dibangun jauh dari sehat, kurang ventilasi dan pencahayaan, dinding semi permanen serta kepadatan hunian yang tinggi.

Provinsi Jawa Timur pada tahun 2015, masih terdapat kasus TB Paru

sebanyak 40.185 orang dan jumlah penderita TB paru BTA positif (menular) sebanyak 21.475 orang. Ada lima kota yang memiliki kasus TB tertinggi, antara lain Surabaya (4.739) kasus, Jember (3.128) kasus, Bojonegoro (2.287) kasus, Pamekasan (1.233) kasus dan Sidoarjo (918) kasus. Surabaya peringkat tertinggi pada jumlah kasus penderita TB Paru. Salah satu penyebab penyebaran penularan TB paru yang tinggi, adalah kondisi rumah penderita yang dapat melindungi kuman bakteri *tuberculosis* sehingga dapat berkembang biak dengan leluasa. Peningkatan jumlah penderita TB paru harus segera dicegah, dengan meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat, dengan pembangunan rumah-rumah yang memiliki ventilasi dan pencahayaan yang maksimal.

Penyehatan udara sendiri merupakan suatu upaya yang dilakukan agar udara yang ada disekeliling kita tidak mengalami cemaran yang dapat berdampak pada kesehatan, khususnya dapat melindungi dari penyakit menular melalui udara dalam ruangan, menurut Permenkes No.1077 tahun 2011, upaya penyehatan udara dalam ruang meliputi substansi fisik, kimia dan biologi. Substansi pencemar udara yang telah dijelaskan dalam definisi pencemaran udara salah satunya yaitu substansi biologi, dengan contoh pencemar paling berbahaya adalah udara yang mengandung bakteri/kuman. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Imam Thohari dkk pada tahun 2015, membuktikan bahwa ada hubungan antara sanitasi rumah dengan kualitas bakteriologi udara pada rumah penderita TB Paru di wilayah puskesmas Pegirian Kota Surabaya. Sesuai penelitian yang dilakukan Khambali, dkk (2017), Penerapan *cyclone ventilator modification* untuk penyehatan udara ruangan, membuktikan alat ini mampu membuat udara ruangan menjadi nyaman bagi penghuninya. Dari hasil penelitian Evi Nurdiana dkk, 2018 menyimpulkan bahwa Kondisi fisik rumah berpengaruh terhadap penularan TB paru pada anggota keluarga. (Nugroho dkk, 2016)

Paparan udara dalam ruang yang tidak sehat dalam jangka waktu yang Panjang dapat menimbulkan penyakit paru, jantung dan kanker yang sulit diobati dan dapat berakibat pada kematian, di jelaskan oleh Assosiasi bernama The United States Environment Protection Agency (USEPA). Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan tentang uji coba penerapan alat *cyclone ventilator modification* di rumah penderita TB paru. Pada penelitian ini alat *cyclone ventilator modification* kami terapkan di rumah penderita TB Paru, dimanfaatkan sebagai alat untuk meningkatkan kualiatas udara dalam rumah, meliputi menurunkan temperatur, kelembaban, pencahayaan dan angka kuman/bakteri udara.

1.2. Permasalahan yang akan diteliti

1. Bagaimanakah kemampuan *cyclone ventilator modification* dalam meningkatkan kualitas udara dengan mengendalikan suhu, kelembaban, laju/kecepatan aliran udara, dan angka kuman/ mikrobiologi udara dalam udara ruangan ?
2. Berapakah waktu yang dibutuhkan *cyclone ventilator modification* dalam meningkatkan kualitas udara mengendalikan suhu, kelembaban, laju/kecepatan aliran udara dan kualitas mikrobiologi udara dalam udara ruangan?
3. Berapakah tingkat efektivitas *cyclone ventilator modification* dalam terhadap luasan/volume ruangan?
4. Bagaimana kinerja *cyclone ventilator modification* dalam meningkatkan kualitas udara di rumah penderita?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Menganalisis kinerja *cyclone ventilator modification* dalam upaya meningkatkan kualitas udara rumah penderita TB Paru dan ISPA.

2. Tujuan khusus

- a. Menganalisis kemampuan *cyclone ventilator modification* dalam mengendalikan suhu, kelembaban, laju/kecepatan aliran udara dan angka kuman/mikrobiologi udara dalam rumah penderita TB Paru dan ISPA ?
- b. Menganalisis waktu yang dibutuhkan *cyclone ventilator modification* dalam menurunkan suhu, kelembaban, laju/ kecepatan aliran udara dan angka kuman/mikrobiologi udara dalam rumah penderita TB Paru dan ISPA?
- c. Mengevaluasi tingkat efektivitas *cyclone ventilator modification* dalam terhadap luasan/volume ruangan rumah penderita TB Paru dan ISPA?
- d. Mengevaluasi kinerja *cyclone ventilator modification* dalam membuat udara ruangan menjadi sehat ?

1.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah Rekayasa alat *cyclone ventilator* ruangan mampu meningkatkan kualitas udara dengan mengendalikan suhu, kelembaban, laju/kecepatan aliran udara dan angka kuman/mikrobiologi udara dalam udara ruangan rumah penderita TB Paru dan ISPA?

1.5. Urgensi Penelitian

Secara umum penelitian ini ingin melakukan evaluasi kemampuan *cyclone ventilator modification* dalam meningkatkan kualitas udara dengan menurunkan suhu, kelembaban, dan angka kuman/mikrobiologi udara dalam rumah penderita TB Paru dan ISPA. Hal itu, didasari dari penelitian Khambali, dkk (2017), Penerapan *cyclone ventilator modification* untuk penyehatan udara ruangan, membuktikan alat ini mampu membuat udara ruangan menjadi nyaman dan sehat bagi penghuninya.

Urgensi penelitian ini adalah mampu menjawab dan memberi solusi atas hasil penelitian Evi Nurdiana dkk, (2018) yang menunjukkan bahwa kondisi fisik rumah berpengaruh terhadap penularan TB paru pada anggota keluarga. Lingkungan rumah menjadi resiko terjadinya penyakit TB melalui ventilasi, suhu, kelembaban dan laju/kecepatan udara ruangan, dan pencahayaan serta kepadatan hunian. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan rekomendasi mengatasi persoalan pencemaran udara dalam ruang yang disebabkan oleh kuman/bakteri khususnya *mycobacterium tuberculosis* serta kuman/bakteri lainnya. Keberhasilan penerapan Cyclone Ventilator Modification dalam mengendalikan cemaran udara oleh kuman/bakteri akan menyempurnakan hasil penelitian terdahulu (Khambali, 2017). Upaya pengurangan berbagai pencemaran udara fisik, kimia dan mikrobiologi melalui penerapan teknologi tepat guna *cyclone ventilator modification* akan memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu dan teknologi tepat guna penyehatan / kesehatan lingkungan khususnya penyehatan udara dalam ruang di masa yang akan datang.

1.6. Temuan/Inovasi yang ditargetkan Serta Penerapannya Dalam Rangka Menunjang Pembangunan dan Pengembangan Ipteks-Sosbud

Temuan mendasar yang ditargetkan pada penelitian ini adalah rekayasa teknologi tepat guna penyehatan udara ruangan dengan alat *cyclone ventilator modification* mampu mengendalikan suhu, kelembaban, laju/ kecepatan aliran

udara dan mikrobiologi udara/kuman bakteri dalam ruangan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan Imam Thohari dkk tahun 2015 tentang hubungan sanitasi rumah penderita TB paru dengan kualitas udara ruang, di wilayah puskesmas Pegiran. Dari penelitian tersebut membuktikan hubungan antara sanitasi rumah meliputi suhu kelembaban, kepadatan hunian pencahayaan dengan kualitas udara. Dilanjutkan penelitian Sabinan Gero tahun 2017 tentang Pencegahan Penyakit TB paru yang utama dimulai dari rumah penderita. Penelitian ini menganalisis hubungan perilaku pencegahan dengan resiko penularan TB paru antar orang serumah. Dari hasil penelitian Evi Nurdiana dkk, 2018 menyimpulkan bahwa Kondisi fisik rumah berpengaruh terhadap penularan TB paru pada anggota keluarga.

Kebaharuan (*novelty*) dari penelitian ini adalah diketahuinya efektivitas kerja alat *cyclone ventilator modification* dan kemampuan dalam meningkatkan kualitas udara dengan mengendalikan suhu, kelembaban, laju/ kecepatan udara dan angka kuman/mikrobiologi udara dalam ruangan. Disamping itu, sebelumnya rekayasa alat ini dirancang tidak menggunakan sumber energi listrik tetapi menggunakan beda tekanan untuk menggerakkan dan menghisap gas pencemar dari luar. Hasil dari penelitian Khambali dkk pada tahun 2017 dapat menjadi referensi bagi pengembangan ilmu dan teknologi tepat guna kesehatan lingkungan khususnya mengurangi risiko negatif akibat paparan kuman/bakteri khususnya *mycobacterium tuberculosis* dan pencemaran lingkungan. Rekayasa alat Penyehatan udara ruangan ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas baik untuk penyehatan rumah tinggal/perumahan maupun penyehatan udara ruangan industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Udara

Udara merupakan zat yang paling penting setelah air dalam memberikan kehidupan di permukaan bumi ini. Selain memberikan oksigen, udara juga berfungsi sebagai alat penghantar suara dan bunyi-bunyian, pendingin benda-benda panas, dan dapat menjadi media penyebaran penyakit pada manusia (Khambali, Imam, 2019).

Udara mempunyai fungsi yang sangat penting bagi makhluk hidup terutama manusia. Udara juga merupakan zat yang paling penting setelah air dalam memberikan kehidupan di permukaan bumi. Setiap detik organisme memerlukan udara untuk bernapas. Udara yang bersih adalah udara yang cukup akan kebutuhan oksigen (O_2) yang kita butuhkan untuk proses fisiologis normal. Apabila udara mengandung zat-zat yang tidak diperlukan manusia dalam jumlah yang melebihi nilai ambang batasnya, maka dapat terjadi penyakit karena kita menghirupnya (Khambali, Imam, 2019)

Udara dimana di dalamnya terkandung sejumlah oksigen, merupakan komponen esensial bagi kehidupan, baik manusia maupun makhluk hidup lainnya. Udara merupakan campuran dari gas, yang terdiri dari sekitar 78 % Nitrogen, 20 % Oksigen, 0,93 % Argon, 0,03 % Karbon Dioksida (CO_2) dan sisanya terdiri dari Neon (Ne), Helium (He), Metan (CH_4) dan Hidrogen (H_2). Udara dikatakan "Normal" dan dapat mendukung kehidupan manusia apabila komposisinya seperti tersebut diatas. Sedangkan apabila terjadi penambahan gas-gas lain yang menimbulkan gangguan serta perubahan komposisi tersebut, maka dikatakan udara sudah tercemar / terpolusi.

2.2. Penyehatan Udara

Udara bersih merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Akan tetapi udara yang benar-benar bersih sudah sulit diperoleh, ini dikarenakan banyaknya aktivitas alam dan aktivitas manusia yang mampu merusak lingkungan dan kehidupan manusia. Terjadinya kerusakan lingkungan berarti

berkurangnya (rusaknya) daya dukung alam yang selanjutnya mengurangi kualitas hidup manusia (Khambali, Imam, 2019). Oleh karena itu, sangat diperlukan upaya penyehatan udara untuk meningkatkan kualitas udara di sekeliling/ lingkungan kita baik dalam ruang (indoor) maupun di luar ruang (out door).

Penyehatan udara ruang merupakan langkah antisipasi dalam mencegah pencemaran udara agar udara yang ada disekeliling kita tidak mengalami cemaran yang dapat berdampak pada kesehatan makhluk hidup pada umumnya dan khususnya pada kesehatan manusia serta kesehatan lingkungan. Penyehatan udara ini meliputi pemantauan hingga analisis terhadap kualitas dan keadaan udara. Penyehatan udara tidak hanya sebatas pada gas- gas yang ada di udara, melainkan termasuk juga kelembaban, suhu, dan lain-lain.

2.3. Pencemaran Udara dalam Ruangan

Menurut Chandra, Budiman dalam (Khambali, Imam, 2019), pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya komponen lain ke dalam udara, baik oleh kegiatan manusia secara langsung atau tidak langsung maupun akibat proses alam sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkatan tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Setiap substansi yang bukan merupakan bagian dari komposisi udara normal disebut sebagai polutan.

Pencemaran udara atau polusi udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia hewan dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti (EPA, 2009 dalam Nurbiantara, Setiyawan, 2010:4).

Pencemaran udara menurut Arifin Zainal dan Sukoco (2009) dalam Veronica, Merlita (2013:4) dapat diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan komposisi udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan. Perubahan Lingkungan udara pada umumnya disebabkan oleh pencemaran udara yang menyebabkan berubahnya fungsi udara bagi makhluk hidup.

Kualitas udara dalam ruangan (*Indoor Air Quality*) merupakan masalah yang perlu mendapat perhatian karena akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Menurut *National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)* (1997), penyebab

timbulnya masalah kualitas udara dalam ruangan pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal, yaitu kurangnya ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminan di dalam ruangan (16%), kontaminan dari luar ruangan (10%), mikroba 5%, bahan material bangunan (4%), lain-lain (13%) (Depkes, 2002).

Polusi udara dalam ruang menjadi masalah kesehatan yang lebih serius daripada polusi udara luar ruang, karena secara rata-rata kita menghabiskan 75 % waktu untuk berada dalam ruangan (Mukono, 2014). Kemungkinan efek kesehatan akibat pajanan pada polutan dalam ruang yang berbahaya sangatlah banyak. Setiap bahan yang ada di dalam rumah, sangat turut berperan dalam polusi udara dan membuat hal tersebut beresiko untuk terhirup manusia dari zat-zat yang mudah menguap.

Menurut EPA dan Lunau (1990) dalam Fitria, Laila (2008), masalah utama yang sering didapatkan dari berbagai penelitian mengenai kualitas udara dalam ruang meliputi tiga kategori umum yang diurutkan berdasarkan frekuensi kejadiannya, yaitu yang tertinggi adalah ventilasi yang tidak kuat, kontaminasi kimia, dan terendah adalah kontaminasi mikrobiologi. Menurut Maryanto, Dicky (2009), pencemaran udara berdasarkan pengaruhnya terhadap gangguan kesehatan dibedakan menjadi 3 jenis yaitu : iritasi, *asfixia*, dan *anestesia*.

2.4 Karbon Aktif

2.4.1. Pengertian Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya. Karbon aktif yang baik haruslah memiliki luas area permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga akan besar (Pujiyanto, 2010 dalam Qibthiyah, Mariatul, 2012:18). Menurut Sudibandriyo *et al.* (2003) dalam Agusta, Diana (2012:16) menjelaskan bahwa karbon aktif yang baik haruslah memiliki luas area permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga akan besar.

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sehingga pori-porinya terbuka, dan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk amorf, yang sebagian besar terdiri dari karbon yang bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya serap yang baik. Keaktifan menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85 % sampai 95 % karbon bebas. Karbon aktif atau

sering disebut sebagai arang aktif adalah arang yang telah mempunyai suatu tingkat daya serap tertentu terhadap bahan organik terlarut, warna, bau, rasa, dan zat-zat lain. Karbon aktif ini mempunyai dua bentuk sesuai ukuran butirannya, yaitu karbon aktif bubuk dan karbon aktif granular (butiran). Karbon aktif bubuk ukuran diameter butirannya kurang dari atau sama dengan 325 mesh. Sedangkan karbon aktif granular ukuran diameter butirannya lebih besar dari 325 mesh (De Marco, 1998 dalam Dunggio, Yusuf Muhammad, 2012:22).

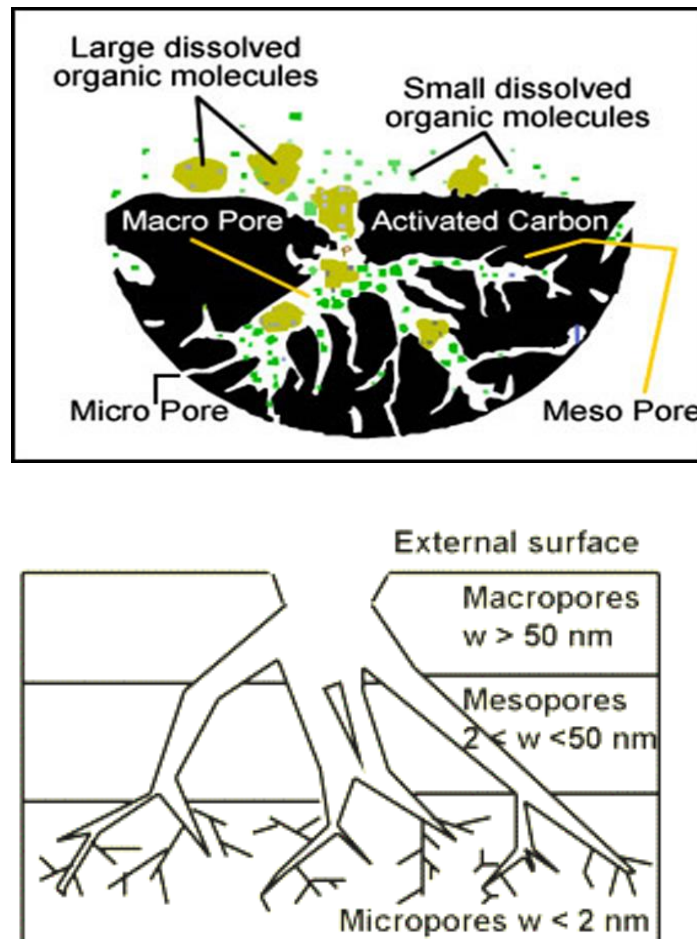
2.4.2. Struktur Karbon Aktif

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika dilakukan aktivasi dengan aktif oleh faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia.

Arang aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan dapat berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan timbulnya sifat sebagai adsorben. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif (Sembiring dan Sinaga, 2003 dalam Somad, Raden, 2009). Karbon aktif mempunyai bentuk yang amorf yang terdiri dari pelat-pelat datar dimana atom-atom karbonnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal.

2.4.3. Proses Aktivasi Karbon Aktif

Pada Gambar II.1, dapat dilihat pori – pori yang terbentuk pada karbon aktif yang telah diaktivasi.



Gambar II.1. Pori-Pori Karbon Aktif

Karbon aktif, juga disebut arang yang diaktifkan atau batu bara yang diaktifkan, merupakan suatu bentuk karbon telah diproses untuk membuatnya berpori dan membuatnya memiliki luas permukaan yang besar yang berguna dalam proses adsorpsi atau reaksi kimia. Karena tingginya jumlah mikropori, hanya satu gram karbon aktif saja dapat memiliki luas permukaan sekitar 500 m². Aktivasi yang cukup untuk aplikasi yang berguna mungkin dikarenakan tingginya luar permukaan, walaupun perlakuan kimia lebih lanjut dapat menaikkan performa adsorpsi material tersebut. karbon aktif biasanya dibuat dari arang (CPL Caron Link, 2008 dalam Zulfa, Aditya, 2011:73). Dan dalam hal ini, peneliti menggunakan karbon aktif yang berasal dari bahan dasar tempurung kelapa dan difungsikan sebagai adsorben.

2.4.5 Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa

Karbon aktif adalah nama dagang untuk arang yang mempunyai porositas tinggi, dibuat dari bahan baku yang mengandung zat arang. Memiliki permukaan dalam besar mencapai 400-1600 m²/g karbon aktif dan memiliki volume pori-pori besar lebih dari 30 cm³/100 g. Pada dasarnya karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon. Pemilihan tempurung kelapa sebagai bahan baku karbon aktif atas dasar kualitas yang dihasilkan lebih baik dari bahan lain.

Karakteristik karbon aktif dari berbagai bahan baku dapat dilihat pada Tabel II. (Chemviron Carbon, 2004).

2.5. Mikroorganisme Udara

Kelompok mikroorganisme yang paling banyak tersebar di udara bebas adalah bakteri, jamur (termasuk di dalamnya ragi) dan juga mikroalga. Belum ada mikroorganisme yang habitat aslinya di udara. Mereka terdapat dalam jumlah yang relatif kecil bila dibandingkan dengan di air atau di tanah. Mikroorganisme udara dapat dipelajari dalam dua bagian, yaitu mikroorganisme udara di luar ruangan dan mikroorganisme udara di dalam ruangan. Mikroorganisme paling banyak ditemukan di dalam ruangan (Waluyo, 2009). Menurut Pelczar (2008), beberapa faktor yang menentukan jumlah dan jenis mikroorganisme yang mendiami udara adalah:

- a. Sumber mikroorganisme (tanah, laut, bersin dan lain-lain).
- b. Ketahanan jenis mikroorganisme tersebut terhadap kondisi fisik seperti suhu, kelembabandan cahaya matahari.
- c. Jumlah dan aktivitasnya.
- d. Lingkungan luar (kondisi cuaca dan ketinggian tempat)

2.6. Parameter Kualitas Udara Dalam Ruangan

2.6.1. Parameter Fisik

a. Suhu/Temperatur

Suhu udara sangat berperan dalam kenyamanan bekerja karena tubuh manusia menghasilkan panas yang digunakan untuk metabolisme basal dan maskuler. Namun dari semua energi yang dihasilkan tubuh hanya 20% saja yang dipergunakan dan sisanya akan dibuang ke lingkungan (Mukono, 2000).

Pada suhu udara yang panas dan lembab, makin tinggi kecepatan aliran udara malah akan makin membebani tenaga kerja. Pada tempat kerja dengan suhu udara yang panas maka akan menyebabkan proses pemerasan keringat. Beberapa hal buruk berkaitan dengan kondisi demikian dapat dialami oleh tenaga kerja. Suhu panas dapat mengurangi kelincahan, memperpanjang waktu reaksi dan waktu pengambilan keputusan., mengganggu kecermatan kerja otak, mengganggu koordinasi syaraf perasa dan motoris. Sedangkan suhu dingin mengurangi efisiensi dengan keluhan kaku atau kurangnya otot. (Suma'mur, 1996).

Suhu udara sangat berperan dalam kenyamanan bekerja. Suhu ruangan harus antara 18°C dan 24°C untuk orang sehat. Meskipun studi tentang *Sick Building Syndrome* tidak dapat memberikan gambaran suhu yang tepat hasil studi yang ada, karyawan dapat menunjukkan kinerja terbaik saat bekerja pada suhu antara 19°C dan 20°C (ASHRAE 2003). Institut Nasional untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja (NIOSH) merekomendasikan bahwa suhu tidak boleh melebihi 26°C untuk pria dan 24°C bagi perempuan. Dalam beberapa sumber, menurut Heryuni (1993) untuk lingkungan kerja disarankan mempunyai suhu kering 22°C-26°C dan suhu basah 21°C-24°C. Sedangkan menurut Mukono (1993), temperatur yang dianggap nyaman untuk suasana bekerja adalah 23°C- 25°C. Dalam laporan yang berasal dari *European Commision*, menunjukkan bahwa suhu antara 20 dan 26°C merupakan suhu yang cocok bagi lingkungan kerja.

b. Kelembaban Udara

Air bukan merupakan polutan, namun uap air merupakan pelarut berbagai polutan dan dapat mempengaruhi konsentrasi polutan di udara. Uap air dapat menumbuhkan dan mempertahankan mikroorganisme di udara dan juga dapat melepaskan senyawa-senyawa *volatile* yang berasal dari bahan bangunan seperti *formaldehyde*, amonia dan senyawa lain yang mudah menguap, sehingga kelembaban yang tinggi melarutkan senyawa kimia lain lalu menjadi uap dan akan terpajan pada pekerja (Fardiaz, 1992). Ruang yang lembab dan dinding yang basah akan sangat tidak nyaman dan mengganggu kesehatan manusia.

Kelembaban udara adalah presentase jumlah kandungan air dalam udara (Depkes RI, 2002). Kelembaban terdiri dari 2 jenis, yaitu :

- a. Kelembaban absolut, yaitu berat uap air per unit volume udara.
- b. Kelembaban nisbi (relatif), yaitu banyaknya uap air dalam udara pada suatu temperatur tersebut.

Secara umum penilaian kelembaban dalam ruang dengan menggunakan *hygrometer*. Menurut indikator pengawasan perumahan, kelembaban udara yang memenuhi syarat kesehatan dalam ruang kerja adalah 40-60% dan kelembaban udara yang tidak memenuhi syarat kesehatan adalah <40% atau >60% (Depkes RI, 2002).

Kelembaban yang relatif rendah yaitu kurang dari 20% dapat menyebabkan kekeringan selaput lendir membran, sedangkan kelembaban yang tinggi akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme (Mukono, 20011)

c. Kecepatan Aliran Udara

Kecepatan alir udara mempengaruhi gerakan udara dan pergantian udara dalam ruang. Besarnya berkisar antara 0,15 sampai dengan 1,5 meter/detik, dapat dikatakan nyaman. Kecepatan udara kurang dari 0,1 meter/detik atau lebih rendah menjadikan ruangan tidak nyaman karena tidak ada pergerakan udara. Sebaliknya bila kecepatan udara terlalu tinggi akan menyebabkan kebisingan di dalam ruangan (Arismunandar dan Saito, 2002). Tingkat kenyamanan panas dipengaruhi oleh kecepatan udara. Ketika pendinginan diperlukan, dapat dilakukan peningkatan kecepatan udara.

Sementara ASHRAE sendiri mensyaratkan *ventilation rate* (jumlah suplai udara dalam ruangan) minimal 20 cfm/orang dalam suatu gedung dan untuk ruangan khusus seperti ruangan merokok *ventilation rate* yang disyaratkan sebesar 60cfm/orang (EPA, 1998). Ventilation rate memang berpengaruh terhadap mitigasi kontaminan dalam ruangan selain juga suplai udara segar bagi penghuni gedung. Hal inilah yang menjadi alasan mengapa *ventilation rate* menjadi krusial dalam pencegahan SBS.

d. Pencahayaan

Penerangan di tempat kerja adalah salah satu sumber cahaya yang menerangi benda-benda di tempat kerja. Banyak obyek kerja beserta benda atau alat dan kondisi disekitar yang perlu dilihat oleh tenaga kerja. Hal ini penting untuk menghindari kecelakaan yang mungkin terjadi. Selain itu penerangan yang memadai memberikan kesan pemandangan yang lebih baik dan keadaan lingkungan yang menyegarkan. Akibat-akibat penerangan yang buruk adalah :

- 1) Kelelahan mata dengan berkurangnya daya efisiensi kerja.
- 2) Kelelahan mental.
- 3) Keluhan-keluhan pegal di daerah mata, dan sakit kepala sekitar mata.
- 4) Kerusakan alat penglihatan.
- 5) Meningkatnya kecelakaan (Budiono dkk, 2003)

Adapun pencahayaan yang kurang bisa memaksa mata untuk berakomodasi maksimum sedangkan pencahayaan yang terlalu kuat juga bisa memaksa mata untuk mengurangi intensitas cahaya yang masuk kedalamnya. Kedua kondisi ini pada akhirnya bisa menimbulkan kelelahan dan memicu gejala- gejala SBS lainnya.

e. Ventilasi

Ventilasi merupakan salah satu faktor yang penting dalam menyebabkan terjadinya *Sick Building Syndrome*. Luas ventilasi ruangan yang kurang dari 10% menurut standard WHO atau *ventilation rate* kurang dari 20CFM OA memberikan risiko yang besar untuk terjadinya gejala SBS.. Ventilasi yang paling ideal untuk suatu ruangan apabila ventilasi dalam keadaan bersih, luas memenuhi syarat, sering dibuka, adanya *cross ventilation* sehingga tidak menyebabkan adanya *dead space* dalam ruangan. Ketidakseimbangan antara ventilasi dan pencemaran udara merupakan salah satu sebab terbesar gejala SBS.

Ventilasi dalam lingkungan kerja ditujukan untuk :

- a) Mengatur kondisi kenyamanan ruangan.
- b) Memperbarui udara dengan pencemaran udara ruangan pada batas normal
- c) Menjaga kebersihan udara dari kontaminasi berbahaya.

2.6.2. Parameter Mikrobiologi

Mikrobiologi adalah organisme yang dapat dilihat hanya dengan bantuan pembesaran mikroskop berdaya tinggi, berukuran sangat kecil (mikro), sehingga mudah dihembuskan angin dan menempel pada debu (bioaerosol).

Mikroorganisme dapat berasal dari lingkungan luar seperti serbuk sari, jamur dan spora, dapat pula berasal dari dalam ruang seperti serangga, jamur, kutu binatang peliharaan dan bakteri (Pudjiastuti, dkk, 1998).

Bioaerosol adalah partikel debu yang terdiri atas makhluk hidup atau sisa yang berasal dari makhluk hidup. Makhluk hidup terutama adalah jamur dan bakteri. Penyebaran bakteri, jamur, dan virus pada umumnya terjadi melalui sistem ventilasi. Sumber bioaerosol ada 2 yakni yang berasal dari luar ruangan dan dari perkembangbiakan dalam ruangan atau dari manusia, terutama bila kondisi terlalu berdesakan (*crowded*). Pengaruh kesehatan yang ditimbulkan oleh bioaerosol ini terutama 3 macam, yaitu infeksi, alergi, dan iritasi. Kontaminasi bioaerosol pada sumber air sistem ventilasi (*humidifier*) yang terdistribusi keseluruh ruangan dapat menyebabkan reaksi yang berbagai seperti demam, pilek, sesak nafas dan nyeri otot dan tulang (Waluyo, 2009).

a. Bakteri Patogen

Bakteri merupakan makhluk hidup yang kasat mata, dan dapat juga

menyebabkan berbagai gangguan kesehatan serta efek deteriorasi bagi gedung apabila tumbuh dan berkembang biak pada lingkungan *indoor*. Gangguan kesehatan yang muncul dapat bervariasi tergantung dari jenis dan rute pajanan. Bakteri dalam gedung datang dari sumber luar (misalnya dari kerusakan tangga, endapan kotoran, dan sebagainya) serta dapat memberikan pengaruh bagi manusia seperti saat bernapas, batuk, bersin. Selain itu, bakteri juga didapati pada sistem *cooling towers* (seperti *Legionella*), bahan bangunan dan *furniture, wallpaper*, dan karpet lantai. Di dalam gedung, bakteri tumbuh dalam *standingwater* tempat *water spray* dan kondensasi AC (Jawetz, 2003).

2.6.3. Mikroorganisme Udara

Kelompok mikroorganisme yang paling banyak tersebar di udara bebas adalah bakteri, jamur (termasuk di dalamnya ragi) dan juga mikroalga. Belum ada mikroorganisme yang habitat aslinya di udara. Mereka terdapat dalam jumlah yang relatif kecil bila dibandingkan dengan di air atau di tanah. Mikroorganisme udara dapat dipelajari dalam dua bagian, yaitu mikroorganisme udara di luar ruangan dan mikroorganisme udara di dalam ruangan. Mikroorganisme paling banyak ditemukan di dalam ruangan (Waluyo, 2009). Menurut Pelczar (2008), beberapa faktor yang menentukan jumlah dan jenis mikroorganisme yang mendiami udara adalah:

- a. Sumber mikroorganisme (tanah, laut, bersin dan lain-lain).
- b. Ketahanan jenis mikroorganisme tersebut terhadap kondisi fisik seperti suhu, kelembaban dan cahaya matahari.
- c. Jumlah dan aktivitasnya.
- d. Lingkungan luar (kondisi cuaca dan ketinggian tempat)

2.6.4. Jenis - jenis mikroorganisme yang mencemari udara

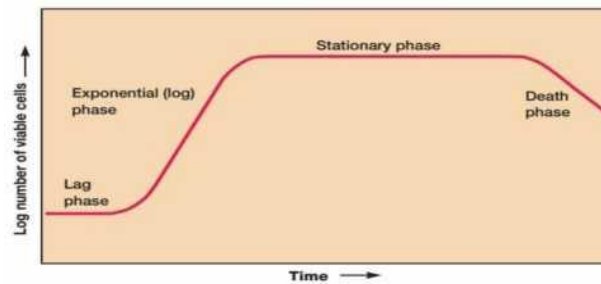
a. Bakteri

1) Jenis Bakteri

Bakteri yang sering ditemukan pada umumnya dari jenis basil gram positif baik berspora maupun non spora, basil gram negatif dan kokus gram positif. Bakteri yang biasanya terdapat dalam mulut dan tenggorokan orang normal seperti *Staphylococcus* sp, *Streptococcus* sp ditemukan di udara melalui batuk, bersin, dan berbicara. Beberapa jenis lain yang terdeteksi mencemari udara antara lain: *Pseudomonas* sp, *Klebsiella* sp, *Proteus* sp, *Bacillus* sp, dan

golongan jamur (Waluyo, 2009).

2) Fase pertumbuhan bakteri



Gambar II.2 : Fase Pertumbuhan Bakteri (Riadi,2016)

a) Fase Lag (Fase Penyesuaian)

Fase lag merupakan fase penyesuaian bakteri dengan lingkungan yang baru. Lama fase lag pada bakteri sangat bervariasi, tergantung pada komposisi media, pH, suhu, aerasi, jumlah sel pada inokulum awal dan sifat fisiologis mikroorganisme pada media sebelumnya.

b) Fase logaritma / eksponensial

Fase logaritma ditandai dengan terjadinya periode pertumbuhan yang cepat. Setiap sel dalam populasi membelah menjadi dua sel. Variasi derajat pertumbuhan bakteri pada fase logaritma ini sangat dipengaruhi oleh sifat genetik yang diturunkannya.

c) Fase stasioner

Fase stasioner terjadi pada saat laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya. Sehingga jumlah keseluruhan bakteri akan tetap. Keseimbangan jumlah keseluruhan bakteri ini terjadi karena adanya pengurangan derajat pembelahan sel. Hal ini disebabkan oleh kadar nutrisi yang berkurang dan terjadi akumulasi produk toksik sehingga mengganggu pembelahan sel. Fase stasioner ini dilanjutkan dengan fase kematian yang ditandai dengan peningkatan laju kematian yang melampaui laju pertumbuhan, sehingga secara keseluruhan terjadi penurunan populasi bakteri.

d) Fase kematian

Fase kematian merupakan fase dimana laju kematian lebih besar

(Riadi, 2016)

3) Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri

a) Suhu

Suhu optimal untuk pertumbuhan bagi bakteri sangat bervariasi tergantung pada jenis bakteri itu sendiri. Pada suhu yang tepat (optimal), sel bakteri dapat memperbanyak diri dan tumbuh sangat cepat. Sedangkan pada suhu yang lebih rendah atau lebih tinggi, masih dapat memperbanyak diri, tetapi dalam jumlah yang lebih kecil dan tidak secepat jika dibandingkan dengan pertumbuhan pada suhu optimalnya. Berdasarkan rentang suhu dimana dapat terjadi pertumbuhan, bakteri dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

Tabel 1 : Jenis Bakteri Berdasarkan Suhu

Jenis Bakteri	Suhu Pertumbuhan	Suhu Optimum
Psikofilik	-5 s/d 30 °C	10 s/d 20 °C
Mesofilik	10 s/d 45 °C	20 s/d 40 °C
Termofilik	25 s/d 80 °C	50 s/d 60 °C

(Sember : Jawetz dkk, 2008)

Suhu optimal biasanya mencerminkan lingkungan normal bakteri tersebut, oleh karena itu bakteri yang pathogen bagi manusia biasanya tumbuh optimal pada suhu 37⁰C (Jawetz dkk, 2008)

b) Kelembaban

Kelembaban sangat penting untuk pertumbuhan bakteri bakteri membutuhkan kelembaban tinggi, pada umumnya untuk pertumbuhan bakteri yang baik dibutuhkan kelembaban diatas 85%. Udara yang sangat kering dapat membunuh bakteri, tetapi kadar kelembaban minimum yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan bakteri bukanlah merupakan nilai pasti. Kandungan air atau kelembaban yang terjadi dan tersedia, bukan total kelembaban yang ada juga dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri.

c) Pencahayaan

Cahaya yang berasal dari sinar matahari dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Bakteri lebih menyukai kondisi gelap, karena terdapatnya sinar matahari secara langsung dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Jawetz dkk, 2008)

d) Oksigen

Kebutuhan oksigen pada bakteri tertentu mencerminkan mekanisme yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energinya. Berdasarkan kebutuhan oksigen tersebut, bakteri dapat dipisahkan menjadi lima kelompok:

- (1) Anaerob obligat yang tumbuh hanya dalam keadaan tekanan oksigen sangat rendah dan oksigen bersifat toksik.
- (2) Anaerob aerotoleran yang tidak mati dengan adanya paparan oksigen.
- (3) Anaerob fakultatif, dapat tumbuh dalam keadaan aero dan anaerob
- (4) Aerob obligat membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya
- (5) Mikroaerofilik yang tumbuh baik pada tekanan oksigen rendah, tekanan tinggi dapat menghambat pertumbuhannya (Jawetz dkk, 2008)

2.7. TB Paru

Pengertian Tuberkulosis adalah suatu penyakit menular langsung yang disebabkan karena kuman TB yaitu *Mycobacterium Tuberculosis*. Mayoritas kuman TB menyerang paru, akan tetapi kuman TB juga dapat menyerang organ tubuh yang lainnya. Tuberkulosis adalah penyakit menular langsung yang disebabkan oleh kuman TB (*Mycobacterium Tuberculosis*) (Werdhani, 2011).

Tuberkulosis atau biasa disingkat dengan TB PARU adalah penyakit kronis yang disebabkan oleh infeksi kompleks *Mycobacterium Tuberculosis* yang ditularkan melalui dahak (droplet) dari penderita TB PARU kepada individu lain yang rentan (Ginanjar, 2008). Bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* ini adalah basil tuberkel yang merupakan batang ramping, kurus, dan tahan akan asam atau sering disebut dengan BTA (bakteri tahan asam). Dapat berbentuk lurus ataupun bengkok yang panjangnya sekitar 2-4 pm dan lebar 0,2 -0,5 pm yang bergabung membentuk rantai. Besar bakteri ini tergantung pada kondisi lingkungan (Ginanjar, 2010).

Sumber penularan penyakit Tuberkulosis adalah penderita Tuberkulosis BTA positif pada waktu batuk atau bersin. Penderita menyebarkan kuman ke udara dalam

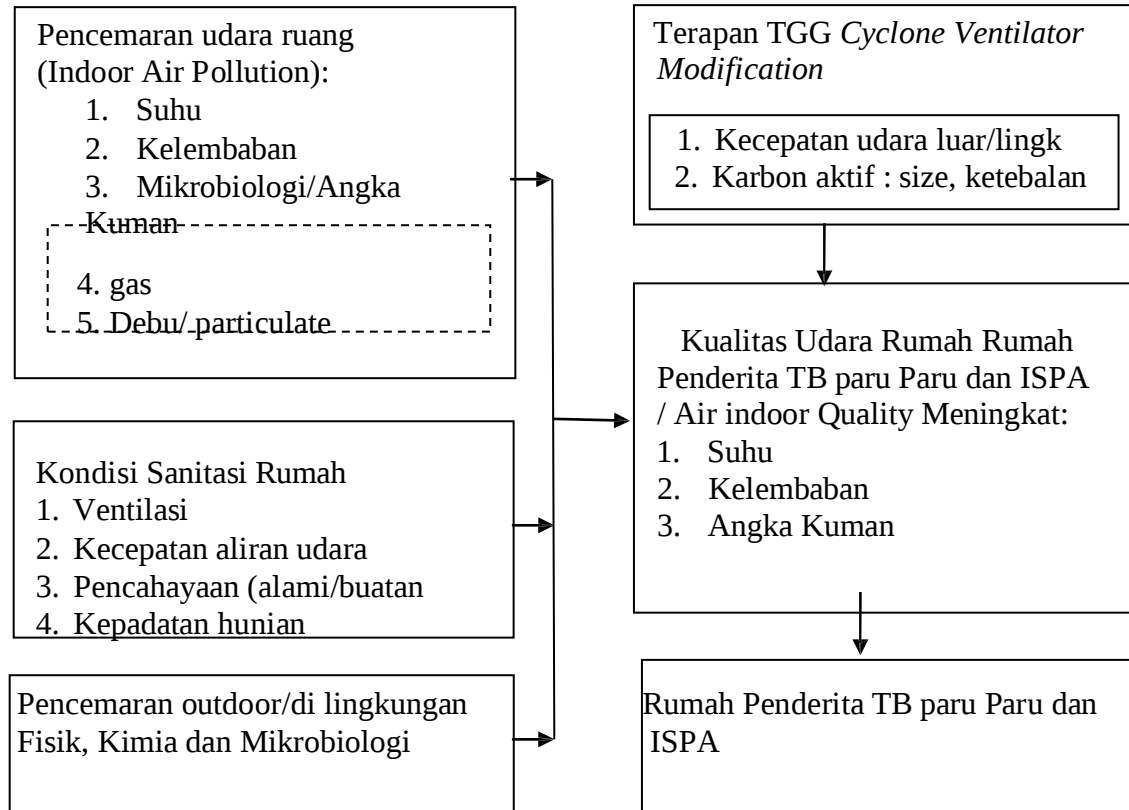
bentuk droplet (percikan dahak). Droplet yang mengandung kuman dapat bertahan di udara pada suhu kamar selama beberapa jam. Orang dapat terinfeksi kalau droplet tersebut terhirup ke dalam saluran pernafasan. Setelah kuman Tuberkulosis masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan, kuman Tuberkulosis tersebut dapat menyebar dari paru ke bagian tubuh lainnya melalui sistem peredaran darah, saluran nafas, atau penyebaran langsung ke bagian-bagian tubuh lainnya. Daya penularan dari seorang penderita ditentukan oleh banyaknya kuman yang dikeluarkan dari parunya. Makin tinggi derajat positif hasil pemeriksaan dahak, makin menular penderita tersebut. Bila hasil pemeriksaan dahak negatif (tidak terlihat kuman), maka penderita tersebut dianggap tidak menular. Seseorang terinfeksi Tuberkulosis ditentukan oleh konsentrasi droplet dalam udara dan lamanya menghirup udara tersebut.

2.8. ISPA

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) telah menjadi penyakit umum bagi masyarakat. ISPA berdasarkan wilayah infeksiya terbagi menjadi infeksi saluran pernapasan atas dan infeksi saluran pernapasan bawah. Penyebab dari infeksi saluran pernapasan pada umumnya yaitu dikarenakan adanya berbagai mikroorganisme, namun yang terbanyak yakni karena adanya infeksi virus dan bakteri (Depkes RI, 2005). Penyakit yang termasuk kedalam ISPA adalah influenza, campak, faringitis, trakeitis, bronchitis akut, bronkiolitis dan pneumonia (Yuliastuti, 1992). Infeksi saluran pernapasan bawah merupakan infeksi yang disebabkan oleh bakteri dan virus yang menyerang saluran napas bagian atas (Amelinda, 2014)

BAB III

KERANGKA KONSEP



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Rancangan /Desain Penelitian

Rancangan eksperimen yang digunakan dalam penelitian adalah *One Group Pretest Posttest Design*, yaitu rancangan yang dilakukan pada observasi pertama (*pretest*) yang dimana untuk menguji perubahan-perubahan yang terjadi setelah adanya eksperimen (program) (Notoatmodjo, 2012:57). Perbedaan kedua hasil pengukuran tersebut dianggap sebagai efek perlakuan.

Diukur I	Perlakuan	Diukur II
O1 -----	X -----	O2 -----

- O1 : Pengukuran kualitas udara mikrobiologi sebelum perlakuan/ treatmen
- X : Proses peningkatan kualitas udara mikrobiologi dengan rekayasa alat penyehatan udara *cyclone Ventilator modification*
- O2 : Pengukuran kualitas udara mikrobiologi setelah perlakuan/ treatmen.

4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

a. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di rumah penderita ISPA dan TB Paru dan Laboratorium Poltekkes Kemenkes Surabaya (Laboratorium Jurusan Kesehatan Lingkungan serta Laboratorium Terpadu) dan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan – Pengendalian Penyakit Surabaya.

b. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Desember 2021 untuk tahun ke pertama (1). Dan Januari - Desember 2022 untuk tahun ke 2 (jadwal terlampir.)

4.3. Objek dan Sampel Penelitian

1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini yaitu kualitas udara meliputi ; suhu, kelembaban dan mikrobiologi (angka kuman) yang berada di rumah penderita TB Paru dan ISPA. Penentuan Lokasi didasarkan pada daerah dengan penderita TB paru dan ISPA tertinggi di Kota Surabaya dan lokasi rumah pengambilan sampel didasarkan pada kualitas sanitasi terendah di daerah tersebut. Bertempat di rumah Bapak Mardiyo, Jl. Indrosono Gang Vc/10 Surabaya.

2. Sampel Penelitian

Penentuan sampel untuk pengukuran kualitas udara mikrobiologi berdasarkan *purposive sampling*. Pengambilan sampel ini didasarkan pada suatu pertimbangan yang dibuat oleh peneliti sendiri (Notoatmodjo, 2012). Pertimbangan tersebut berkaitan dengan waktu, kemampuan dan kebutuhan peneliti, sehingga pengukuran dilakukan sebanyak 13 kali dilakukan pada 2 titik pengambilan sampel, Pengambilan dilakukan pada saat sebelum dan sesudah 2 jam alat beroperasi, serta setelah 4 jam alat beroperasi. untuk mengetahui rata- rata kualitas udara mikrobiologi. sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan (dihisap dengan alat penyehatan udara ruangan).

4.4. Bahan, Peralatan dan Prosedur Penelitian

1. Bahan Penelitian

- a. Akrilik/seng (Ketebalan 0.3 cm dan 0.5 cm)
- b. Lem kaca (Sealant Seal)
- c. Nutrien Agar
- d. Karbon aktif mess : 800
- e. Botol kaca
- e. Aluminium

2. Peralatan penelitian

- a. Alat Rekayasa Penyehatan Udara Ruangan
- b. Petridish Steril + *Cool Box Sample*
- c. Micro Air Sampler
- d. Inkubator
- e. Flow Meter
- f. Stopwatch
- g. Termometer + Pshycrometer
- h. Higrometer

3. Prosedur Penelitian

a. Persiapan Penelitian.

- 1) Membuat / rekayasa alat *Cyclone Ventilator Modification* untuk penyehatan udara ruangan
- 2) Merangkai / menginstal alat penyehatan udara ruangan sesuai dengan bagan yang telah dibuat (sesuai gambar)
- 3) Masukkan karbon aktif yang sudah di aktivasi secara fisik dengan suhu

120 °C pada alat penyehatan udara ruangan.

- 4) Tutup rangkaian alat ini dengan penutup akrilik sehingga rapat dan tidak ada kebocoran.

b. Pengoperasian alat/ rekayasa alat penyehatan udara ruangan

- 1) Alat yang sudah siap digunakan diletakkan pada tripot yang sudah disiapkan khusus untuk alat tersebut
- 2) Kontakkan/ paparkan alat tersebut dengan udara ruangan

c. Pengukuran kualitas Mikrobiologi udara ruang

1. Persiapan Media Nutrien Agar

Langkah-langkah menyiapkan media nutrient agar dalam MAS, petridish steril sebanyak secukupnya dan telah diberi etiket:

- a. Menimbang nutrien agar sebanyak 5,6 gr dalam 200 ml aquades dalam erlenmeyer
- b. Memanaskan sambil mengaduk nutrien agar hingga jernih diaduk sampai homogen.
- c. Kemudian pH media diukur dengan mencelupkan kertas pH indikator, Jika pH tidak netral maka dapat ditambahkan HCl/ NaOH.
- d. Menyeterilkan dalam autoclave selama 15-20 menit
- e. Menyeterilkan meja dan menyiapkan lampu bunsen
- f. Menuangkan larutan nutrien agar kedalam petridish steril $\pm$ sebanyak 15 ml dan ratakan
- g. Menunggu hingga larutan nutrien agar yang ada di dalam petridish tersebut membeku.



Gambar : 4..1. Pembuatan Media NA

2. Pemeriksaan Sampel

Petridish yang sudah berisi media dipaparkan pada alat MAS selama waktu yang ditentukan, Jika sudah selesai kemudian petridish dieramkan

pada incubator selama 2 x 2 jam, kemudian dilihat pertumbuhan jamur, kemudian dihitung dengan colony counter

3. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara meletakkan media Nutrien agar cair (steril) pada Petridish steril sebagai media pertumbuhan mikroorganisme yang ada diudara. Media pada cawan petri diletakkan terbuka 2 titik dalam ruangan dan didiamkan selama 15 menit. Selanjutnya media dalam cawan ditutup kembali dengan parafilm dan dimasukkan dalam termos es untuk diperiksa di laboratorium

4.5. Analisis Hasil Penelitian

Data yang diperoleh akan dikumpulkan, diolah dan dianalisis. Analisis data menggunakan uji paired t test yang termasuk dalam uji statistik parametrik.

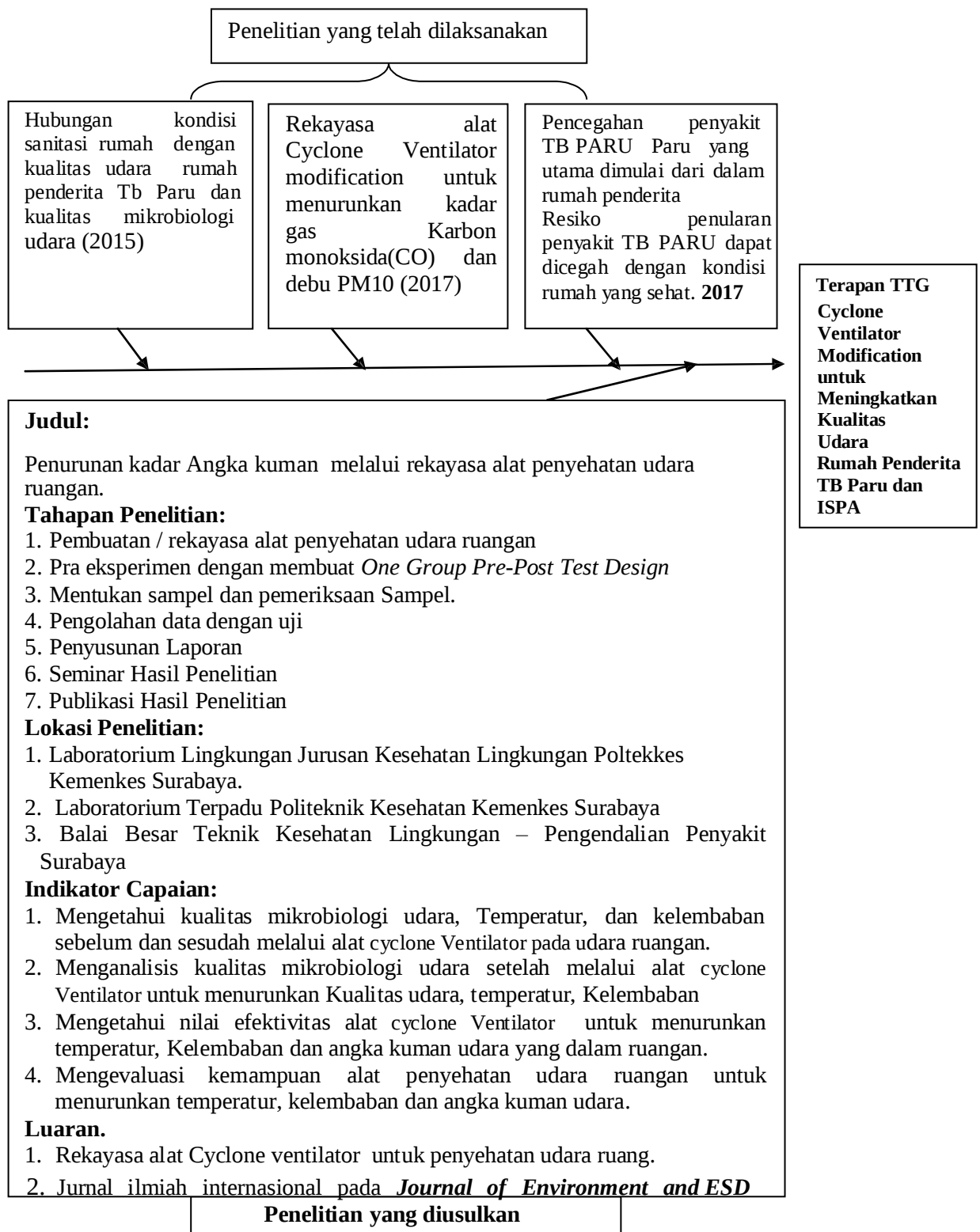
Penggunaan *paired t test* adalah untuk menguji efektifitas suatu perlakuan terhadap suatu besaran variabel yang ingin ditentukan, yaitu hasil pengukuran kualitas udara mikrobiologi sebelum ditreatment / sebelum dilewatkan alat penyehatan udara ruangan (pre test) hasil pengukuran angka kuman sesudah pemasangan alat penyehatan udara ruangan (post test).

Rumus umum *paired t test* adalah sebagai berikut:

$$\bar{X}_d = \frac{\sum D}{n}$$
$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n} \right\}}$$

Selanjutnya hasil t hitung dibandingkan dengan t tabel, tabel t yang digunakan dengan derajat bebas (df=db=dk)= n-1. Apabila t hitung > t tabel, maka Ho ditolak, dan menerima Ha. Artinya ada beda secara signifikan antara *pre* dan *post* (Riwidikdo, 2013:130).

4.6. Alur Penelitian Yang Akan Dikerjakan



Gambar 4.2. Alur Penelitian Yang Akan Dikerjakan

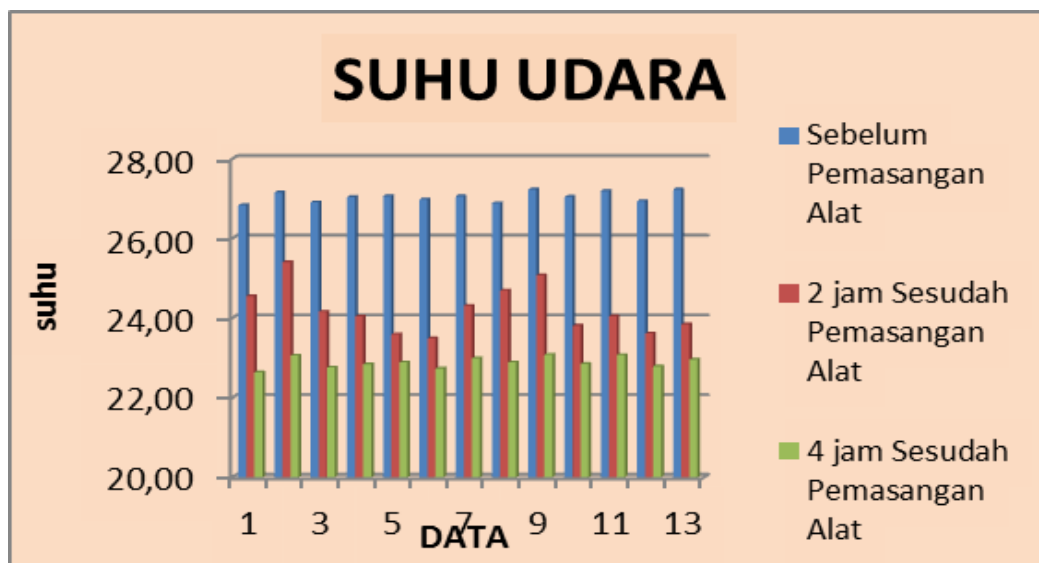
BAB V

HASIL PENELITIAN DAN LUARAN YANG DICAPAI

Kondisi udara dalam ruangan perlu dijaga kualitasnya meliputi suhu kelembaban, laju alair udara dan angka kuman, sehingga menimbulkan kesegaran dan kenyamanan bagi penghuni. Sesuai dengan tujuan, penelitian untuk meningkatkan kualitas udara rumah pasien TB Paru, setelah kami lakukan pengambilan sampel udara di rumah pasien, meliputi pengukuran suhu, kelembaban, aliran udara dan mikrobiologi udara selama 13 hari pada saat sebelum (satu kali) dan sesudah pemasangan alat *Cyclone Ventilator Modification*. (dilakukan 2 kali yaitu 2jam dan 4jam) hasilnya sebagai berikut:

5. 1. Hasil Pengukukuran Suhu

Grafik 5.1 Hasil Pengukuran Suhu Ruangan Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa



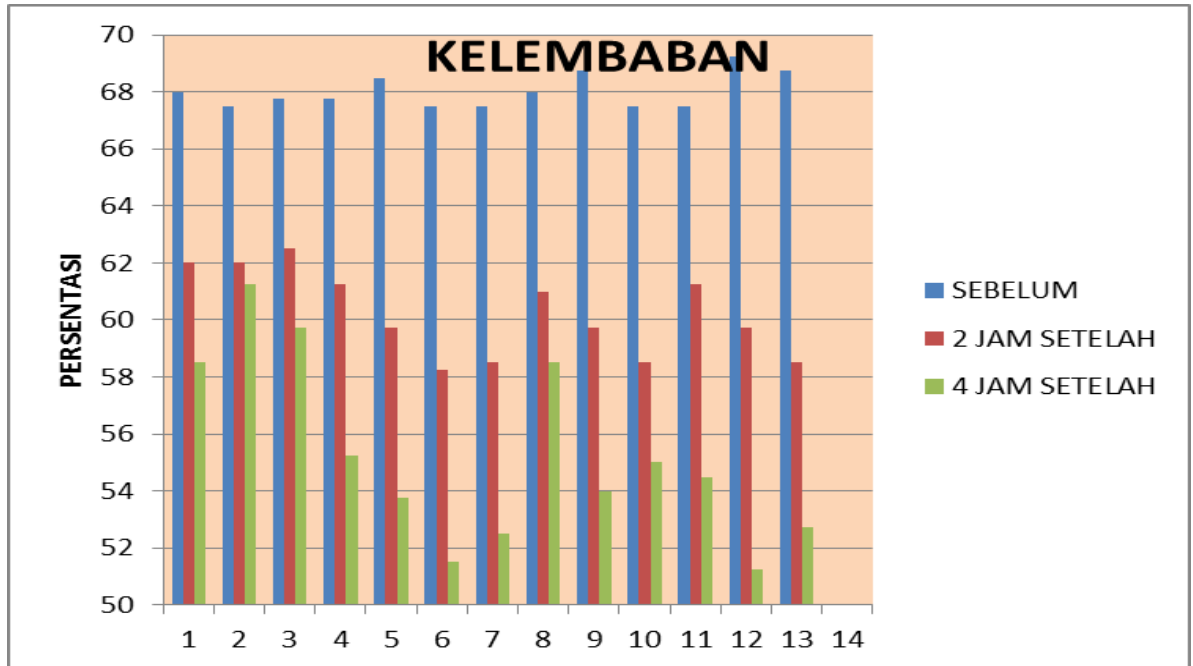
Sumber: data penelitian

Grafik diatas, menggambarkan hasil pengukuran suhu udara dalam ruangan yang telah dilakukan sebanyak 13 kali dengan interval pengambilan setelah 2 jam pada dua titik sebelum pemasangan alat. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran setelah alat terpasang pada titik 1 dan titik 2 yang dilakukan setelah 2 jam alat beroperasi. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata suhu sebelum alat dipasang sebesar 27.05°C, sedangkan suhu ruangan setelah alat beroperasi selama 2 jam sebesar 24.20°C. Rata rata penurunan suhu setelah 13 kali pengambilan pada kurun waktu dan dua titik pengambilan sampel sebesar 2.84°C atau sebesar 10.51%. Sedangkan hasil pengukuran yang dilakukan setelah alat beroperasi selama 4 jam tercatat terdapat penurunan suhu

sebesar 4.16 °C atau sebesar 15.37%. Selisih dalam waktu rentang 2 jam alat beroperasi sebesar 5%.

5.2. Hasil Pengukuran Kelembaban

Grafik 5.4 Hasil Pengukuran Kelembaban Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa

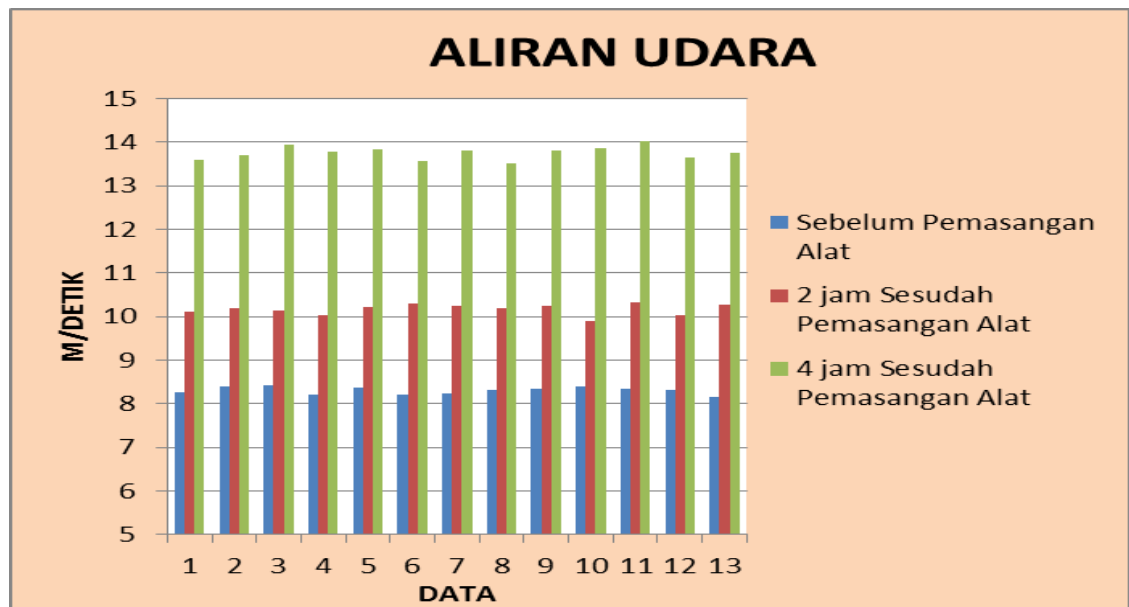


Grafik 5.4 Hasil Pengukuran Kelembaban Ruang Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa

Grafik 5.1.diatas, menggambarkan hasil pengukuran kelembaban udara dalam ruangan yang telah dilakukan sebanyak 13 kali dengan interval pengambilan setelah 2 jam pada dua titik sebelum pemasangan alat. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran setelah alat terpasang pada titik 1 dan titik 2 yang dilakukan setelah 2 jam alat beroperasi. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata suhu sebelum alat dipasang sebesar 68,02%, sedangkan kelembaban ruangan setelah alat beroperasi selama 2 jam sebesar 60,44%. Rata rata penurunan suhu setelah 13 kali pengambilan pada kurun waktu dan dua titik pengambilan sampel sebesar 7,9 atau sebesar 11.72%.

5.3. Hasil Pengukuran Aliran Udara

Grafik 5.3 Hasil Pengukuran Aliran Ruangan Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa



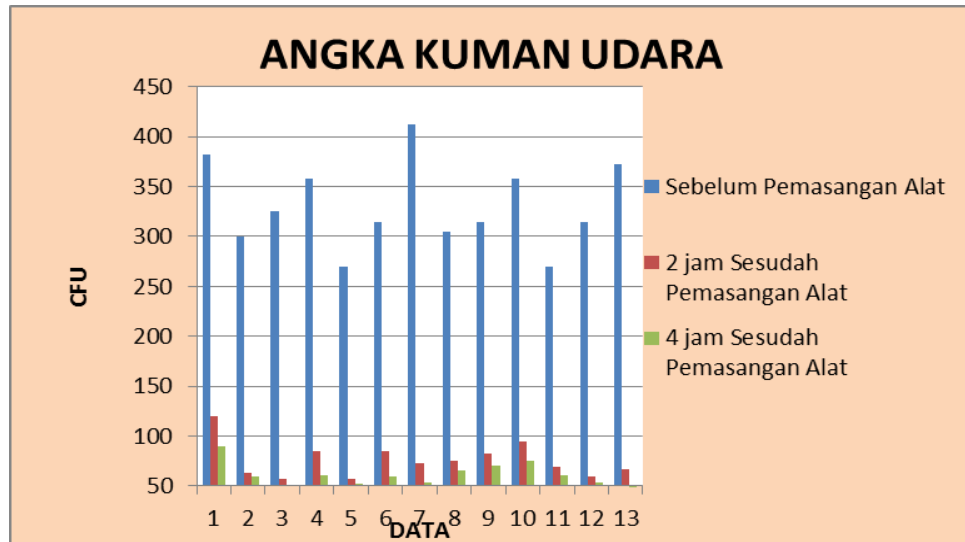
Sumber: data penelitian

Grafik diatas, menggambarkan hasil pengukuran laju aliran udara dalam ruangan yang telah dilakukan sebanyak 13 kali dengan interval pengambilan setelah 2 jam pada dua titik sebelum pemasangan alat. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran setelah alat terpasang pada titik 1 dan titik 2 yang dilakukan setelah 2 jam alat beroperasi. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata laju aliran udara sebelum alat dipasang sebesar 8.31 m/s, sedangkan laju aliran udara ruangan setelah alat beroperasi selama 2 jam sebesar 10.17 m/s. Rata rata kenaikan laju aliran udara setelah 13 kali pengambilan pada kurun waktu dan dua titik pengambilan sampel sebesar 1.86 m/s atau sebesar 22.43%.

Pengukuran yang dilakukan setelah alat beroperasi selama 4 jam diperoleh rata rata kenaikan aliran udara sebesar 5.45 m/s atau sebesar 65%. Terdapat kenaikan setelah alat beroperasi selama 2 jam ke 4 jam sebesar 50%.

5.4. Angka Kuman Udara

Grafik 5.4 Hasil Pengukuran Angka Kuman Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa



Sumber : Data Penelitian

Grafik 5.4 Hasil Pengukuran Kelembaban Ruangan Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa

Grafik diatas, menggambarkan hasil pengukuran angka kuman dalam ruangan yang telah dilakukan sebanyak 13 kali dengan interval pengambilan setelah 2 jam pada dua titik sebelum pemasangan alat. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran setelah alat terpasang pada titik 1 dan titik 2 yang dilakukan setelah 2 jam alat beroperasi. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata angka kuman sebelum alat dipasang sebesar 330.58, sedangkan angka kuman dalam ruangan setelah alat beroperasi selama 2 jam sebesar 75.96. Rata rata penurunan angka kuman dalam ruangan setelah 13 kali pengambilan pada kurun waktu dan dua titik pengambilan sampel sebesar 254.62 atau sebesar 76.97%.

Pengukuran yang dilakukan setelah alat beroperasi 4 jam diperoleh rata rata penurunan angka kuman sebesar 269.04 atau sebesar 81.11%. Terdapat peningkatan penurunan setelah pemasangan alat beroperasi 2 jam dan 4 jam sebesar 5%. Terjadi penurunan angka kuman setelah pemasangan alat, terlihat dari tabel di bawah ini:

BAB 6

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

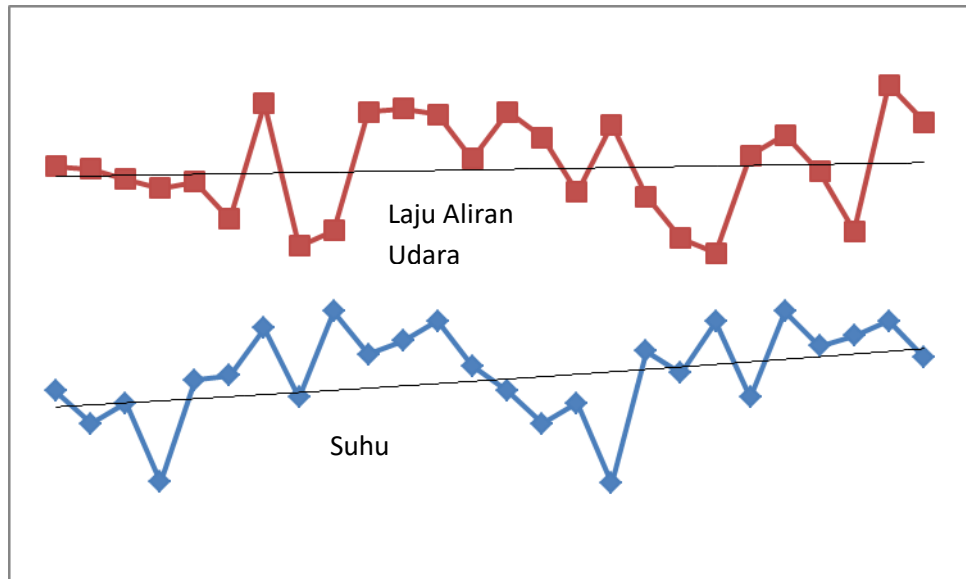
Berdasarkan hasil pengukuran kualitas udara dalam ruangan di rumah penderita, tingkat pencemaran udara dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, aliran udara (Didik, Nugoho 2016). Penelitian ini bertujuan mengetahui Kualitas Udara Mikrobiologi Sebelum ditreatment / Sebelum dilewatkan Alat *cyclone Ventilator Modification* (*Pre Test*) dan pengukuran kualitas udara sesudah Pemasangan Alat Penyehatan *cyclone ventilator Modification* (*Post Test*) . Analisis data dengan mempergunakan SPSS 25 menunjukkan hasil sebagai berikut:

Hasil t hitung dibandingkan dengan t tabel, tabel t yang digunakan dengan derajat bebas ($df=db=dk$)= $n-1$. Apabila t hitung $>$ t tabel, maka H_0 ditolak, dan menerima H_a . Dari hasil uji setelah alat 2 jam beroperasi didapatkan $7.477 > 0.648$, sedangkan perhitungan hasil uji setelah alat beroperasi selama 4 jam didapatkan $3.725 > 0.648$. Maka hipotesis penelitian tentang penurunan angka kuman setelah pemasangan alat dapat diterima.

Adanya sistem ventilasi pada ruangan akan memudahkan pergerakan udara, dari luar masuk ke dalam ruangan, sehingga ada pergantian udara, ventilasi yang cukup Laila, Fitria 2008. setelah pemasangan alat *cyclone Ventilator* membuat terpenuhinya kebutuhan oksigen dalam ruangan.

6.1. Kemampuan *Cyclone Ventilator Modification* Dalam Mengendalikan Kualitas Udara dengan parameter Suhu, Kelembaban, Laju/Kecepatan Aaliran Udara Dan Angka Kuman/ Mikrobiologi Udara Dalam Udara Ruangan

Penggunaan rekayasa teknologi *Cyclone Ventilator Modification* dengan menggunakan media karbon aktif dalam meningkatkan kualitas udara yang telah dilakukan pada rumah penderita TB paru dan ISPA menunjukkan peningkatan kualitas udara. Berikut adalah diagram dan trend line pengukuran suhu dan laju alairan udara dalam ruangan selama penelitian:



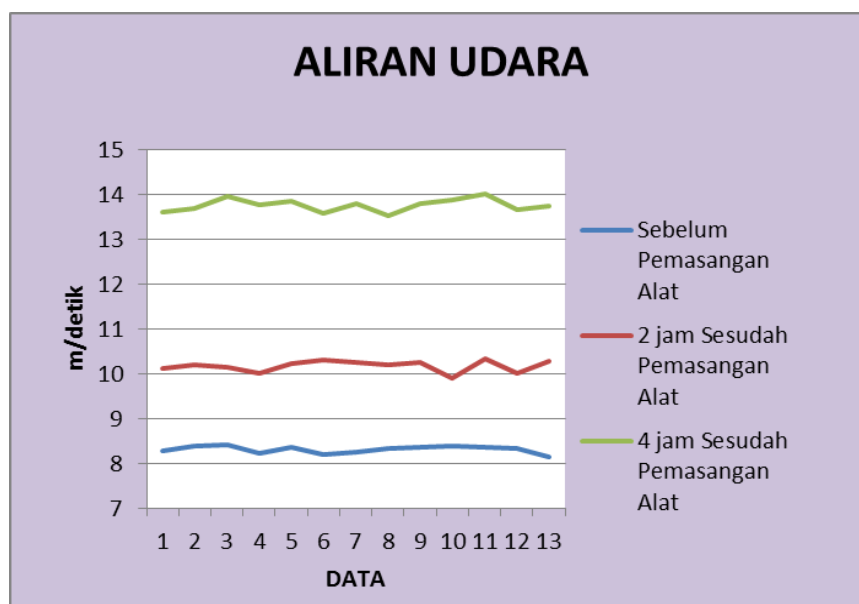
Sumber: Pengolahan Data

Diagram 6.1. Trend line Suhu dan Laju Aliran Udara Dalam Ruangan

Diagram diatas, menggambarkan bahwa suhu ruangan dan laju aliran udara memiliki pergerakan yang setara. Apabila melihat dari hasil penelitian di tabel 5.1 dan tabel 5.2, maka didapatkan gambaran bahwa ketika *Cyclone Ventilator Modification* di jalankan terjadi penurunan suhu dan kenaikan laju aliran udara. Meskipun masih dalam dikisaran 10% setelah alat beroperasi dan 15,37% setelah alat 4 jam beroperasi, kemampuan alat yang terdeteksi dalam kurun waktu penelitian menunjukkan *trend line* terus menurun, penelitian lanjutan patut dikembangkan, sebab dalam penelitian pra eksperimental ini waktu pengukuran yang digunakan hanya 2 jam dan 4 jam setelah alat beroperasi. Untuk memperoleh gambaran kemampuan *Cyclone Ventilator Modification* yang dipasang dalam ruangan masih diperlukan studi lebih lanjut dengan penambahan jam operasional dan penambahan pengambilan sampel sehingga didapatkan nilai maksimal dari kemampuan alat apabila dioperasikan secara terus menerus dalam jangka panjang, sekaligus untuk mengetahui lifetime penggunaan karbon aktif didalamnya. Lifetime karbon aktif dalam *Cyclone Ventilator Modification* sebagaimana dalam penelitian (khambali, 2017) dinyatakan bahwa dalam periode penelitian, lifetime alat yang dipergunakan selama 50 hari masih memiliki efektifitas $\geq 50\%$ terhadap penurunan kadar debu,

dengan laju aliran udara dikisaran 8,2 m/s.

6.1. Gambar Aliran Udara Sebelum & Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa

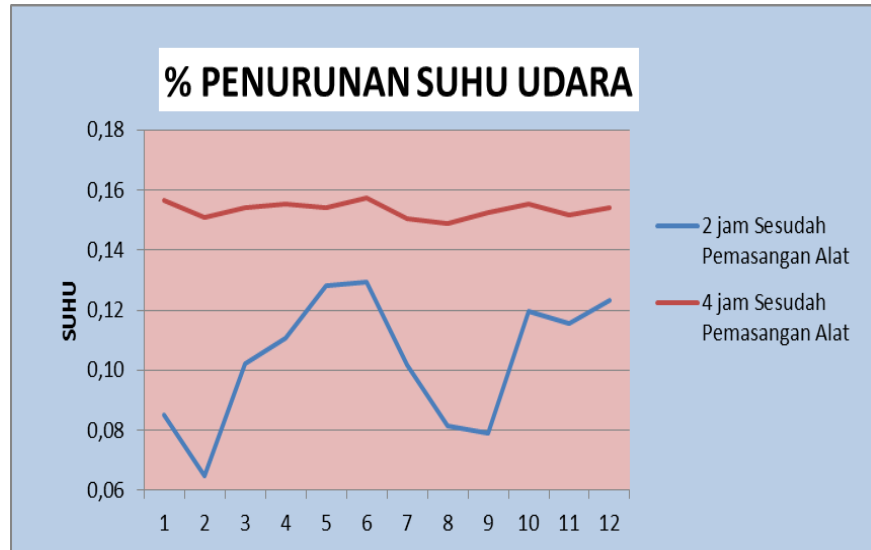


Hasil pengukuran laju aliran udara dalam ruangan di rumah penderita TB paru dan ISPA sudah memenuhi syarat melebihi laju aliran udara secara alamiah Permenkes No.1077 tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah yaitu 0,15–0,25 m/detik. Laju alir udara telah memenuhi syarat, namun demikian bukan tidak ada masalah karena kualitas udara secara mikrobiologi, belum memenuhi syarat, dari hasil penyelidikan NIOSH menunjukkan bahwa masalah kualitas udara, salah satunya disebabkan oleh kontaminasi mikrobiologi (5%), umumnya disebabkan tidak cukup suplai udara segar dari dalam ruangan. Gayuh, Fransisca 2012.

6.2. Waktu, Efisiensi dan Kinerja *Cyclone Ventilator Modification* Dalam Mengendalikan Kualitas Udara dengan parameter Suhu, Kelembaban, Laju /Kecepatan Aliran Udara, Dan Angka Kuman/ Mikrobiologi Udara Dalam Udara Ruangan.

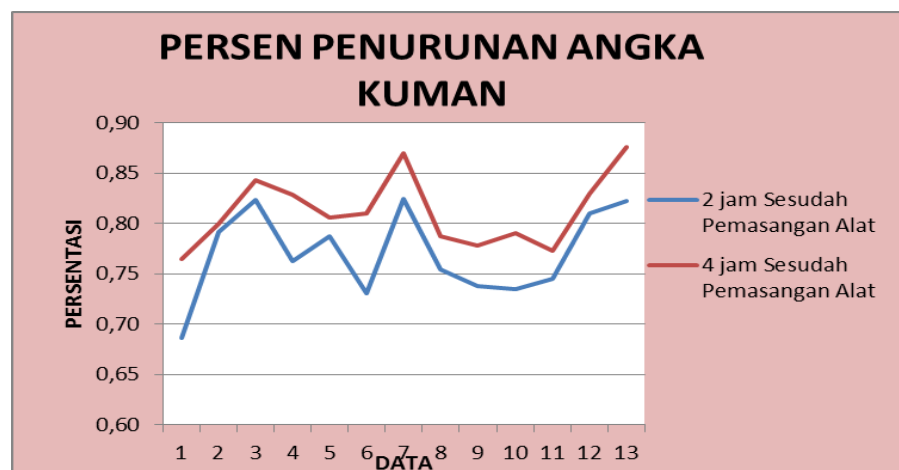
Berdasarkan hasil penelitian dalam kurun waktu 2 jam pengoperasian alat *Cyclone Ventilator Modification* (tidak secara kontinyu) didapatkan rata rata hasil sebagai berikut:

Grafik 62 Hasil Penurunan Suhu Udara Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa



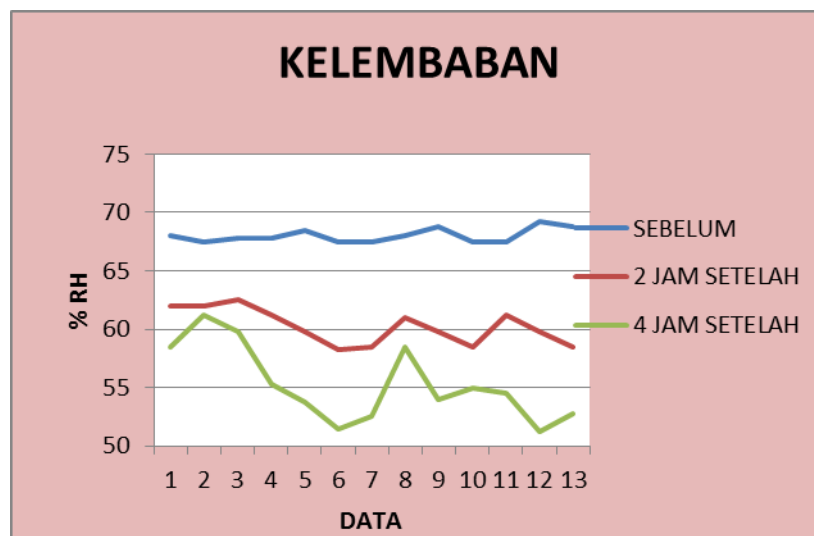
Menurut tabel hasil diatas, dapat diketahui bahwa dalam masa pengoperasian alat selama 2 jam, persentase penurunan suhu masih 10,51 % setelah 2 jam alat beroperasi dan 15,37% setelah 4 jam alat beroperasi, Kenaikan laju aliran udara dalam ruang masih 22,43% setelah 2 jam alat beroperasi dan 65,61% setelah 4 jam alat beroperasi, terlihat efektifitas dan kinerja alat *Cyclone Ventylator Modification* masih belum dapat ditentukan untuk variabel suhu udara, meskipun dengan hasil tersebut sudah jauh melampaui ambang batas. Hal ini menilik pada penelitian terdahulu (Khambali, 2015) bahwa lifetime karbon aktif masih diatas 50 hari pemakaian nonstop, dengan efektifitas $\geq 50\%$. Sedangkan untuk variabel laju kecepatan aliran udara sudah terlihat efektifitasnya dengan pencapaian 65,61% dalam pengoperasian alat selama 4 jam.

Grafik 63 Hasil Penurunan Angka Kuman Udara Sebelum Sesudah Pemasangan Alat Rekayasa

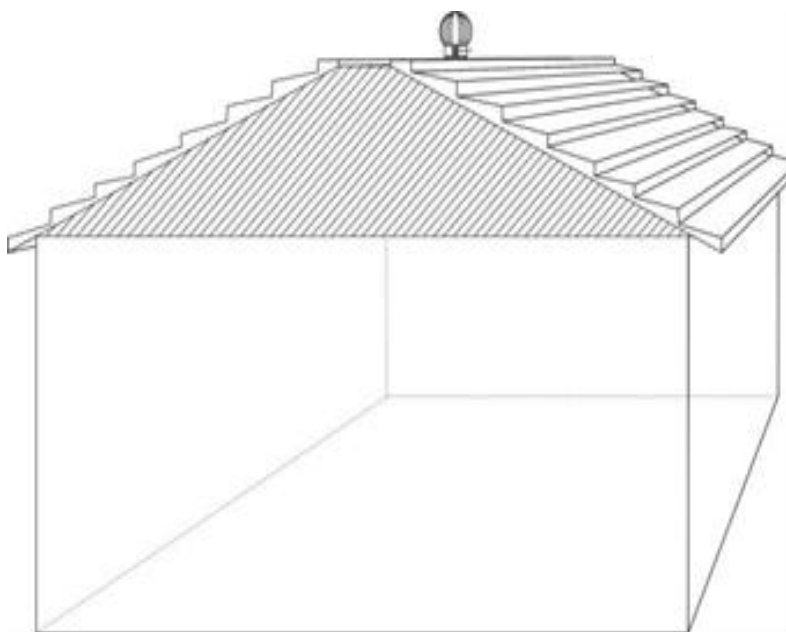


Dalam hal penurunan angka kuman kemampuan alat sudah mampu

menurunkan angka kuman sebesar 76,97% setelah 2 jam alat beroperasi dan 81,1% setelah 4 jam alat beroperasi, artinya efisiensi alat untuk variabel ini sudah dapat memberikan dampak pada kualitas udara dalam ruangan rumah penderita TB Paru dan ISPA secara *significant*. Secara keseluruhan efisiensi dan kinerja *Cyclone Ventilator Modification* sudah mampu meningkatkan kualitas udara ruang. Hasil yang didapatkan sudah memenuhi jauh dari pesyaratan PMK no.1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan dalam Ruang Rumah.



6.3. Tingkat Efektivitas *Cyclone Ventilator Modification* Dalam Terhadap Luasan/ Volume Ruangan dan Angka kuman



Gambar 5.3. Pemasangan Alat pada Ruangan

Dimensi ruangan yang digunakan sebagai lokasi penelitian berukuran panjang 7 meter dengan lebar 3.25 meter dan tinggi 3.50 meter.

$$\begin{aligned}\text{Volume ruang} &= p \times l \times t \\ &= (7 \times 3.25 \times 3.5) \text{ m}^3 \\ &= 79.63 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Hasil yang signifikan terhadap penurunan kuman sebesar 76.97%, pemasangan satu buah *cyclone ventylator modification* sudah efektif dan efisien, meskipun dalam durasi waktu pengoperasian 4 jam telah mampu memenuhi sebagaimana persyaratan PMK No.1077/MENKES/PER/V/2011. Pemakaian dalam jangka panjang dimungkinkan mampu membersihkan angka kuman udara dalam ruang.

Kualitas udara di dalam ruang rumah dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain, bahan bangunan (misal; asbes), struktur bangunan (misal; ventilasi), bahan pelapis untuk furniture serta interior (pada pelarut organiknya), kepadatan hunian, kualitas udara luar rumah (ambient air quality), radiasi dari Radon (Rd), formaldehid, debu, dan kelembaban yang berlebihan. Dalam penelitian ini sampel yang diukur Kondisi udara sebelum dipasang alat *cyclone modivikation* dengan suhu rata-rata 27,5°C , aliran udara rata-rata 8,31 m/dt, serta kelembaban rata-rata 68,02% .

Sesuai tujuan penelitian , pemasangan alat *Cyclone Ventylator Modification* diharapkan dapat berfungsinya kembali sistem ventilasi alami pada ruangan. Alat ini akan membantu mengalirnya pergerakan udara dari luar ruangan ke dalam sehingga terjadi pertukaran udara, dengan keluar masuknya udara melalui sistem *Cyclone Ventylator Modification* secara mekanis. Sehingga beban suhu/temperatur dan kelembaban ruangan lebih ringan. Alat ini mampu mengkondisikan parameter udara ruang dapat terdistribusi dengan baik, sehingga menimbulkan rasa kenyamanan bagi penghuni, dan yang lebih penting adalah kualitas udara menjadi lebih sehat, seperti pada peneltian Perwira, Silalahi 2015, menyebutkan bahwa tingkat kesegaran udara ruangan dipengaruhi oleh suhu dan kelembabannya, ventilasi yang baik diperlukan dalam menjaga kondisi kesegaran udara dalam ruang.

Sistem ventilasi mekanis yang kita pasang pada rumah pasien menggunakan alat *Cyclone Ventylator Modification* dapat mengontrol dan menjaga jumlah udara yang mengalir masuk dan keluar ruagan. Terbukti dengan hasil pengukuran parameter udara setelah pemasangan baik yang 2 jam dan 4 jam. Dari hasil pengukuran pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa suhu, aliaran udara dan kelembaban mengalami

penurunan yang signifikan, hal ini disebabkan pembebanan udara ruang sebelum dipasang alat, tidak ada sirkulasi udara, dan setelah dipasang alat *Cyclone Ventilator Modification* dapat meningkatkan aliran udara, dan terjadi sirkulasi udara sehingga merubah kualitas udara menjadi lebih sehat. Sesuai dengan yang diteliti Khambali, dkk. 2019, namun dalam hal ini yang diteliti adalah kualitas udara secara mikrobiologi. Kondisi ruangan setelah dipasang alat *Cyclone Ventilator Modification*, kualitas udara meliputi 4 (empat) parameter suhu, kelembaban, aliran udara dan angka kuman menjadi lebih baik. Dengan adanya sistem ventilasi memudahkan pergerakan udara segardari luar masuk ke dalam ruangan sehingga terjadi pertukaran udara. Ventilasi sebagai kegiatan pemasukkan dan pengeluaran udara dalam ruangan melalui bukaan atau lubang udara. Pada prinsipnya pertukaran udara secara alamiah terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara di luar dan di dalam ruangan akibat faktor termal dan faktor angin. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental. Perwira, S 2015. Pengaruh dari *Cyclone Ventilator Modification* dapat mengganti udara yang ada dalam ruangan menjadi lebih sehat bagi penghuni.

Terjadinya pertukaran udara dalam suatu ruangan, sangat penting bagi penderita Tb Paru, agar udara yang telah mengandung kuman Tb, akan terbawa keluar dan berganti dengan udara yang bersih, sehingga semakin hari semakin bersih udara yang ada. Uap air dapat menumbuhkan dan mempertahankan mikroorganisme di udara dan juga dapat melepaskan senyawa-senyawa *volatile* yang berasal dari bahan bangunan seperti *formaldehyde*, amonia dan senyawa lain yang mudah menguap, sehingga kelembaban yang tinggi melarutkan senyawa kimia. Ruang yang lembab dan dinding yang basah akan sangat tidak nyaman dan mengganggu kesehatan manusia. Kelembaban sangat penting untuk pertumbuhan bakteri bakteri membutuhkan kelembaban tinggi, pada umumnya untuk pertumbuhan bakteri yang baik dibutuhkan kelembaban diatas 85%. Pertukaran udara/sirkulasi udara yang baik akan menjadikan udara menjadi bersih dan segar, sehingga memberikan pengaruh yang baik bagi penghuninya. Erin V, 2018.

Udara yang sangat kering dapat membunuh bakteri, tetapi kadar kelembaban minimum yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan bakteri. Kandungan air atau kelembaban yang terjadi dan tersedia, dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Sesuai dengan yang ditulis oleh Nubiantara, 2010. Kelembaban yang tinggi dapat mendukung pertumbuhan bakteri.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. KESIMPULAN

1. *Cyclone ventilator modification* terbukti mampu mengendalikan kualitas udara dengan menurunkan suhu dalam waktu pengoperasian alat selama 4 jam sebesar 15,37 %, Kelembaban dengan penurunan sebesar 55,25 %, Laju/ kecepatan aliran udara dalam ruang mengalami peningkatan sebesar 65,61 %, dan Kualitas mikrobiologi udara/ Angka kuman dalam ruang mengalami penurunan sebesar 81,11%. Hal tersebut sudah memenuhi standar pada Permenkes Nomor 1077 tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Rumah.
2. Waktu yang dibutuhkan pengoperasian *cyclone ventilator modification* dalam mengendalikan kualitas udara dengan parameter suhu, kelembaban, laju /kecepatan aliran udara, dan Angka kuman dalam waktu 4 jam telah optimal.
3. Efektivitas terapan Teknologi Tepat Guna *Cyclone Ventilator Modification* terhadap luasan/volume ruangan sudah dapat dicapai dengan optimal dari variabel suhu, kelembaban, laju/kecepatan aliran udara, dan Angka kuman.
4. Kinerja *cyclone ventilator modification* secara nyata mampu Mengendalikan kualitas udara di rumah penderita TB paru dan ISPA, sesuai hasil penelitian di atas bahwa nilai yang didapat jauh melampaui ambang batas yang diisyaratkan.

7.2. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang terkait parameter yang lain, apakah sama efektifnya alat penyehatan udara dalam menurunkan jamur .
2. Perlu penelitian lebih lanjut tentang media yang telah digunakan, karena media yang sudah digunakan sudah bereaksi dengan gas atau pencemar yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, Diana, 2012. *Uji Adsorpsi Gas CO pada Asap Kebakaran dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa yang Terimpregnasi TiO₂*. Depok, Program Studi Teknik Kimia, FT-UI.
- Amelia, R& Imelda, 2017. Pengetahuan dan Sikap Ibu dalam Pencegahan ISPA pada Balita di Puskesmas Kuta Malaka Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Keperawatan*, Retrieved from <http://www.jim.unsyiah.ac.id/Fkep/article/view/4734>
- Armaini, Riena, 2013. *Pindah ke Lain Hati, Kenapa Tidak?* <http://m.kompasiana.com/post/read/621835/3>, 16 Januari 2014.
- Atmoko, Rainudy, 2012. *Pemanfaatan Karbon Aktif Batubara Termodifikasi TiO₂ pada Proses Reduksi Gas Karbonmonoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran*. Depok, Departemen Teknik Kimia, FT-UI.
- Basuki, Tri Kris, Setiawan, Budi, dan Nurimaniwathy, 2008. *Penurunan Konsentrasi CO dan NO₂ pada Emisi Gas Buang Menggunakan Arang Tempurung Kelapa yang Disisipi TiO₂*. Yogyakarta, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN.
- Ciuzas, D., Prasauskas T, 2016. *Indoor Air Quality Management by Combined Ventilation and Air Cleaning: An Experimental Study*. *Aerosol and Air Quality Research*, 16 : 2550-2559. doi: 10.4209/aaqr.2015.10.0577
- Departemen Teknik Kimia ITS, 2013. *Baterai Dan Jenisnya*. <http://elkimkor.com/2013/01/04/baterai-dan-jenisnya/>, 9 Agustus 2014.
- Dunggio, Yusuf Muhammad, 2012. *Adsorpsi Gas Karbonmonoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran Menggunakan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Termodifikasi TiO₂*. Depok, Program Studi Teknik Kimia, FT-UI.
- Didik, Sarudji 2012. *Kesehatan Lingkungan*, buku Ajar ISBN 979-3931-04-3
- Erin Verayani, 2018. Identifikasi Legionella, kualitas udar dan keluhan Sick Building Syndrome pada patugas instalasi Transfusi darah RSUD Soetomo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol.10 , No.3, Juli 2018
- Evi Nurdianan, 2018. *Pengaruh kondisi fisik rumah terhadap penularan penyakit TB paru pada anggota keluarga*. *Gema Kesehatan Lingkungan* vol 16. N01, April 2018.
- Fahimah, R. Kusumowardani, E., & Susanna, D. (2014). Home air Quality and Case Of Pneumonia in Children under Five Years old ((in Community Health of South Cimahi and Leuwi Gajah, city of Cimahi). *Makara Journal Of Health Research*, 18(1), 25-33. <http://doi.org/10.7454/msk.v18i.3090>
- Faradilla, Nisha, 2011. *Listrik AC*. <http://www.scribd.com/doc/54204931/Makalah-listrik-AC>, 9 Agustus 2014
- Fernandes Fernanda, Eder. 2017. *Relationship Between Climatic Factors and Air Quality With Tuberculosis In The Federal District, Brazil, 2003-2012*. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 21(4): 369-375 <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjid.2017.03.017>

- Fransisca Gayuh, 2012. *Pengaruh kecepatan dan Arah Aliran udara terhadap komposisi udara dalam ruangan dengan sistem ventilasi Alamiah*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol 3 nomor . 2 Tahun 2012.
- Fitri, N. K., Handayani, P., & Vionalita, G. (2016). Faktor-faktor yang berhubungan dengan jumlah mikroorganisme udara dalam ruang kelas lantai 8 universitas esa unggul. In *Foodborne Pathogens and Disease* (Vol. 14, pp. 472–477). <https://doi.org/10.1089/fpd.2017.2279>
- Guritno, Ario, 2012. *Sintesis dan Uji Kinerja Katalis Komposit Ag/TiO₂ – Zeolit Alam Lampung – Karbon Aktif Serta Rekayasa Alat untuk Purifikasi Udara Ruang*. Depok, Program Studi Teknik Kimia, FT-UI.
- Hunter, Beatrice, 2004. *Udara dan Kesehatan Anda*. Jakarta : Bhuana Ilmu Populer.
- Kastiyowati, Indah, 2011. *Dampak dan Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara*. Jakarta : Staf Puslitbang Tek Balitbang Dephan. <http://www.balitbang.kemhan.go.id/>, 11 Pebruari 2014.
- Khambali, dkk. 2019. The Analysis Of Active Carbone Life Time As An Absorben of Dust / particulate Through Cyclone Ventilator Modification. *Indian Journal of Forensic Medicine og Toxicology*. Tahun 2019/Volume 13/ISSN: 0973-913
- Khambali, dkk. 2019. The Aplication of Cyclone Ventilation Modification For Indoor Air Sanitation. *Medico Legal Update*: Tahun 2019: Volume 19/iSSN 0974-1283
- Kambali , Imam. 2019. *Pemanasan Global dan Gangguan Kesehatanserta Mitigasinya*. ISBN 978-602-53477-2-6. Penerbit HAKLI
- Laila Fitria 2008. Kualitas udaradalam ruang Perpustakaan Universitas X ditinjau dariKualitas Biologi, Fisik dan Kimia. *MakaraKesehatan*, Vol 12 no 2 Desember 2008
- Mannan, Mehzaheen, Sami G. Al-Ghamdi. (2021). Indoor Air Quality in Buildings: A comprehensive Review on the Factors Influencing Air Pollution in Residential and Commercial Structure. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(6)
- Maryanto, Dicky, Mulasari, Asti Surahma dan Suryani, Dyah, 2009. *Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbonmonoksida (CO) dengan Penambahan Arang Aktif pada Kendaraan Bermotor di Yogyakarta*, Jurnal KES MAS.3 (3): 162-232.
- Meisrilestari, Yessy, 2013. *Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia Dan Fisika-Kimia, Konversi*, 2. 1
- Nugroho, Didik Agus 2016. Faktor-faktor yang berhubungan dengan angka kuman udara di ruang rawat inapkelas III RSUD Dr,Moewardi Surakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* volume 4,nomor 4, Oktober 2016(ISSN:2356-3346). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Nurbiantara, Setiawan, 2010. *Pengaruh Polusi Udara Terhadap Fungsi Paru pada Polisi Lalu Lintas di Surakarta*. Surakarta, FK-UNS.

- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077 Tahun 2011 *Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2014 *Tentang Kesehatan Lingkungan*.
- Perwira Silalahi, 2015. Kaji eksperimental sistem pengkondisian udara menggunakan pemodelan ventilasi alamiah untuk pengkondisian udara pada ruangan perkantoran. Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
- Qibthiyah, Mariatul, 2012. *Uji Performa TiO_2 – Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa Sawit sebagai Adsorben Gas Karbonmonoksida dari Asap Kebakaran*. Depok, Departemen Teknik Kimia, FT-UI.
- Riwidikdo, Handoko, 2013. *Statistik Kesehatan Dengan Aplikasi SPSS dalam Prosedur Penelitian*. Yogyakarta : Rohima Press.
- Saragih, Winda, 2011. *Degradasi Polutan Udara Ruangan Menggunakan Lampu Hias dengan Penutup Berlapis Katalis TiO_2 Termodifikasi*. Depok, Departemen Kimia, FT-UI.
- Sastrawijaya, A. Tresna, 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Somad, Raden, 2009. *Arang Aktif*. <http://radensomad.blogspot.com/2009/02/arang-aktif.html>, 16 Januari 2014
- Sukir, 2008. *Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Sekam Padi*. Depok, Departemen Kimia, FT-UI.
- Tampubolon, Hasian Friedolin, 2010. *Perancangan Switching Power Supply Untuk Mencatu Sistem Pensaklaran IGBT Pada Inverter*. Depok, Program Sarjana Ekstensi, FT-UI.
- Tawada, 2013. *Kualitas Udara Dalam Ruang Rumah di Indonesia*. <http://m.kompasiana.com/post/read/544018/1>, 16 januari 2014.
- Veronica, Merlita, 2013. *Kemampuan Ca(OH)_2 Menurunkan Kadar SO_2 Pada Emisi Motor Diesel*. Surabaya, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya.
- Wihardandi, Aji, 2013. *Polusi Udara Bunuh 7 Juta Orang di Seluruh Dunia*. <http://www.mongabay.co.id/2013/04/10/polusi-udara-bunuh-7-juta-orang-di-seluruh-dunia/>, 16 Januari 2014.
- Yudison AP, Driejana. 2014. Development of indoor air pollution concentration prediction by geospatial analysis. *J Eng Technol Sci*. 2015;47(3):306–19.
- Zulfa, Aditya, 2011. *Uji Adsorpsi Gas Karbonmonoksida (CO) Menggunakan Zeolit Alam Malang dan Lampung*. Depok, Program Studi Teknik Kimia, FT-UI.

Lampiran 1.
JUSTIFIKASI ANGGARAN PENELITIAN 2021
Tabel.2 Anggaran Biaya PTUPT (TAHUN -1)

TAHUN-1							
N	KELOMPOK	KOMPONEN	ITEM	SATUAN	VOLU	HARGA	TOTAL
1	Bahan	ATK	Flasdis	Paket	1	230.000	230.000
2	Bahan	ATK	Tinta printer	Paket	1	365.000	365.000
3	Bahan	ATK	kertas HVS A4- 80gr	RIM	4	60.000	240.000
4	Bahan	ATK	SPIDOL PERMANEN	Pack	2	40.000	80.000
5	Bahan	ATK	Label	Pack	5	15.000	75.000
6	ALAT TTG	Cyclone Ventilator Modivication	Lem Silent	Paket	2	10.000.000	20.000.000
7	DUCT	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Aluminium	Paket	2	750.000	1.500.000
8	Bahan	Barang Persediaan	Carbon Aktif USA	Paket	1	3.200.000	3.200.000
9	Pengumpulan C	HR Pembantu Peneliti	Hr Pengolah Data	Paket	1	1.500.000	1.500.000
10	Pengumpulan C	HR Pembantu Lapangan	Sampling Udara di Lapangan/ruang	orang kali	15	200.000	3.000.000
11	Sewa Peralatar	Peralatan penelitian	Sewa alat sampling Mikro Air Sample	Paket	13	500.000	6.500.000
12	Analisis Data	Honorarium narasumber	Biaya konsul Proof Reading Manuscript	Paket	1	1.000.000	1.000.000
13	Analisis Data	Biaya analisis sampel	Pemeriksaan Mikrobiologi Udara Ruang	Sampel	78	125.000	9.750.000
14	Analisis Data	Biaya analisis sampel	Pemeriksaan Laju Aliran udara	Sampel	78	15.000	1.170.000
15	Analisis Data	Biaya analisis sampel	Pemeriksaan Suhu/Temperatur	Sampel	78	15.000	1.170.000
16	Analisis Data	Biaya analisis sampel	Pemeriksaan Kelembaban	Sampel	78	15.000	1.170.000
17	Analisis Data	Transport Lokal	Transpot Lokal	Paket	56	150.000	8.400.000
18	Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	Konsumsi Rapat	Paket	2	450.000	900.000
19	Pelaporan, Lua	Publikasi artikel di Jurnal Internaz	Biaya untuk Jurnal International	Paket	1	2.750.000	2.750.000
20	Pelaporan, Lua	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Pengajuan Hak Cipta	Paket	1	500.000	500.000
21	Pelaporan, Lua	Biaya Luaran Iptek lainnya (purw	Luaran Iptek TTG (HKI sederhana untuk CV	Paket	1	4.000.000	4.000.000
22	Pelaporan, Lua	Biaya penyusunan buku termasuk	Penyusunan Laporan	Paket	10	250.000	2.500.000
23	TOTAL						70.000.000

RAB PTUPT Tahun -2

KOMPONEN	ITEM	SATUAN	VOLUM	HARGA	TOTAL
Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Carbon Aktif				
	USA	Kg	30	80.000	2.400.000
	Cyclone Ventilator				
Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Modivication unit	Unit	4	4.000.000	16.000.000
Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Kerangka Duct/Seng 2 ml	Lembar	4	750.000	3.000.000
Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Aluminium	Lembar	4	600.000	2.400.000
Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Kabel	rol	2	300.000	600.000
Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Lem Silent	tube	4	150.000	600.000
Peralatan penelitian	Sewa Mikro Air Sampel	Paket	1	4.500.000	4.500.000
	Sewa Ambil Sampel Midget				
Peralatan penelitian	Impinger	paket	1	5.000.000	5.000.000
	Sewa Ambil Sampel HVDS				
Peralatan penelitian	Sampel HVDS	Paket	1	4.350.000	4.350.000
HR Pengolah Data	Pengolaah Data	Paket	2	2.000.000	4.000.000
Biaya analisis sampel	Gas CO	Parameter	80	120.000	9.600.000
Biaya analisis sampel	Debu PM 2.5	Parameter	32	950.000	30.400.000
Biaya analisis sampel	Kelembaban	Parameter	80	15.000	1.200.000
Biaya analisis sampel	Suhu	Parameter	80	15.000	1.200.000
	Angka KUman Udara				
Biaya analisis sampel	Udara	Parameter	120	150.000	18.000.000
Transport Lokal	ransport Lokal	Paket	48	150.000	7.200.000
Biaya konsumsi rapat	Konsumsi Rapat	Paket	4	450.000	1.800.000
Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Publikasi International	Paket	1	9.000.000	9.000.000
Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Pengajuan HAK CIPTA	paket	1	750.000	750.000
Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Laporan peneitian	Exemplar	20	200.000	4.000.000
Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Luaran IPTEK TTG	Paket	1	10.000.000	10.000.000
Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paaaten				
	Internasional	Sederhana	Paket		1 4.000.000
					4.000.000
				TOTAL	140.000.000

Lampiran 2. Dukungan Sarana dan Prasarana Penelitian

Sarana dan Prasarana yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

A. Laboratorium Uji.

1. Penelitian ini akan menggunakan laboratorium Terpadu Poltekkes Kemenkes Surabaya dan Laboratorium Lingkungan Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya. Kegiatan yang dilakukan mulai rekayasa Cyclone Ventilator Modification termasuk pembuatan reaktor absorben 9kotak reaktor karbon aktif).
2. Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan - Pemberantasan Penyakit (BBTKL-PP) Surabaya - seksi Teknologi Tepat Guna. Kegiatan yang dilakukan adalah validasi alat, praparasi karbon aktif dan pengujian parameter yang diteliti.

B. Peralatan utama

Peralatan utama pada laboratorium Terpadu Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya dan Laboratorium Lingkungan Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Surabaya yaitu peralatan sampling yaitu *Microbiological Air Sampler* dan peralatan lain yang diperlukan dalam kondisi baik dan siap untuk dioperasikan.

C. Keterangan tambahan

Ruang kerja untuk Tim Peneliti sesuai kapasitas yang dibutuhkan tersedia dengan representatif untuk kegiatan penelitian untuk tim (berkapasitas 3 orang) dengan kelengkapan yang memadai seperti: meja, kursi, dan peralatan mebel serta komputer.

LAMPIRAN 3
DOKUMENTASI KEGIATAN



Pembuatan reactor Box



Pemucian Carbon Aktif



Merangkai Alat Cykone ventilator dan body



Pemasangan Cykolone



Reaktivasi Carbon Aktif di Lab BBTCL



Penyimpanan Karbon Aktif di Lab BBTCL



Pengukuran Kec Angin di rumah Px



Pengambilan sampel dalam rumah dg MAS



Pengambilan sampel luar rumah dg MAS



Hasil Pembacaan

Lampiran 4. Susunan Organisasi dan Pembagian Tugas Tim Peneliti

No.	Nama	NIDN	Jabatan	Bidang Ilmu	Uraian Tugas
1.	Dr.Khambali, ST., MPPM.	4003036201	Ketua	Teknik Penyehatan Lingkungan / Kesehatan Lingkungan	1. Menentukan jenis pekerjaan dalam satu tim sesuai <i>job description</i> yang telah disepakati 2. Melakukan kerjasama dengan pihak-pihak yang berkepentingan dalam penelitian ini 3. Memimpin rapat evaluasi dan meminta laporan kemajuan kepada tim untuk kemudian ditindaklanjuti dan mencari solusi 4. Bertanggung jawab atas administrasi dan keuangan

2.	Rachmaniyah SKM., M.Kes	4021046303	Anggota	Kesehatan Lingkungan	1. Melakukan tugas dan kewajiban dan tanggung jawab sesuai <i>job description</i> yang telah disepakati bersama 2. Membantu dalam pelaksanaan penelitian sesuai jadwal kerja yang telah ditentukan 3. Mencatat setiap pekerjaan dan mengevaluasi serta melaporkan hasilnya kepada ketua 4. Membuat/ menyusun laporan kemajuan penelitian
3	Niken Probo Sutanti, S. Si., MM.	NIP. 19640323199 7032002	Anggota	Kesehatan Lingkungan	1. Melakukan tugas dan kewajiban dan tanggung jawab sesuai <i>job description</i>

					yang telah disepakati bersama 2. Membantu dalam pelaksanaan penelitian sesuai jadwal kerja yang telah ditentukan. 3. Mencatat setiap pekerjaan dan memproses mengolah data hasil penelitian dan melakukan evaluasi serta melaporkan hasilnya kepada ketua 4. Membuat/ menyusun laporan kemajuan penelitian
--	--	--	--	--	--

LAMPIRAN 5

SURAT PERNYATAAN KETUA PENELITIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	Dr. Khambali, ST., MPPM.
NIP/NIDN	196203031984031001/4003036201
Pangkat/Golongan	Pembina Tk. I/ IV-B
Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
NIDN	4003036201

Dengan ini menyatakan bahwa proposal penelitian saya dengan judul :

**TERAPAN TEKNOLOGI GUNA CYCLONE VENTILATOR
MODIFICATION UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS UDARA RUMAH
PENDERITA TB PARU DAN ISPA**

Yang diusukan dalam Skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) untuk tahun anggaran 2021 bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.

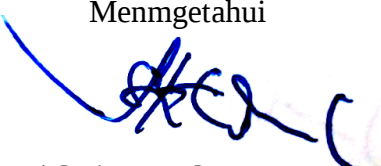
Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku dan menngembalikan seluruh biaya penelitian yang sudah diterima kekas negara.

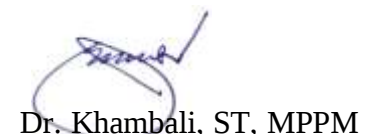
Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, Februari 2021

Menmgetahui

Yang Menyatakan


(Setiawan, SKM, M.Psi)
Nip : 196304211985031005


Dr. Khambali, ST, MPPM
Nip : 196203031984031001

Mengesahkan
Direktur Poltekkes Kemenkes Surabaya


Drg. Bambang Hadi Sugito, M.Kes
NIP : 196204291993031002

CATATAN HARIAN (LOGBOOK) KEGIATAN PENELITIAN

PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN

PERGURUAN TINGGI POLITEKNIK

KESEHATAN KEMENKES SURABAYA

TERAPAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA CYCLONE VENTILATOR MODIFICATION UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS UDARA RUANGAN RUMAH PENDERITA TB PARU DAN ISPA

NO.	WAKTU	KEGIATAN	KETERANGAN
1.	Februari 2020	Melakukan telaah literatur untuk bahan kajian dan menyiapkan bahan dan mengkaji / meriview ulang penelitian Terapan Cyclone Ventilator Modification untuk Penyehatan Udara Ruangan dan hasil penelitian lainnya.	Semua anggota tim penelitian
2.	Minggu Ke 2 bulan Maret 2020 (2 minggu)	Penyusunan Proposal dan Pembentukan Tim Penelitian dan Penegasan ulang dengan tim peneliti serta pembahasan proposal penelitian.	Semua anggota tim
3.	Minggu ke 3 s/d Minggu 4 Bulan April 2020	Penyelesaian Proposal Penelitian dan pengiriman Proposal ke Unit PPM Poltekkes Kementerian Kesehatan Surabaya	Ketua tim penelitian
4.	Minggu ke 2 Bulan Agustus 2020	Mendapat Surat dari Tim Pengelola Penelitian Tingkat Pusat bahwa Proposal Penelitian UPT diterima.	Ketua tim penelitian
5.	September s/d Oktober 2020	Diskusi Tim Peneli untuk mendiskusikan hasil masukan dari teman sejawat.	Semua anggota tim penelitian

NO.	WAKTU	KEGIATAN	KETERANGAN
6.	Bulan November 2020	Tim Peneliti mencari bahan/ referensi dan kajian pustaka sebagai bahan untuk memperbaiki / merevisi sesuai arahan dan masukan teman sejawat	Semua anggota tim
7.	1 – 15 Desember 2020	Perbaikan / revisi proposal penelitian setelah mendapat masukan dari Tim teman sejawat	Semua anggota tim
8.	3 Januari – Minggu ke 2 Februari 2021	Proposal Penelitian UPT sudah diperbaiki dan seminar protokol penelitian	Semua anggota tim
9.	Minggu ke 3 – Akhir Pebruari 2021	Perbaikan Protokol Penelitian setelah mendapat masukan dari Tim Pakar, Pengesahan oleh Tim Pakar dan Pengelola Penelitian Poltekkes Kemenkes Surabaya	Semua anggota tim penelitian
10.	Minggu 1 s/d Minggu 2 Bulan Maret 2021	Pengurusan ijin penelitian ke Bakesbangpol Kota Surabaya	Anggota tim (Niken Probo Sutanti, S.Si., MM)
11.	Minggu ke 3 s/d Akhir Maret 2021	a. Pengurusan/ mengajukan etik penelitian kepada Komite Etik Penelitian Kesehatan Poltekkes Kemenkes Surabaya. b. Permohonan ijin ke lokasi penelitian	Anggota tim (Rachmaniyah, SKM., M. Kes)
12.	1 April 9 - 30 April 2021	Pengadaan/ belanja bahan dan alat penelitian	Semua Anggota Tim Penelitian
13.	1 Mei s/d 30 Juni 2021	Pembuatan alat Penyehatan udara ruangan dan uji coba kerja alat serta penyempurnaan alat di workshop Jurusan Kesehatan Lingkungan dan Laboratorium Terpadu Poltekkes Kemenkes Surabaya dan Laboratorium TTG BBTKL PP Surabaya	Semua anggota tim dibantu mahasiswa jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya

NO.	WAKTU	KEGIATAN	KETERANGAN
13.	1- 16 Juli 2021	Persiapan media Adsorben Karbon aktif : pembersihan, pencucian, pengeringan, pengukuran size media karbon aktif di Laboratorium Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes	Tim peneliti dibantu oleh mahasiswa jurusan Kesehatan
14.	19 – 31 Juli 2021	a. Aktivasi karbon aktif dan penyimpanan Karbon Aktif setelah diaktivasi di BBTKL PP Surabaya b. Validasi alat Cyclone Ventilator Modification dan reaktor absorben	Semua Anggota Tim dan tenaga pembantu Peneliti
15.	1 – 18 Agustus 2021	a. Melanjutkan Persiapan dan mengecek semua bahan dan peralatan penelitian; b. Check ulang fungsi peralatan; c. Penyusunan Laporan Tengah/ Kemajuan	Tim peneliti dibantu oleh mahasiswa jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya
16.	19 - 23 Agustus 2021	Persiapan dan presentasi Laporan Tengah/Kemajuan Penelitian di hadapan Tim Pakar Penelitian Poltekkes Kemenkes Surabaya	Ketua tim dan anggota peneliti
17.	25 – 27 Agustus 2021	a. Perbaikan laporan Tengah sesuai masukan dewan pakar. b. Mengupload di link revisi Pusat PPM Poltekkes Kemenkes Surabaya	Ketua tim dan anggota peneliti
18.	28 – 31 Agustus 2021	a. Pengecekan terakhir peralatan sebelum dilakukan pemasangan Cyclone Ventilator Modification. b. Pengecekan peralatan sampling, alat pengukuran, reagent pemeriksaan. c. Pengecekan kesiapan rumah penderita TB Paru dan Ispa sebagai tempat pemasangan alat /Cyclone Ventilator Modification	Ketua Tim, Anggota Peneliti dan tenaga pembantu peneliti serta mahasiswa
19.	1 – 4 September 2021	a. Pemasangan Terapan TTG <i>Cyclone Ventilator Modification</i> b. Uji coba dan evaluasi Cyclone Ventilator Modification secara mekanik setelah terpasang	Ketua Tim, Anggota Peneliti dan tenaga pembantu peneliti serta mahasiswa
20.	6 – 9 September 2021	a. Pengukuran pendahuluan kinerja alat b. Pengukuran parameter fisik : suhu, kelembaban, dan laju/kecepatan aliran udara baik di dalam ruang/ rumah dan di lingkungan/ luar rumah.	Ketua Tim, Anggota Peneliti dan tenaga pembantu peneliti serta mahasiswa

		c. Memberikan penjelasan terkait pengoperasian peralatan/Cyclone Ventilation Modification kepada penghuni rumah. d. Diskusi dengan penghuni rumah penderita TB Paru dan Ispa dan masyarakat sekitar/tetangga.	
21.	13 – 26 September 2021	Pengambilan sampel dan pengukuran parameter penelitian: Suhu, kelembaban, Laju/ kecepatan aliran udara dan Angka kuman	1. Ketua dan Anggota Peneliti: (Dr. Khambali, ST., MPPM.; Rachmaniyah, SKM., M.Kes ; Niken PS, S.Si., MM 2. Pembantu Peneliti: (M. Ferdian F, S.Tr. KL.; Tommy S, ST. dan Juan L Tobing, MT); 3. Dan 5 orang mahasiswa Jurusan Kesehatan Lingkungan
22.	23 – 30 September 2021	a. Pengolahan data penelitian : kompilasi data, editing dan uji statistik; b. Pembahasan dan diskusi tim dan penyusunan laporan akhir penelitian c. Pencarian referensi/ hasil penelitian d. Laporan Akhir PTUPT siap dipresentasikan	1. Ketua dan Anggota Peneliti: (Dr. Khambali, ST., MPPM.; Rachmaniyah, SKM., M.Kes ; Niken PS, S.Si., MM 2. Pembantu Peneliti: (M. Ferdian F, S.Tr. KL.; Tommy S, ST. dan Juan L Tobing, MT)
23.	1 – 2 Oktober 2021	a. Pembuatan PPT presentasi Laporan Akhir PTUPT; b. Pengecekan kembali naskah laporan	Ketua Tim, Anggota Peneliti
24.	4 – 9 Oktober 2021	a. Presentasi Laporan Akhir b. Perbaikan /revisi masukan dewan pakar c. Penyusunan laporan final d. Upload Laporan Akhir PTUPT ke link revisi Pusat PPM	Ketua Tim, Anggota Peneliti

25.	11 -16 Oktober 2021	a. Penyusunan manuscript /artikel jurnal internasional (berproses) b. Penyusunan Buku Monograf (berproses) c. Penyusunan bahan dokumen karya cipta inovatif untuk HKI (berproses)	Ketua Tim, Anggota Peneliti
-----	---------------------	---	-----------------------------

Surabaya, 16 Oktober Agustus 2021

Peneliti Utama



Dr. Khambali, ST., MPPM.
NIP.196203031984021001

Lampiran 6. A. Hasil Pengukuran

1. Suhu/Temperatur

No	Tanggal	Waktu	A			B		C	
			Sebelum Pemasangan Alat	2 jam Sesudah Pemasangan Alat	Selisih Sebelum dan 2 Jam Sesudah	%	4 jam Sesudah Pemasangan Alat	Selisih Sebelum dan 4 Jam Sesudah	%
			Rata-rata (°C)	Rata-rata (°C)	Rata-rata (°C)		Rata-rata (°C)	Rata-rata (°C)	
1	13-09-21	2 jam ke-1	26,98	24,43	2,55	9,5	22,78	4,2	15,57
		2 jam ke-2	26,695	24,68	2,015	7,5	22,495	4,2	15,73
2	14-09-21	2 jam ke-1	27,08	24,71	2,37	8,8	22,83	4,25	15,69
		2 jam ke-2	27,24	26,1	1,14	4,2	23,29	3,95	14,50
3	15-09-21	2 jam ke-1	26,73	24,03	2,7	10,1	22,43	4,3	16,09
		2 jam ke-2	27,09	24,29	2,8	10,3	23,09	4	14,77
4	16-09-21	2 jam ke-1	26,975	23,44	3,535	13,1	22,775	4,2	15,57
		2 jam ke-2	27,11	24,65	2,46	9,1	22,91	4,2	15,49
5	17-09-21	2 jam ke-1	27,28	23,45	3,83	14,0	23,13	4,15	15,21
		2 jam ke-2	26,85	23,745	3,105	11,6	22,65	4,2	15,64
6	18-09-21	2 jam ke-1	26,795	23,485	3,31	12,4	22,745	4,05	15,11
		2 jam ke-2	27,17	23,5	3,67	13,5	22,72	4,45	16,38
7	20-09-21	2 jam ke-1	27,15	24,19	2,96	10,9	23,2	3,95	14,55
		2 jam ke-2	26,98	24,43	2,55	9,5	22,78	4,2	15,57
8	21-09-21	2 jam ke-1	26,695	24,68	2,015	7,5	22,495	4,2	15,73
		2 jam ke-2	27,08	24,71	2,37	8,8	23,28	3,8	14,03
9	22-09-21	2 jam ke-1	27,24	26,125	1,115	4,1	23,04	4,2	15,42
		2 jam ke-2	27,225	24,03	3,195	11,7	23,125	4,1	15,06
10	23-09-21	2 jam ke-1	27,14	24,29	2,85	10,5	22,94	4,2	15,48
		2 jam ke-2	26,97	23,34	3,63	13,5	22,77	4,2	15,57
11	24-09-21	2 jam ke-1	27,11	24,65	2,46	9,1	23,06	4,05	14,94
		2 jam ke-2	27,28	23,45	3,83	14,0	23,08	4,2	15,40
12	25-09-21	2 jam ke-1	27	23,745	3,255	12,1	22,9	4,1	15,19
		2 jam ke-2	26,88	23,485	3,395	12,6	22,68	4,2	15,63
13	26-09-21	2 jam ke-1	27,17	23,5	3,67	13,5	22,97	4,2	15,46
		2 jam ke-2	27,3	24,19	3,11	11,4	22,95	4,35	15,93
Rata-rata (°C)			27,05	24,20	2,84	10,50	22,8	4,16	15,37

2. Aliran Udara

No	Tanggal	Waktu	A			B		C	
			Sebelum Pemasangan Alat	2 jam Sesudah Pemasangan Alat	Selisih Sebelum dan 2 Jam Sesudah	%	4 jam Sesudah Pemasangan Alat	Selisih Sebelum dan 4 Jam Sesudah	%
			Rata-rata (m/s)	Rata-rata (m/s)	(m/s)		Rata-rata (m/s)	(m/s)	
1	13-09-21	2 jam ke-1	8,25	10,1	1,85	1,9	13,6	4,2	15,57
		2 jam ke-2	8,3	10,15	1,85	1,9	13,6	4,2	15,73
2	14-09-21	2 jam ke-1	8,3	10,1	1,8	1,8	13,8	4,25	15,69
		2 jam ke-2	8,5	10,3	1,8	1,8	14,1	3,95	14,50
3	15-09-21	2 jam ke-1	8,35	10,15	1,8	1,8	13,8	4,3	16,09
		2 jam ke-2	8,5	10,15	1,65	1,7	14,0	4	14,77
4	16-09-21	2 jam ke-1	8,05	10,15	2,1	2,1	13,6	4,2	15,57
		2 jam ke-2	8,4	9,9	1,5	1,5	13,7	4,2	15,49
5	17-09-21	2 jam ke-1	8,55	10,15	1,6	1,6	14,1	4,15	15,21
		2 jam ke-2	8,2	10,3	2,1	2,1	13,5	4,2	15,64
6	18-09-21	2 jam ke-1	8,15	10,25	2,1	2,1	13,7	4,05	15,11
		2 jam ke-2	8,25	10,35	2,1	2,1	13,8	4,45	16,38
7	20-09-21	2 jam ke-1	8,3	10,2	1,9	1,9	13,9	3,95	14,55
		2 jam ke-2	8,2	10,3	2,1	2,1	13,4	4,2	15,57
8	21-09-21	2 jam ke-1	8,3	10,3	2	2,0	13,7	4,2	15,73
		2 jam ke-2	8,35	10,1	1,75	1,8	13,9	3,8	14,03
9	22-09-21	2 jam ke-1	8,25	10,3	2,05	2,1	13,8	4,2	15,42
		2 jam ke-2	8,45	10,2	1,75	1,8	14,1	4,1	15,06
10	23-09-21	2 jam ke-1	8,2	9,7	1,5	1,5	13,7	4,2	15,48
		2 jam ke-2	8,6	10,1	1,5	1,5	14,1	4,2	15,57
11	24-09-21	2 jam ke-1	8,45	10,4	1,95	2,0	14,0	4,05	14,94
		2 jam ke-2	8,25	10,25	2	2,0	13,6	4,2	15,40
12	25-09-21	2 jam ke-1	8,35	10,2	1,85	1,9	13,8	4,1	15,19
		2 jam ke-2	8,3	9,85	1,55	1,6	13,8	4,2	15,63
13	26-09-21	2 jam ke-1	8,1	10,3	2,2	2,2	13,7	4,2	15,46
		2 jam ke-2	8,2	10,25	2,05	2,1	13,7	4,35	15,93
Rata-rata (°C)			8,31	10,17	1,86	1,86	13,7634615	4,16	15,37

3. Angka Kuman

No	Tanggal	Waktu	A			B		C	
			Sebelum Pemasangan Alat	2 jam Sesudah Pemasangan Alat	Selisih Sebelum dan 2 Jam Sesudah	%	4 jam Sesudah Pemasangan Alat	Selisih Sebelum dan 4 Jam Sesudah	%
			CFU	CFU	%		CFU	CFU	
1	13-09-21	2 jam ke-1	445	155	290	65,2	100,0	345	77,53
		2 jam ke-2	320	85	235	73,4	80,0	240	75,00
2	14-09-21	2 jam ke-1	290	75	215	74,1	75,0	215	74,14
		2 jam ke-2	310	50	260	83,9	45,0	265	85,48
3	15-09-21	2 jam ke-1	320	70	250	78,1	57,5	262,5	82,03
		2 jam ke-2	330	45	285	86,4	45,0	285	86,36
4	16-09-21	2 jam ke-1	365	120	245	67,1	80,0	285	78,08
		2 jam ke-2	350	50	300	85,7	42,5	307,5	87,86
5	17-09-21	2 jam ke-1	250	70	180	72,0	60,0	190	76,00
		2 jam ke-2	290	45	245	84,5	45,0	245	84,48
6	18-09-21	2 jam ke-1	310	115	195	62,9	85,0	225	72,58
		2 jam ke-2	320	55	265	82,8	35,0	285	89,06
7	20-09-21	2 jam ke-1	380	95	285	75,0	67,5	312,5	82,24
		2 jam ke-2	445	50	395	88,8	40,0	405	91,01
8	21-09-21	2 jam ke-1	320	105	215	67,2	90,0	230	71,88
		2 jam ke-2	290	45	245	84,5	40,0	250	86,21
9	22-09-21	2 jam ke-1	310	70	240	77,4	60,0	250	80,65
		2 jam ke-2	320	95	225	70,3	80,0	240	75,00
10	23-09-21	2 jam ke-1	365	105	260	71,2	90,0	275	75,34
		2 jam ke-2	350	85	265	75,7	60,0	290	82,86
11	24-09-21	2 jam ke-1	250	65	185	74,0	60,0	190	76,00
		2 jam ke-2	290	72,5	217,5	75,0	62,5	227,5	78,45
12	25-09-21	2 jam ke-1	310	75	235	75,8	62,5	247,5	79,84
		2 jam ke-2	320	45	275	85,9	45,0	275	85,94
13	26-09-21	2 jam ke-1	365	95	270	74,0	65,0	300	82,19
		2 jam ke-2	380	37,5	342,5	90,1	27,5	352,5	92,76
Rata-rata (°C)			330,58	75,96	254,615385	76,97	61,53846	269,04	81,11

4. Kelembaban

No	Tanggal	Waktu	A			B		C	
			Sebelum Pemasangan Alat	2 jam Sesudah Pemasangan Alat	Selisih Sebelum dan 2 Jam Sesudah	%	4 jam Sesudah Pemasangan Alat	Selisih Sebelum dan 4 Jam Sesudah	%
			RH %	RH %	%		RH %	%	
1	13-09-21	2 jam ke-1	68,5	61,5	7	10,2	59,0	59	59,00
		2 jam ke-2	67,5	62,5	5	7,4	58,0	58	58,00
2	14-09-21	2 jam ke-1	68,5	61,5	7	10,2	62,0	62	62,00
		2 jam ke-2	66,5	62	4,5	6,8	60,5	60,25	60,38
3	15-09-21	2 jam ke-1	68	63	5	7,4	59,5	59,25	59,38
		2 jam ke-2	67,5	62	5,5	8,1	60,0	60	60,00
4	16-09-21	2 jam ke-1	68	60,5	7,5	11,0	56,0	56	56,00
		2 jam ke-2	67,5	59,5	8	11,9	54,5	54,25	54,38
5	17-09-21	2 jam ke-1	68,5	60	8,5	12,4	54,5	54,75	54,63
		2 jam ke-2	68,5	59	9,5	13,9	53,0	53	53,00
6	18-09-21	2 jam ke-1	67,5	57,5	10	14,8	52,0	52	52,00
		2 jam ke-2	67,5	59	8,5	12,6	51,0	51	51,00
7	20-09-21	2 jam ke-1	68	58	10	14,7	52,0	52	52,00
		2 jam ke-2	67	61,5	5,5	8,2	53,0	53	53,00
8	21-09-21	2 jam ke-1	68,5	60,5	8	11,7	59,0	59	59,00
		2 jam ke-2	67,5	59,5	8	11,9	58,0	58	58,00
9	22-09-21	2 jam ke-1	69,5	60	9,5	13,7	52,5	52,75	52,63
		2 jam ke-2	68	59	9	13,2	55,5	55,75	55,63
10	23-09-21	2 jam ke-1	67,5	58	9,5	14,1	56,0	56	56,00
		2 jam ke-2	67,5	62	5,5	8,1	54,0	54	54,00
11	24-09-21	2 jam ke-1	67,5	60,5	7	10,4	55,0	55	55,00
		2 jam ke-2	67,5	59,5	8	11,9	54,0	53,5	53,75
12	25-09-21	2 jam ke-1	69	60	9	13,0	50,5	50,25	50,38
		2 jam ke-2	69,5	59	10,5	15,1	52,0	52	52,00
13	26-09-21	2 jam ke-1	68,5	58	10,5	15,3	53,5	53,75	53,63
		2 jam ke-2	69	57,5	11,5	16,7	52,0	52	52,00
Rata-rata (°C)			68,02	60,04	7,980769	11,72	55,26	4,16	15,37

6.B. Hasil Uji Statistik Uji Statistik

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Angka Kuman Sebelum Pemasangan Cyclone Ventilator Mod	330.5769	26	47.88167	9.39037
	Angka Kuman Setelah Pemasangan Cyclone Ventilator Mod (2 Jam Beroperasi)	114.0385	26	140.30694	27.51646
Pair 2	Angka Kuman Sebelum Pemasangan Cyclone Ventilator Mod	330.5769	26	47.88167	9.39037
	Angka Kuman Setelah Pemasangan Cyclone Ventilator Mod (4 Jam Beroperasi)	172.3077	26	213.65501	41.90119

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Angka Kuman Sebelum Pemasangan Cyclone Ventilator Mod & Angka Kuman Setelah Pemasangan Cyclone Ventilator Mod (2 Jam Beroperasi)	26	.013	.951
Pair 2	Angka Kuman Sebelum Pemasangan Cyclone Ventilator Mod & Angka Kuman Setelah Pemasangan Cyclone Ventilator Mod (4 Jam Beroperasi)	26	.049	.811

Paired Samples Test

Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
			Lower	Upper			

Pair 1	Angka Kuman Sebelum Pemasangan Cyclone Ventilator Mod - Angka Kuman Setelah Pemasangan Cyclone Ventilator Mod (2 Jam Beroperasi)	216.53846	147.68053	28.96253	156.88901	276.18792	7.477	25	.000
Pair 2	Angka Kuman Sebelum Pemasangan Cyclone Ventilator Mod - Angka Kuman Setelah Pemasangan Cyclone Ventilator Mod (4 Jam Beroperasi)	158.26923	216.64230	42.48705	70.76551	245.77295	3.725	25	.001

Lampiran 7. Surat Ijin Bakesbang



PEMERINTAH KOTA SURABAYA **BADAN KESATUAN BANGSA, POLITIK DAN PERLINDUNGAN MASYARAKAT**

Jalan Jaksa Agung Suprpto Nomor 2 Surabaya 60272
Telepon (031) 5343000, (031) 5312144 Pesawat 112

Surabaya, 25 Februari 2021

Nomor : 070/3111/436.8.5/2021
Lampiran : -
Hal : Rekomendasi Penelitian

Kepada
Yth. Camat Semampir Kota Surabaya

di -
SURABAYA

REKOMENDASI PENELITIAN

Dasar : Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 3 Tahun 2018 Tentang Penerbitan Surat Keterangan Penelitian
Memperhatikan : Surat Dari Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya Nomor LB.03.03/20175/2021 Tanggal 22 Februari 2021 Perihal Usulan Penelitian Tahun 2021 A.n Dr. Khambali, ST., MPPM, dkk Program Studi Kesehatan Lingkungan Surabaya

Plt. Kepala Badan Kesatuan Bangsa, Politik dan Perlindungan Masyarakat Kota Surabaya memberikan rekomendasi kepada :

- a. Nama : DR. Khambali, ST., MPPM
- b. Alamat : Pucang jajar timur 3/7
- c. Pekerjaan/Jabatan : Dosen
- d. Instansi/Organisasi : Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya
- e. Kewarganegaraan : Warga Negara Indonesia

Untuk melakukan penelitian/survey/kegiatan dengan :

- a. Judul/ Tema : Terapan Teknologi Tepat Guna Cyclone Ventilator Modifikasi Untuk Meningkatkan Kualitas Udara Rumah Penderita TBC Paru dan ISPA
 - b. Tujuan : Penelitian
 - c. Bidang Penelitian : Penyehatan Udara
 - d. Penanggung Jawab : DR. Khambali, ST., MPPM
 - e. Anggota Peserta : Rachmaniyah, SKM., M.Kes; Niken Probo Sutanti S.Si., MM;
 - f. Waktu : 2 (Dua) Bulan, TMT Surat Dikeluarkan.
 - g. Lokasi : Kecamatan Semampir Kota Surabaya
- Dengan persyaratan :
1. Dalam masa pandemi Covid-19, pelaksanaan Penelitian wajib menerapkan protokol kesehatan sesuai Peraturan Walikota Surabaya Nomor 67 Tahun 2020.
 2. Untuk kegiatan tatap muka yang berpotensi menimbulkan kerumunan wajib mengajukan permohonan asesment kegiatan yang ditujukan kepada Ketua Satgas Covid-19 Tingkat Kecamatan Wilayah setempat.
 3. Kegiatan sebagaimana dimaksud pada nomer 2 (dua) sewaktu-waktu dapat berubah mengikuti ketentuan pembatasan kegiatan oleh Pemerintah.
 4. Peserta Penelitian wajib dalam keadaan sehat saat pelaksanaan kegiatan Penelitian.
 5. Peserta Penelitian OPD, Camat, Lurah dalam pengambilan data primer dan sekunder.
 6. Pelaksanaan Penelitian tidak boleh menimbulkan keresahan di masyarakat, disintegrasi bangsa atau mengganggu keutuhan NKRI.
 7. Pelaksanaan Penelitian harap tidak membebani atau memberatkan warga.
 8. Setelah melakukan Penelitian wajib melaporkan pelaksanaan dan hasilnya kepada Kepala Bakesbang, Politik dan Linmas Kota Surabaya.
 9. Rekomendasi ini akan dicabut/tidak berlaku apabila yang bersangkutan tidak memenuhi persyaratan seperti tersebut diatas.

Demikian atas bantuannya disampaikan terima kasih.



Silahkan scan barcode diatas untuk mengecek validitas surat.

Tembusan :
Yth. 1. Ketua Jurusan Kesehatan
Lingkungan Politeknik Kesehatan
Kemenkes Surabaya
2. Saudara yang bersangkutan.



Plt. KEPALA BADAN
Irvan Widyanto, AMP., S.Sos., M.H.
Pembina Utama Muda
NIP. 19690715 199003 1 011

Lampiran 8. Kontrak Kerjasama Penelitian PTUPT

PERJANJIAN KERJASAMA

antara
DIREKTUR POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES SURABAYA
dengan
PENELITI UTAMA PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI (PTUPT)
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES SURABAYA
TAHUN 2021

Nomor: HK 03.01/II/ 2104.59 /2021
Tentang

Terapan Teknologi Tepat Guna Cyclone Ventilator Modifikasi Untuk Meningkatkan Kualitas Udara Rumah
Penderita Penyakit TBC dan ISPA

Pada Hari Senin Tanggal Dua bulan Maret tahun Dua Ribu Dua Puluh Satu
(2 Maret 2021) kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Drg. Bambang Hadi Sugito, M.Kes Direktur Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya sebagai Pejabat yang
mengakibatkan pengeluaran Anggaran Belanja Politeknik Kesehatan
Kemenkes Surabaya Tahun 2021 yang diangkat berdasarkan Surat
Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor : KP.03.03/IV/782/2018 dalam hal ini
bertindak untuk dan atas nama Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya
yang berkedudukan di Jalan Pucang Jajar Tengah Nomor 56 Surabaya dan
selanjutnya dalam perjanjian ini disebut PIHAK PERTAMA.
Dr. Khambali, ST, MPPM Sebagai Peneliti Utama dalam hal ini bertindak untuk dan atas Tim Penelitian
Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya yang berkedudukan di Surabaya
dan selanjutnya dalam perjanjian ini disebut PIHAK KEDUA.

KEDUA BELAH PIHAK berdasarkan :

1. Keppres Nomor : 17 Tahun 2000 , Keppres Nomor : 18 Tahun 2000
2. DIPA Politeknik Kesehatan Surabaya Nomor : SP DIPA- 024.12.2.637588/2021 tanggal : 23 November 2020
3. Surat Keputusan Direktur Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya Nomor: HK. 01.07 /I / 2102 /2021, tanggal 1 Maret 2021 Tentang Protokol Penelitian Pemula, Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi, Penelitian Berbasis Kompetensi dan Penelitian Kerjasama Dalam Negeri Poltekkes Kemenkes Surabaya Yang Dinyatakan Lulus Seleksi dan Mendapatkan Bantuan Biaya Tahun Anggaran 2021 Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya Tahun 2021.

Dengan ini menyatakan telah sepakat untuk mengadakan Perjanjian Kerjasama Pelaksanaan Kegiatan Penelitian, dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut :

PASAL 1

RUANG LINGKUP KEGIATAN

PIHAK PERTAMA menyerahkan kepada PIHAK KEDUA dan PIHAK KEDUA menerima penyerahan dari PIHAK PERTAMA Pekerjaan Penelitian dengan Judul:
Terapan Teknologi Tepat Guna Cyclone Ventilator Modifikasi Untuk Meningkatkan Kualitas Udara Rumah
Penderita Penyakit TBC dan ISPA

PASAL 2

JANGKA WAKTU PELAKSANAAN

Pekerjaan ini dilaksanakan dalam jangka sejak ditandatanganinya surat kontrak perjanjian kerjasama ini sampai dengan tanggal 26 Oktober 2021.

PASAL 3

PENYERAHAN HASIL KERJA

1. PIHAK KEDUA bertanggung jawab atas pelaksanaan tahapan kegiatan, ketepatan waktu dan alokasi biaya sesuai dengan Surat Keputusan Direktur Poltekkes Kemenkes Surabaya Nomor: HK. 01.07 /I / 2102 /2021
2. PIHAK KEDUA berkewajiban menyampaikan kepada PIHAK PERTAMA laporan-laporan penelitian yang terdiri dari:
 - a. Laporan Kemajuan penelitian Tahap I selambat-lambatnya pada tanggal 13 Agustus 2021 masing-masing rangkap 3 (Tiga) eksemplar.
 - b. Laporan Akhir Penelitian selambat-lambatnya pada tanggal 26 Oktober 2021 sebanyak rangkap 3 (Tiga) eksemplar
 - c. Laporan Pertanggungjawaban Keuangan sesuai Satuan Biaya Masukan pada tahun berjalan, selambat-lambatnya tanggal 5 Nopember 2021
 - d. Laporan Akhir Penelitian sekurang-kurangnya melampirkan bukti capaian luaran wajib, log book dan rincian pembiayaan.

- e. Peneliti wajib melakukan penyimpanan seluruh laporan dimaksud dalam pasal ini baik dalam bentuk hardcopy maupun softcopy di masing-masing jurusan/prodi.
- f. Peneliti wajib mengarsipkan laporan akhir dimaksud dalam pasal ini dalam bentuk repository, sesuai ketentuan teknis pengungkahan.

PASAL 4 BIAYA KEGIATAN

1. Penelitian ini dibiayai dari dana DIPA Politeknik Kesehatan Surabaya Nomor: SP DIPA- 024.12.2.637588/2021 tanggal: 23 November 2020.
2. Biaya Materai, Pajak dan Pungutan lainnya sesuai dengan Peraturan Pemerintah yang berlaku dibebankan pada **PIHAK KEDUA**.
3. Pertanggungjawaban biaya penelitian diatur dengan mengacu pada Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia tentang Standar Biaya Keluaran yang berlaku

PASAL 5 PROSEDUR PEMBAYARAN

1. Pembayaran Pertama sebesar 70% Rp70.000.000 (Tujuh Puluh Juta Rupiah) atau sebesar Rp49.000.000 (Empat Puluh Sembilan Juta Rupiah) dibayar setelah penandatanganan Perjanjian Kerjasama ini dilakukan oleh kedua belah pihak.
2. Pembayaran kekurangan dana 30% Rp70.000.000 (Tujuh Puluh Juta Rupiah) atau sebesar Rp21.000.000 (Dua Puluh Satu Juta Rupiah) dibayar setelah Laporan Akhir Penelitian disetujui Pembina dan Diterima **PIHAK PERTAMA**.
3. Pembayaran dana Penelitian ini dilakukan melalui Rekening Bank BNI, atas nama Ketua Peneliti:
Dr. Khambali, ST, MPPM

PASAL 6 HASIL PEKERJAAN

Hasil Pekerjaan mengacu pada luaran wajib dan luaran tambahan sebagaimana tersirat di dalam buku pedoman yang berlaku.

1. Penelitian yang mengikutsertakan manusia sebagai subjek atau terhadap mayat, hewan, dan tumbuhan sebagai objek, harus mendapat persetujuan etik penelitian kesehatan dari KEPPIN (Komite Etik Penelitian dan
2. Laporan Akhir Penelitian diterima **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya tanggal 26 Oktober 2021
3. Hasil Kegiatan Penelitian ini wajib dipublikasikan pada: Jurnal Internasional Terindeks Scopus Q3 maksimal satu tahun selesainya kontrak penelitian, sebagaimana ketentuan yang berlaku dalam Pedoman.
4. Materi Hasil Penelitian termasuk hak paten dan hak cipta peralatan/barang dan uang adalah milik kedua belah pihak masing-masing untuk bagian yang sama besarnya.
5. Peralatan ilmiah dan barang inventaris yang diadakan dan digunakan dalam pelaksanaan Penelitian ini adalah milik negara yang dikelola dan menjadi tanggung jawab **PIHAK PERTAMA**.
6. Tulisan ilmiah hasil Penelitian harus mencantumkan nama lembaga kedua belah pihak dalam Publikasi/Penerbitan.
7. Barang Inventaris (Pendukung Penelitian) dan atau Hasil Penelitian diserahkan kepada **PIHAK KEDUA** c.q. Pimpinan Institusi yang bersangkutan yang dinyatakan dengan Berita Acara Serah Terima.

PASAL 7 SANKSI DAN DENDA

1. Apabila sudah berakhir jangka waktu tersebut dalam Pasal 2 **PIHAK KEDUA** tidak dapat menyelesaikan pekerjaan tersebut dalam pasal 1 maka **PIHAK KEDUA** akan dikenakan denda keterlambatan sebesar 1% (satu per mil) untuk setiap hari keterlambatan dengan denda maksimum 5% (Lima persen) dari seluruh nilai pekerjaan.
2. Perhitungan dan eksekusi denda seperti tersebut pada ayat 1 (Satu) Pasal ini akan dilakukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
3. Apabila terjadi kegagalan dalam memenuhi luaran wajib sebagaimana dalam pasal 6 ayat 2 dan pedoman penelitian tanpa memiliki alasan yang dapat dipertanggungjawabkan, maka Peneliti tidak diperkenankan melakukan penelitian dengan dana dari DIPA Poltekkes Surabaya, sampai peneliti menyelesaikan luaran wajib sebagaimana kontrak penelitian yang dijanjikan.

PASAL 8 KEADAAN MEMAKSA (FORCE MAJEUR)

1. Keterlambatan pelaksanaan penyelesaian pekerjaan yang diakibatkan oleh keadaan memaksa (Force Majeur) dapat membebaskan **PIHAK KEDUA** dari sanksi /denda seperti Pasal 7 (Tujuh) Surat Perjanjian Kerjasama.
2. Yang dianggap sebagai Force Majeur sehubungan dengan Perjanjian Kerjasama ini ialah lain :
 - a. Bencana alam/keadaan cuaca dan bencana non alam yang tidak memungkinkan pekerjaan dilaksanakan.
 - b. Adanya huru-hara/perang atau kekacauan yang tidak memungkinkan pekerjaan dilaksanakan.
 - c. Pekerjaan lain diluar kekuasaan/kemampuan manusia dan disetujui oleh **PIHAK PERTAMA**.

PASAL 9 PERSELISIHAN DAN DOMISILI

1. Perselisihan di bidang teknis dan di bidang administrasi akan diselesaikan oleh kedua belah pihak secara musyawarah.
2. Setiap perselisihan yang timbul berkenaan dengan isi serta maksud Surat Perjanjian Kerjasama ini pada dasarnya akan diselesaikan secara musyawarah untuk mufakat oleh kedua belah pihak.
3. Perselisihan mengenai bidang lainnya yang tidak dapat diselesaikan dengan cara tersebut Ayat 1 (Satu) dan 2 (Dua) Pasal ini akan diselesaikan oleh kedua belah pihak melalui Pengadilan Negeri Surabaya

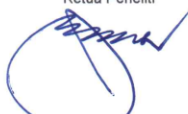
**PASAL 10
LAIN-LAIN**

1. Segala Bentuk Kerugian Negara Akibat Yang Dilakukan Oleh Pihak Kedua, maka Pihak Kedua bersedia bertanggung jawab dan mengembalikan kepada Negara
2. Segala perubahan berkenaan dengan isi serta maksud Perjanjian Kerjasama ini dapat dilakukan atas persetujuan kedua belah pihak dan merupakan bagian yang akan dipisahkan dari Surat Perjanjian Kerjasama ini.

**Pasal 11
PENUTUP**

Surat Perjanjian Kerjasama ini dibuat dengan sebenarnya dalam rangkanya dan dinyatakan berlaku dan sah setelah ditanda tangani oleh kedua pihak pada hari, tanggal, bulan dan tahun sebagaimana diuraikan diatas, **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** masing-masing menerima satu berkas asli dan selebihnya diperuntukkan bagi instansi-instansi yang berkepentingan dalam surat Perjanjian Kerjasama ini.

PIHAK KEDUA
Ketua Peneliti



Dr. Khambali, ST, MPPM

NIP : 196203031984031001'

PIHAK PERTAMA
Direktur Poltekkes Kemenkes Surabaya



Dr. Bambang Hadi Sugito, M.Kes

NIP. 196204291993031002

	POLTEKKES KEMENKES SURABAYA	Kode : PJM-FORM-PPM-B2-01-B4
		Tanggal : 10 Juni 2019
	LEMBAR PERBAIKAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN	Revisi : 1
		Halaman : 55 / 1 halaman

LEMBAR PERBAIKAN PENELITIAN

Nama Ketua : Dr.Khambali, ST,.MPPM Rachmaniyah, SKM.,M.Kes

Nama Anggota : Rachmaniyah, SKM.,M.Kes

Niken Probo Susanti, S.Si.,MM

Skema Penelitian : PTUPT

Judul : Terapan Teknologi Guna *Cyclone Ventilator Modification* Untuk Meningkatkan Kualitas Udara Rumah Penderita TB paru Dan Ispa

No	Catatan Perbaikan	Keterangan
1.	Halaman Pengesahan, NIP Prof Ririh masih sama dengan NIP Direktur	Sudah diperbaiki
2.	Tujuan Umum lebih tinggi tingkatannya , jangan hanya Mengetahui	Sudah diperbaiki
3.	Penulisan Daftar pustaka tidak perlu halaman pada jurnal	Sudah diperbaiki
4.	Dalam Pembahasan perlu ditambahkan TB Paru dan ISPA	Sudah diperbaiki

Narasumber



Prof. Dr. Ririh Yudhastuti, drh., M.Sc.

NIP: 19591224 198701 2 001

Surabaya, 14 Oktober 2021
Ketua Peneliti



Dr.Khambali, ST,.MPPM
NIP. 196203031984031001

Koordinator PPM



Hery Sumasto, S.Kep, Ns, M.Mkes

NIP. 19680104 198803 1 003