

**ANALISIS RISIKO MIKROBIOLOGI UDARA
DALAM RUANG PADA PUSKESMAS
DI KOTA SEMARANG**



**Tesis
Untuk memenuhi sebagai persyaratan
Mencapai derajat magister**

**Program Studi
Magister Kesehatan Lingkungan**

**Konsentrasi
Kesehatan Lingkungan**

**Oleh :
ERNA HANDAYANI
NIM 25000218410006**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2020**

PERSETUJUAN TESIS

Tesis ini telah disetujui untuk diujikan di depan Dewan Penguji Tesis Pada Program Magister Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro

Pembimbing I,



Dr. Ir. Mursid Raharjo, M.Si
NIP 196608261997031002

Semarang , Agustus 2020

Pembimbing II,



Dr. Yusniar Hanani D, S.TP, M.Kes
NIP 197109091995032001

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

ANALISIS RISIKO MIKROBIOLOGI UDARA DALAM RUANG PADA PUSKESMAS DI KOTA SEMARANG

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Erna Handayani
NIM : 25000218410006

Telah dipertahankan didepan dewan penguji pada tanggal 19 Agustus 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima.

Pembimbing I,



Dr. Ir. Mursid Raharjo, M.Si
NIP 196608261997031002

Pembimbing II,



Dr. Yusniar Hanani D, S.TP, M.Kes
NIP 197109091995032001

Penguji



dr. Onny Setiani, Ph.D
NIP 196310191991032001

Penguji



Dr. Nurjazuli, S.KM, M.Kes
NIP 196308121995121001

Semarang, Agustus 2020
Universitas Diponegoro
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Dekan,


Dr. Budiyo, SKM, M.Kes
NIP 197211091999031001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum / tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan didalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Agustus 2020

Erna Handayani

RIWAYAT HIDUP

Nama : Erna Handayani
NIM : 25000218410006
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 17 November 1986
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Perum Pondok Hijaun B/15 Ngaliyan – Semarang

Riwayat Pendidikan :

1. Tahun 1993 – 1999 : SDN 01 Pagi Tugu selatan di Jakarta
2. Tahun 1999 – 2001 : SMP Negeri 121 di Jakarta
3. Tahun 2001 – 2004 : SMU Negeri 110 di Jakarta
4. Tahun 2004 – 2007 : Analisis Lingkungan IPB di Bogor
5. Tahun 2007 – 2010 : Program Studi Teknik Lingkungan UNDIP di Semarang

Riwayat Pekerjaan :

2010 – sekarang bekerja di Dinas Kesehatan Kota Semarang

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.

(Q.S Al-Insyirah 6-7)

Barang siapa yang menempuh suatu jalan dalam rangka menuntut ilmu maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga

(HR Muslim).

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Karya sederhana ini ku persembahkan untuk:

- *Orang tua, yang telah mendukung, memberiku motivasi dalam segala hal serta memberikan kasih sayang yang teramat besar yang tak mungkin bisa ku balas dengan apapun.*
- *Suami yang telah mendukung, memberiku motivasi, terimakasih atas semuanya.*
- *Seluruh teman-teman Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Angkatan 2018, Dalam sebuah pertemuan pasti ada perpisahan Namun, perpisahan yang sangat indah adalah ketika kita bergenggam tangan, dan berjanji, "Kita untuk selamanya kawan, walaupun jarak menjauh, waktu memisahkan kita, namun dirimu akan tetap terkenang".*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penyusunan tesis dengan judul “Analisis Risiko Mikrobiologi Udara Dalam Ruang Pada Puskesmas Di Kota Semarang” dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan S-2 pada Program Pasca Sarjana Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.

Penulis menyadari dalam penyelesaian tesis ini tentu mendapat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi – tingginya kepada Dr. Ir. Mursid Raharjo M.Si selaku pembimbing I dan Dr. Yusniar Hanani D.,STP. M.Kes sebagai pembimbing II yang telah banyak memberi petunjuk, koreksi, perbaikan serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini. Dengan penuh kerendahan hati pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Yos Johan Utama, SH, M.Hum, sebagai Rektor Universitas Diponegoro, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
2. Dr. Budiyono. SKM. Mkes selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro.
3. Dr. Ir. Mursid Raharjo, M.Si selaku ketua Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro
4. dr. Onny Setiani,Ph.D dan Dr. Nurjazuli, S.KM, M.Kes selaku penguji yang telah memberikan masukan dan arahan terkait penelitian tesis ini.
5. Seluruh Dosen dan Staf Administrasi Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan atas segala dukungan dan layanan administrasi sehingga proses penyusunan tesis berjalan lancar.
6. dr. Mochamad Abdul Hakam, Kepala Dinas Kesehatan serta teman – teman di Dinas Kesehatan Kota Semarang atas semangat dan dukungannya.
7. Kepada Suami tercinta Eko Tris Wahyudi, yang selalu memberikan pengertian dan semangat serta do’a dalam menyelesaikan tesis ini.

8. Bapak dan ibu yang memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
9. Seluruh rekan – rekan mahasiswa Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan 2018 atas dukungan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak menutup kemungkinan terdapat kesalahan dan kekeliruan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan tesis ini.

Semarang, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN TESIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
RIWAYAT HIDUP	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
1. Tujuan Umum	4
2. Tujuan Khusus	4
D. Manfaat Penelitian.....	5
1. Instansi	5
2. Bagi Peneliti ataupun Perguruan Tinggi	5
E. Ruang Lingkup Penelitian	5
1. Lingkup Keilmuan	5
2. Lingkup Lokasi	6
3. Lingkup Materi.....	6
F. Keaslian Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas)	9
B. Pencemaran Udara	11
1. Pencemaran Udara Dalam Ruang	13
2. Pencemaran Udara dari Luar Ruang	14
3. Pencemaran Berupa Mikroorganisme	14
C. Efek Kesehatan Akibat Bioaerosol	15
D. Tinjauan Umum Tentang Bakteri pada Udara	16
E. Sick Building Syndrome	17
F. Infeksi Nosokomial (<i>Hospital Acquired Infestation/ HAIs</i>)	21
G. Permasalahan Kualitas Udara dalam Ruang	21
H. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	22
1. Bahaya (<i>Hazard</i>)	24
2. Risiko (<i>Risk</i>)	24
I. <i>Microbial Risk Assessment</i>	26
J. Jenis Penilaian Risiko	29
K. Parameter Penilaian Risiko	31

1. Identifikasi Bahaya (<i>Hazard Identification</i>)	31
2. Karakteristik Bahaya (<i>Hazard Characterisation</i>)	34
3. Penilaian Paparan (<i>Exposure Assesment</i>)	36
4. Karakteristik Risiko (<i>Risk Assessment</i>)	36
L. Manajemen Risiko	37
M. Manajemen Pengendalian Inspeksi	41
1. Definisi.....	41
2. Tujuan Pengendalian Infeksi.....	42
3. Strategi Pencegahan dan Pengendalian Infeksi	43
4. Kewaspadaan Berdasarkan Cara Penularannya	43
5. Surveilans	44
N. Faktor- Faktor yang mempengaruhi terjadinya Infeksi Nosokomial	44
O. Angka Kuman Udara	45
P. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Angka Kuman di Udara ...	46
q. Kerangka Teori	48
BAB III METODE PENELITIAN	49
A. Kerangka Konsep dan Hipotesis	49
1. Kerangka Konsep	49
2. Hipotesis.....	49
B. Jenis dan Rancangan Penelitian	49
1. Populasi Penelitian	50
2. Besar Sampel Penelitian.....	50
a. Estimasi Proporsi	50
b. Pengambilan Sampel Berisiko	51
C. Variabel Penelitian, Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran.....	51
D. Sumber Data Penelitian	53
E. Teknik Pengumpulan Data.....	53
F. Pengolahan Dan Analisis Data.....	54
1. Pengolahan Data	54
2. Analisis Data	55
BAB IV HASIL PENELITIAN	58
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	58
1. Profil Wilayah	58
2. Kondisi Demografi	60
3. Kesehatan	61
B. Hasil Analisis Data.....	64
1. Gambaran Ruang Pengambilan Sampel Udara	64
2. Kualitas Fisik dalam Ruang Puskesmas.....	68
3. Gambaran Karakteristik Responden	69
a. Jenis Kelamin Responden	69
b. Berat Badan Responden	70
c. Masa Kerja Responden	71
4. Pengukuran Angka Kuman Udara	71
C. <i>Mikroobial Risk Assessment</i> (MRA)	74
1. Identifikasi Bahaya	74
2. Analisis Pemajanan (<i>Exposure Assesment</i>)	75

3. Analisis Dosis Respon	77
4. Karakteristik Risiko	78
BAB V PEMBAHASAN	81
A. Konsentrasi Risk Agent	81
B. Karakteristik Antropometri.....	85
C. Analisis Pemajanan dan Perhitungan <i>Average Daily Dose</i> <i>Rate (ADD)</i>	87
D. Karakteristik Risiko.....	88
E. Manajemen Risiko	89
F. Keterbatasan Penelitian	94
BAB IV SIMPULAN DAN SARAN.....	95
A. Simpulan	95
B. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA.....	97
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Nomor gambar	Judul Gambar	Halaman
1	Alur Kegiatan Pelayanan Kesehatan Non Rawat Inap	9
2	Alur Kegiatan Pelayanan Kesehatan dengan Fasilitas Rawat Inap.....	10
3	Peta Sebaran Sarana Kesehatan Kota Semarang	11
4	Langkah- langkah Risk Analisis	23
5	Jalur Paparan Inhalasi.....	25
6	Jalur Paparan melalui Oral.....	26
7	Jalur Paparan melalui Kulit	26
8	Microbial Risk Assessment	27
9	Prediksi Distribusi MRA	28
10	Gambaran Umum Penilaian Risiko.....	30
11	Rantai Penularan Penyakit Infeksi	42
12	Skema Kerangka Teori.....	48
13	Skema Kerangka Konsep	49
14	Peta Kota Semarang	59
15	Grafik 10 Besar Penyakit Puskesmas Kota Semarang.....	64
16	Mekanisme Sinar Ultraviolet	94

DAFTAR TABEL

Nomor tabel	Judul tabel	Halaman
1	Keaslian Penelitian.....	6
2	Sumber dan Jenis Pencemar dalam Udara.....	14
3	Agen dan Penyakit Bawaan Udara.....	15
4	Faktor Penyebab <i>Sick Building Syndrom</i>	20
5	Pengelompokan Mikroorganisme Berdasarkan Risiko Infeksi.....	32
6	Parameter Dosis Respon Mikroorganisme	34
7	Standar Baku Mutu Mikrobiologi Udara.....	46
8	Definisi Operasional.....	52
9	Jumlah Kelurahan Menurut Kecamatan Kota Semarang	60
10	Distribusi Penduduk Menurut Jenis Kelamin Tahun 2019.....	60
11	Jumlah Sarana dan Prasarana Kesehatan Tahun 2019	62
12	Gambaran 10 Besar Penyakit Tahun 2019	63
13	Data Luas Ruang Puskesmas	65
14	Gambaran Umum Ruang Puskesmas Lokasi Pengambilan Sampel tahun 2020.....	67
15	Suhu dan Kelembaban dalam ruang di Puskesmas tahun 2020	68
16	Distribusi Frekuensi Responden Tenaga Medis Berdasarkan Jenis Kelamin Tahun 2020	70
17	Distribusi Frekuensi Responden Menurut Berat Badan Tenaga Medis Poli Pemeriksaan Umum (BPU) Tahun 2020.....	70
18	Distribusi Frekuensi Responden Menurut Berat Badan Tenaga Medis Poli KIA&KB Tahun 2020	70
19	Distribusi Frekuensi Masa Kerja di Poli Pemeriksaan Umum Tahun 2020	71
20	Distribusi Frekuensi Masa Kerja di Poli KIA & KB tahun 2020.....	71
21	Hasil Pengukuran Angka Kuman Udara Ruang Pemeriksaan Umum (BPU) dan Ruang KIA &KB Tahun 2020	73
22	Perhitungan Dosis Paparan (Intake) Melalui sistem Pernafasan.....	76
23	Probability Infection Abgka Kuman Udara Tahun 2020	77
24	HQ Angka Kuman Udara di Puskesmas Melalui Jalur Inhalasi Tahun 2020	79

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Lampiran		Halaman
1	<i>Ethical Clearence</i>	L-1
2	Surat Ijin Penelitian.....	L-2
3	<i>Informed Consent</i>	L-3
4	Kuesioner Penelitian	L-4
5	<i>Output SPSS</i>	L-5
6	Hasil Penelitian	L-6
7	Dokumentasi Penelitian.....	L-7

DAFTAR SINGKATAN

SBS	: <i>Sick Building Syndrome</i>
CFU	: <i>Colony forming unit</i>
MRA	: <i>Microbial Risk Assessment</i>
QMRA	: <i>Quantitative Microbial Risk Assessment</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>
EPA	: <i>Environmental Protection Agenc</i>
US EPA	: <i>United State Environmental Protection Agency</i>
VOCs	: <i>Volatile Organic Compounds</i>
CO	: <i>Karbonmonoksida</i>
Pb	: <i>Timbal</i>
AHU	: <i>Air Handling Unit</i>
BRI	: <i>Building Related Illnes</i>
Cfm	: <i>Cubic Feet per Minute</i>
HVAC	: <i>Heating Ventilating and Air Conditioning</i>
HAIs	: <i>Hospital Acquired Infection</i>
ARKL	: <i>Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan</i>
HQ	: <i>Hazard Quotient</i>
ECR	: <i>Excess Cancer Risk</i>
ADKL	: <i>Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan</i>
ILSI	: <i>International Life Sciences Institute</i>
ADD	: <i>Average daily dose rates</i>
RFD	: <i>Reference dose</i>
HI	: <i>Hazard Index</i>
ACGIH	: <i>American Conference of Governmental Insustrial Hygienists</i>
SWOT	: <i>Strengths Weaknesses Opportunities Threats</i>
PPI	: <i>Pencegahan dan Pengendalian Infeksi</i>
PEP	: <i>Post Exposure Prophylaxis</i>
EU	: <i>European Union</i>
UHH	: <i>Umur Harapan Hidup</i>
ISPA	: <i>Inspeksi Saluran Pernafasan Akut</i>
UGD	: <i>Unit Gawat Darurat</i>

RH : Kelembaban Relatif
KIA& KB : Kesehatan Ibu dan Anak & Keluarga Berencana
BPU : Balai Pengobatan Umum
CDC : *Centers for Disease Control*
HEPA Filter : *High Efficiency Particulate Air Filter*
CNT : *Carbon Nanotube*

ABSTRAK

Erna Handayani

**ANALISIS RISIKO MIKROBIOLOGI UDARA DALAM RUANG PADA
PUSKESMAS DI KOTA SEMARANG**

xvii + 96 halaman + 23 tabel + 16 gambar + 7 lampiran

Puskesmas tidak hanya dikunjungi oleh orang yang sakit tetapi juga orang yang sehat, sehingga puskesmas berpotensi menjadi tempat penularan penyakit. Penularan penyakit dapat dipengaruhi oleh keberadaan kuman pada udara. Hasil studi pendahuluan pengukuran angka kuman pada salah satu puskesmas rawat inap menunjukkan konsentrasi angka kuman udara pada BP umum sebesar 2.575 CFU/m³, pada ruang tunggu sebesar 945 CFU/m³ dan ruang rawat inap sebesar 492 CFU/m³ melebihi ambang batas menurut *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGHI). Besarnya potensi risiko kesehatan terutama puskesmas, dapat mengancam kesehatan petugas, pasien maupun masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya risiko paparan angka kuman udara terhadap kesehatan petugas puskesmas. Penelitian ini merupakan penelitian analitik dengan metode *Microbial Risk Assessment* (MRA). Populasi pada penelitian ini sebanyak 37 puskesmas di Kota Semarang dengan sampel penelitian sebanyak 13 puskesmas. Lokasi sampel dalam penelitian ini adalah ruang BP umum dan ruang KIA- KB. Pengambilan sampel angka kuman dilakukan pada 103 titik sampel pada 26 ruang dengan sampel berisiko berjumlah 96 responden untuk mendapatkan data antropometri dan masa kerja. Konsentrasi angka kuman udara diukur menggunakan alat *MAS eco 100 (Microbial Air Sampler)*. Pengambilan sampel dilakukan dengan volume udara 200 liter/menit selama 5 menit sesuai standar *MAS* pada bulan Maret – Mei 2020. Pemeriksaan sampel dilakukan di Laboratorium Kesehatan Kota Semarang. Hasil penelitian menunjukkan 44 titik sampel (42,72%) melebihi ambang batas standar yang dipersyaratkan berdasarkan ACGHI yaitu sebesar 500 CFU/m³. Konsentrasi angka kuman udara melebihi ambang batas pada puskesmas 6 puskesmas (46,15%) yaitu puskesmas Bugangan, Ngemplak Simongan, Karangmalang, Miroto, Purwoyoso dan puskesmas Gunungpati. Konsentrasi angka kuman yang masuk kedalam tubuh responden berkisar 4,69 CFU/kg/hari sampai dengan 23,82 CFU/kg/hari. Dari perhitungan MRA diperoleh nilai karakteristik risiko (HQ) pada 13 puskesmas HQ > 1 dengan peluang infeksi sebesar 9x10⁻¹ atau 9 kasus infeksi per 10 orang. Tingkat risiko angka kuman udara HQ > 1, menunjukkan bahwa *risk agent* dikatakan berisiko terhadap kesehatan petugas

Kata Kunci : Angka kuman udara, puskesmas, analisis risiko mikroorganisme.

Kepustakaan : 53 (1989 – 2019)

ABSTRACT

Erna Handayani

**MICROBIAL RISK ASSESSMENT OF INDOOR AIRBORNE MICROBE
IN THE COMMUNITY HEALTH CENTER IN SEMARANG CITY**

xvii + 96 pages + 23 tables + 16 figures + 7 attachment

The Community Health Center not only visited by sick people but also healthy people, so that it has the potential to become a place for disease transmission. Transmission of the disease can be influenced by the presence of germs in the air. The results of a preliminary study measuring germ numbers showed concentrations of 2575 CFU / m³, 945 CFU / m³ and 492 CFU / m³ exceeding the threshold according to the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGHI). The magnitude of potential health risks, especially puskesmas, can threaten the health of officers, patients and the community. The purpose of this study was to determine the magnitude of the risk of exposure to airborne germs on the health of health center staff. This research is an analytical study using Microbial Risk Assessment (MRA) method. Population in this study was 37 health centers of Semarang with a sample of 13 health centers. The sample in this the study is the general examination room and the maternal and child health room. Sampling at 103 sample point in 26 rooms with a sample of 96 respondents at risk to get anthropometric data and length of working. Concentration of airborne germ numbers was measured using a MAS eco 100 (Microbial Air Sampler) tool. Sampling was carried out with an air volume of 200 liters / minute for 5 minutes according to MAS standards in March - May 2020. Samples were examined at the Semarang City Health Laboratory. The results showed 44 sample points (42.72%) exceeded the standard threshold required by ACGHI which is 500 CFU / m³. Concentration of airborne germ numbers exceeds the threshold (46,15%) at the Bugangan Public Health Center, Ngemplak Simongan, Karangmalang, Miroto, Purwoyoso and the Gunungpati community health center, Concentration of the number of germs that enter the body of the respondents ranged from 4.69 CFU/kg/day to 23.82 CFU /kg/day. From the MRA calculation the risk characteristics (HQ) values obtained in 13 health centers HQ > 1 with a 9x10⁻¹ probability of infection or 9 cases of infection per 10 people. The results obtained by the level of risk of airborne germ count HQ > 1, it shows that the risk agent is said to be risk to the health of officers.

Keywords : Air germ numbers, community health centers, microbial risk assessment

Bibliography : 53 (1989-2019)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Fasilitas pelayanan kesehatan merupakan tempat yang digunakan untuk menyelenggarakan upaya pelayanan kesehatan baik secara *promotif*, *preventif*, *kuratif* maupun *rehabilitatif* yang dilakukan oleh pemerintah, pemerintah daerah dan masyarakat. Puskesmas merupakan salah satu sarana pelayanan kesehatan yang berfungsi sebagai pusat pembangunan kesehatan, pusat pembinaan peran masyarakat dalam bidang kesehatan, serta pusat pelayanan kesehatan tingkat pertama yang menyelenggarakan kegiatan secara menyeluruh dalam suatu wilayah tertentu. Puskesmas yang baik harus memenuhi persyaratan sarana prasarana yang memadai dan juga jenis pelayanannya sesuai dengan yang tercantum dalam Permenkes No. 75 tahun 2014 tentang Pusat Kesehatan Masyarakat. Persyaratan kesehatan lingkungan meliputi persyaratan kesehatan air, udara, tanah, sarana dan bangunan¹. Kualitas udara yang tidak memenuhi persyaratan sebanding dengan jumlah angka kuman dalam ruang. Selain menyebabkan *Sick Building Syndrome* kualitas udara yang tidak memenuhi persyaratan tersebut juga akan menyebabkan infeksi nosokomial. 10-20% infeksi nosokomial dapat disebabkan karena cara transmisi kuman penyebab infeksi ditularkan melalui udara².

Kualitas udara dalam ruang merupakan masalah yang perlu mendapat perhatian karena akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Di negara maju diperkirakan angka kematian per tahun karena pencemaran udara dalam ruang rumah sebesar 67% di pedesaan dan sebesar 23% di perkotaan, sedangkan di negara berkembang angka kematian terkait dengan pencemaran udara dalam ruang rumah daerah perkotaan sebesar 9% dan di pedesaan sebesar 1 % . Dalam riset tentang faktor ruangan dalam gedung diperoleh 52% dari gedung tersebut tidak berventilasi baik, 17% terkontaminasi dari dalam gedung, 11% terkontaminasi dari luar gedung, 5% terkontaminasi oleh bakteri, 3% terkontaminasi oleh bahan gedung sendiri dan 12% tidak diketahui permasalahannya³. Penelitian terhadap 350 karyawan dari 18 kantor di Jakarta

selama 6 bulan (Juli- Desember 2008) menunjukkan penurunan kesehatan pekerja dalam ruangan akibat udara ruang tercemar radikal bebas (bahan kimia), berasal dari dalam ruang serta 50% orang yang bekerja dalam gedung mengalami *Sick Building Syndrome* (SBS). *Sick Building Syndrome* berkaitan dengan munculnya iritasi pada kulit dan membran mukosa dan gejala lain termasuk sakit kepala, kelelahan dan kesulitan berkonsentrasi yang dikeluhkan oleh pekerja yang berada di gedung tersebut³. Infeksi nosokomial disebabkan oleh mikroorganisme yang didapat dari orang lain (*cross infection*) dan disebabkan oleh flora normal dari pasien itu sendiri (*endogenous infection*). Penularan melalui udara terjadi di dalam ruang yang tertutup seperti dalam gedung rumah sakit atau puskesmas, bangsal, kamar perawatan atau laboratorium⁴. Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO), kematian akibat *healthcare associated infections* (HAIs) 3 hingga 5 juta orang setiap tahun⁵.

Kota Semarang sebagai ibukota Provinsi Jawa Tengah memiliki 37 puskesmas induk yang terdiri dari 10 puskesmas perawatan dan 27 puskesmas non perawatan. Menurut Badan Pusat Statistik Kota Semarang memiliki jumlah penduduk 1.674.358 Jiwa⁶, dengan keberadaan puskesmas yang dekat dan terjangkau menjadi pilihan utama bagi masyarakat untuk solusi masalah kesehatan. Puskesmas perawatan Kota Semarang memiliki fasilitas ruang rawat inap pelayanan 24 jam dengan jumlah tempat tidur perawatan umum minimal 5 tempat tidur, sedangkan puskesmas non perawatan hanya meliputi pelayanan rawat jalan dengan operasional 10 Jam (08.00 s.d 17.00). Berdasarkan data sistem informasi puskesmas diperoleh jumlah rata-rata harian pengunjung puskesmas berkisar antara 150 orang/hari sampai dengan 200 orang/hari, dengan 3 penyakit yang terbanyak yang diderita adalah infeksi saluran nafas akut pada banyak tempat tidak dapat dispesifikasi sebesar 110.677 penderita, faringitis akut sebanyak 103.028 penderita dan hipertensi esensial (primer) sebanyak 97.532 penderita⁷.

Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 7 tahun 2019 mengenai Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, dalam indeks angka kuman menurut fungsi ruang atau unit dalam satuan *colony forming unit* (CFU/m³) pada ruang operasi kosong sebesar 35 CFU/m³ dan ruang operasi ada aktifitas sebesar

180 CFU/ m³ ⁸. Berdasarkan hasil penelitian di ruang rawat inap Rumah Sakit Khusus Penyakit Menular Jakarta ditemukan bahwa 163 spesimen hapus tangan dan kuku petugas yang diperiksa terdapat 85,1% yang tidak steril mengandung 31,6% spora, 17,9 bakteri *coliform*, 12,9 % *Staphylococcus epidermis*, 7,9% *Pseudomonas aeruginosa*, 7,3% *Clostridium spp*, 6,2% *Klebsiella spp*, 5,1% *Streptococcus haemolyticus*, 4,5% *Clostridium welchii*, 2,8% *Proteus spp*, 2,3 % *E. Coli*, 1,1% *Staphylococcus aureus* dan 0,6% *Pseudomonas spp*. Hal ini berarti ruang rawat inap Rumah Sakit Khusus Penyakit Menular Jakarta masih menjadi tempat yang sangat rentan terhadap penularan penyakit infeksi⁴.

Puskesmas menjadi tempat berkumpulnya orang sehat dan orang sakit, sehingga berpotensi menjadi tempat penularan penyakit. Penularan penyakit dapat dipengaruhi oleh keberadaan kuman pada udara. Besarnya potensi risiko kesehatan pada fasilitas kesehatan terutama puskesmas, dapat mengancam kesehatan masyarakat, maka diperlukan penyehatan sarana dan bangunan puskesmas dalam mewujudkan lingkungan yang sehat yang dapat memberikan perlindungan bagi masyarakat, petugas kesehatan ataupun pasien, terutama pasien yang menjalani perawatan di puskesmas yang memiliki fasilitas rawat inap, sehingga potensi risiko kesehatan dapat dicegah. Puskesmas sebagai sarana pelayanan umum, wajib memelihara dan meningkatkan lingkungan sehat sesuai standar dan persyaratan. Pemerintah telah mengeluarkan kebijakan pencegahan infeksi di rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 27 Tahun 2017 tentang Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Infeksi di Fasilitas Pelayanan Kesehatan sebagai upaya memutus siklus penularan penyakit dan melindungi pasien, petugas kesehatan, pengunjung dan masyarakat disekitar pelayanan kesehatan⁹.

Pencegahan dan pengendalian infeksi tersebut harus diperhatikan mengingat fasilitas pelayan kesehatan sebagai pelayan kesehatan bagi orang sakit dan harus melindungi orang sehat baik pengunjung maupun pekerja medis dan non medis di dalamnya. Pengukuran kualitas udara menjadi penting dilakukan karena udara merupakan salah satu media perpindahan bagi mikrobiologi penyebab infeksi nosokomial.

Hasil studi pendahuluan berupa pengukuran angka kuman yang dilakukan pada 3 lokasi (ruang tunggu, ruang pemeriksaan/ BP umum dan ruang rawat inap) salah satu puskesmas rawat inap menunjukkan bahwa jumlah angka kuman masing- masing ruangan melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Jumlah angka kuman pada ruang tunggu sebesar 945 CFU/m³, angka kuman pada BP umum sebesar 2.575 CFU/m³, dengan kondisi saat dilakukan sampling terdapat 2 dokter dan 2 orang pasien dewasa dan 1 anak- anak. Pada ruang rawat inap sebesar 492 CFU/m³ dengan 2 orang pasien di dalam ruang rawat inap. Pengukuran angka kuman udara penting dilakukan terutama pada ruang poli pemeriksaan umum dan ruang KB- KIA, dikarenakan ruang tersebut pasien tidak hanya dengan penyakit yang sama tetapi pasien dengan beragam kondisi dan penyakit datang untuk pemeriksaan.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan diatas peneliti tertarik untuk menganalisis besarnya risiko paparan angka kuman terhadap kesehatan petugas puskesmas dengan menggunakan metode *Microbial Risk Assessment* (MRA).

B. Rumusan Masalah

Penyebaran infeksi nosokomial dapat terjadi di fasilitas yang ada di puskesmas. Penyebab infeksi nosokomial di fasilitas kesehatan adalah mikroorganisme pada udara ruang. Kualitas udara mikrobiologis dalam ruang dipengaruhi oleh berbagai hal selain bersumber pada aktivitas manusia, juga dipengaruhi oleh lingkungan fisik sebagai habitat bagi mikroba.

Kualitas udara dalam ruang yang buruk akibat pencemar mikrobiologi akan mempengaruhi kesehatan petugas puskesmas. Berdasarkan studi pendahuluan di salah satu puskesmas diperoleh angka kuman udara sebesar 945 CFU/m³ pada ruang tunggu, ruang pemeriksaan sebesar 2.575 CFU/m³ dan ruang rawat inap sebesar 492 CFU/m³, konsentrasi angka kuman yang terukur melebihi ambang batas yang di persyaratkan oleh *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGHI). Dari uraian permasalahan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu berapa besar tingkat risiko paparan angka kuman udara pada petugas pelayanan kesehatan di puskesmas?.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya risiko paparan angka kuman udara terhadap kesehatan petugas puskesmas dengan menggunakan metode analisis risiko mikrobiologi (*Microbial Risk Assessment*).

2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

- a. Mengukur konsentrasi angka kuman udara dalam ruang puskesmas
- b. Mengetahui analisis pajanan pada petugas puskesmas
- c. Menganalisis karakteristik risiko kesehatan yang mungkin ditimbulkan oleh jumlah angka kuman udara pada petugas puskesmas
- d. Mengetahui manajemen risiko kesehatan lingkungan terhadap pajanan angka kuman tersebut

D. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Instansi

Sebagai bahan masukan Dinas Kesehatan Kota Semarang terhadap penentuan kebijakan yang berkaitan dengan potensi penyakit akibat mikroorganisme di udara terhadap petugas pelayanan kesehatan

2. Bagi Peneliti ataupun Perguruan Tinggi

Meningkatkan pengetahuan peneliti dan menambah masukan pengetahuan ke Perguruan Tinggi mengenai pajanan angka kuman dapat menimbulkan risiko kesehatan pada petugas pelayanan kesehatan di puskesmas. Serta meningkatkan pengetahuan masyarakat agar peduli pada lingkungan sekitar puskesmas

E. Ruang Lingkup Penelitian

Menyadari keterbatasan sarana, tenaga, dana, waktu dan kemampuan penulis dalam penelitian ini, maka penulis membatasi ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Lingkup Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2019 – Agustus 2020.

2. Lingkup Lokasi

Penelitian ini dilakukan di 13 Puskesmas Kota Semarang Propinsi Jawa Tengah.

3. Lingkup Materi

Ruang lingkup materi dalam penelitian ini dibatasi pada menganalisis tingkat risiko kesehatan akibat keberadaan kuman total di udara pada puskesmas kota semarang.

F. Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian dapat digunakan untuk membedakan penelitian yang dilakukan sekarang dengan penelitian sebelumnya

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

No	Peneliti/ Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Ana Paola Balderrama, Pablo Gortares, 2014	<i>Occurrence and quantitative microbial risk assessment of Cryptosporium and Giardia in soil and air sampler</i>	Analisis Risiko Mikrobiologi secara Kuantitatif (QMRA)	Hasil perhitungan QMRA <i>Cryptosporidium</i> dan <i>Giardia cysts</i> dari 21 sampel tanah dan 12 sampel udara diperoleh risiko sebesar $9,9 \times 10^{-1}$ untuk kedua jenis sampel
2.	Enita lhongbe, Ochei Effedua HI/ 2017	<i>Microbiological assessment of indoor air quality of some selectes private primary schools</i>	Pendekatan secara kuantitatif menggunakan settle plate	Hasil angka kuman dan jamur masing-masing 4378,82 CFU/m ³ dan 178,93 CFU/m ³ dengan P>0,05

Lanjutan Tabel 1.1

No	Peneliti/ Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	Yanpeng Li, Haifeng Zhang, dkk /2013	<i>Dispersion and Risk Assessment of Bacterial Aerosols Emitted from Rotating-Brush Aerator during Summer in a Wastewater Treatment Plant of Xi'an, China</i>	Observasional dengan metode Analisis Risiko Mikrobiologi pada masyarakat yang tinggal di sekitar Instalasi Pengolahan air limbah	Nilai HQ melalui rute inhalasi untuk anak- anak > pria dewasa > wanita dewasa sedangkan untuk HQ melalui kulit anak-anak> wanita dewasa> pria dewasa
4.	Kaixiong Yang, Lin Li, dkk/2018	<i>Airborne bacteria in waswater treatment plant : Emission characterization, source analysis and health risk assessment</i>	Observasional dengan metode Analisis Risiko Mikrobiologi pada pekerja Instalasi Pengolahan air limbah di negara China	Penilaian risiko diperoleh HI<1 untuk orang dewasa.hal ini menunjukkan bahwa tidak mempengaruhi efek kesehatan (risiko melalui inhalasi dapat diabaikan) Sedangkan penilaian risiko pada anak diperoleh HI>1 yang menunjukkan bahwa paparan bakteri melalui inhalasi dapat menimbulkan efek kesehatan.

Penelitian ini merupakan penelitian baru dan bersifat melengkapi hasil penelitian yang pernah dilakukan. Pada penelitian ini, menekankan pada analisis risiko kesehatan dengan mengukur keberadaan angka kuman dalam ruang di puskesmas. Penelitian ini berbeda dengan penelitian yang pernah dilakukan. Penelitian yang pernah dilakukan seperti pada tabel 1.1 keaslian peneliti.

Perbedaan dengan penelitian diatas yaitu, pada penelitian Barderrama, A.P melakukan penilaian risiko mikrobiologi bakteri *Cryptosporidium* dan *Giardia* yang merupakan penyebab *gastrointestinal* pada sampel tanah yang terkontaminasi tinja melalui proses *inhalasi* dan *ingesti*. Penelitian Carducci, A melakukan penilaian risiko mikroba yang terkontaminasi dengan Adenovirus (Hadv) pada pekerja instalasi pengolahan air limbah, pekerja tempat pembuangan akhir sampah maupun toilet kantor. Penelitian Enitan SS, dilakukan untuk menentukan penilaian risiko mikrobiologi dengan parameter bakteri dan jamur di udara pada sekolah dasar, identifikasi bakteri yang di temukan adalah *Staphylococcus aureus*, *Coagulase negative*, *Staphylococcus species*, *Micrococcus species* dan *Aerococcus species*, *Aspergillus species*, *Mucor species*, *Penicillium species*, *Candida species*, *Microsporium species*, *Trichophyton species* dan *Rhizopus species*. Penelitian Widhiasmoro, A melakukan penelitian risiko mikrobiologi dengan parameter *Campylobacter jejuni* pada produk makanan sebagai penyebab diare. Sedangkan penelitian Li, Y mengukur tingkat risiko mikrobiologi pada masyarakat yang tinggal di sekitar Instalasi Pengolahan Air Limbah dan dilakukan pada musim panas. Sedangkan penelitian Yang, K melakukan penelitian penilaian risiko kesehatan pada pekerja Instalasi Pengolahan Air limbah.

BAB II

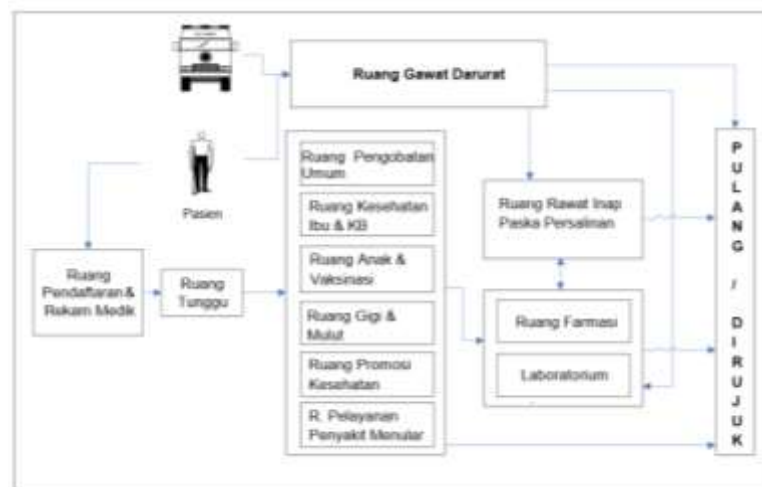
TINJAUAN PUSTAKA

A. Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas)

Puskesmas adalah fasilitas pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan upaya kesehatan masyarakat dan upaya kesehatan perseorangan tingkat pertama, dengan lebih mengutamakan upaya promotif dan preventif, untuk mencapai derajat kesehatan masyarakat yang setinggi-tingginya di wilayah kerjanya. Puskesmas mempunyai tugas melaksanakan kebijakan kesehatan untuk mencapai tujuan pembangunan kesehatan di wilayah kerjanya dalam rangka mendukung terwujudnya kecamatan sehat. Berdasarkan kemampuan penyelenggaraannya puskesmas dikategorikan menjadi¹

1. Puskesmas non rawat inap

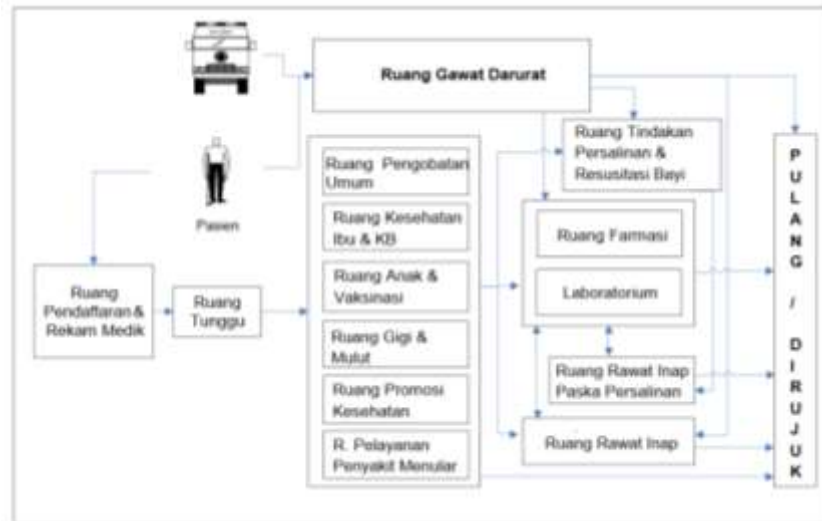
Puskesmas non rawat inap adalah Puskesmas yang tidak menyelenggarakan pelayanan rawat inap, kecuali pertolongan persalinan normal



Gambar 2.1 Alur Kegiatan Pelayanan Puskesmas
Sumber : Permenkes No. 75 Tahun 2014

2. Puskesmas rawat inap

Puskesmas rawat inap adalah puskesmas yang diberi tambahan sumber daya untuk menyelenggarakan pelayanan rawat inap, sesuai pertimbangan kebutuhan pelayanan kesehatan

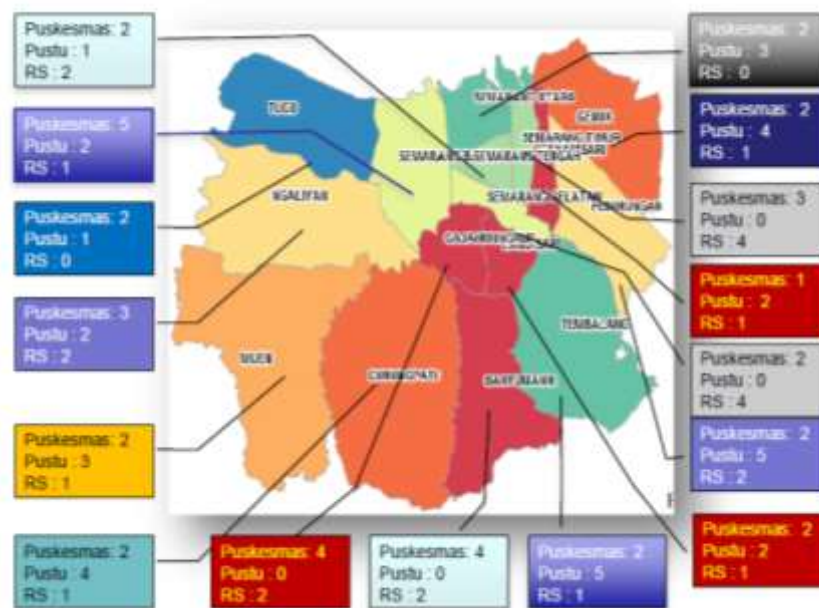


Gambar 2.2 Alur Kegiatan Pelayanan Puskesmas dengan Fasilitas Rawat Inap
Sumber : Permenkes No. 75 Tahun 2014

Dinas Kesehatan Kota Semarang membawahi 37 puskesmas induk yang tersebar di Kota Semarang guna melayani 1.674.358 jiwa. Puskesmas- puskesmas ini dikelompokan berdasarkan wilayah yaitu⁷ :

1. Kecamatan Semarang Tengah terdiri dari Puskesmas Poncol dan Miroto
2. Kecamatan Semarang Utara terdiri dari Puskemas Bandarharjo dan Bulu Lor
3. Kecamatan Semarang Timur terdiri dari Puskesmas Halmahera, Bugangan dan Karangdoro
4. Kecamatan Semarang Selatan terdiri dari Puskesmas Pandanaran dan Lamper Tengah
5. Kecamatan Semarang Barat terdiri dari Puskesmas Karangayu, lebdosari, manyaran, krobokan dan Ngeplak Simongan
6. Kecamatan Gayamsari terdiri dari Puskesmas Gayamsari
7. Kecamatan Candisari terdiri dari Puskesmas Kagok dan Candilama
8. Kecamatan Gajahmungkur terdiri dari Puskesmas Pegandan
9. Kecamatan Genuk terdiri dari Puskesmas Genuk dan Bangetayu
10. Kecamatan Pedurungan terdiri dari Puskesmas Tlogosari Kulon dan Puskesmas Tlogosari Wetan
11. Kecamatan Tembalang terdiri dari Puskesmas Rowosari dan Kedungmundu

12. Kecamatan Banyumanik terdiri dari Puskesmas Pudakpayung, Ngesrep, Padangsari, Sronдол
13. Kecamatan Gunungpati terdiri dari Puskesmas Sekaran dan Gunungpati
14. Kecamatan Mijen terdiri dari Puskesmas Mijen dan Karangmalang
15. Kecamatan Ngaliyan terdiri dari Puskesmas Tambakaji, Purwoyoso, Ngaliyan.
16. Kecamatan Tugu terdiri dari Puskesmas Mangkan dan Karanganyar⁷.



Gambar 2.3 Peta Sebaran Sarana Kesehatan Kota Semarang
Sumber : Profil Kesehatan Kota Semarang, 2019

B. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga menyebabkan perubahan susunan/ komposisi udara dari keadaan normal. Udara dikatakan tercemar apabila mutu udara turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya dan dapat mengganggu kehidupan manusia.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 41 tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara, disebutkan bahwa pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/ atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambien turun sampai ke

tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak memenuhi fungsinya¹⁰. Sedangkan menurut Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, pencemaran udara diartikan terjadinya kontaminasi atmosfer oleh gas, cairan maupun limbah padat serta produk samping dalam konsentrasi dan waktu tertentu sehingga menimbulkan gangguan terhadap kesehatan pada kehidupan manusia, hewan, maupun tumbuh- tumbuhan.

Zat pencemar dapat masuk kedalam udara secara alamiah maupun akibat kegiatan manusia. Zat pencemar masuk secara alamiah misalnya akibat kebakaran hutan, gunung berapi, pancaran garam dari laut, sedangkan akibat kegiatan manusia misalnya akibat transportasi, industri, dekomposisi kegiatan rumah tangga.

Pencemaran udara menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1407 tahun 2002 tentang Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara adalah kegiatan manusia yang mengakibatkan masuknya komponen lain ke udara yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (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. Bila keadaan seperti itu terjadi maka udara dikatakan telah tercemar¹¹.

Menurut sumbernya, pencemaran dibedakan menjadi pencemar udara dalam ruang (indoor) dan pencemar udara luar ruang (outdoor). Pencemaran udara di luar ruangan biasanya terjadi akibat asap kendaraan bermotor dan asap industri sedangkan pencemaran udara di dalam ruang akibat asap rokok maupun gangguan sirkulasi udara. WHO memperkirakan sekitar 400- 500 juta orang khususnya di negara berkembang menghadapi masalah polusi udara di dalam ruang dan diperkirakan sekitar 3 juta kematian diakibatkan oleh polusi udara dengan 2,8 juta akibat polusi udara dalam ruang dan 0,2 juta akibat polusi udara luar ruang. Menurut penelitian yang dilakukan *Environmental Protection Agency* (EPA) menemukan bahwa polusi udara dalam ruang lebih berbahaya dibandingkan udara luar¹².

1. Pencemaran Udara Dalam Ruang (*Indoor*)

Berdasarkan penelitian *United State Environmental Protection Agency* (US EPA) tentang pola aktifitas, manusia menghabiskan kira- kira 90% waktunya di dalam ruang dibandingkan di luar ruangan. Derajat pencemaran udara dalam ruang bisa dua sampai lima kali lebih tinggi dibandingkan dengan pencemaran udara luar ruang dan termasuk lima besar polusi yang berisiko mengancam kesehatan masyarakat modern.

Faktor utama yang mendorong kepedulian pada kualitas udara di dalam ruang adalah adanya keluhan tentang kualitas udara dan kenyamanan ruangan. Beberapa keluhan kesehatan yang muncul seperti hidung mengeluarkan air bila berada dalam ruangan, pusing-pusing dan mual. Timbulnya permasalahan terkait kualitas udara dalam ruang umumnya disebabkan oleh kurangnya ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminasi di dalam ruangan (16%) kontaminasi dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%) dan lain- lain (13%)¹³.

Sumber pencemar dapat dikelompokkan menjadi pencemaran yang berasal dari luar, berasal dari dalam maupun mikroorganisme yang berasal dari dalam dan luar ruangan. Jenis pencemaran dalam ruang dapat dikendalikan maupun tidak dapat dikendalikan. Pencemaran yang tidak dapat dihindari berasal dari proses metabolisme seperti aktifitas pokok manusia yang berada di dalam ruangan. Sedangkan tipe pencemaran yang dapat dihindari antara lain berasal dari emisi senyawa organik dari bangunan dan isinya.

Bahan pencemar dalam ruang dapat bersumber dari bangunan dan isinya maupun dapat berasal dari bahan- bahan pembersih ruangan dan furnitur kantor. Pencemar dari bangunan dan isinya dapat berupa asbestos, formaldehid, maupun senyawa organik yang mudah menguap (*volatile organik compounds*). VOCs dapat ditemukan pada material baik sintetis atau alamiah. Kadar emisi tertinggi terjadi saat material tersebut dalam kondisi baru, pada kondisi ini bangunan yang mengandung cemaran formaldehid, dan faktor kelembaban dapat mengakibatkan terjadinya SBS. Kandungan VOCs dalam ruangan lebih tinggi dibandingkan dengan di luar ruangan.

Tabel 2.1 Sumber dan Jenis Pencemar dalam Ruang¹⁴

No	Jenis Pencemar	Sumber
1.	Partikel halus	Memasak, asap rokok
2.	Karbonmonoksida	Asap rokok
3.	PAHs	Asap rokok, memasak
4.	NOx	Pembakaran bahan bakar
5.	SOx	Pembakaran bahan bakar batu bara
6.	Arsenik dan fluorin	Pembakaran bahan bakar batu bara
7.	VOC	Produk dalam ruangan, mebel, material konstruksi, memasak, asap rokok
8.	Aldehida	Mebel, material konstruksi, memasak
9.	Pestisida	Produk yang dikonsumsi debu dari luar
10.	Timah	Remodelling/ penghancur permukaan yang dicat
11.	Biologi	Material terendam, mebel, komponen sistem pengatur cuaca, pekerja dalam ruangan, binatang, udara luar

2. Pencemaran Udara Luar Ruang

Pencemar yang berasal dari luar ruangan, biasanya berasal dari aktifitas lalu lintas dengan sumber pencemar karbonmonoksida (CO), Timbal (Pb), maupun nitrogen oksida. Sumber lainnya dapat berasal dari kegiatan industri dengan zat pencemar antara lain nitrogen, sulfur oksida, senyawa organik mudah menguap, asap, serat serta padatan halus².

3. Pencemar Berupa Mikroorganisme

Pencemar mikroorganisme dapat berupa bakteri, jamur dan spora yang berada dalam ruangan tersebut. Mikroorganisme yang tersebar di dalam ruang di kenal dengan istilah *bioaerosol*. *Bioaerosol* adalah mikroorganisme atau partikel, gas, substansi dalam gas atau organisme hidup yang terdapat dalam udara. *Bioaerosol* di udara berbentuk bakteri (*Legionella*, *Actinomycetes*), jamur (*Histoplasma*, *Alternaria*, *Pencillium*, *Aspergillus*, *Stachybotrys*, *Aflatoxins*), protozoa (*Naegleria*, *Acanthameoba*). Virus (*Influenza*). Pada kondisi terbatas keberadaan bioaerosol tidak menimbulkan efek, tetapi dalam jumlah tertentu dan terhirup akan menimbulkan infeksi pernafasan seperti alergi dan asma².

Udara bebas bukan merupakan tempat alamiah mikroba, lamanya mikroba di udara dipengaruhi oleh kecepatan angin, kelembaban udara, maupun aktifitas lingkungan setempat sehingga penularan penyakit lewat mikroba bebas sulit terjadi, kecuali penyakit yang disebabkan oleh mikroba berspora dan virus.

Bioaerosol yang dapat mempengaruhi kualitas udara antara lain jenis jamur. Jamur bersifat patogen yang dapat menyebabkan sakit maupun alergi. Dalam pertumbuhan jamur akan menghasilkan vegetasi, material organik, maupun menghasilkan mikotoksin yang merupakan substansi yang toksik terhadap manusia apabila terhirup, tertelan dan bersentuhan dengan kulit. Walaupun udara bukan habitat mikroba, tetapi aktivitas manusia baik disengaja maupun tidak dapat menjadi media hidup sementara di udara misalnya kelembaban yang terjadi saat manusia bersin¹⁵.

C. Efek Kesehatan Akibat Bioaerosol

Bioaerosol dapat menyebabkan efek kesehatan yang cukup luas, antara lain dapat menyebabkan infeksi (patogen) dan alergi atau reaksi keracunan. Racun bioaerosol yang luruh di udara dikenal sebagai non viabel aerosol yang menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernafasan.

Tabel 2.2. Agen dan Penyakit Bawaan Udara²

Jenis Mikroba	Agen	Penyakit
Batang gram negatif	1. <i>Pseudomonas</i>	Infeksi telinga yang berat, infeksi mata
	2. <i>Salmonella, shigella dan vibrio</i>	Enteritis enterokolitis dan diare
	3. <i>Klebsiella</i>	Pneumonia
	4. <i>Proteus</i>	Infeksi saluran kemih
	5. <i>Brucella</i>	Bruselosis
	6. <i>Bordetella</i>	Batuk rejan
	7. <i>Bacteroides fragilis dan Esterichia coli</i>	Abses hati
	8. <i>Haemophilus</i>	Epiglottitis, Sinusitis,
	9. <i>Legionella</i>	Laringotrakheitis, otitis, meningitis Legionnaire's diseases

Lanjutan tabel 2.2

Jenis Mikroba	Agen	Penyakit
Batang gram positif	1. <i>Bacillus fragilis</i>	Kholesistitis
	2. <i>Clostridium</i>	Diare
	3. <i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Diphtheriae
	4. <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosa
Jamur	1. <i>Candida</i>	Endokarditis, infeksi pada mata,
	2. <i>Histoplasma capsulatum</i>	infeksi kulit Sariawan, Pneumonia
	3. <i>Sporothrix schenckii</i>	Infeksi granulomatosa menahun

Sumber : Kingsley, 1982 dan Jawetz, 1986

Dampak lain yang ditimbulkan dari pencemaran udara antara lain beberapa gangguan kesehatan akibat bakteri patogen di udara antara lain dapat menimbulkan berbagai macam penyakit seperti alergi, asma serta kanker. Penyakit yang ditimbulkan bersifat tidak langsung tetapi akan diakumulasikan sedikit demi sedikit dan membebani tubuh sehingga menyebabkan penyakit kronis

D. Tinjauan Umum Tentang Bakteri pada Udara

Udara pada dasarnya bukan tempat pertumbuhan dan reproduksi bakteri karena komposisi udara yang tidak sesuai. Bakteri pada udara kemungkinan terbawa oleh debu, uap air, angin dan penghuni dalam ruangan tersebut yang dapat menempel pada permukaan tanah, lantai, ruangan, perabot maupun penghuni ruangan. Bakteri- bakteri tersebut bersifat saprofit dan non patogenik, tetapi dengan jumlah yang bertambah dapat berpotensi sama seperti bakteri patogenik

Jenis- jenis bakteri yang banyak ditemukan dalam ruang antara lain¹⁶ :

1. *Micrococcus sp*

Bakteri jenis ini terdapat pada kulit manusia, dan ditemukan pada area dengan okupansi tinggi atau pada area dengan ventilasi ruang kurang baik. Bakteri ini dapat dihilangkan dengan sistem ventilasi yang baik dan proses pembersihan dengan penyedotan debu dan sejenisnya.

2. *Bacillus sp*

Bakteri jenis ini tergolong tidak berbahaya dan diasosiasikan dengan tanah dan debu. Media yang baik bagi pertumbuhan bakteri jenis ini pada permukaan yang berdebu dan keras.

3. *Staphylococcus sp*

Staphylococcus terdapat pada permukaan kulit manusia. Diantara spesies *Staphylococcus* yang paling umum terdapat di dalam ruang adalah *Staphylococcus aureus*, yaitu patogen yang penting dalam lingkungan rumah sakit, karena mempunyai kemampuan memecah sel darah merah

4. Batang gram positif

Batang gram positif merupakan tipe bakteri yang juga diasosiasikan dengan tanah dan debu. Bakteri jenis ini tergolong jenis patogen yang tidak berbahaya, bakteri ini tumbuh di area yang basah dan lembab seperti pada karpet, dinding, dan perabot. Bakteri ini dapat dihilangkan dengan cara pembersihan dan sistem ventilasi yang memadai.

5. Batang gram negatif

Bakteri jenis ini dapat menyebabkan demam. Jika ditemukan dalam konsentrasi yang tinggi, sangat keterkaitan dengan bioaerosol dari air yang terkontaminasi atau sumber-sumber kontaminan lainnya, seperti permukaan yang basah dan lembab, tumpahan air pembuangan, banjir, atau dari sistem *Air Handling Unit* (AHU) yang meningkat. Pertumbuhan pada AHU dapat memicu terjadinya gejala- gejala seperti pneumonia akut.

E. Sick Building Syndrome (SBS)

Istilah SBS dikenal dengan sindrom gedung tinggi (*Sick Building Syndrom*), dikarenakan kejadian tersebut terjadi pada gedung- gedung tinggi pencakar langit. SBS dapat dialami oleh gedung perkantoran non pencakar langit yang karakteristik kualitas udara dalam ruangnya buruk. SBS menggambarkan situasi dimana penghuni mengalami efek kesehatan dan kenyamanan tetapi tidak ada penyakit atau penyebab spesifik yang dapat diidentifikasi.

Kondisi seorang karyawan terindikasi SBS apabila mengalami hal berikut ini¹⁷ :

- a. Adanya gejala ketika bekerja atau tinggal dalam gedung seperti sakit kepala, iritasi mata, hidung atau tenggorokan, batuk kering, pusing dan mual, sulit konsentrasi dan sensitivitas terhadap bau.
- b. Berkurangnya gejala ketika meninggalkan gedung atau secara temporer berada di tempat lain
- c. Gejala dapat muncul kembali saat berada di gedung semula
- d. Jumlah orang yang merasakan sindrom banyak.

Seseorang terkena gejala SBS apabila menderita 2/3 dari sekumpulan gejala seperti lesu, hidung tersumbat, kerongkongan kering, sakit kepala, kulit gatal- gatal, mata pedih, mata kering, pilek, pegal- pegal, sakit leher/ punggung dalam waktu bersamaan. Apabila terdapat >20% responden, 50% mempunyai keluhan tersebut. Jika hanya 2-3 orang yang diindikasikan kejadian flu biasa. Diantara beberapa keluhan tersebut, yang mempunyai frekuensi tinggi adalah keluhan iritasi selaput mukosa (saluran napas, hidung, mata). Dikatakan gejala SBS apabila memiliki 1 atau lebih gejala yang sedikitnya 1 kali dialami dalam 1 minggu. Seseorang dikatakan terjangkit SBS apabila gejala muncul lebih dari 2 kali/ minggu selama jam kerja dan pulih setelah meninggalkan gedung².

Berbeda dengan SBS, *Building Related Illnes* (BRI) digunakan saat gejala penyakit dapat didiagnosis dan diidentifikasi yang berkaitan langsung dengan kontaminasi udara¹². Kondisi seorang karyawan terindikasikan BRI apabila mengalami hal berikut ini :

- a. Penghuni gedung mengeluhkan gejala seperti batuk, sesak, demam, menggigil dan nyeri otot
- b. Gejala dan penyebab dapat diidentifikasi secara klinis
- c. Membutuhkan pemulihan yang cukup lama.

Lingkungan tempat kerja sangat mempengaruhi terjadinya penyebaran polutan. Sirkulasi udara yang terganggu, adanya bakteri dan virus, maupun zat kimia ruangan merupakan sumber radikal bebas yang menyebabkan terjadinya SBS. Beberapa faktor yang berhubungan dengan kualitas udara dalam ruang yang menyebabkan terjadinya SBS antara lain :

a. Ventilasi dalam ruangan yang buruk

Ventilasi ruangan yang buruk akan menyebabkan terganggunya distribusi udara dan tersedianya udara segar. Digambarkan bahwa 52% pencemaran terjadi akibat ventilasi yang tidak memenuhi sehingga menghambat masuknya udara ke dalam ruangan, distribusi udara yang tidak merata dan buruknya perawatan ventilasi gedung. Standar minimum ventilasi udara luar adalah 15 cfm (*cubic feet per minute*) per orang atau 20- 60 cfm/ orang yang berada di ruang kantor.

b. Kontaminasi kimia yang bersumber dari dalam dan luar ruang

Sebagian besar polusi udara dalam ruang disebabkan oleh cemaran bahan kimia dalam ruangan tersebut. Sedangkan kontaminasi kimia dari luar ruang dapat berupa sumber polusi udara yang dapat masuk melalui ventilasi yang buruk. Zat kontaminasi tersebut yang dapat menyebabkan efek kronis maupun efek akut pada tingkat konsentrasi yang tinggi dan beberapa jenis menimbulkan efek karsinogenik.

c. Kontaminasi biologis

Kontaminasi biologis dapat berupa bakteri, jamur maupun virus. Gejala fisik yang berkaitan dengan kontaminasi biologis antara lain batuk, dada sesak, demam, menggigil, nyeri otot, dan alergi dan gangguan pernafasan bagian atas. Salah satu bakteri yang terdapat di ruangan adalah bakteri *Legionella* yang menyebabkan penyakit *Legionnaire* dan demam Pontiac.

d. Kondisi lingkungan dalam ruangan yaitu kelembaban, suhu ruangan, dan aliran udara. faktor ini terkait dengan proses absorpsi polutan kimia dalam ruang, maupun peningkatan pertumbuhan mikroorganisme di udara.

Peningkatan prevalensi *Sick Building Syndrome* akan dipengaruhi faktor individu dan faktor gedung. Faktor individu dapat berupa pengaruh asap rokok, pengaruh debu ruangan sedangkan faktor gedung terdiri dari suhu ruangan $<23^{\circ}\text{C}$ dalam ruang berAC, dan rendahnya aliran udara dalam ruang $<10\text{ L/s/org}$. Berbagai penelitian terkait penyebab SBS telah banyak dilakukan, tetapi parameter lebih difokuskan pada ventilasi dan faktor kontaminan².

Tabel 2.3 Faktor Penyebab *Sick Building Syndrome*

No	Parameter	Keterangan
1	Sistem ventilasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kecepatan angin 2. Buruknya distribusi udara 3. Sistem ventilasi yang tidak beroperasi 4. AC
2.	Kontaminan gedung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asbestos 2. Karbondioksida 3. Karbon monoksida 4. Debu 5. Formaldhehid, ozon 6. Spora jamur 7. Bakteri 8. Polutan dari luar
3.	Penghuni	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usia 2. Status Kesehatan 3. Gender 4. Pekerjaan
4.	Lain- lain	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kebisingan 2. Pencahayaan 3. Bentuk Gedung

Sick Building Syndrome dapat ditangani dengan cara- cara sebagai berikut :

1. Modifikasi sumber polutan

Cara ini merupakan cara yang efektif sebagai solusi masalah pencemaran udara dalam ruang. Cara ini dapat dilakukan dengan melakukan pemeliharaan rutin sistem *heating, ventilating and air conditioning* (HVAC). Misalnya dengan melakukan pembersihan berkala atau penggantian filter udara, maupun mengatur ventilasi udara.

2. Menambah jumlah ventilasi

Menambah jumlah ventilasi sebagai distribusi udara sering kali digunakan sebagai cara efektif untuk mengurangi tingkat polutan dalam ruangan.

3. Pembersihan udara

Cara ini dilakukan dengan menggunakan tambahan berupa filter udara.

4. Komunikasi

Komunikasi dilakukan sebagai program manajemen perbaikan. Dengan adanya komunikasi diharapkan pencegahan atas masalah yang terjadi lebih efektif.

F. Infeksi Nosokomial (*Hospital Acquired Infection/ HAIs*)

Infeksi Nosokomial/ HAIs merupakan kejadian infeksi yang tidak hanya berasal dari rumah sakit tetapi juga fasilitas kesehatan lain, dan tidak hanya infeksi kepada pasien tetapi juga kepada petugas kesehatan dan pengunjung yang tertular saat berada di lingkungan fasilitas kesehatan. Infeksi ini disebabkan oleh mikroorganisme patogen yang terjadi pada pasien selama perawatan di rumah sakit dan fasilitas pelayanan kesehatan lainnya saat masuk tidak ada infeksi dan tidak dalam masa inkubasi tetapi muncul setelah pasien pulang¹⁸.

G. Permasalahan Kualitas Udara dalam Ruang

Kualitas udara dalam ruang selain dipengaruhi oleh zat pencemar, juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Kelembaban dan suhu yang ekstrim dapat menjadi media pertumbuhan bakteri maupun jamur. Jamur dapat tumbuh dalam suasana anaerob dengan kelembaban udara lebih dari 65%. Suhu optimum pertumbuhan jamur saprofit adalah 22-30°C sedangkan jamur patogen akan hidup pada suhu 30-37°C. Suhu udara terbagi menjadi suhu kering dan suhu basah. Suhu kering merupakan suhu yang ditunjukkan oleh termometer suhu ruangan setelah diadaptasikan selama kurang lebih sepuluh menit. Kisaran suhu kering antara 24-34°C. Sedangkan suhu basah menunjukkan suhu udara telah jenuh oleh uap air, umumnya lebih rendah daripada suhu kering yaitu antara 20-25°C².

Suhu rumah yang memenuhi persyaratan kesehatan adalah antara 20-25°C. Jika suhu rumah <20°C atau >25°C tidak memenuhi persyaratan kesehatan. Suhu rumah yang tidak memenuhi standar akan meningkatkan kehilangan panas tubuh dan tubuh akan menyeimbangkan dengan suhu lingkungan melalui proses evaporasi. Kehilangan panas tubuh akan menyebabkan penurunan vitalitas tubuh

dan merupakan predisposisi untuk terkena infeksi saluran nafas oleh agen yang menular².

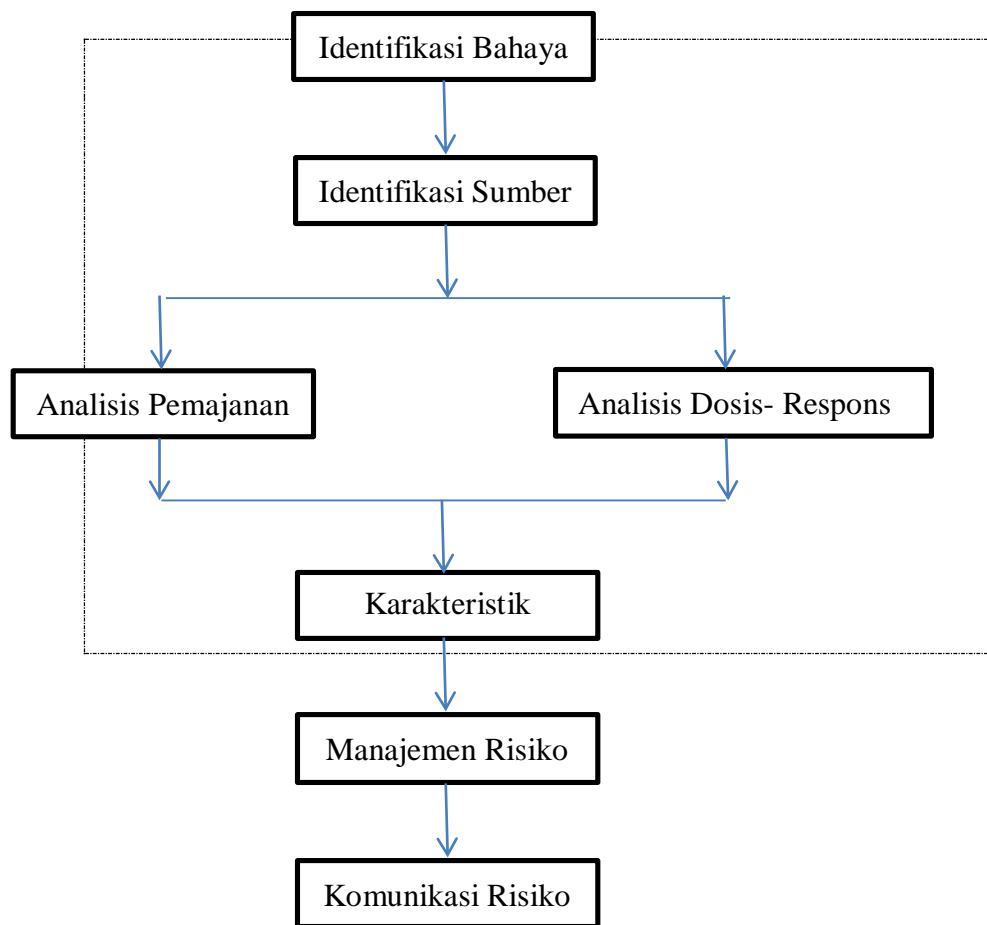
Kelembaban udara merupakan jumlah kandungan air dalam udara yang terdiri dari kelembaban absolut dan kelembaban nisbi. Kelembaban absolut merupakan berat uap air per unit volume udara. Sedangkan kelembaban nisbi (relatif) merupakan banyaknya uap air dalam udara pada suatu temperatur terhadap banyaknya uap air pada saat udara jenuh dengan uap air pada temperatur tersebut. Kelembaban udara yang memenuhi syarat kesehatan dalam rumah adalah 40-60% dan kelembaban udara yang tidak memenuhi syarat kesehatan adalah <40% atau >60%. Rumah yang tidak memiliki kelembaban yang memenuhi syarat akan berpengaruh bagi penghuninya. Rumah yang lembab akan menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme baik bakteri, virus, *spiroket*, *rickettsia*. Selain itu kelembaban yang tinggi akan menyebabkan mukosa hidung menjadi kering².

Pemakaian pendingin udara bertujuan untuk memberikan suasana nyaman. Memanfaatkan HVAC system (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*) dalam sistem pendingin dinilai efektif. Dalam sistem ini, udara dari luar yang masuk ke dalam gedung akan melalui sistem pengolahan udara sentral, HVAC bertindak sebagai pengontrol polutan dan kontaminan⁹.

H. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan di lingkungan dengan output adalah karakteristik risiko (dinyatakan sebagai tingkat risiko) yang menjelaskan apakah agen risiko/ parameter lingkungan berisiko terhadap kesehatan masyarakat atau tidak¹⁹. Ciri – ciri ARKL antara lain adalah pajanan agen risiko yang diterima setiap individu dinyatakan sebagai asupan atau *intake* dan dalam perhitungan asupan membutuhkan konsentrasi agen risiko dalam media lingkungan tertentu, karakteristik antropometri dan pola aktivitas waktu kontak dengan agen risiko. Pajanan agen risiko dibedakan menjadi dua yaitu karsinogenik dan non karsinogenik. Untuk efek non karsinogenik besaran risiko dinyatakan *Hazard Quotient* (HQ) sedangkan untuk efek karsinogenik dinyatakan dan *Excess Cancer Risk* (ECR). Analisis risiko kesehatan lingkungan adalah

langkah- langkah dalam memperkirakan dan menilai besaran dan kemungkinan risiko kesehatan dan lingkungan yang akan terjadi sehingga pihak yang peduli mengetahui dan mengurangi risiko tersebut. Pelaksanaan ARKL diharapkan tidak hanya terbatas pada analisis atau penilaian risiko suatu agen risiko atau parameter tertentu di lingkungan terhadap kesehatan masyarakat, namun juga menyusun skenario pengelolaannya. Bagan alir analisis risiko dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Langkah- Langkah *Risk* Analisis
Sumber : Louvar & Louvar, 1998

Ruang lingkup risiko kesehatan lingkungan dapat mencakup sebagai berikut¹⁹.

- b. Kontaminasi bahan kimia (udara, air, tanah dan makanan)
- c. Kontaminasi mikrobiologi patogen pada makanan dan air
- d. Sumber radiasi elektromagnetik
- e. Cuaca dan perubahan iklim

Di dalam Keputusan Menteri Kesehatan No. 876/ Menkes/SK/VIII/2001 tentang pedoman teknis analisis dampak kesehatan lingkungan (ADKL), ARKL diartikan sebagai suatu pendekatan untuk mengamati potensi besarnya risiko yang dimulai dengan mendeskripsikan masalah lingkungan yang telah dikenal dan melibatkan penetapan risiko pada kesehatan manusia yang berkaitan dengan masalah lingkungan yang bersangkutan, aplikasi ARKL digunakan untuk memprediksi besarnya risiko dengan titik tolak dari kegiatan pembangunan yang sudah berjalan, risiko saat ini dan memperkirakan besarnya risiko dimasa yang akan datang²⁰.

1 Bahaya (*Hazard*)

Bahaya atau *hazard* merupakan sumber potensi menimbulkan kerugian. Jika salah satu bagian dari rantai kejadian hilang, maka suatu kejadian tidak akan terjadi. Suatu bahaya akan menimbulkan efek jika terjadi sebuah kontak atau *exposure*. Bahaya diklasifikasikan menjadi 2 (dua) yaitu²¹ :

1. Bahaya keselamatan kerja (*Safety Hazard*)

Jenis bahaya yang menimbulkan kecelakaan dan menyebabkan luka hingga terjadinya kematian. Bahaya keselamatan kerja terdiri dari bahaya mekanik, yang terjadi akibat mesin atau alat kerja mekanik. Bahaya elektrik, terjadi akibat substansi kimia yang mengandung arus listrik. Bahaya kebakaran, disebabkan oleh substansi kimia yang bersifat mudah terbakar dan bahaya ledakan yang disebabkan oleh substansi kimia bersifat *explosive*.

2. Bahaya Kesehatan Kerja

Jenis bahaya ini berdampak pada kesehatan dan menyebabkan penyakit. Dampak yang terjadi dapat bersifat kronis. Jenis bahaya ini terdiri dari bahaya fisik, kimia, ergonomi, biologi dan bahaya psikologi.

2 Risiko (*Risk*)

Risiko merupakan kemungkinan (probabilitas) suatu dampak yang merugikan bagi kesehatan organisme maupun populasi. Risiko juga diartikan sebagai ketidakpastian/ kebolehjadian kerusakan pada kesehatan seseorang yang disebabkan oleh besarnya pemajanan bahaya lingkungan. Risiko tidak akan terjadi

kecuali syarat- syarat tertentu telah terpenuhi yang meliputi toksisitas agen risiko dan pola pajanannya.

Pemajanan merupakan proses penyebab organisme kontak dengan bahaya lingkungan berupa *risk agent* yang merupakan jembatan penghubung antara “bahaya” dan risiko. Pemajanan dapat terjadi bila *risk agent* terhirup melalui udara, tertelan bersamaan makanan maupun kontak langsung dengan tubuh.

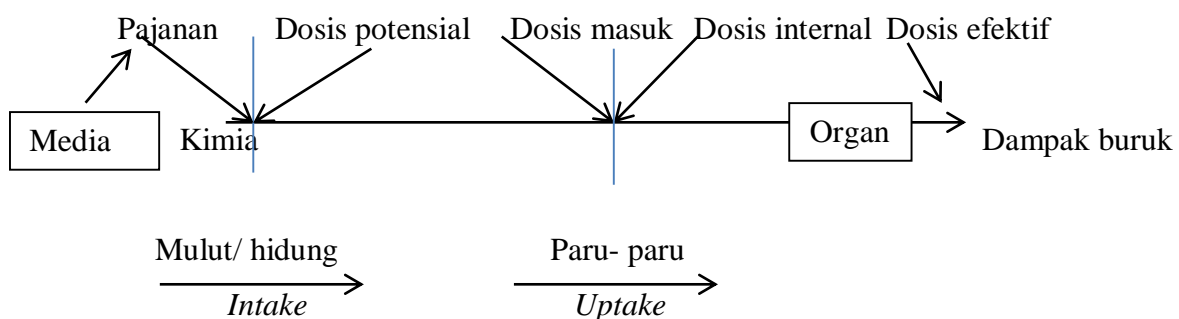
Risiko tidak akan terjadi kecuali syarat- syarat tertentu telah terpenuhi antara lain toksisitas agen risiko dan pola pajanannya. Suatu agen risiko dapat dikatakan tidak berisiko terhadap kesehatan jika tidak memajani dengan dosis dan waktu tertentu. Risiko diukur berdasarkan nilai *likelihood* (kemungkinan munculnya sebuah peristiwa) dan *Consequence* (dampak yang terjadi akibat suatu peristiwa)²¹.

$$“Risk = Consequence \times Likelihood”$$

Analisis risiko/ *risk assessment* adalah memperkirakan dampak potensial dari bahan kimia, fisika dan bahaya mikrobiologi pada manusia dalam jangka waktu tertentu yang dapat merugikan kesehatan manusia akibat pajanan bahaya lingkungan tersebut¹⁹. Analisis Risiko dapat dilakukan untuk pemajanan bahaya lingkungan yang telah lampau (*post exposure*) dengan efek merugikan yang sudah atau belum terjadi dan dapat juga dikatakan sebagai suatu prediksi risiko dengan pemajanan yang akan terjadi (*future exposure*).

Gangguan kesehatan ditimbulkan akibat terjadinya pemajanan dengan dosis dan waktu yang cukup. Populasi terpajan agen risiko melalui 3 jalur yaitu¹⁹:

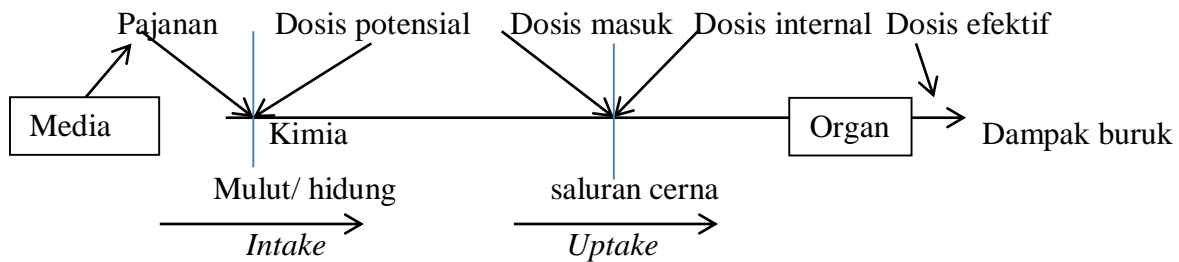
a. Jalur pajanan bahan kimia melalui proses inhalasi



Gambar 2.5 Jalur Pajanan Inhalasi

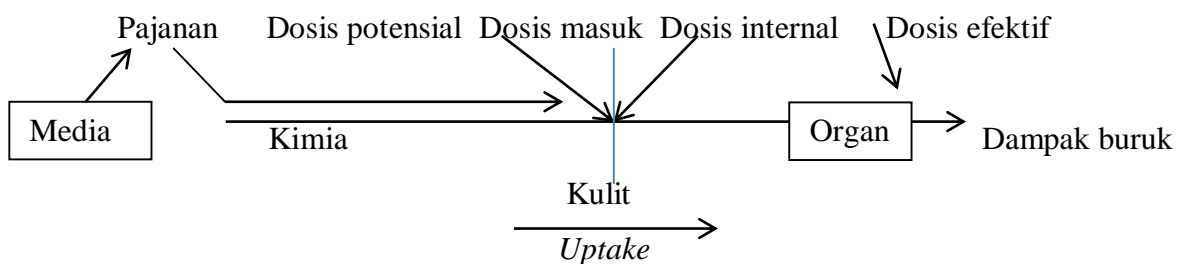
Sumber : Kolluru, 1996

b. Jalur pajanan bahan kimia melalui oral



Gambar 2.6 Jalur Pajanan Melalui Oral
Sumber : Kolluru, 1996

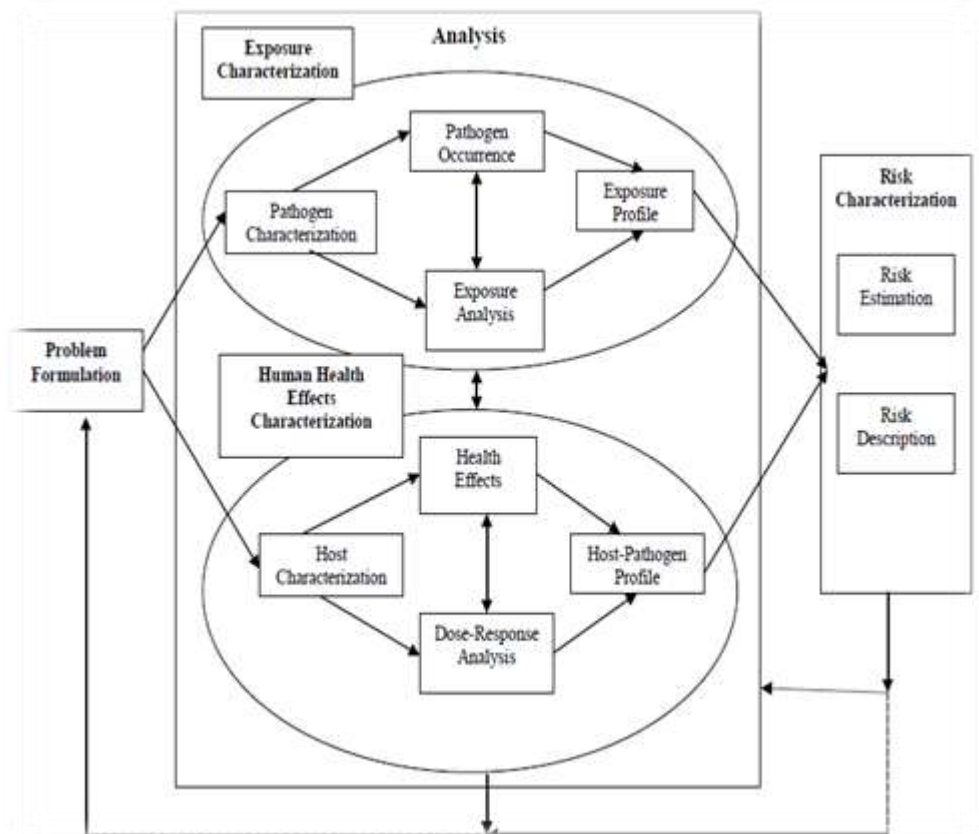
c. Jalur pajanan bahan kimia melalui kulit



Gambar 2.7 Jalur Pajanan Melalui Kulit
Sumber : Kolluru, 1996

I. *Microbial Risk Assessment (MRA)*

MRA telah dikembangkan sejak tahun 1980. MRA muncul sebagai pendekatan komprehensif dan sistematis untuk mengatasi risiko patogen dalam makanan dan proses tertentu. Penilaian risiko dalam konteks manajemen risiko digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan untuk mengelola bahaya mikrobiologis, mengetahui sifat dan kemungkinan bahaya terjadinya paparan. Penilaian MRA dilakukan dengan prosedur penilaian risiko kualitatif dan kuantitatif berdasarkan prinsip yang dijelaskan dalam *Codex "Principles and Guidelines for the Conduct of Risk Assessment"*. Dalam dokumen *Codex* tercantum langkah- langkah dalam proses penilaian risiko yang terdiri dari identifikasi bahaya (*hazard identification*), karakteristik bahaya (*hazard identification*), penilaian paparan (*exposure assessment*), identifikasi risiko (*risk characterisation*), dokumentasi (*documentation*) dan penilaian ulang (*re-assessment*)²².

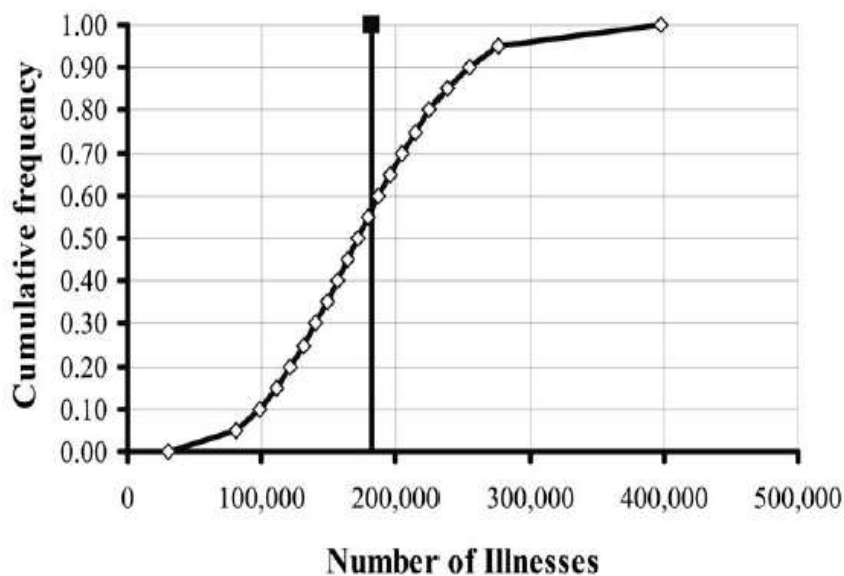


Gambar 2.8 Microbial Risk Assessment²³
Sumber : ILSI, 2000

Berdasarkan *International Life Sciences Institute* (ILSI), penilaian risiko dilakukan melalui 3 langkah yaitu (1). Perumusan masalah, (2). Analisis masalah terdiri atas besarnya paparan dan efek terhadap kesehatan manusia, (3). Karakteristik risiko. Perumusan masalah merupakan langkah awal yang mendasari suatu masalah harus ditangani, mendefinisikan ruang lingkup dan skala penilaian dan mengidentifikasi variabel dan data yang diperlukan. Langkah kedua melakukan analisis terkait dengan organisme, inang dan lingkungan, membahas dampak variasi dan menganalisis hubungan dosis- respon. Langkah terakhir adalah menganalisis karakteristik risiko dengan mengintegrasikan paparan dengan efek kesehatan²³.

MRA terdiri atas 2 jenis yaitu MRA kualitatif dan MRA kuantitatif. MRA kualitatif menggambarkan penyakit yang mungkin terjadi sedangkan MRA kuantitatif menggambarkan prediksi jumlah penyakit. MRA kuantitatif memberikan gambaran tentang risiko terhadap paparan mikroorganisme dan

pengaruh mikroorganisme patogen terhadap kesehatan manusia. Pada MRA kuantitatif nilai prediksi disajikan dalam bentuk distribusi bukan dalam nilai estimasi²².



Gambar 2.9 Prediksi distribusi MRA kuantitatif²⁴
Sumber : Carl M, 2008

Keunggulan menggunakan pendekatan kuantitatif adalah variabel yang berkontribusi menjadi faktor yang sangat penting dalam menilai risiko mikrobiologi, selain itu model pendekatan kuantitatif bersifat fleksibel yang dapat diubah saat tersedianya data baru. Dengan menggunakan metode MRA dapat menggambarkan 4 langkah yaitu menilai jalur distribusi mikroorganisme patogen, menilai tingkat risiko relatif terhadap komoditas pangan, menilai aspek geografis dan menilai penyakit bawaan makanan.

a. Penilaian jalur distribusi mikroorganisme patogen.

Penilaian jalur distribusi bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi kesehatan masyarakat akibat paparan mikroorganisme patogen melalui konsumsi makanan tertentu. Sebagai contoh penilaian risiko bakteri *Escherichia coli* O157:H7 yang terkandung dalam daging sapi. Penilaian risiko dapat terkait dengan produk hewan, pengolahan makanan, perilaku konsumen dan penyakit bawaan makanan.

b. Penilaian risiko relatif.

Penilaian ini digunakan untuk mengidentifikasi penyakit yang ditimbulkan akibat penyakit bawaan makanan. Penilaian risiko relatif menunjukkan epidemiologi penyakit sehingga dapat digunakan sebagai upaya mengurangi risiko penyakit bawaan makanan.

c. Penilaian geografis.

Penilaian geografis menggambarkan jalur atau arah paparan patogen dan faktor- faktor yang menyebabkan terjadinya risiko. Penilaian ini efektif digunakan untuk mengidentifikasi risiko awal agen penyakit melalui produk hewani, dan melakukan mitigasi mengurangi paparan patogen terhadap konsumen.

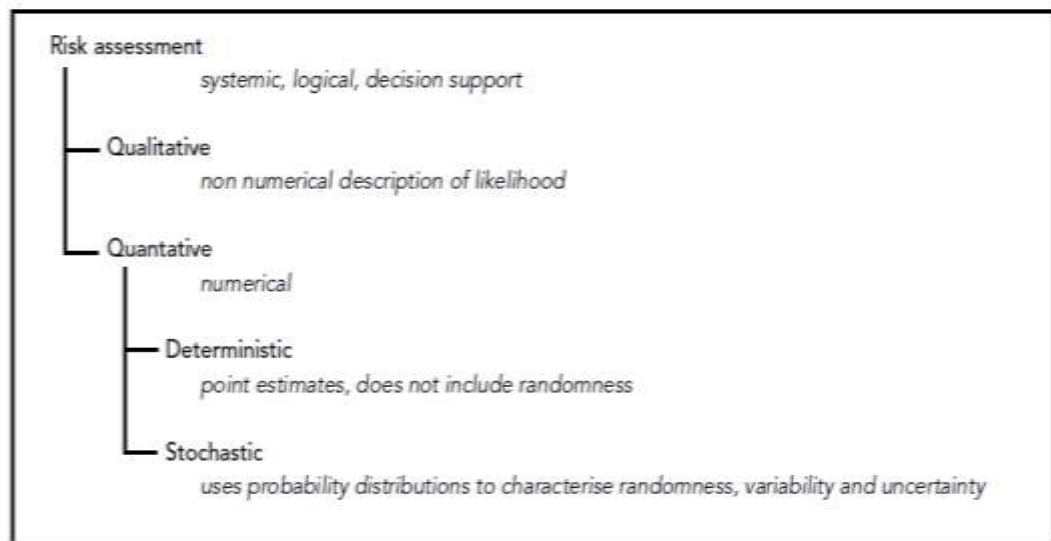
d. Penilaian risiko- risiko.

Pada penilaian ini dilakukan pengujian dari satu risiko ke risiko lain baik yang mengurangi suatu bahaya maupun meningkatkan risiko yang lain. Sebagai contoh dalam menentukan dampak pada kesehatan masyarakat yang mengkonsumsi air minum yang dalam pengolahannya mengandung bahan kimia guna menghilangkan bakteri patogen jenis *Mycobacterium spp.* Risiko paparan klorin akan berkorelasi terbalik dengan konsumsi mikroorganisme.

Pada gambar 2.9 menggambarkan distribusi prediksi MRA kuantitatif untuk jumlah penyakit yang disebabkan oleh bakteri Y. Dalam kasus ini, pada saat frekuensi kumulatif sebesar 5% diperoleh 81.000 penyakit dan saat frekuensi kumulatif mencapai 95% diperoleh 276.500 penyakit. Dengan menggunakan prediksi MRA akan memudahkan melakukan analisis risiko²⁴.

J. Jenis Penilaian Risiko

Penilaian risiko dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu penilaian risiko kualitatif dan penilaian risiko kuantitatif.



Gambar 2.10 Gambaran Umum Penilaian Risiko²²

Sumber : CAC, 2004

Dalam penilaian risiko beberapa karakteristik yang harus dipertimbangkan ketika menilai mikroorganisme dan produk sampingnya²⁵.

a. Infektivitas

Infektivitas merupakan kemampuan mikroorganisme patogen untuk masuk, bertahan hidup dan berkembang biak (menginfeksi) pada inang

b. *Invasiveness*

Invasiveness merupakan kemampuan untuk mendegradasi dan bermigrasi melalui jaringan ekstraseluler dan menyerang sel inang

c. Virulensi

Virulensi adalah kemampuan mikroorganisme patogen untuk menyerang sel inang

d. Patogenitas

Patogenitas merupakan efek kumulatif dari virulensi yang menyebabkan penyakit.

e. Inang

Inang adalah kemampuan mikroorganisme menginfeksi inang.

f. Transfer gen

Transfer gen merupakan perpindahan (transfer) bahan genetik dari satu organisme ke organisme lain.

g. Replikasi

Replikasi adalah kemampuan mikroorganisme berkembang biak di lingkungan.

Penilaian risiko kualitatif menggambarkan informasi untuk memperkirakan besarnya risiko dan dampak akibat risiko tersebut. Penilaian risiko kualitatif harus lebih dari sekedar tinjauan literatur tentang masalah yang ada dan merupakan pendekatan yang sistematis dan logis sampai pada perkiraan yang kuat mengenai risiko yang terjadi. MRA kualitatif dilakukan sebelum tersedianya data yang akan digunakan.

Penilaian Risiko Mikroorganisme Kuantitatif (QMRA) dapat menggunakan model deterministik dan stokastik. Pada model deterministik cenderung menggunakan nilai estimasi sedangkan pada model stokastik menggunakan rentang dan distribusi nilai statistik sebagai input. Pendekatan stokastik merupakan gabungan antara variabel yang melekat dalam sistem dengan ketidakpastian dalam parameter yang akan di input.

K. Parameter Penilaian Risiko (*Risk Assessment Elements*)

Inti dari penilaian MRA adalah identifikasi bahaya, karakteristik bahaya, analisis paparan, dan karakteristik risiko²⁴.

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya adalah suatu proses mengetahui jenis dan sifat serta kemampuan yang melekat pada agen risiko yang menyebabkan dampak buruk terhadap organisme, sistem dan sub/ populasi.

Identifikasi bahaya merupakan langkah awal untuk mengetahui secara spesifik agen mikrobiologi yang dapat berpotensi dan dicurigai menyebabkan gangguan kesehatan. Pada tahapan tersebut harus dapat mengetahui agen risiko spesifik yang berbahaya, seberapa besar kandungan atau konsentrasi zat di media lingkungan dan gejala apa yang potensial. Dalam identifikasi bahaya dapat merangkum berbagai aspek antara lain penyebab penyakit (kronis atau akut), populasi yang rentan terkena penyakit, dan organisme penyebab penyakit (melalui toksin atau melalui mekanisme infeksi) . Dalam *hazard identification* digunakan untuk meninjau informasi yang terkait dengan aspek epidemiologis, pengawasan, mikrobiologi dari bahaya.

Tabel 2.4 Pengelompokan Mikroorganisme Berdasarkan Risiko Infeksi²⁶

Kelompok Risiko	Menurut <i>National Institute of Health</i> (NIH)	Menurut <i>World Health Organization</i> (WHO)	Jenis Mikroorganisme
1	Agen yang tidak menyebabkan penyakit pada manusia dewasa	Tidak ada atau rendahnya risiko agen terhadap individu dan komunitas	<i>Escherichia coli</i> K12, <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Asporogenic bacillus</i> , <i>Adenovirus-associated virus (AAV)</i> , <i>Boculoviruses</i> , Herpes virus saimiri
2	Agen yang menyebabkan penyakit pada manusia dan jarang berakibat fatal	Mikroorganisme tidak menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan, risiko terhadap individu sedang, terhadap komunitas rendah	<i>Escherichia coli</i> , <i>Neisseria meningitides</i> , <i>Treponema pallidum</i> , <i>Cryptococcus neoformus</i> , <i>Ascaris sp.</i> , <i>Leishmania sp.</i> , Adenovirus, Hepatitis A, B, C, D, dan E.
	Tersedia tindakan pencegahan dan pengobatan penyakit yang ditimbulkan	Suatu pencegahan yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan tetapi bukan bahaya yang serius bagi komunitas dan lingkungan	

Lanjutan Tabel 2.4

Kelompok Risiko	Menurut <i>National Institute of Health</i> (NIH)	Menurut <i>World Health Organization</i> (WHO)	Jenis Mikroorganisme
3	Agen yang menyebabkan penyakit yang serius dan mematikan pada manusia	Risiko pada individu tinggi dan pada komunitas rendah	<i>Brucella sp.</i> , <i>Coxiella burnetii</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Coccidioides immitis</i> , Hanta virus, Monkey pox.
	Tindakan pencegahan dan pengobatan umumnya belum ada	Patogen menyebabkan penyakit serius pada manusia dan hewan	
	Risiko terhadap individu tinggi dan pada komunitas rendah	Penyakit tidak menular antar individu	
4	Agen yang menyebabkan penyakit yang serius dan mematikan pada manusia.	Tindakan pencegahan dan pengobatan telah tersedia. Risiko terhadap individu tinggi dan pada komunitas tinggi	<i>Lassa virus</i> , <i>Machupo virus</i> , <i>Ebola virus</i> , <i>Marburg virus</i> , <i>Herpes virus simiae</i> , <i>Hemorrhagic fever virus</i> .
	Tindakan pencegahan dan pengobatan tidak tersedia	Patogen menyebabkan penyakit serius pada manusia dan hewan.	
	Risiko terhadap individu tinggi dan pada komunitas tinggi	Dapat tertular antar individu.	
		Tindakan pencegahan dan pengobatan tidak tersedia.	

Sumber : US Departement of Health, 2009; Biosafety dan Biosecurity PRVKP-UI, 2016)

2. Karakteristik Bahaya (*Hazard Characterisation*)

Dalam MRA penilaian karakteristik bahaya akan memberikan penjelasan secara kualitatif maupun kuantitatif dari tingkatan dan durasi dari efek samping yang dapat ditimbulkan dari konsumsi mikroorganisme. Pada Karakteristik bahaya tersebut akan dianalisis hubungan dosis- respon, yang berfungsi untuk melakukan analisis informasi deskriptif secara klinis maupun epidemiologis. Analisis dosis- respon digunakan untuk mengetahui jalur pajanan (*pathways*) yang masuk dalam tubuh manusia. Pada dosis- respon mikrobiologi menjelaskan kemungkinan terjadinya respon tertentu dari paparan mikroorganisme patogen tertentu. Langkah- langkah dalam penilaian dosis- respon mikroorganisme pada suatu penyakit terdiri dari pola pajanan, infeksi, penyakit dan cara pemulihan. Respon terhadap pajanan di pengaruhi oleh interaksi mikroorganisme patogen, agen risiko, dan makanan yang masuk.

Analisis dosis- respon dapat menggambarkan jumlah mikroorganisme patogen yang menyebabkan penyakit. Mikroorganisme yang tertelan kemungkinan dapat bertahan dalam tubuh manusia dan dapat langsung menyebabkan infeksi suatu penyakit. Setiap mikroorganisme memiliki kemungkinan yang sama sebagai agen penyakit.

Tabel 2.5 Parameter Dosis Respon Mikroorganisme

Mikroorganisme	Model	Parameter
Adenovirus 4	Exponential	$r = 0,4172$
Campylobacter jejuni	Beta- Poisson	$\alpha = 0,145 \beta = 7,59$ $\alpha = 0,024 \beta = 0,011$ $r = 2,44 \times 10^8 \eta = 3,63 \times 10^{-9}$
Coxsackievirus	Exponential	$r = 0,0145$
Cryptosporidium	Exponential	$r = 0,0042$
	Beta Poisson	$\alpha = 0,27 \beta = 1,40$
	Beta Poisson for Illness	$\alpha = 0,060 \beta = 0,095$
Echovirus 12	Exponential	$r = 0,0128$
	Beta Poisson	$\alpha = 0,401 \beta = 227,2$
Endamoeba coli	Beta Poisson	$\alpha = 0,1008 \beta = 0,3522$
Escherichia coli	Beta Poisson	$\alpha = 0,1778 \beta = 1,78 \times 10^6$

Tabel 2.5 Lanjutan

Mikroorganisme	Model	Parameter
Escherichia coli 0157 : H7	Beta Poisson	$\alpha = 0,2248 \beta = 48,80$
Giardia lamblia	Exponential	$r = 0,0199$
Hepatitis A virus	Exponential	$r = 0,5486$
Enteropathogenic	Exponensial	$r = 3,75 \times 10^{-1}$
Staphylococci	Exponensial	$r = 7,63 \times 10^{-8}$
Salmonella	Beta Poisson	$\alpha = 0,23 \beta = 4,910$

Sumber : American Journal of Infection Control²⁷

Terdapat 5 persamaan dalam menentukan dosis- respon pada MRA²⁸, yaitu persamaan Eksponensial (1983), Beta- Poisson (1983), Weibull (Beta- Poisson- Gamma) , Weibull- Gamma (1996), Weibull (1990), Gompertz (1998).

1. Eksponensial

$$P_t(d) = 1 - \exp(-rd)$$

Keterangan : $P_t(d)$ = probabilitas dosis infeksi (d)

d = dosis (CFU)

r = spesifikasi patogen (0,4172)

2. Beta- Poisson

$$P_t(d) = 1 - \left(1 + \frac{d}{\beta}\right)^{-\alpha}$$

Keterangan : $P_t(d)$ = probabilitas dosis infeksi (d)

d = dosis (CFU)

α = parameter (*infectivity*)

β = parameter (*infectivity*)

3. Weibull- Gamma

$$P_i(d) = 1 - \left[1 + \frac{d^b}{\beta}\right]^{-\alpha}$$

Keterangan : $P_i(d)$ = probabilitas dosis infeksi (d)

d = dosis (CFU)

α = model parameter (*infectivity*)

β = model parameter (*infectivity*)

4. Weibull

$$P_i(d) = 1 - \exp(-ad^b)$$

Keterangan : $P_i(d)$ = probabilitas dosis infeksi (d)

d = dosis (CFU)

α = model parameter (*infectivity*)

β = parameter (jenis)

5. Gompertz

$$P_i(d) = 1 - \exp[-\exp(a + bf(d))]$$

Keterangan : $P_i(d)$ = probabilitas dosis infeksi (d)

d = dosis (CFU)

α = model parameter (*intercept*)

b = model parameter (kemiringan)

f(x) = dosis fungsi

Penilaian paparan dalam MRA mencakup penilaian sejauh mana manusia dapat mengantisipasi paparan terhadap mikroorganisme patogen maupun toksin dari mikroorganisme. Model prediktif mikrobiologi dapat digunakan untuk menilai pertumbuhan, kemampuan bertahan hidup saat mikroorganisme memproduksi toksin²⁹.

Faktor penting dalam menilai karakteristik bahaya yaitu kemampuan mikroorganisme bereplikasi, perubahan dalam virulensi dan infektivitas mikroorganisme karena interaksi dengan inang dan lingkungannya, transfer materi genetik antar mikroorganisme dan faktor virulensi, maupun resistensi antibiotik.

3. Penilaian Paparan (*Exposure Assessment*)

Penilaian paparan digunakan sebagai evaluasi baik secara kualitatif maupun kuantitatif dari kemungkinan asupan (*intake*) suatu agen biologis, kimia maupun fisik melalui inhalasi, ingesti maupun absorpsi melalui kulit. *Average daily dose* (ADD) melalui jalur inhalasi dapat di hitung berdasarkan persamaan sebagai berikut³⁰ :

$$ADD_{inh} = \frac{C \times IR \times EF \times ED_{inhalasi}}{BW \times AT}$$

Keterangan :

ADD inh	= Dosis harian rata- rata melalui inhalasi (CFU/(kg.hari))
C	= Konsentrasi mikroorganisme dalam udara (CFU/m ³)
IR	= Tingkat inhalasi (m ³ /hari)
EF	= Frekuensi paparan (hari/tahun)
ED _{inhalasi}	= Waktu paparan (tahun)
BW	= Berat badan (kg)
AT	= Waktu rata- rata (hari)

Faktor- faktor yang harus diperhatikan saat melakukan penilaian paparan antara lain frekuensi kontaminasi dari waktu ke waktu, konsentrasi awal kontaminasi dan berat tubuh.

4. Karakteristik Risiko (*Risk Characterisation*)

Penentuan karakteristik risiko merupakan tahap akhir dalam menentukan penilaian risiko. Pada tahap ini digunakan untuk menentukan apakah agen risiko akan menimbulkan gangguan pada masyarakat.

Pendekatan QMRA tidak didasarkan pada pengukuran langsung suatu penyakit tetapi dilakukan dengan pengukuran dosis patogen suatu penyakit dengan efek yang ditimbulkan. Kemungkinan suatu penyakit dapat menimbulkan kesakitan dan menyebabkan infeksi dapat di rumuskan sebagai berikut³⁰ :

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

Keterangan :

HQ	= Besar risiko agen non karsinogenik
ADD	= Dosis harian rata- rata melalui inhalasi
RfD	= <i>Reference dose</i> (CFU/(kg.hari))

Konsentrasi paparan bakteri yang di rekomendasikan berdasarkan ACGIH (*American Conference of Governmental Insustrial Hygienists*) adalah <500 CFU/m³ setiap harinya.

Hazard Index (HI), menunjukan tingkat risiko kesehatan paparan mikroorganisme. HI diperoleh dengan menjumlahkan nilai HQ.

$$HI = \sum HQ_i$$

Keterangan :

- a. Jika $HQ \leq 1$ dan $HI \leq 1$ maka konsentrasi mikroorganisme tidak berisiko menimbulkan penyakit dan risiko dapat diabaikan.
- b. Jika $HQ > 1$ dan $HI > 1$ maka konsentrasi mikroorganisme berpotensi menimbulkan penyakit dan berisiko terhadap kesehatan.

L. Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan tindak lanjut yang harus dilakukan jika hasil karakteristik risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman. Manajemen risiko pada prosesnya difokuskan pada pengendalian risiko. Setelah dilakukan strategi risiko dengan menentukan batas aman konsentrasi. Langkah berikutnya adalah melakukan manajemen risiko. Manajemen risiko dapat dilakukan dengan menggunakan 3 pendekatan yaitu¹⁹

a. Pengelolaan teknologi

Pengelolaan menggunakan teknologi dilakukan untuk mengurangi risiko dari agen dilakukan dengan menggunakan metode dan teknik serta alat dalam mengendalikan risiko.

b. Pelibatan sosial- ekonomi

Manajemen risiko dengan pelibatan sosial- ekonomi dilakukan dengan keikutsertaan pihak- pihak terkait yang berhubungan, efisiensi proses, serta penerapan *compensation system*.

c. Pendekatan institusional.

Pendekatan instusional dilakukan melalui jalur dan mekanisme kelembagaan dengan cara kerjasama dengan pihak lain.

Tahapan manajemen risiko diantaranya terdiri dari :

Tahap 1 : Perencanaan manajemen risiko

Perencanaan risiko merupakan tahapan pembatasan ruang lingkup risiko dan juga penetapan konteks risiko yang akan diteliti.

Tahap 2 : Identifikasi risiko

Merupakan langkah penentuan risiko yang dapat mempengaruhi kegiatan.

Beberapa metode yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko adalah :

- a. Evaluasi dokumentasi
- b. Teknik pengumpulan informasi

- 1. *Brainstroming*

- Tujuan dari *brainstroming* adalah memperoleh daftar yang komprehensif dari risiko

- 2. *Delphi Technique* (metode Delphi)

- Dengan metode Delphi partisipan diminta untuk mengisi kuesioner tanpa menyebutkan nama mereka dengan tujuan untuk mengumpulkan ide tentang risiko- risiko penting, yang hasilnya akan dianalisis sebagai umpan balik. Dengan menggunakan metode delphi dapat membantu mengurangi terjadinya bias dalam data.

- 3. Interview

- Melibatkan seluruh sumber informasi untuk bersama- sama mengidentifikasi risiko.

- 4. Identifikasi akar penyebab masalah (*root cause*)

- Identifikasi penyebab masalah akan mempertajam risiko dan mengelompokkan risiko berdasarkan penyebabnya sehingga penanganan risiko dapat efektif.

- 5. Analisis SWOT

- Pada metode ini memeriksa keseluruhan proses dari setiap perspektif SWOT dengan tujuan untuk menemukan risiko yang dapat timbul dari analisis kelebihan, kelemahan, peluang dan ancaman

- 6. Analisis *Checklist*

- Checklist* pada identifikasi risiko dikembangkan berdasarkan informasi historis dan pengetahuan yang diakumulasi dari data historis sebelumnya dan dari sumber-sumber informasi lainnya.

- 7. Analisis asumsi

- Analisis asumsi merupakan metode untuk mengeksplorasi validitas asumsi- asumsi risiko

8. Metode diagram

Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi penyebab risiko dan menggambarkan elemen penyebabnya dan menunjukkan pengaruh kausal, waktu kejadian dan hubungan lain antara variabel dan hasilnya.

Hasil dari tahap identifikasi risiko adalah berupa daftar risiko yang menjadi komponen dari rencana manajemen risiko secara keseluruhan. Isi dari daftar risiko ini diantaranya adalah daftar dari risiko yang telah diidentifikasi, daftar penanganan risiko yang potensial, akar masalah penyebab risiko, dan kategori risiko yang telah diperbaharui.

Tahap 3 : Menganalisis dampak risiko, baik kualitatif maupun kuantitatif. Pada tahap ini terdapat 3 prinsip penting yaitu memastikan bahwa terdapat proses struktur yang jelas dimana unsur probabilitas dan dampak dipertimbangkan dalam setiap risiko, merekam pengukuran risiko yang memfasilitasi pengontrolan dan identifikasi dari prioritas risiko dan penjelasan mengenai *inherent risk* dan *residual risk* setelah manajemen risiko dilakukan.

Tahap 4 : Penanganan risiko

Tujuan tahapan ini adalah mengubah ketidakpastian menjadi keuntungan bagi perusahaan dengan cara menghambat terjadinya ancaman dan meningkatkan peluang³¹

Terdapat 8 prinsip manajemen risiko mikrobiologi (*Microbial Risk Management/ MRM*) yaitu :

- a. Prinsip 1 : tujuan utama manajemen risiko mikrobiologi adalah melindungi kesehatan manusia
- b. Prinsip 2 : manajemen risiko mikrobiologi harus mempertimbangkan siklus rantai makanan
- c. Prinsip 3 : manajemen risiko mikrobiologi hendaknya mengikuti pendekatan yang terstruktur
- d. Prinsip 4 : proses manajemen risiko mikrobiologi harus transparan, konsisten dan terdokumentasi

- e. Prinsip 5 : manajemen risiko mikrobiologi harus memastikan komunikasi yang efektif dengan pihak- pihak yang berkepentingan
- f. Prinsip 6 : manajemen risiko mikrobiologi harus memastikan interaksi yang efektif dengan penilaian risiko
- g. Prinsip 7 : perbedaan wilayah harus di pertimbangkan dalam manajemen risiko mikrobiologi
- h. Prinsip 8 : keputusan dalam manajemen risiko mikrobiologi meliputi pemantauan, tinjauan maupun perbaikan.

M. Manajemen Pengendalian Infeksi

1. Definisi

Proses manajemen adalah rangkaian kegiatan yang berasal dari input, proses dan output yang dibagi dalam empat tahap yaitu perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengawasan yang merupakan siklus yang berkaitan satu sama lain. Perencanaan merupakan fungsi untuk menyusun langkah dan strategi dalam mencapai tujuan organisasi yang telah di tetapkan. Pengorganisasian adalah pengidentifikasian kebutuhan organisasi dari pernyataan misi kerja yang dilakukan dan menyesuaikan desain organisasi dan struktur untuk memenuhi kebutuhan. Prinsip pengarahan meliputi membina kepercayaan, mengidentifikasi motivasi, potensi dan tujuan memberikan dukungan, delegasi dan otonom. Sedangkan prinsip pengawasan adalah memastikan pelaksanaan pekerjaan sesuai rencana sehingga harus ada perencanaan tertentu dan intruksi serta wewenang kepada bawahan dengan demikian manajer diharapkan mampu merefleksikan sifat-sifat dan kebutuhan dari aktifitas yang harus dievaluasi dan dapat dengan segala melaporkan penyimpangan- penyimpangan³².



Gambar 2.11 Rantai Penularan Penyakit Infeksi
 Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan RI No 27 tahun 2017

Pengendalian infeksi adalah mengendalikan penyebaran agen penyebab penyakit dengan melakukan prosedur tertentu. Pengendalian infeksi adalah kebijakan dan prosedural yang digunakan untuk meminimalkan risiko penyebab infeksi, terutama di luar kesehatan, melainkan juga harus menjadi bagian penting dari kehidupan pribadi.

Pencegahan dan pengendalian infeksi nosokomial (PPI) adalah upaya untuk mencegah dan meminimalkan terjadinya infeksi pada pasien, petugas, pengunjung dan masyarakat sekitar fasilitas pelayanan kesehatan. Infeksi terkait pelayanan kesehatan (*Health Care Associated Infection*) merupakan infeksi yang terjadi pada pasien selama perawatan di rumah sakit dan fasilitas pelayanan kesehatan lainnya dimana ketika masuk tidak ada infeksi dan tidak dalam masa inkubasi, termasuk infeksi dalam rumah sakit tetapi muncul setelah pasien pulang, juga infeksi karena pekerjaan pada petugas rumah sakit dan tenaga kesehatan terkait proses pelayanan kesehatan di fasilitas pelayanan kesehatan.

2. Tujuan Pengendalian Infeksi

Program pencegahan dan pengendalian infeksi bertujuan untuk melindungi pasien, petugas kesehatan, pengunjung dan lain- lain di dalam lingkungan rumah sakit serta penghematan biaya dan meningkatkan kualitas

pelayanan rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya dan yang paling penting adalah menurunkan angka kejadian infeksi nosokomial⁹.

3. Strategi pencegahan dan pengendalian infeksi

Strategi pencegahan dan pengendalian infeksi terdiri dari 1). Peningkatan daya tahan penjamu. Daya tahan penjamu dapat meningkat dengan pemberian imunisasi aktif maupun pemberian imunisasi pasif. 2). Inaktivasi agen penyebab infeksi. Inaktivasi agen infeksi dapat dilakukan dengan metode fisik maupun kimiawi. 3). Memutus rantai penularan. Hal ini merupakan cara yang mudah untuk mencegah penularan penyakit infeksi, tetapi hasilnya sangat bergantung kepada ketaatan petugas dalam melaksanakan prosedur yang telah ditetapkan. 4). Tindakan pencegahan paska pajanan (*Post Exposure Prophylaxis/PEP*) terhadap petugas kesehatan. Hal ini terutama berkaitan dengan pencegahan agen infeksi yang ditularkan melalui darah dan cairan tubuh lainnya, yang sering terjadi karena luka tusuk jarum bekas pakai atau pajanan lainnya.

4. Kewaspadaan berdasarkan cara penularan

Kewaspadaan tambahan (berdasarkan transmisi) merupakan tindakan pencegahan tambahan meliputi pencegahan *airborne*, pencegahan droplet dan pencegahan kontak.

Tindakan pencegahan *airborne* berikut harus diambil : tempatkan pasien di suatu ruangan yang memiliki aliran udara tekanan negatif dan dipantau, udara harus dibuang keluar rumah atau khusus disaring sebelum diedarkan ke area lain dari fasilitas pelayanan kesehatan, pintu harus ditutup, setiap yang memasuki ruangan harus memakai pakaian khusus, filtrasi tinggi, memakai masker, batasi gerakan dan transportasi pasien dari karat untuk tujuan penting saja.

Tindakan pencegahan droplet berikut harus diambil : tempatkan di satu ruangan (di ruangan dengan pasien lain dengan pasien terinfeksi oleh patogen yang sama), gunakan masker bedah ketika bekerja dalam waktu 1-2 meter dari pasien, gunakan masker bedah pada pasien jika transportasi diperlukan, penanganan udara dan ventilasi tidak diperlukan untuk mencegah dropet penularan infeksi.

Tindakan pencegahan kontak berikut harus diambil : tempatkan di satu ruangan (disebut ruangan dengan pasien lain dengan pasien terinfeksi oleh patogen yang sama), pertimbangkan epidemiologi dari penyakit dan populasi pasien saat menentukan penempatan pasien, pakaian bersih, sarung tangan non – steril ketika memasuki ruangan, gunakan gaun non- steril bersih ketika memasuki ruangan jika kontak dengan pasien, permukaan lingkungan atau item dalam kamar pasien diantisipasi, batasi gerakan dan transportasi pasien dari ruangan, pasien harus dipindahkan untuk tujuan penting saja.

5. Surveilans

Surveilans infeksi terkait pelayanan kesehatan (*Health Care Associated Infection/HAIs*) adalah proses yang dinamis, sistematis, terus menerus dalam pengumpulan, identifikasi, analisis dan interpretasi data kesehatan yang penting di fasilitas pelayanan kesehatan pada suatu populasi spesifik dan didiseminasi secara berkala kepada pihak- pihak yang memerlukan untuk digunakan dalam perencanaan, penerapan, serta evaluasi suatu tindakan yang berhubungan dengan kesehatan.

Unsur- unsur kegiatan surveilans meliputi merumuskan kejadian yang akan diamati yaitu kriteria jenis infeksi nosokomial, mengumpulkan data yang relevan secara sistematis, mengolah dan menganalisa data sehingga mempunyai makna, menyebarkan informasi dari analisa data diperoleh kepada seluruh anggota rumah sakit dalam rangka program pencegahan dan pengendalian infeksi.

N. Faktor- Faktor yang mempengaruhi Terjadinya Infeksi Nosokomial

Faktor- faktor yang mempengaruhi terjadinya infeksi nosokomial terdiri dari :

1. Faktor – faktor luar (*extrinsic factor*) yang berpengaruh dalam proses terjadinya infeksi nosokomial seperti petugas pelayanan medis (dokter, perawat, bidan, tenaga laboratorium, dan sebagainya), peralatan, dan material medis (jarum, kateter, instrumen, respirator, kain/ doek, kassa dan lain- lain), lingkungan internal (ruangan/ bangsal perawatan, kamar bersalin dan kamar bedah, sedangkan lingkungan eksternal meliputi

halaman rumah sakit dan tempat pembuangan/ pengelolaan limbah, makanan/ minuman (hidangan yang disajikan setiap saat kepada penderita, penderita lain (keberadaan penderita lain dalam satu kamar/ruang/bangsas perawatan dapat merupakan sumber penularan), pengunjung/ keluarga (keberadaan tamu/ keluarga dapat merupakan sumber penularan).

2. Faktor- faktor yang ada dalam diri penderita (intrinsic factors) seperti umur, jenis kelamin, kondisi umum penderita, risiko terapi atau adanya penyakit yang menyertai (multipatologi) beserta komplikasinya.
3. Faktor keperawatan seperti lamanya hari perawatan (*length of stay*), menurunnya standar pelayanan perawatan, serta padatnya penderita dalam satu ruangan.
4. Faktor mikroba seperti tingkat kemampuan invasi serta tingkat kemampuan merusak jaringan, lamanya paparan (*length of exposure*) antara sumber penularan (reservoir) dengan penderita.

Sekitar 36% infeksi nosokomial dapat dicegah bila semua petugas kesehatan diberikan pedoman khusus dalam pengontrolan infeksi ketika merawat pasien dan lingkungan rumah sakit. Bekerja dengan sumber daya manusia dan peralatan yang terbatas mempunyai risiko 10 kali terjadi infeksi nosokomial. Ketersediaan fasilitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kepatuhan dan termasuk faktor pemungkin³³.

O. Angka Kuman Udara

Angka kuman adalah perhitungan jumlah bakteri yang didasarkan pada asumsi bahwa setiap sel bakteri hidup dalam suspensi akan tumbuh menjadi satu koloni setelah diinkubasikan dalam media biakan dan lingkungan yang sesuai. Parameter mikrobiologi udara yang sering digunakan adalah angka kuman udara. Angka kuman udara bersifat total, meliputi semua kuman yang ada di udara. angka kuman udara adalah jumlah mikroorganisme patogen atau nonpatogen yang melayang-layang di udara baik bersama/menempel pada droplet (air), atau partikel (debu) yang dibiakkan dengan media agar membentuk koloni yang dapat diamati secara visual atau dengan kaca pembesar, kemudian dihitung berdasarkan koloni tersebut untuk dikonversi dalam satuan koloni forming unit per meter

kubik (CFU/m³). Berdasarkan standar WHO, konsentrasi yang di rekomendasikan adalah 100cfu/m³ untuk bakteri dan 50 cfu/m³ untuk jamur. Sedangkan berdasarkan Permenkes Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 7 tahun 2019, standar bakumutu dengan indeks angka kuman pada ruangan seperti pada tabel 2.4 berikut⁸ :

Tabel 2.6 Standar Baku Mutu Mikrobiologi Udara

No	Ruang atau Unit	Konsentrasi Maksimum Mikroorganisme per m ³ udara (CFU/m ³)
1.	Ruang Operasi kosong	35
2.	Ruang operasi dengan aktifitas	180
3.	Ruang operasi Ultraclean	10

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan RI No 27 tahun 2017

P. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Angka Kuman di Udara

Mikroorganisme akan keluar dari hostnya (manusia atau hewan), karena faktor batuk, bersin, cairan tubuh yang mengering ataupun karena spora (jamur). Penyebaran mikroorganisme di udara dapat menempel pada dua media, yaitu partikulat padat (debu) dan air, dimana hal tersebut dapat terjadi *indoor* maupun *outdoor*. Daerah-daerah yang berpotensi risiko tinggi kuman di udara diantaranya rumah sakit, laboratorium medis, terminal, stasiun, bandara, pelabuhan, dan lain sebagainya. Secara spesifik, kondisi yang menyebabkan kuman di udara antara lain³⁴:

1. Suhu

Setiap mikroorganisme memiliki suhu yang optimum yang berbeda untuk dapat tumbuh dan berkembang. Suhu optimum membuat mikroorganisme merasa nyaman menjalani kehidupannya¹⁰. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Didik (2016), menyatakan bahwa p value sebesar $0,002 < 0,05$ artinya suhu berpengaruh nyata terhadap angka kuman udara. Hasil temuan ini sesuai dengan hipotesis penelitian bahwa kualitas mikrobiologis yang tinggi disebabkan mikroorganisme pada ruang perawatan dapat berkembang biak dengan baik pada kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan mikroba yaitu 25°C-37°C.

2. Kelembaban

Salah satu persyaratan keadaan udara dalam ruangan adalah kondisi kelembaban. Untuk menjaga kelembaban maka diperlukan udara segar untuk menggantikan udara ruangan yang telah terpakai. Indikator kelembaban udara dalam ruang sangat erat dengan kondisi ventilasi dan pencahayaan ruang. Kelembaban dalam ruang akan mempermudah berkembang biaknya mikroorganisme antara lain bakteri *spiroket*, *rickettsia* dan virus. Mikroorganisme tersebut dapat masuk kedalam tubuh melalui udara, selain itu kelembaban yang tinggi dapat menyebabkan membran mukosa hidung menjadi kering sehingga kurang efektif dalam menghadang mikroorganisme. Tingkat kelembaban relatif (RH) optimum untuk kelangsungan hidup mikroorganisme antara 40% sampai 60%. Kelembaban relatif yang lebih tinggi maupun lebih rendah menyebabkan kematian mikroorganisme.

3. Sumber Pencahayaan

Berdasarkan sumbernya penerangan dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya alami yaitu matahari dengan cahayanya yang kuat tetapi bervariasi menurut jam, musim dan tempat. Pencahayaan yang bersumber dari matahari dirasa kurang efektif dibanding pencahayaan buatan, hal ini disebabkan karena matahari tidak dapat memberikan intensitas cahaya yang tetap. Pada penggunaan pencahayaan alami diperlukan jendela-jendela yang besar, dinding kaca dan dinding yang banyak dilobangi, sehingga pembiayaan bangunan menjadi mahal. Keuntungan dari penggunaan sumber cahaya matahari adalah pengurangan terhadap energi listrik

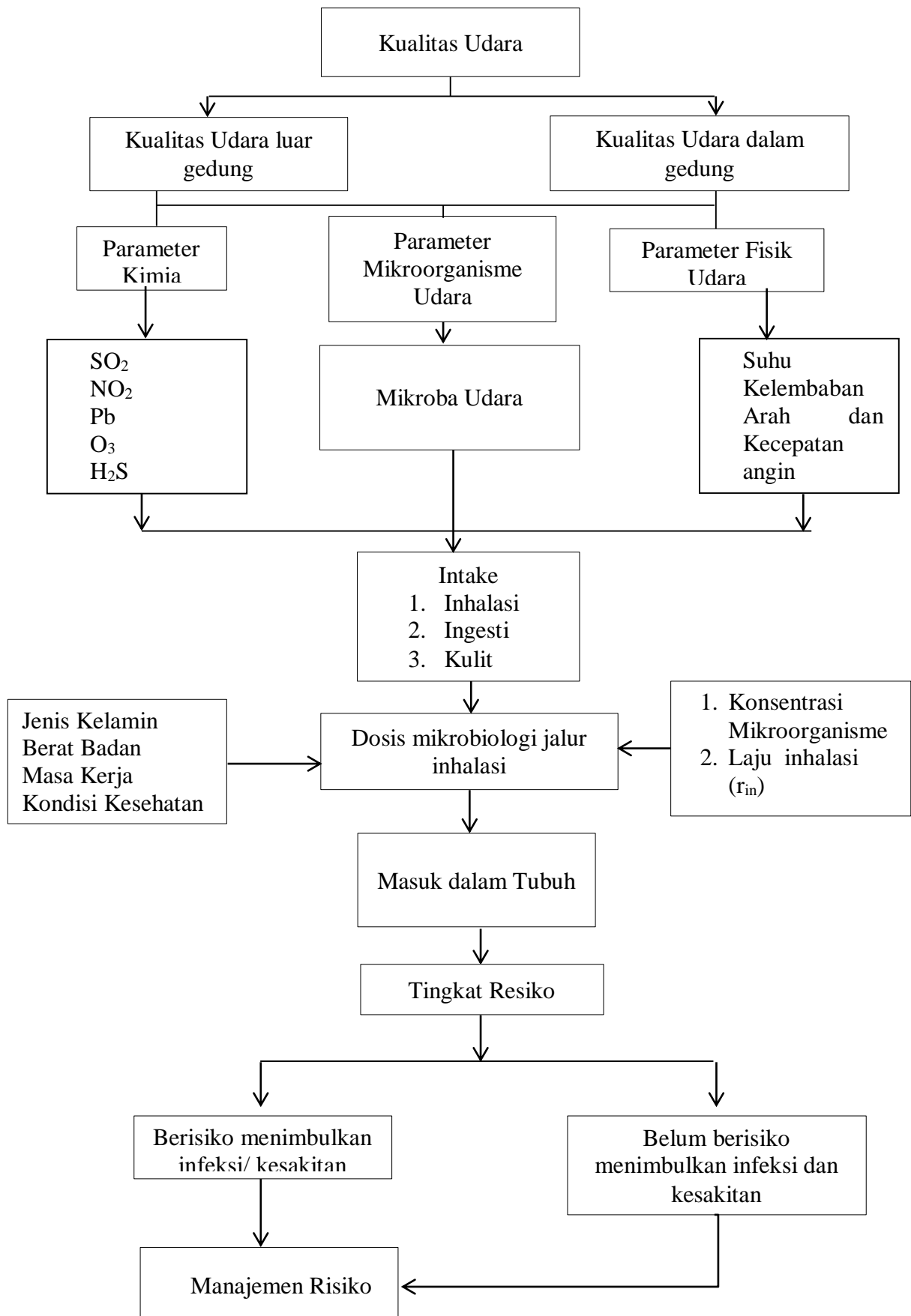
2. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Apabila pencahayaan alami tidak memadai atau posisi ruangan sukar untuk dicapai oleh pencahayaan

alami dapat dipergunakan pencahayaan buatan. Pencahayaan buatan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Mempunyai intensitas yang cukup sesuai dengan jenis pekerjaan.
- b. Tidak menimbulkan pertambahan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja.
- c. Memberikan pencahayaan dengan intensitas yang tetap menyebar secara merata, tidak berkedip, tidak menyilaukan dan tidak menimbulkan bayang-bayang yang dapat mengganggu pekerjaan

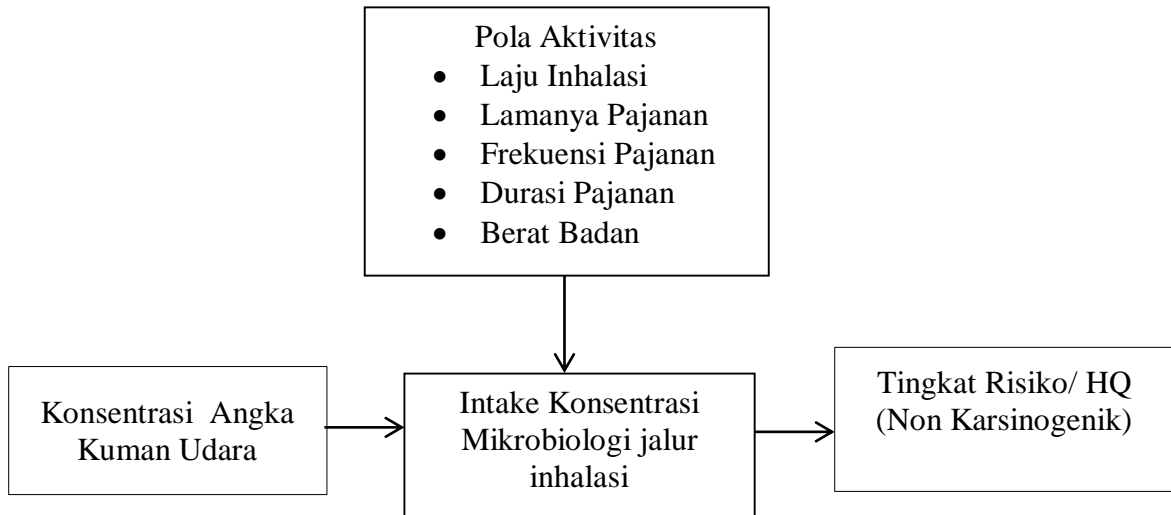
Q. Kerangka Teori



BAB III METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep dan Hipotesis

1. Kerangka Konsep



Gambar 3.1 Skema Kerangka Konsep

2. Hipotesis

Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan, maka penulis dapat mengambil hipotesis “Konsentrasi angka kuman di udara akan berisiko menimbulkan infeksi serta mempengaruhi kesehatan petugas puskesmas”

B. Jenis dan Rancangan Penelitian

Desain penelitian yang dipakai pada penelitian ini adalah *Observasional*. Penentuan besarnya dosis mikroorganisme yang terhirup dilakukan dengan menggunakan rancangan *Microbial Risk Assessment (MRA)*

Microbial Risk Assessment (MRA) merupakan metode untuk memperkirakan risiko yang diterima populasi akibat dari mikroorganisme di udara melalui proses ingesti, inhalasi maupun melalui kulit.

1. Populasi Penelitian

Populasi subjek dalam penelitian ini adalah seluruh puskesmas di Kota Semarang berjumlah 37 puskesmas. Sedangkan populasi objek penelitian ini adalah seluruh petugas kesehatan di puskesmas.

2. Besar Sampel Penelitian

Sesuai dengan rancangan penelitian, untuk memperoleh besar sampel pada penelitian ini, digunakan perhitungan sebagai berikut

a. Estimasi Proporsi Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh puskesmas di Kota Semarang sebanyak 37 puskesmas.

$$n = \frac{Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2(N-1) + Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot p \cdot q}$$

n = besar sampel

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ = nilai pada kurva normal untuk $\alpha = 0,05 = 1,96$

p = proporsi terpapar pada kelompok kasus = 0,05

q = proporsi terpapar pada kelompok pembanding = 0,95

N = Besarnya populasi target (N = 37 puskesmas)

d = derajat keputusan = 0,1

Berdasarkan rumus tersebut, maka dihitung besar sampel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,05 \cdot 0,95 \cdot 37}{0,1^2 (37-1) + 1,96^2 \cdot 0,05 \cdot 0,95}$$

$$n = \frac{3,84 \cdot 1,76}{0,18 + 0,36}$$

$$n = \frac{6,75}{0,54}$$

n = 12,5 atau dibulatkan menjadi 13 puskesmas

b. Pengambilan Sampel Berisiko

Sampel penelitian adalah petugas yang bekerja di ruang BPU dan ruang KB – KIA. Besar sampel berisiko dalam penelitian ini dapat dihitung dengan rumus di bawah ini:

$$n = \frac{Z^2 \times P(1-P)}{d^2}$$

n = besar sampel

Z = nilai pada kurva normal untuk $\alpha = 0,05$

p = proporsi terpapar pada kelompok kasus = 0,5

d = derajat keputusan = 0,1

Berdasarkan rumus tersebut, maka dihitung besar sampel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,5 \cdot (1-0,5)}{0,1^2}$$

n = 96,04 dibulatkan menjadi 96 responden.

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh jumlah responden sebesar 96 orang responden. Dalam penelitian ini yang menjadi sampel adalah tenaga puskesmas yang memiliki kriteria sebagai berikut :

- a. Puskesmas dengan jumlah kunjungan pasien terbanyak
- b. Zona ruang *sampling* diprioritaskan pada zona dengan risiko tinggi difokuskan pada poli BP umum dan poli KIA& KB. Pemilihan ruang ini dikarenakan pasien pada ruang tersebut tidak hanya dengan jenis penyakit yang sama.
- c. Petugas puskesmas (tenaga kesehatan/ nakes ASN) dengan jam kerja ≥ 5 jam/ hari.

C. Variabel Penelitian, Definisi Operasional Variabel, dan Skala Pengukuran

Untuk memperoleh pengertian yang relatif sama, maka perlu dijelaskan dalam definisi operasional pada tabel di bawah ini

Tabel 3.1 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Skala	Cara Ukur	Satuan
Konsentrasi Kuman di Udara (C)	Jumlah mikroorganisme patogen atau nonpatogen di udara baik bersama/menempel pada droplet (air), atau partikel (debu).	Rasio	Pengukuran angka kuman menggunakan <i>MAS Eco 100</i> dan diuji pada laboratorium kesehatan Kota Semarang	
<i>Average daily dose rates</i> (ADD _{inh})	Jumlah <i>risk agent</i> yang diterima individu	Rasio	Perhitungan	CFU/hari/kg
Laju inhalasi (IR)	Volume udara yang terhirup per satuan waktu. Nilai yang digunakan dalam penelitian ini adalah 14,17 m ³ /hari untuk inhalasi orang dewasa berdasarkan nilai <i>default factor</i> US EPA	-	-	m ³ /hari
Frekuensi pajanan (F _E)	Lamanya petugas puskesmas terpajan angka kuman udara berdasarkan jumlah hari kerja (dimana hari petugas berada dilokasi penelitian) dalam satu tahun)	Rasio	Kuisisioner	Hari/tahun
Durasi pajanan melalui jalur inhalasi (ED _{inh})	Lamanya waktu terpapar oleh mikroorganisme angka kuman udara di lokasi penelitian	Rasio	Kuisisioner	Tahun
Berat badan (Bw)	Berat badan responden saat dilakukan penelitian	Rasio	Penimbangan	Kg

Lanjutan Tabel 3.1

Variabel	Definisi Operasional	Skala	Cara Ukur	Satuan
Waktu rata-rata (AT)	Periode waktu rata-rata untuk efek non karsinogenik. Nilai yang digunakan dalam penelitian ini adalah 73,3 x 365 hari berdasarkan nilai <i>US EPA</i>	Rasio	-	Hari
Tingkat risiko (HQ)	Besarnya risiko kesehatan non karsinogenik pada populasi yang diakibatkan oleh paparan angka kuman udara	Rasio	Perhitungan $HQ = \frac{ADD}{RfD}$ ($HQ > 1$ dan $HQ \leq 1$)	Bilangan integral > 0

D. Sumber Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 sumber data yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer

Data primer diperoleh dengan pengamatan langsung di lokasi penelitian sampel, berupa pengambilan sampel angka kuman udara dalam ruang poli pemeriksaan umum (BPU) dan poli KIA- KB dengan parameter konsentrasi angka kuman, pemeriksaan suhu dan kelembaban lokasi penelitian dan melakukan wawancara di Puskesmas Kota Semarang.

2. Data Sekunder

Sedangkan untuk data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari profil kesehatan Kota Semarang yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Semarang, Badan Pusat Statistik (BPS) maupun Dinas Pengendalian Penduduk (Disdalduk). Data berupa profil kesehatan Kota Semarang, maupun jumlah penduduk Kota Semarang.

E. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengambilan data utama dalam penelitian ini adalah pengukuran dengan menggunakan observasi, kuesioner, wawancara, dan dokumentasi.

1. Pengukuran angka kuman udara dalam ruang

Pengambilan sampel angka kuman dalam ruang dalam penelitian ini menggunakan alat *MAS Eco 100* yang digunakan untuk mengukur jumlah angka kuman udara pada ruang puskesmas. Mekanisme cara kerja alat MAS yaitu sample udara dihisap pada kecepatan konstan yaitu 200 liter/menit selama 5 menit.

2. Wawancara

Wawancara adalah suatu metode yang dipergunakan untuk mengumpulkan data, dimana peneliti mendapatkan keterangan atau informasi secara lisan dari seseorang sasaran penelitian (responden), atau bercakap-cakap berhadapan muka dengan orang tersebut (*face to face*). Dalam hal ini melakukan tanya jawab langsung dengan petugas puskesmas, sehingga diperoleh informasi lebih mengenai faktor risiko lain yang mungkin berpengaruh.

3. Dokumentasi

Metode dokumentasi yaitu mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, agenda dan sebagainya. Beberapa arsip dan data pada penelitian ini antara lain data profil kesehatan Kota Semarang umumnya, dan Puskesmas khususnya.

F. Pengolahan Dan Analisis Data

1. **Pengolahan Data**

Data yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Editing*

Editing adalah memeriksa data yang telah dikumpulkan berupa daftar pertanyaan kepada responden. Editing bertujuan untuk kelengkapan data dan menganalisa keragaman data, bila ada keterangan dapat segera dilengkapi.

- b. Coding*

Coding adalah mengklasifikasikan jawaban-jawaban dari para responden kedalam kategori-kategori. Biasanya klasifikasi dilakukan

dengan cara memberi tanda atau kode berbentuk angka pada masing-masing jawaban.

c. *Entry*

Tahap pengolahan data ketiga adalah *Entry*. *Entry* data adalah memasukan data yang telah diperoleh ke dalam komputer.

d. *Tabulating*

Tahap pengolahan data terakhir adalah *tabulating*. *Tabulating* adalah kegiatan mengelompokkan data dalam bentuk tabel menurut sifatnya.

2. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode *Microbial Risk Assessment* (MRA) yang dapat memperkirakan karakteristik risiko (*risk quotient*) pada manusia akibat paparan mikroorganisme. Langkah – langkah MRA sebagai berikut :

1. Identifikasi bahaya

Pada tahap ini, peneliti menetapkan masalah kesehatan yang disebabkan oleh suatu sumber dan dampaknya terhadap manusia. Data konsentrasi pencemar didapat dengan melakukan pengukuran di laboratorium.

European Union (EU) Directive 2000/54/EC memberikan perlindungan terhadap pekerja dari risiko paparan agen biologis di tempat kerja. Terdapat 4 klasifikasi paparan agen biologis terdiri atas agen biologis kelompok 1 menyebutkan bahwa agen biologi tidak menyebabkan penyakit pada manusia. Agen biologis kelompok 2 adalah agen biologis yang menyebabkan penyakit pada manusia dan membahayakan pekerja. Kelompok 3 adalah agen biologis menyebabkan penyakit parah dan menimbulkan bahaya serius bagi pekerja tetapi pengobatan yang efektif sudah tersedia. Sedangkan agen biologi kelompok 4 adalah agen penyebab penyakit dan menimbulkan bahaya serius bagi pekerja dan tidak tersedianya pengobatan yang efektif.

2. Analisis Dosis- Respon

Pada tahap analisis dosis- respon, peneliti mengevaluasi informasi yang telah diperoleh untuk memperkirakan jumlah dari pencemar yang mungkin memberikan efek tertentu pada manusia. Terdapat 2 mekanisme dosis- respon yang digunakan untuk menentukan model MRA yaitu model eksponensial dan model beta- poison.

Pada kasus mekanisme dosis paparan masuk melalui proses *inhalasi* dapat digunakan model Beta Poisson yaitu

$$P_t(d) = 1 - \left(1 + \frac{d}{\eta}\right)^{-r}$$

Keterangan :

Pt (d) = probabilitas infeksi (d)

d = dosis (CFU/org)

η = model parameter (3,36)

r = model parameter (3,04)

Tahapan ini merupakan bagian terpenting, dan merupakan proses yang menyebabkan organisme kontak dengan bahaya lingkungan berupa *risk agent* penghubung antara bahaya dan risiko.

Analisis pajanan dilakukan untuk mengukur besarnya pajanan dengan estimasi jumlah asupan yang masuk dalam tubuh manusia.

$$ADD inh = \frac{C \times IR \times EF \times ED_{inhalasi}}{BW \times AT}$$

Keterangan :

ADD inh = Dosis paparan rata- rata melalui sistem pernafasan (jalur inhalasi) (CFU/(kg.hari)

C = Konsentrasi mikroorganisme dalam udara (CFU/m³)

IR = Tingkat inhalasi (m³/hari)

EF = Frekuensi paparan (hari/tahun)

ED_{inhalasi} = Waktu paparan (tahun)

BW = Berat badan (kg)
 AT = Waktu rata- rata (hari)

3. Karakteristik Risiko

Tahapan ini berguna untuk mengetahui tahapan risiko kesehatan yang akan terjadi pada individu. Karakteristik risiko akut dengan paparan melalui inhalasi dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

Keterangan :

HQ = Besar risiko agen non karsinogenik

ADD = Dosis paparan rata- rata melalui sistem pernafasan

RfD = *Reference dose* (CFU/m³)

Hazard Index (HI), menunjukkan tingkat risiko kesehatan paparan mikroorganisme. HI diperoleh dengan menjumlahkan nilai HQ.

$$HI = \sum HQ_i$$

Keterangan :

- a. Jika $HQ \leq 1$ dan $HI \leq 1$ maka konsentrasi mikroorganisme belum berisiko menimbulkan penyakit dan risiko dapat diabaikan
- b. Jika $HQ > 1$ dan $HI > 1$ maka konsentrasi mikroorganisme berpotensi menimbulkan penyakit dan berisiko terhadap kesehatan

4. Manajemen Risiko

Prinsip manajemen risiko adalah pengelolaan risiko apabila tingkat risiko $HQ > 1$. Manajemen risiko bertujuan untuk mengendalikan faktor- faktor risiko yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan.

Berdasarkan hasil dari analisis risiko, terdapat beberapa pilihan (skenario) manajemen risiko untuk meminimalkan HQ dengan mengubah nilai faktor- faktor pemajanan sehingga rata- rata dosis harian yang terhirup lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kota Semarang yang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah adalah satu-satunya kota di Propinsi Jawa Tengah dan digolongkan sebagai kota metropolitan. Hal ini dapat dilihat dari pembangunan kota yang semakin cepat. Tata guna lahan di kota ini juga mengalami pergeseran, dari semula pertanian menjadi non pertanian, hal ini merupakan perkembangan wajar dari perkembangan kota.

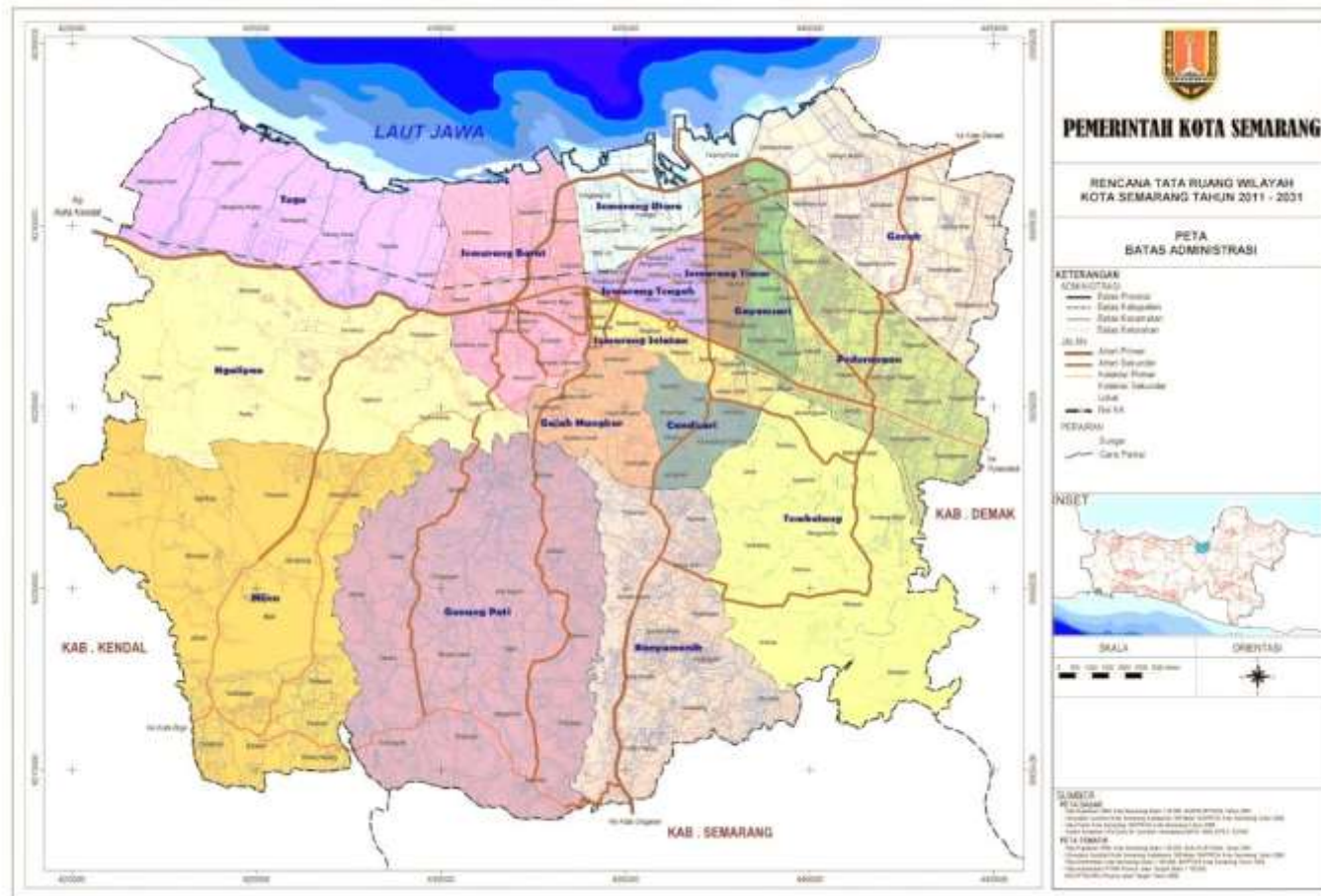
Secara geografis, Kota Semarang terletak diantara 109°35'–110°50' bujur timur dan 6°50'–7°10' Lintang Selatan. Kota Semarang memiliki luas wilayah sekitar 373,70 km² dengan batas- batas wilayah administrasi sebagai berikut :

- Sebelah utara : Laut Jawa
- Sebelah Selatan : Kabupaten Semarang
- Sebelah Timur : Kabupaten Demak dan Kabupaten Grobogan
- Sebelah Barat : Kabupaten Kendal

Masing-masing kecamatan memiliki karakteristik tersendiri, seperti kecamatan Mijen dan Gunungpati merupakan dua kecamatan dengan ciri khas daerah perbukitan dan persawahan, sedangkan kecamatan Tugu, Genuk, Pedurungan, dan Semarang Barat adalah kecamatan dengan ciri khas wilayah industri. Lokasi kawasan industri baru yang muncul adalah di kecamatan Banyumanik, hal ini tidak sesuai dengan rencana tata ruang dan kota Semarang .

1. Profil Wilayah

Kota Semarang terdiri dari 16 kecamatan yaitu Mijen, Gunungpati, Gajahmungkur, Semarang Selatan, Candisari, Tembalang, Pedurungan, Genuk, Gayamsari, Semarang Timur, Semarang Utara, Semarang Tengah, Semarang Barat, Tugu, Ngaliyan, dan Banyumanik.



Gambar 4.1 Peta Wilayah Kota Semarang

Tabel 4.1 Jumlah Kelurahan Kota Semarang Menurut Kecamatan Tahun 2019

No	Kecamatan	Kelurahan
1.	Mijen	14
2.	Gunungpati	16
3.	Banyumanik	11
4.	Gajahmungkur	8
5.	Semarang Selatan	10
6.	Candisari	7
7.	Tembalang	12
8.	Pedurungan	12
9.	Genuk	13
10.	Gayamsari	7
11.	Semarang Timur	10
12.	Semarang Utara	9
13.	Semarang Tengah	15
14.	Semarang Barat	16
15.	Tugu	7
16.	Ngaliyan	10
Jumlah		177

Sumber : Semarang Dalam Angka, 2019

2. Kondisi Demografi

Jumlah penduduk kota Semarang pada tahun 2019 adalah 1.674.358 jiwa dengan kepadatan 4.465 jiwa/km², terdiri dari 828.848 jiwa laki-laki dan 845.510 jiwa perempuan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Distribusi Penduduk Kota Semarang Menurut Jenis Kelamin Tahun 2019

No	Jenis Kelamin	Jumlah (Jiwa)	%
1.	Laki-laki	828.848	49,50%
2.	Perempuan	845.510	50,50%
Jumlah		1.674.358	100%

Sumber : Dispendukcapil Kota Semarang, 2019

Jika dilihat menurut kecamatan terdapat 6 kecamatan yang memiliki kepadatan di bawah angka rata-rata Semarang adalah Kecamatan Genuk (4.171 jiwa/km²), Kecamatan Tembalang (4045 jiwa/km²), Kecamatan Ngaliyan (3.648 jiwa/km²), Kecamatan Gunungpati (1.734 jiwa/km²), Kecamatan Mijen (1.276 jiwa/km²), dan Kecamatan Tugu (1.053 jiwa/km²). Sedangkan kecamatan yang terletak di pusat kota, dengan wilayah tidak terlalu besar tetapi memiliki jumlah penduduk yang banyak. Kepadatan penduduk tinggi adalah Kecamatan Candisari 12.307 jiwa/km², Kecamatan Gayamsari 11.972 jiwa/km². dan Kecamatan Semarang Selatan 11.703 jiwa/km².

3. Kesehatan

Dinas Kesehatan Kota Semarang membawahi 37 puskesmas induk yang tersebar di Kota Semarang. Puskesmas- puskesmas ini dikelompokkan berdasarkan wilayahnya yaitu⁷ :

- a. Kecamatan Semarang Tengah yang terdiri dari Puskesmas Poncol dan Miroto.
- b. Kecamatan Semarang Utara yang terdiri dari Puskesmas Bandarharjo dan Bulu Lor.
- c. Kecamatan Semarang Timur yang terdiri dari Puskesmas Halmahera, Bugangan dan Karangdoro.
- d. Kecamatan Semarang Selatan yang terdiri dari Puskesmas Pandanaran dan Lamper Tengah.
- e. Kecamatan Semarang Barat yang terdiri dari Puskesmas Karangayu, Lebdosari, Manyaran, Krobokan dan Ngemplak Simongan.
- f. Kecamatan Gayamsari yang terdiri dari Puskesmas Gayamsari.
- g. Kecamatan Candisari yang terdiri dari Puskesmas Candilama dan Kagok.
- h. Kecamatan Gajahmungkur yang terdiri dari Puskesmas Pegandan.
- i. Kecamatan Genuk yang terdiri dari Puskesmas Genuk dan Bangetayu.
- j. Kecamatan Pedurungan yang terdiri dari Puskesmas Tlogosari Kulon dan Tlogosari Wetan.
- k. Kecamatan Tembalang yang terdiri dari Puskesmas Kedungmundu dan Rowosari.

- l. Kecamatan Banyumanik yang terdiri dari Puskesmas Ngesrep, Padangsari, Spondol dan Pudak payung.
- m. Kecamatan Gunungpati yang terdiri dari Puskesmas Gunungpati dan Sekaran.
- n. Kecamatan Mijen yang terdiri dari Puskesmas Mijen dan Karangmalang.
- o. Kecamatan Ngaliyan yang terdiri dari Puskesmas Tambak aji, Ngaliyan dan Purwoyoso.
- p. Kecamatan Tugu yang terdiri dari Puskesmas Mangkang dan Karang anyar.

Derajat kesehatan masyarakat selama lima tahun terakhir menunjukkan perubahan yang positif, hal ini dapat dilihat dari beberapa indikator keberhasilan bidang kesehatan. Perubahan derajat kesehatan masyarakat antara lain didukung oleh tingkat ketersediaan sarana dan prasarana kesehatan serta variabel primer lainnya seperti ketersediaan tenaga medis dan paramedis, manajemen, kualitas pelayanan, dan kesadaran masyarakat serta aspek lain yang bersifat sebagai penunjang terhadap kesehatan. Berdasarkan perhitungan Indeks Pembangunan Manusia (IPM), Umur Harapan Hidup (UHH) Kota Semarang mengalami kenaikan, pada tahun 2017 mencapai 77,21.

Tabel 4.3 Jumlah Sarana dan Prasarana Kesehatan Kota Semarang Tahun 2019

No	Sarana dan Prasarana Kesehatan	Jumlah
1.	Rumah Sakit Umum	29
2.	Puskesmas	37
	a. Puskesmas Perawatan	10
	b. Puskesmas Non Perawatan	27
3.	Puskesmas Pembantu	38
4.	Posyandu Aktif	1598
5.	Apotik	429
6.	Laboratorium Kesehatan	29

Sumber : Profil Kesehatan Kota Semarang, 2019

Lanjutan Tabel 4.3

No	Sarana dan Prasarana Kesehatan	Jumlah
7.	Klinik Spesialis/ Klinik Utama	46
8.	BP Umum (Klinik Pratama)	229
9.	Dokter Umum Praktek Perorangan	2556
10.	Dokter Spesialis Praktek	1068
11.	Dokter gigi praktek	572
12.	Dokter gigi spesialis praktek	89

Sumber : Profil Kesehatan Kota Semarang, 2019

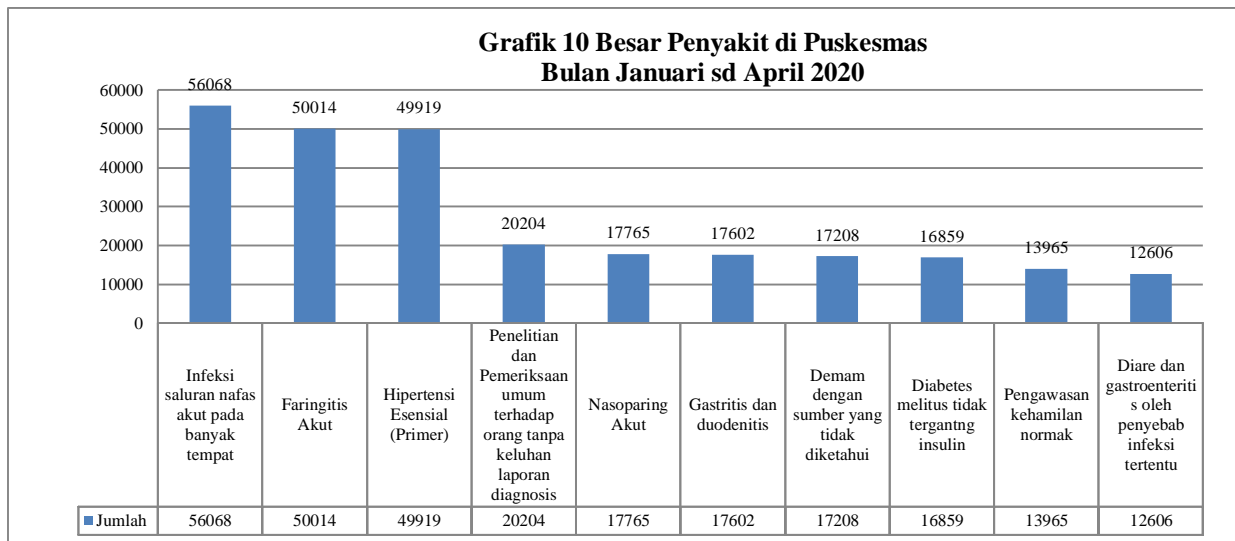
Derajat kesehatan masyarakat di suatu wilayah dapat digambarkan dengan pola 10 besar penyakit yaitu

Tabel 4.4 Gambaran 10 Besar Penyakit Kota Semarang Tahun 2019

No	Nama Penyakit	Jumlah
1.	Infeksi saluran nafas atas akut pada banyak tempat yang tidak dispesifikasi	141.668
2.	Faringitis Akut	126.128
3.	Hipertensi Esensial (Primer)	116.872
4.	Penelitian dan pemeriksaan umum terhadap orang tanpa keluhan laporan diagnosis	58.507
5.	Diabetes melitus tidak tergantung insulin	49.210
6.	Gastritis dan duodenitis	44.596
7.	Pengawasan kehamilan normal	42.154
8.	Demam dengan sumber yang tidak diketahui	31.694
9.	Sindrom nyeri kepala lainnya	27.578
10.	Gangguan- gangguan otot yang lain	26.736

Sumber : Sistem Pelaporan Terpadu Simpus, 2019

Selama Tahun 2019, diketahui kasus penyakit terbanyak yang di tangani di 37 puskesmas adalah infeksi saluran nafas atas akut pada banyak tempat yang tidak dispesifikasi dengan jumlah 141.668 penderita. Sedangkan gambaran 10 besar penyakit sampai bulan April 2020 terlihat pada grafik di bawah ini



**Gambar 4.2 Grafik10 Besar Penyakit Puskesmas di Kota Semarang
Bulan Januari sd April 2020**

Grafik di atas menggambarkan 10 besar penyakit di 37 puskesmas menyatakan penyakit terbanyak yaitu infeksi saluran nafas atas akut pada banyak tempat yang tidak dispesifikasi sebanyak 46.043 penderita selama bulan Januari sampai bulan April 2020.

B. Hasil Analisis Data

Penelitian ini dilakukan bulan Maret – Mei 2020. Lokasi penelitian dilakukan pada 13 puskesmas di Kota Semarang dengan karakteristik yang berbeda. Puskesmas tersebut meliputi Puskesmas Karangdoro, Puskesmas Bugangan, Puskesmas Kagok, Puskesmas Lebdosari, Puskesmas Ngempak Simongan, Puskesmas Karangmalang, Puskesmas Kedungmundu, Puskesmas Miroto, Puskesmas Purwoyoso, Puskesmas Gunungpati, Puskesmas Pandanaran, Puskesmas Ngesrep dan Puskesmas Karangayu.

1. Gambaran Ruang Pengambilan Sampel Udara

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) No. 75 Tahun 2014 tentang Puskesmas disebutkan bahwa penyelenggaraan Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas) harus memenuhi persyaratan bangunan dan tata ruang. Pengambilan sampel angka kuman dilakukan pada 2 ruang yaitu ruang poli pemeriksaan umum dan ruang poli KIA- KB. Luas ruangan masing- masing puskesmas terlihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.5 Data Luas Ruang Puskesmas

Puskesmas	Ruang	Jumlah Pegawai	Kondisi Saat ini (m²)
Karangdoro	R.BPU	4	13,5 m ²
	R.KIA	3	14 m ²
Bugangan	R.BPU	5	9 m ²
	R.KIA	5	12 m ²
Kagok	R.BPU	6	13,5 m ²
	R.KIA	5	30,2 m ²
Lebdosari	R.BPU	11	32 m ²
	R.KIA	4	18 m ²
Ngempak	R.BPU	6	28 m ²
Simongan	R.KIA	2	10 m ²
Karangmalang	R.BPU	3	24 m ²
	R.KIA	3	15,75 m ²
Kedungmundu	R.BPU	4	40 m ²
	R.KIA	3	28,5 m ²
Miroto	R.BPU	8	20 m ²
	R.KIA	4	20 m ²
Gunungpati	R.BPU	5	19,5 m ²
	R.KIA	5	15,39 m ²
Purwoyoso	R.BPU	3	24 m ²
	R.KIA	6	43,5 m ²
Ngesrep	R.BPU	4	40 m ²
	R.KIA	3	20,16 m ²
Karangayu	R.BPU	4	15 m ²
	R.KIA	3	27 m ²
Pandanaran	R.BPU	4	30,2 m ²
	R.KIA	3	34,5 m ²

Pada tabel 4.5 menggambarkan luas ruangan pada masing- masing puskesmas. Luas ruangan harus cukup untuk penghuni dan luasnya disesuaikan dengan jumlah penghuni dengan memperhatikan ruang gerak petugas, pasien maupun peralatan. Apabila luas tersebut tidak sebanding dengan jumlah penghuni akan menyebabkan *overcrowded*.

Gambaran kondisi aktifitas ruangan saat pengambilan sampel terdiri dari tenaga medis dan pasien. Ruang pemeriksaan umum puskesmas Karangdoro terdiri 1 orang petugas 1 pasien, sedangkan pada poli KIA & KB terdiri dari 2 orang petugas dan 1 orang pasien sedangkan total pasien yang telah diperiksa 14 pasien. Aktifitas Puskesmas Bugangan pada poli pemeriksaan umum terdiri 1 orang petugas dan 1 orang pasien, sedangkan poli KIA & KB terdiri dari 4 orang petugas dan 2 pasien.

Pada poli pemeriksaan umum Puskesmas Lebdosari terdiri dari 5 petugas dan 4 pasien. Poli KIA & KB terdiri dari 2 petugas. Poli pemeriksaan umum Puskesmas Ngeplak Simongan terdiri dari 2 orang petugas 4 pasien. Untuk poli KIA& KB terdiri dari 2 orang petugas dan 5 orang pasien. Sedangkan untuk poli umum Puskesmas Karangmalang terdiri dari 3 petugas dan 5 orang pasien dan poli KIA & KB terdiri dari 2 orang petugas.

Poli pemeriksaan umum Puskesmas Kedungmundu terdiri dari 5 petugas dan 5 pasien sedangkan poli KIA dan KB terdiri dari 3 petugas dan 2 orang pasien. Poli umum Puskesmas Miroto 3 petugas dengan 8 pasien. Poli KIA & KB terdiri dari 2 petugas dan 5 pasien. Puskesmas Gunungpati terdiri dari 2 petugas dan poli KIA&KB terdiri dari 2 petugas. Pada poli umum Puskesmas Purwoyoso terdiri dari 2 petugas dan poli KIA& KB terdiri dari 2 petugas dan 1 pasien. Ruang poli umum Puskesmas Ngesrep 2 petugas dan poli KIA dan KB terdiri dari 1 orang petugas. Puskesmas Karangayu pada poli umum terdiri dari 3 orang petugas dan 4 pasien. Sedangkan poli KIA dan KB terdiri dari 2 petugas dan 1 pasien. Untuk poli umum Puskesmas Pandanaran terdiri dari dari 4 petugas dan 2 pasien. Poli kia & kb terdiri dari 3 petugas.

Sampling dilakukan bergantian antar dua ruang. Gambaran secara umum dari masing- masing puskesmas dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Gambaran Umum Ruang Puskesmas Lokasi Pengambilan Sampel Tahun 2020

Puskesmas	Plafon	Dinding	Lantai	Jendela	Pendingin Ruang
Karangdoro	Asbes	Tembok	Keramik	Jendela bisa dibuka	Ac Split
Bugangan	Beton	Tembok	Keramik	Jendela tidak bisa dibuka	Ac Split
Kagok	Asbes	Tembok	Keramik	Jendela bisa dibuka	Ac Split
Lebdosari	Asbes	Tembok	Keramik	Jendela bisa dibuka	Ac Split
Ngempak Simongan	Asbes	Tembok	Keramik	Jendela tidak bisa dibuka	Ac Split
Karangmalang	Beton	Tembok	Keramik	Tidak ada	Ac Split
Kedungmundu	Beton	Tembok	Keramik	Jendela bisa dibuka	Ac Split
Miroto	Asbes	Tembok	Keramik	Jendela tidak bisa dibuka	Ac Split
Gunungpati	Beton	Tembok	Keramik	Jendela bisa dibuka	Kipas Angin
Pandanaran	Beton	Tembok	Keramik	Tidak ada	Ac Split
Karangayu	Beton	Tembok	Keramik	Jendela tidak bisa dibuka	Ac Split
Ngesrep	Beton	Tembok	Keramik	Jendela bisa dibuka	Kipas angin & Ac Split
Purwoyoso	Asbes	Tembok	Keramik	Jendela bisa dibuka	Ac Split

Secara umum kondisi ruangan masing- masing puskesmas relatif homogen untuk material bangunannya. Sistem pendingin ruangan menggunakan Ac split dan 2 puskesmas menggunakan kipas angin. Jendela yang ada di ruangan berdasarkan observasi dilapangan tidak dimanfaatkan sebagai bukaan dengan alasan faktor keamanan dan ruangan

sudah menggunakan AC maupun kipas angin. Sirkulasi udara berperan untuk meningkatkan konsentrasi rata-rata mikroorganisme dalam ruang. Ruangan dengan ventilasi alami berisiko meningkatkan konsentrasi mikroorganisme 1,5 kali lebih tinggi dari ruangan dengan sistem pendingin udara (AC)³⁵.

2. Kualitas Fisik dalam Ruang Puskesmas

Kualitas fisik ditunjukkan melalui hasil pengukuran suhu dan kelembaban dalam ruang yang disajikan dalam tabel 4.7 berikut ini

Tabel 4.7 Suhu dan Kelembaban dalam Ruang di Puskesmas Tahun 2020

Puskesmas	Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)
Karangdoro	R.BPU	25,9	58,3
	R.KIA	25,5	48
Bugangan	R.BPU	29,6	60,9
	R.KIA	27,8	61,3
Kagok	R.BPU	29,3	55,5
	R.KIA	28,2	49,7
Lebdosari	R.BPU	26,6	55,7
	R.KIA	27,6	58,8
Ngempak	R.BPU	26,6	62,2
Simongan	R.KIA	27,6	61,5
Karangmalang	R.BPU	25,5	66,3
	R.KIA	24,5	60,9
Kedungmundu	R.BPU	27,7	54
	R.KIA	26,5	53,3
Miroto	R.BPU	29,4	84
	R.KIA	31,8	72
Purwoyoso	R.BPU	28,9	57
	R.KIA	29,9	46
Gunungpati	R.BPU	28,1	80,1
	R.KIA	27,3	82,8
Ngesrep	R.BPU	32	55,2
	R.KIA	31,6	52,9

Lanjutan Tabel 4.7

Puskesmas	Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)
Pandanaran	R.BPU	22,6	61,6
	R.KIA	23,8	62,4
Karangayu	R.BPU	25,5	56,7
	R.KIA	24,5	59,6
Normal		22-23 ⁸	40-60

Hasil pengukuran suhu pada 13 puskesmas rata-rata puskesmas dengan suhu ruang diatas 22°C. Hasil pengukuran tingkat kelembaban relatif (RH) diperoleh 7 puskesmas (53,84 %) dengan tingkat kelembaban 40% -60% yaitu Puskesmas Karangdoro, Puskesmas Kagok, Puskesmas Lebdosari, Puskesmas Kedungmundu, Puskesmas Purwoyoso, Puskesmas Ngesrep, dan Puskesmas Karangayu. Sedangkan 6 puskesmas (46,15 %) dengan kelembaban >60%. Puskesmas tersebut terdiri dari puskesmas Pandanaran, puskesmas Gunungpati, puskesmas Miroto, puskesmas Karangmalang, puskesmas Ngemplak Simongan, dan puskesmas Bugangan.

3. Gambaran Karakteristik Responden

Responden dalam penelitian ini adalah tenaga medis pada ruang pemeriksaan umum dan ruang poli KIA dan KB pada 13 puskesmas kota Semarang. Karakteristik responden meliputi jenis kelamin, berat badan responden, dan masa kerja responden

a. Jenis Kelamin Responden

Responden dalam penelitian ini berjumlah 96 orang dengan jumlah responden berjenis kelamin laki-laki sebanyak 10 orang dan responden berjenis kelamin perempuan berjumlah 86 orang. Proporsi jenis kelamin responden pada penelitian ini disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.8 Distribusi Frekuensi Responden Tenaga Medis berdasarkan Jenis Kelamin Tahun 2020

No	Jenis Kelamin	N	Persentase %
1.	Laki- Laki	10	10,42
2.	Perempuan	86	89,58
Total		96	100

Tabel 4.8, menunjukkan bahwa jumlah responden berjenis kelamin perempuan lebih besar daripada laki- laki, yaitu 89,58% responden perempuan dan 10.42% responden laki- laki.

b. Berat Badan Responden

Berat badan dari 96 responden yang terdiri dari 42 tenaga pada poli pemeriksaan umum dan 54 tenaga pada poli KIA & KB. Selengkapnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.9 Distribusi frekuensi responden menurut berat badan tenaga medis poli pemeriksaan umum (BPU) tahun 2020

No.	Berat Badan	Kg
1.	Mean	64,13
2.	Median	60,00
3.	Berat badan minimum	39,10
4.	Berat badan maksimum	115,00

Tabel 4.9, menunjukkan bahwa berat badan responden dengan nilai mean 64,13 dan nilai median 60,00. Berat badan responden yang tertinggi adalah 115,00 kg dan berat badan responden yang terendah adalah 39,10 kg.

Tabel 4.10 Distribusi frekuensi responden menurut berat badan tenaga medis poli KIA & KB tahun 2020

No.	Berat Badan	Kg
1.	Mean	59,72
2.	Median	57,00
3.	Berat badan minimum	42,00
4.	Berat badan maksimum	94,00

Tabel 4.10, menunjukkan bahwa berat badan responden dengan nilai mean 59,72 dan nilai median 57,00. Berat badan responden yang tertinggi adalah 94,00 kg dan berat badan responden yang terendah adalah 42,00 kg.

c. Masa Kerja Responden

Masa kerja responden pada penelitian ini diukur berdasarkan masa masa kerja di puskesmas. lama kerja harian responden di puskesmas pada masing- masing poli sebanyak 5 jam per hari selama 6 hari dalam satu minggu. selengkapnya disajikan pada tabel sebagai berikut

Tabel 4.11 Distribusi frekuensi masa kerja di poli pemeriksaan umum tahun 2020

No.	Masa Kerja	Tahun
1.	Mean	7,97
2.	Median	3,50
3.	Lama kerja minimum	1,00
4.	Lama kerja maksimum	31,00

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa masa kerja 42 responden di poli pemeriksaan umum (BPU) dengan nilai mean 7,97 dan nilai median 3,50. Masa kerja responden yang tertinggi adalah 31,00 tahun dan masa kerja responden yang terendah adalah 1,00 tahun.

Tabel 4.12 Distribusi frekuensi masa kerja di poli KIA& KB tahun 2020

No.	Masa Kerja	Tahun
1.	Mean	12,62
2.	Median	12,00
3.	Lama kerja minimum	1,00
4.	Lama kerja maksimum	34,00

Tabel 4.12, menunjukkan bahwa masa kerja 54 responden pada poli KIA dengan nilai mean 12,62 dan nilai median 12,00. masa kerja responden yang tertinggi adalah 34 tahun dan masa kerja responden yang terendah adalah 1,00 tahun.

4. Pengukuran Angka Kuman Udara

Pengukuran angka kuman menggunakan alat *MAS- 100 Eco Air Sampler*. Sampling dilakukan dengan volume udara 200 liter/ menit selama 5 menit sesuai standar MAS. Untuk ruangan dengan luas $\geq 9 \text{ m}^2$ jumlah sampel yang diambil sebesar 4 titik sampel sedangkan ruang dengan luas $< 9 \text{ m}^2$ sebesar 3 titik sampel dengan titik potong horizontal.

Hasil pengukuran angka kuman udara pada masing- masing lokasi sampling terlihat pada tabel 4.13. Pengambilan sampel dilakukan pada 103 titik sampel pada 13 puskesmas dengan 2 sampel ruang BPU dan KIA pada masing- masing puskesmas. Dari hasil pengukuran angka kuman 44 titik sampel (42,72%) melebihi ambang batas dan 59 titik sampel (57,28%) memenuhi ambang batas. Beberapa lokasi diperoleh hasil melebihi standar yang di persyaratkan yaitu 500 CFU/m³. Konsentrasi angka kuman udara yang melebihi standar pada 6 puskesmas (46,15%) yaitu Puskesmas Bugangan, Ngemplak Simongan, Karangmalang, Miroto, Purwoyoso dan puskesmas Gunungpati.

Konsentrasi angka kuman tertinggi adalah 1.275 CFU/m³ pada puskesmas Ngemplak Simongan dan konsentrasi minimum angka kuman adalah 204,38 CFU/m³ terdapat pada puskesmas Karangdoro. Sedangkan konsentrasi rata- rata angka kuman udara dalam ruang pada 13 puskesmas tersebut mencapai 576,21 CFU/m³ dengan Standar deviasi sebesar 763,62.

Tabel 4.13 Distribusi Hasil Pengukuran Angka Kuman Udara di Puskesmas Tahun 2020

Variabel	Kategori	Titik Sampling													Jumlah
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Angka	≤ 500	8	2	5	7	2	0	6	4	6	2	8	4	3	59
Kuman	CFU/m ³														
Udara	%	100	28,57	62,5	87,5	25	0	75	50	75	25	100	50	37,5	57,28
Ruang	> 500	0	5	3	1	6	8	2	4	2	6	0	4	5	44
	CFU/m ³														
	%	0	71,43	37,5	12,5	75	100	25	50	25	75	0	50	62,5	42,72
	Min	95	10	0	165	5	555	0	0	125	200	15	50	130	0
	Max	280	1435	735	640	3445	5190	955	965	4070	1365	465	1045	855	5190
	Mean	204,38	522,86	355	330	1275	1231,86	365	504,38	731,86	862,50	156,25	451,25	493,75	576,21
	SD	63,214	462,82	267,37	156,16	1201,85	1603,06	380,59	342,29	1355,75	398,17	149,23	308,40	286,45	763,62

Keterangan:

- | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1. Puskesmas Karangdoro | 6. Puskesmas Karangmalang | 11. Puskesmas Ngesrep |
| 2. Puskesmas Bugangan | 7. Puskesmas Kedungmundu | 12. Puskesmas Pandanaran |
| 3. Puskesmas kagok | 8. Puskesmas Miroto | 13. Puskesmas Karangayu |
| 4. Puskesmas Lebdosari | 9. Puskesmas Purwoyoso | |
| 5. Puskesmas Ngeplak Simongan | 10. Puskesmas Gunungpati | |

Hasil pengukuran konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Karangdoro sebesar 204,38 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Bugangan 522,86 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Kagok 355 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Lebdosari 330 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Ngemplak Simongan 1275 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Karangmalang 1231,86 CFU/m³.

Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Kedungmundu 365 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Miroto 504,38 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Purwoyoso 731,86 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Purwoyoso 731,86 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Gunungpati 862,50 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Ngesrep 156,25 CFU/m³. Konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Pandanaran 451,25 CFU/m³, dan konsentrasi rata-rata angka kuman udara puskesmas Karangayu 439,75 CFU/m³.

C. *Microbial Risk Assessment (MRA)*

Analisis risiko terdiri dari 4 komponen yaitu penentuan bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*), manajemen risiko (*risk management*), dan komunikasi risiko (*risk communication*).

1. **Identifikasi Bahaya**

Identifikasi bahaya atau *hazard identification* adalah tahap awal analisis risiko kesehatan lingkungan untuk mengenali risiko. Kuman yang tersebar di udara akan menyebabkan infeksi. Kontaminasi mikrobiologi dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang serius, yang dikenal dengan *hypersensitivity pneumonitis*. Gangguan kesehatan tersebut menyerang sistem pernafasan dapat disebabkan bakteri, kapang, protozoa dan produk-produk mikroba lainnya. Penyakit infeksi saluran pernafasan akut (ISPA) selalu menduduki peringkat pertama dari 10 penyakit. Menurut data Dinas Kesehatan Kota Semarang (bulan januari sampai dengan bulan April tahun

2020) yang dihimpun dari 37 puskesmas sebanyak 46.043 kunjungan pasien disebabkan oleh kasus ISPA.

Kualitas udara di dalam ruang sangat mempengaruhi kenyamanan penghuni ruang tersebut. Selain penyakit ISPA, keberadaan kontaminasi mikrobiologi (bakteri, jamur maupun virus) di udara dapat menyebabkan terjadinya *sick building syndrom*. Gejala fisik yang berkaitan dengan kontaminasi biologis adalah batuk, dada sesak, demam, nyeri otot dan alergi pada saluran pernafasan bagian atas.

2. Analisis Pemajanan (*Exposure Assessment*)

Perhitungan dosis paparan melalui sistem pernafasan (*ADDinhalasi*) dapat dievaluasi berdasarkan model persamaan yang dikembangkan oleh USEPA (*US Environmental Protection Agency*). Dosis paparan (*intake*) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$ADD inh \left(\frac{CFU}{kg.hari} \right) = \frac{C \times IR \times EF \times EDinhalasi}{BW \times AT}$$

Tabel 4.14 Dosis Paparan (*Intake*) Melalui Sistem Pernafasan (ADDinh) tahun 2020

Puskesmas	Konsentrasi (CFU/m ³)			ED (tahun)			BW (kg)			ADDinh (CFU/kg/hari)		
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
Karangdoro	95	280	204,38	1,0	27,0	14,75	50,0	73,0	61,375	0,24	12,89	6,11
Bugangan	10	1435	522,86	1,0	31,0	12,0	52,0	76,0	63,5	0,02	72,85	12,30
Kagok	0	735	355	1,0	34,0	11,0	49,0	85,0	63,143	0,00	36,59	7,70
Lebdosari	165	640	330	1,0	28,0	8,67	48,0	60,0	53,3	0,43	37,17	6,68
Ngemplak	5	3445	1275	1,0	18,0	6,67	43,0	67,0	55,0	0,01	115,19	19,24
Simongan												
Karangmalang	555	5190	1231,86	1,0	15,0	9,5	39,10	95,5	61,15	1,77	101,46	23,82
Kedungmundu	0	955	365	1,0	22,0	13,0	56,6	75,0	62,96	0,00	34,87	9,38
Miroto	0	965	504,38	1,0	14,0	7,0	43,0	65,0	50,0	0,00	25,87	8,79
Purwoyoso	125	4070	731,86	1,0	16,0	8,0	55,0	115,0	71,0	0,28	70,48	10,26
Gunungpati	200	1365	862,50	1,0	20,0	10,4	46,0	73,0	57,45	0,54	46,55	19,43
Ngesrep	15	465	156,25	1,0	31,0	16,7	54,5	94,0	69,25	0,03	19,09	4,69
Pandanaran	50	1045	451,25	1,0	20,0	11,25	42,0	75,0	62,25	0,15	34,68	10,15
Karangayu	130	855	493,75	1,0	12,0	5,43	53,0	88,0	65,86	0,31	14,51	5,07

Keterangan :

IR = 14,17 m³/hari

EF = 235 hari/ tahun

AT = 73,3 x 365 hari

Tabel 4.14 menggambarkan konsentrasi angka kuman yang masuk dalam tubuh (*intake*) pada masing- masing puskesmas. Dosis *intake* rata- rata pada puskesmas berkisar 4,69 CFU/kg/hari sampai dengan 23,82 CFU/kg/hari. *Intake* rata- rata minimum terdapat di Puskesmas Ngesrep sedangkan *intake* rata- rata maksimum terdapat di Puskesmas Karangmalang.

3. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon ditujukan untuk menduga apakah *risk agent* mempunyai potensi menimbulkan efek merugikan kesehatan pada populasi berisiko. Dalam QMRA bagian terpenting adalah model dosis respon yang sesuai untuk memperkirakan infeksi yang disebabkan oleh paparan *risk agent*. Paparan agen infeksi dapat di hitung dengan persamaan *Beta- Poisson* dibawah ini

$$P_{inf} = 1 - \left(1 + \frac{dose}{\eta}\right)^{-r}$$

Perhitungan dosis melalui jalur inhalasi harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti laju inhalasi (IR), waktu pemaparan (t), dan konsentrasi angka kuman di udara. Dosis inhalasi dapat di peroleh dengan perhitungan sebagai berikut

Tabel 4.15 *Probability Infection* Angka Kuman Udara tahun 2020

Puskesmas	Dosis			P_{inf}		
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
Karangdoro	0,24	12,89	6,11	0,19	0,99	0,96
Bugangan	0,02	72,85	12,3	0,02	1,00	0,99
Kagok	0	36,59	7,7	0,00	1,00	0,97
Lebdosari	0,43	37,17	6,68	0,31	1,00	0,96
Ngemplak	0,01	115,19	19,24	0,01	1,00	1,00
Simongan	0,01	115,19	19,24	0,01	1,00	1,00
Karangmalang	1,77	101,46	23,82	0,72	1,00	1,00
Kedungmundu	0	34,87	9,38	0,00	1,00	0,98
Miroto	0	25,87	8,79	0,00	1,00	0,98
Purwoyoso	0,28	70,48	10,26	0,22	1,00	0,99
Gunungpati	0,54	46,55	19,43	0,36	1,00	1,00

Lanjutan Tabel 4.15

Puskesmas	Dosis			P _{inf}		
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
Ngesrep	0,03	19,09	4,69	0,03	1,00	0,93
Pandanaran	0,15	34,68	10,15	0,12	1,00	0,99
Karangayu	0,31	14,51	5,07	0,24	0,99	0,94

Dosis respon menggambarkan peluang seseorang menjadi sakit setelah mengalami kontak dengan mikroba. Pada tabel 4.15 analisis dosis respon angka kuman udara melalui jalur inhalasi pada masing- masing puskesmas. *Probabilitas* infeksi pada puskesmas Karangdoro 9,6 terinfeksi, puskesmas Bugangan 9,9 terinfeksi, Puskesmas Kagok 9,7 terinfeksi. *Probabilitas* infeksi di Puskesmas Lebdosari 9,6 terinfeksi. *Probabilitas* infeksi di Puskesmas Ngeplak Simongan sebesar adalah 10 kasus terinfeksi. *Probabilitas* infeksi di puskesmas Karangmalang adalah 10 kasus terinfeksi. *Probabilitas* infeksi di puskesmas Kedungmundu adalah 98 kasus, *probabilitas* infeksi di puskesmas purwoyoso sebesar 9.8 kasus. *Probabilitas* infeksi di puskesmas Gunungpati 9.9 kasus. *Probabilitas* infeksi pada puskesmas Ngesrep ada 9,2 kasus. *Probabilitas* infeksi pada Puskesmas Pandanaran sebesar 98 kasus dan Puskesmas Karangayu sebesar 9,3 kasus. Peluang infeksi rata- rata pada 13 puskesmas adalah 9 kasus terinfeksi.

4. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko merupakan tahap akhir dari penilaian risiko. Karakteristik risiko adalah upaya untuk mengetahui apakah populasi yang terpajan berisiko terhadap *risk agent* yang masuk ke dalam tubuh. Tingkat risiko kesehatan akibat paparan mikroorganisme dikategorikan risiko kesehatan non karsinogenik dengan persamaan sebagai berikut

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

RfD merupakan dosis referensi, yang menggambarkan dosis harian maksimum yang dapat diterima. Sejauh ini belum ada dosis referensi (RfD) untuk mikroba. Hal ini dikarenakan tidak mudah melakukan penilaian risiko terhadap mikroorganisme³⁶. Selain itu mikrobiologi udara memiliki efek relatif kecil terhadap kesehatan manusia. Studi epidemiologi dari beberapa penelitian mengusulkan paparan mikroorganisme pada pekerja sebesar 500 CFU/m³ selama 8 jam kerja³⁷.

Tabel 4.16 HQ Angka Kuman Udara di Puskesmas Melalui Jalur Inhalasi Tahun 2020

Puskesmas	ADDinh			HQ		
	Min	Min	Mean	Min	Max	Mean
Karangdoro	0,24	12,89	6,11	0,06	3,06	1,44
Bugangan	0,02	72,85	12,30	0,005	17,26	2,92
Kagok	0,00	36,59	7,70	0,00	8,68	1,83
Lebdosari	0,43	37,17	6,68	0,10	8,81	1,58
Ngemplak	0,01	115,19	19,24	0,002	27,31	4,56
Simongan						
Karangmalang	1,77	101,46	23,82	0,42	24,06	5,64
Kedungmundu	0,00	34,87	9,38	0,00	8,26	2,22
Miroto	0,00	25,87	8,79	0,00	6,13	2,08
Purwoyoso	0,28	70,48	10,26	0,07	16,71	2,43
Gunungpati	0,54	46,55	19,43	0,12	11,04	4,61
Ngesrep	0,03	19,09	4,69	0,007	4,53	1,11
Pandanaran	0,15	34,68	10,15	0,04	8,22	2,41
Karangayu	0,31	14,51	5,07	0,07	3,44	1,20

Berdasarkan tabel 4.16 diperoleh nilai HQ, untuk HQ rata-rata pada 13 puskesmas adalah HQ >1. Nilai HQ terbesar terdapat pada Puskesmas Karangmalang. Tingkat risiko (HQ) paparan angka kuman udara pada puskesmas dikatakan tidak aman bagi kesehatan petugas. Hasil HQ yaitu HQ >1 pada semua lokasi, hal tersebut menunjukkan bahwa *risk agent* berisiko terhadap kesehatan petugas. Menurut penelitian *Daisey et.al*, 2003 menyebutkan mikroorganisme

udara dalam ruang (kantor, sekolah, maupun bangunan tempat tinggal) tidak menyebabkan risiko secara langsung terhadap efek kesehatan, namun akan berisiko pada efek jangka panjang terhadap kesehatan terutama pada individu yang sensitif³⁵.

BAB V PEMBAHASAN

Secara umum penelitian ini mencoba mengetahui tingkat risiko paparan angka kuman udara pada petugas puskesmas Kota Semarang, selain itu untuk mengetahui konsentrasi angka kuman udara dalam ruang, gambaran konsentrasi angka kuman udara yang masuk dalam tubuh melalui jalur inhalasi dan gambaran manajemen risiko yang dapat dilakukan di lokasi penelitian.

A. Konsentrasi *Risk Agent*

Puskesmas merupakan unit pelayanan kesehatan yang dirancang dengan aturan- aturan ketat agar tidak menyebabkan pencemaran sekitar lokasi. Akses puskesmas yang mudah menjadi pilihan utama bagi pasien. Pengukuran konsentrasi angka kuman dilakukan pada bulan Maret hingga Mei 2020 dan menghasilkan angka yang fluktuatif. Hasil pengukuran tertinggi adalah 1.275 CFU/m³ pada puskesmas Ngemplak Simongan. Konsentrasi rata- rata hasil pengukuran adalah 576,21 CFU/m³ dengan standar deviasi sebesar 763,62. konsentrasi angka kuman udara dalam ruang tersebut diperoleh 44 titik sampel (42,72%) melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh *American conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH) sebesar 500 CFU/ m³ perhari dan 59 titik sampel (57, 28%) memenuhi ambang batas. Konsentrasi angka kuman udara yang melebihi standar (46,15%) terdapat pada Puskesmas Bugangan, Ngemplak Simongan, Karangmalang, Miroto, Purwoyoso dan puskesmas Gunungpati.

Temperatur dan kelembaban relatif adalah dua faktor yang penting yang menentukan viabilitas dari mikroorganisme dalam aerosol. Faktor lingkungan yang diukur pada penelitian ini antara lain suhu, kelembaban relatif, dan luas ruangan.

a. Suhu Udara

Suhu udara merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap perkembangbiakan mikroorganisme baik pada suhu udara minimum maupun suhu udara optimum. Berdasarkan hasil pengukuran suhu udara pada saat sampling dilakukan, suhu

udara yang tercatat berkisar antara 22,6 °C – 32,0 °C, rata-rata suhu udara yang terukur yaitu 27,5 °C. Menurut penelitian yang dilakukan Yoshizawa, secara umum konsentrasi bioaerosol lebih tinggi pada tempat atau lokasi yang memiliki suhu berkisar 30- 40 °C dibandingkan dengan yang memiliki suhu lebih rendah yaitu 20-30°C³⁸. Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit standar baku mutu udara 22- 23°C, suhu udara yang terukur saat sampling telah melewati standar. Hasil pengukuran temperatur diperoleh 12 puskesmas kecuali puskesmas pendanaan. Suhu optimum pertumbuhan bakteri adalah 25 - 37°C. Hubungan suhu dengan angka kuman udara menunjukkan korelasi positif, yaitu semakin tinggi suhu udara yang ada di dalam ruang semakin tinggi angka kuman udara dalam ruang tersebut³⁴. Panas dalam ruangan dapat berasal dari tubuh manusia yang diproduksi untuk proses metabolisme. Dari semua panas yang dihasilkan tubuh, hanya 20% saja yang dipergunakan dan sisanya akan dibuang ke lingkungan. Selain itu panas dapat ditimbulkan dari ventilasi yang tidak memenuhi syarat. Akumulasi uap pada konstruksi bangunan gedung menyebabkan kelembaban dan pertumbuhan mikroba.

b. Kelembaban Relatif (RH)

Kelembaban udara merupakan salah satu parameter yang berpengaruh signifikan. Kelembaban ruang yang dianggap nyaman adalah 40-60%. Dari hasil pengukuran kelembaban yang dilakukan tercatat kelembaban berkisar antara 46% - 84%. Dengan kelembaban rata-rata 60,64%. Kelembaban relatif (RH) diatas 60% dapat menyebabkan berkembang biaknya organisme patogen maupun organisme yang bersifat alergen.

Keberadaan mikroorganisme di udara dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kelembaban udara, ukuran dan konsentrasi partikel debu, temperatur, serta jenis mikroorganisme. Semakin lembab maka kemungkinan semakin banyak kandungan mikroba di

udara. Kelembaban yang tinggi akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme³⁹. Faktor yang dapat menyebabkan kelembaban adalah konstruksi bangunan yang tidak baik seperti atap bocor, lantai, dan dinding bangunan yang tidak kedap air serta kurangnya cahaya baik buatan maupun alami.

c. Kepadatan Penghuni

Berdasarkan Permenkes RI No. 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit menyatakan luas ruangan pemeriksaan sebesar 9- 24 m². Secara umum, luas ruangan BPU maupun KIA pada puskesmas sudah memenuhi persyaratan minimal luas ruangan berdasarkan Permenkes RI tersebut.

Selain luas ruangan, faktor kepadatan dan perilaku penghuni juga mempengaruhi keberadaan mikroorganisme udara. Penghuni ruangan merupakan sumber yang sangat mempengaruhi bakteri khususnya *airborne bacteria* di dalam ruangan⁴⁰. Luas ruangan harus disesuaikan dengan jumlah penghuni dengan memperhatikan ruang gerak petugas, pasien maupun peralatan. Apabila luas tersebut tidak sebanding dengan jumlah penghuni akan menyebabkan *overcrowded*.

Barang- barang *furniture* yang terdapat di dalam ruangan juga dapat mempengaruhi kualitas udara mikroorganisme di dalam ruang. *Furniture* yang terbuat dari bahan- bahan yang mudah ditumbuhi oleh mikroorganisme seperti kayu dapat menyebabkan potensi terjadinya pencemaran udara mikrobiologis di dalam ruangan⁴¹.

Pencemaran udara mikrobiologis dalam ruang terjadi karena jumlah biologis yang meliputi jumlah jamur dan bakteri melebihi batas maksimum yang diijinkan, sehingga berpotensi menimbulkan berbagai macam gangguan kesehatan dan penyakit. Kandungan mikroorganisme yang tinggi dalam udara dapat menyebabkan asma dan rhinitis, pneumonia dan *sick building syndrome*⁴². Bakteri tersebut diantaranya seperti *Bacillus sp.*,

Streptomyces albus, *Glomerans Pantoeaag*, *Pseudomonas chlororaphis*, *Arthrobacter globiformis*, *Thermoactinomyces vulgaris*, and *Corynebacterium sp.* Sebagian besar bioaerosol bersifat non patogen dan hanya menyebabkan infeksi atau penyakit pada orang dengan gangguan sistem kekebalan tubuh⁴².

Bakteri dapat tersebar di udara melalui batuk, bersin, berbicara dan tertawa. Pada proses tersebut ikut keluar cairan saliva dan mukus yang mengandung mikroba. Virus dari saluran pernafasan dapat juga ditularkan melalui udara. Diperkirakan bahwa jumlah bakteri dalam satu kali bersin berkisar antara 10.000 sampai 100.000 dengan partikel dalam kisaran ukuran $< 1\mu\text{m}$ sampai $\geq 50\mu\text{m}$ ⁴³. Bakteri dalam mulut yang keluar karena batuk atau bersin dapat tersebar sejauh 12 kaki, kemudian menguap pada waktu jatuh sehingga meninggalkan *droplet nuclei* (inti tetesan) yang mampu bertahan dalam sirkulasi udara di dalam ruangan selama berjam-jam bahkan berhari-hari⁴⁴.

Bakteri penyebab ISPA antara lain adalah genus *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Pneumococcus*, *Haemophilus*, *Bordetella* dan *Corynebacterium*. Virus penyebab ISPA terbesar adalah virus pernafasan antara lain adalah grup *Mixovirus* (*Orthomyxovirus* sub grup *Influenza virus*, *Paramyxovirus* sub grup *Para Influenza virus* dan *Imetamixovirus* sub grup *Respiratory syncytial virus/RS-virus*), *Adenovirus*, *Picornavirus*, *Coronavirus*, *Mixoplasma*, *Herpesvirus*. Jamur Penyebab ISPA antara lain *Aspergillus sp.* *Candida albicans* dan *Histoplasma*. Infeksi saluran pernafasan merupakan kontak penularan secara langsung. Partikel yang dikeluarkan saat bersin dan batuk berukuran $>5\mu\text{m}$ dan memiliki risiko 3 kali pada orang yang rentan⁴³.

Straphylococcus aureus merupakan anaerobik fakultatif, tetapi dapat tumbuh baik pada kondisi aerob, dengan kisaran pertumbuhan sekitar 6,5 - 46°C dengan pH 4,2- 9,3 dan pH optimum 7,0- 7,5 dengan pertumbuhan pada lempeng agar pada suhu 37°C selama 24 jam. Sumber infeksi straphylococcus merupakan pasien atau pegawai rumah sakit yang memiliki lesi. Pemberihan nanah dari lesi pasien, dapat membahayakan orang lain

karena kemampuan bakteri menyebar melalui lingkungan yang terkontaminasi. *Streptococcus pyogenes* berdiameter 0,5 – 1,0 m. Pertumbuhan optimal pada pH 7,4- 7,6 dan suhu 37°C. *Corynebacterium diphtheriae* memiliki sel berukuran 0,5 – 1,0 m. *Streptococcus pneumoniae* memiliki diameter 0,5- 1,25 m, pertumbuhan optimal pada pH 7,4 – 7,8. *Haemophilus influenzae* memiliki ukuran lebar 0,2-0,3 m dan panjang 0,5-0,8 m. H. Influenzae merupakan spesies paling penting karena mampu menyebabkan infeksi yang berat. *Neisseria meningitidis* memiliki diameter 0,6-1,0 m. Puncak kasus penyakit terjadi pada anak- anak berusia 6-24 bulan. Penyakit meningococcus pada populasi militer dihubungkan dengan tingkat bawaan nasofaring setinggi 90%. *Bordetella pertussi*, bakteri ini merupakan kokobasil berukuran panjang 0,5- 1,0 µm dengan lebar 0,2- 0,3 µm. *Legionella pneumophila*, merupakan bakteri bentuk batang berukuran panjang 2-3 m dengan lebar 0,3-0,9 m. Sebagian kasus terjadi pada usia 50 tahun atau lebih. Demam pontiac, juga sering terjadi pada orang yang sehat. *Mycobacterium tuberculosis*, merupakan bakteri berbentuk batang lurus, ramping atau agak melengkung dengan ujung membulat. Ukuran panjangnya mulai 1-4 m dan lebar 0,3- 0,6 m. Pada kondisi optimal bakteri ini tumbuh lambat, untuk dapat dilihat memerlukan waktu 10-12 hari pada suhu 37°C, pH optimal 7,0⁴⁵.

Beberapa reaksi yang terjadi akibat dari mikroorganisme (jamur dan bakteri) di dalam ruang antara lain reaksi alergi yang dapat berupa bersin, pilek, mata merah dan ruam kulit (dermatitis). Selain itu kualitas udara yang buruk dapat menyebabkan sindrom penyakit yang dikenal dengan “*Sick Building Syndrome (SBS)*”.

B. Karakteristik Antropometri

Variabel penting yang sangat mempengaruhi besar dosis aktual suatu *risk agent* yang diterima individu adalah karakteristik antropometri dan pola aktivitas. Karakteristik antropometri meliputi berat badan, semakin besar berat badan individu semakin kecil dosis internal yang diterima. Perhitungan *Average daily dose rates* ($ADD_{inhalation}$) dan tingkat risiko pada

suatu populasi yang terpajan *risk agent* di hitung berdasarkan persamaan diatas.

Berat badan rata- rata orang dewasa normal asia yaitu 55 kg sedangkan berat badan orang dewasa normal Eropa yaitu 70 kg. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan terlihat bahwa berat badan populasi bervariasi. Pada tabel 4.9 dan tabel 4.10 masing- masing untuk ruang BPU dan ruang KIA & KB. Pada tabel dapat dilihat berat badan minimal petugas adalah 39,10 kg yang merupakan berat kurang dari rata-rata orang dewasa asia dan terdapat pada petugas ruang BPU. Sedangkan berat badan maksimum pada petugas ruang BPU adalah 115,00 kg, berat tersebut merupakan berat 2 kali berat rata- rata orang asia. Sedangkan berat badan yang paling sesuai dengan rata- rata orang Asia adalah petugas di poli KIA&KB.

Dalam studi analisis risiko, semakin kecil berat badan maka *intake* yang akan diterima akan semakin besar karena berat badan berfungsi sebagai denominator dalam rumus *intake*. Berat badan juga akan mempengaruhi besarnya nilai risiko dan secara teoritis semakin besar berat badan seseorang, maka semakin kecil kemungkinannya berisiko mengalami gangguan kesehatan⁴⁶. Pada orang dengan obesitas, volume paru yang dimiliki tidak lebih besar dibandingkan dengan nilai IMT (indeks masa tubuh) yang normal dan bernafasnya pun akan lebih cepat sehingga volume bioaerosol yang dihirup akan semakin banyak⁴⁷.

Selain berat badan, karakteristik antropometri lain yang sangat berpengaruh terhadap nilai paparan adalah durasi paparan melalui jalur inhalasi yang digambarkan melalui lama kerja di puskesmas. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan pada masing- masing poli lama pekerjaan minimum adalah 1 tahun dan lama pekerjaan maksimum adalah 34 tahun dengan aktifitas Puskesmas dilakukan mulai jam 07.00 s.d 17.00 yang terbagi 2 shift. Median masa kerja responden di poli pemeriksaan umum (BPU) adalah 3,50 tahun. Dan median masa kerja poli KIA&KB adalah 12,00 tahun.

C. Analisis Pemajanan dan Perhitungan *Average Daily Dose Rate* (ADD)

Analisis pemajanan (*Exposure Assessment*) dimaksudkan untuk mengenali jalur- jalur pajanan agen risiko agar jumlah mikroorganisme yang terhirup individu dalam populasi dapat dihitung. Penilaian agen biologis didasarkan pada tingkat potensial kontaminasi (efek toksin) mikrobiologi. Tingkat patogen mikroba bersifat dinamis walaupun dalam kondisi yang rendah. Hal ini dapat dipengaruhi oleh adanya penyimpangan terhadap suhu, kelembaban relatif lingkungan, maupun keberadaan zat antimikroba dan antiflora.

Konsentrasi pajanan personal (*intake*) dibedakan berdasarkan lokasi puskesmas. Pada tabel 4.14, nilai ADD_{inh} terendah terdapat pada puskesmas Ngesrep dan ADD_{inh} tertinggi pada puskesmas Karangmalang. *Exposure Assessment* melalui jalur inhalasi dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi angka kuman, tingkat inhalasi, waktu pemaparan. Semakin besar konsentrasi angka kuman semakin tinggi jumlah mikroorganisme yang masuk melalui jalur inhalasi. Tingginya konsentrasi pada Puskesmas Karangmalang dibandingkan dengan puskesmas lainnya dikarenakan suhu dan kelembaban relatif cukup tinggi jika dibandingkan dengan kondisi normal. Suhu udara yang tercatat ≥ 24 °C dan kelembaban $\geq 60,9\%$. Suhu dan kelembaban yang tinggi akan menyebabkan berkembang biaknya organisme. Pola aktifitas dalam ruangan Puskesmas Karangmalang, saat sampling terdapat 3 orang tenaga medis dan 5 orang pasien dan pengantar. Selain itu keluar masuk pasien dalam ruang pemeriksaan dapat menyebabkan mikroba dari luar ruang dapat masuk.

Pada tabel 4.15 menggambarkan kemungkinan infeksi (*infection*). Nilai peluang infeksi diartikan banyaknya kemungkinan orang terinfeksi pada suatu populasi. Hasil perhitungan yang diperoleh probabilitas infeksi 9×10^{-1} artinya sebanyak 9 kasus dalam 10 orang dapat terinfeksi angka kuman udara dengan asumsi jumlah kontaminasi 4,69 CFU/kg/hari – 23,82 CFU/kg/hari. Probabilitas infeksi yang direkomendasikan adalah 1×10^{-6} , hal ini berarti 1 kasus terinfeksi per 1.000.000 orang.

D. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko menggambarkan integrasi dari identifikasi bahaya, karakteristik bahaya dan penilaian paparan yang digunakan menentukan perkiraan risiko serta memberikan estimasi mengenai dampak yang akan terjadi pada populasi tertentu.

Pencemaran udara akibat bakteri dikategorikan efek non karsinogenik. Dari hasil penelitian di dapat hasil tingkat risiko (HQ) pada petugas puskesmas adalah diatas satu pada semua lokasi puskesmas, hal tersebut menunjukkan bahwa agen berisiko menimbulkan efek merugikan bagi kesehatan pada petugas kesehatan.

Bila dibandingkan *intake* angka kuman udara pada masing- masing puskesmas terlihat bahwa intake tertinggi adalah 23,82 CFU/kg/hari pada Puskesmas Karangmalang dan intake terendah pada Puskesmas Ngesrep sebesar 4,69 CFU/kg/hari. Sedangkan tingkat risiko (HQ) tertinggi pada puskesmas Karangmalang sebesar HQ = 5,64. Paparan angka kuman sebesar 4,69 CFU/kg/hari sampai dengan 23,82 CFU/kg/hari secara inhalasi pada petugas kesehatan di puskesmas, dinyatakan tidak aman dan berisiko untuk frekuensi pajanan 235 hari/ tahun.

Tingkat risiko (HQ), dapat dipengaruhi oleh konsentrasi *risk agent*, karakteristik antropometri dan pola aktivitas, variabel lain yang sangat berpengaruh dalam menentukan tingkat risiko mikroorganisme adalah kondisi lingkungan fisik. Bakteri dapat tumbuh pada kondisi suhu tinggi, kelembaban tinggi, ventilasi yang buruk dan ruangan dengan penghuni padat merupakan sumber yang sangat mempengaruhi bakteri khususnya *airborne bacteria* di dalam ruangan⁴⁰. Kualitas mikrobiologis yang tinggi disebabkan mikroorganisme dapat berkembang biak dengan baik pada kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan mikroba yaitu 25°C-37°C. Sedangkan tingkat kelembaban relatif (RH) optimum untuk kelangsungan hidup mikroorganisme antara 40% sampai 60%.

Bahaya paparan melalui jalur inhalasi lebih berisiko 10^5 lebih berisiko daripada kontak melalui kulit (dermal) untuk anak- anak maupun dewasa³⁶. Temuan epidemiologis menyebutkan bahwa respon sistem

imunitas dapat melindungi dari alergi polutan mikrobiologi⁴⁸. Sistem imunitas tubuh memiliki fungsi membantu perbaikan DNA manusia, mencegah infeksi yang disebabkan jamur, bakteri, virus dan organisme lain serta menghasilkan antibodi untuk memproteksi serangan bakteri dan virus asing ke dalam tubuh.

E. Manajemen Risiko

Manajemen risiko dibutuhkan untuk mengurangi risiko yang mungkin terjadi. Manajemen risiko yang dapat dilakukan sebagai dasar risiko yang mungkin terjadi yaitu

a. Manajemen risiko lingkungan.

Penerapan manajemen risiko ini untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh aktifitas di puskesmas pada kesehatan pasien, petugas maupun lingkungan. Kegiatan penerapan manajemen risiko lingkungan antara lain

- Penilaian persyaratan bangunan dan prasarana puskesmas.
- Identifikasi risiko kondisi lingkungan.
- Tatalaksana penerapan manajemen risiko lingkungan.
- Pemantauan penerapan manajemen risiko lingkungan oleh petugas sanitasi.

b. Manajemen risiko klinis

Keadaan yang menempatkan pasien pada suatu risiko dan tindakan untuk mencegah terjadinya risiko tersebut. Manajemen risiko layanan klinis di Puskesmas dilaksanakan untuk meminimalkan risiko akibat adanya layanan klinis oleh tenaga kesehatan di puskesmas yang dapat berdampak pada pasien maupun petugas. Proses penerapan manajemen risiko layanan klinis meliputi

- Identifikasi risiko yang berpotensi membahayakan petugas dan pasien.
- Analisis risiko dengan cara menilai kegawatan dari risiko.

- Evaluasi risiko dilakukan dengan mencari penyebab masalah menggunakan analisis akar masalah untuk menentukan tindakan perbaikan.
- Tindakan atau perbaikan.

c. Manajemen risiko pelaksanaan program

Manajemen risiko pada pelaksanaan program puskesmas merupakan upaya untuk mengidentifikasi, menganalisa dan meminimalkan dampak atau risiko atas pelaksanaan program Puskesmas.

Pengelolaan risiko menjadi keharusan apabila $HQ > 1$. Dari hasil perhitungan didapat tingkat risiko untuk individu > 1 . Ini berarti pencemaran angka kuman dalam tingkat tidak aman dan berisiko. Agar petugas puskesmas tetap aman dalam memberikan pelayanan kepada pasien maka perlu dilakukan pencegahan. Pencegahan tersebut dapat dilakukan dengan pengendalian konsentrasi angka kuman udara.

Manajemen risiko pada dasarnya melakukan manipulasi nilai dosis agar sama dengan nilai RfD. Agar nilai asupan sama dengan nilai RfD maka dapat dilakukan dengan cara penurunan konsentrasi (C). Manajemen risiko dapat dilakukan dengan 2 cara¹⁹. Pertama yaitu mengurangi konsentrasi angka kuman sampai konsentrasi batas aman. Kedua adalah mengurangi waktu pajanan baik pajanan harian maupun frekuensi pajanan tahunan. Cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan angka kuman melalui proses (kimia atau fisika) yang digunakan untuk membunuh semua kehidupan mikroorganisme. Bakteri dapat dikendalikan dengan beberapa cara diantaranya adalah

1. *Cleaning* dan Sanitasi

Cleaning dan sanitasi sangat penting di dalam mengurangi jumlah populasi bakteri pada suatu ruang/tempat. Prinsip *cleaning* dan sanitasi adalah menciptakan lingkungan yang tidak dapat menyediakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sekaligus membunuh sebagian besar populasi mikroba. Ruangan yang belum dilakukan pembersihan memiliki risiko 2,7 kali kemungkinan terkontaminasi dibandingkan dengan ruangan yang telah

dibersihkan⁴⁹. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan kamar pasien *hematologi* setelah pembersihan dapat terkontaminasi bakteri *Aspergillus* dan berisiko menyebabkan infeksi nosokomial.

2. Desinfeksi

Desinfeksi adalah perusakan, penghambatan atau penghapusan mikroba yang dapat menyebabkan penyakit atau masalah lain misalnya seperti pembusukan. Hal ini biasanya dicapai dengan menggunakan bahan kimia. Secara umum desinfeksi dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu *spraying*, *wiping*, *mopping*, *submersion*, *fogging* dan *fumigation*. Untuk ruangan yang luas atau udara bisa dilakukan dengan penyemprotan dengan uap atau asap.

Permukaan yang terkontaminasi oleh mikrobiologi berfungsi sebagai reservoir tidak langsung terkait dengan penularan infeksi ke pegawai atau pasien. Perpindahan mikroorganisme dari permukaan lingkungan dapat terjadi melalui kontak tangan dengan permukaan⁴³.

Dalam penelitian *Mansoorah, D*, 2018 menganalisis konsentrasi bioaerosol ruang operasi sebelum dan sesudah kegiatan sterilisasi dan desinfeksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi jamur sebelum desinfeksi 4,83 – 18,40 CFU/m³ dan setelah desinfeksi 1,90 – 8,90 CFU/m³. Sedangkan konsentrasi bakteri sebelum desinfeksi 14,65 – 167,40 CFU/m³ dan setelah desinfeksi 9,50 – 38,40 CFU/m³. Konsentrasi bioaerosol dalam ruang operasi menurun setelah dilakukan sterilisasi maupun desinfeksi⁵⁰.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi disinfeksi permukaan adalah⁴³ :

- a. Sifat barang yang akan dilakukan desinfeksi
- b. Jumlah mikroorganisme yang ada
- c. Resistensi bawaan dari mikroorganisme tersebut
- d. Jumlah senyawa organik yang ada
- e. Jenis dan konsentrasi *germicide* yang digunakan
- f. Durasi dan suhu kontak *germicide*.

Pembersihan (*cleaning*) merupakan langkah pertama yang diperlukan pada proses sterilisasi maupun desinfeksi. Pembersihan dapat menggunakan deterjen dan surfaktan. Jika permukaan tidak

dibersihkan sebelum proses dimulai, keberhasilan proses sterilisasi ataupun desinfeksi terganggu.

Jumlah mikroorganisme pada permukaan lingkungan sangat dipengaruhi oleh faktor- faktor berikut⁴³ :

- a. Jumlah penghuni atau orang di lingkungan
- b. Jumlah aktifitas
- c. Kelembaban relatif
- d. Keberadaan bahan yang mampu mendukung pertumbuhan mikroba
- e. Jenis permukaan (horizontal atau vertikal)

Upaya yang telah dilakukan pihak puskesmas Kota Semarang dalam menekan angka kuman udara antara lain melakukan pembersihan dan desinfektan. Kegiatan pembersihan dan desinfeksi dilakukan 2 kali sehari, yaitu sebelum pelayanan dan setelah pelayanan. Cara desinfeksi yang dilakukan dengan menggunakan bahan desinfektan yang dicairkan ke dalam air dilakukan dengan cara membasahi lantai, hal ini berguna untuk menurunkan angka kuman lantai. Selain itu desinfeksi dilakukan pada permukaan-permukaan yang disentuh.

Dalam menghambat aktivitas mikroba, alkohol 50-70% berperan sebagai pendenaturasi dan pengkoagulasi protein, denaturasi dan koagulasi protein akan merusak enzim sehingga mikroba tidak dapat memenuhi kebutuhan hidupnya dan akhirnya aktivitasnya terhenti⁵¹.

3. Pengendalian mikroba dengan filtrasi

Bioaerosol (bakteri, jamur, virus dan turunannya) telah terbukti mengganggu kesehatan. Transmisi aerosol berperan penting menyebabkan infeksi mikroba diudara. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengembangkan teknologi pembersihan udara, salah satunya penggunaan filtrasi di dalam sistem pendingin udara⁵².

Pengendalian mikroba dengan filtrasi terdiri atas dua filter, yaitu filter bakteriologis dan filter udara.

- a. Filter bakteriologis biasanya digunakan untuk mensterilkan bahan-bahan yang tidak tahan terhadap pemanasan, misalnya larutan gula, serum, antibiotika, antitoksin
- b. Filter udara berefisiensi tinggi untuk menyaring udara yang berisikan partikel (*High Efficiency Particulate Air Filter* atau HEPA) memungkinkan dialirkannya udara bersih ke dalam ruangan tertutup dengan sistem aliran udara laminar (*Laminar Air Flow*)

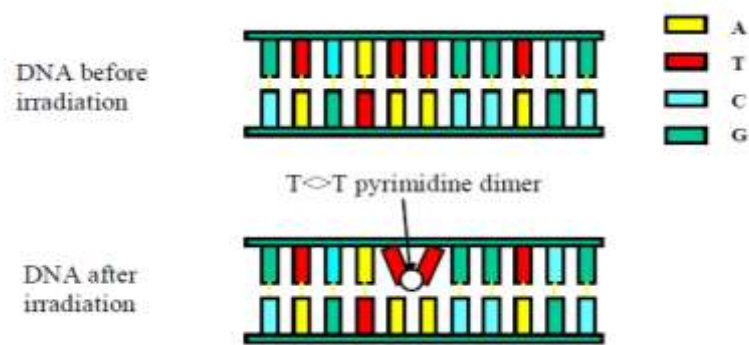
Filter HEPA biasa digunakan pada area perawatan khusus di rumah sakit. Filter HEPA memiliki efisiensi 99,9% dan menghilangkan partikel dengan diameter $>0,3\mu\text{m}$ ⁴³. Kelemahan HEPA filter ini adalah tingginya biaya perawatan dibanding dengan jenis filter lain.

Salah satu teknologi yang sedang dikembangkan untuk mengontrol penyakit akibat paparan jalur inhalasi adalah penggunaan filter *carbon nanotube* (CNT). Keunggulan CNT antara lain permukaan halus dan kemampuan adsorpsi yang tinggi. Efisiensi penggunaan CNT menunjukkan lebih dari 95% dapat menangkap *B. Subtilis var niger*⁵².

4. Pengendalian mikroba dengan radiasi.

Radiasi ultraviolet merupakan metode yang dikenal untuk menonaktifkan agen biologis khususnya mikroorganisme di udara. Penggunaan ultraviolet saat ini telah banyak dilakukan guna melindungi pasien dan petugas kesehatan. Beberapa penelitian membuktikan efektifitas radiasi UV sebagai pengendali mikroorganisme di udara⁵³.

Mikroorganisme sangat rentan terhadap sinar UV pada panjang gelombang 254 nm, yang merupakan penyerapan maksimum dalam molekul DNA. sinar uv akan menembus sel mikroorganisme dan diserap oleh asam nukleat dalam molekul DNA. Dalam molekul DNA terjadi pembentukan *pyrimidine dimers* dan *lethal photoproducts* penyebab terjadinya perubahan pada struktur sel dan akhirnya menyebabkan kematian⁵³.



Gambar 5.1 Mekanisme Sinar Ultraviolet
 Sumber : *Journal of Hospital Infection*

Efektifitas sinar ultraviolet terhadap daya bunuh bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pada luas ruangan, intensitas cahaya yang digunakan, lama waktu penyinaran, jarak sumber cahaya terhadap bakteri dan juga jenis bakteri itu sendiri. Lamanya waktu penyinaran dapat dilakukan selama 2 jam.

F. Keterbatasan Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini yaitu analisis sampel belum dilakukan identifikasi terhadap koloni yang tumbuh dan masih terbatas pada angka kuman total baik yang bersifat patogen dan non patogen di udara. Selain itu kemungkinan terjadinya bias data pada penelitian saat ini dengan kondisi pada saat melakukan perhitungan kemungkinan terjadinya infeksi akibat mikroorganisme.

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Dari hasil penelitian, maka dapat disimpulkan :

1. Hasil pengukuran konsentrasi angka kuman udara menunjukkan 6 puskesmas (46,15%) dari 13 puskesmas sampel melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH) yaitu sebesar 500 CFU/m³. Puskesmas tersebut terdiri dari puskesmas Bugangan (523 CFU/m³), puskesmas Ngemplak Simongan (1.275 CFU/m³), puskesmas Karangmalang (1.232 CFU/m³), puskesmas Miroto (504 CFU/m³), puskesmas purwoyoso (732 CFU/m³), dan puskesmas Gunungpati (863 CFU/m³)
2. Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi angka kuman yang masuk ke dalam tubuh berkisar 4,69 CFU/kg/hari sampai dengan 23,882 CFU/kg/hari, dengan peluang infeksi sebesar 9 dari 10 orang dapat terinfeksi angka kuman udara dengan probabilitas infeksi direkomendasikan adalah 1×10^{-6} .
3. Tingkat risiko kesehatan akibat paparan angka kuman udara dikategorikan risiko kesehatan non karsinogenik, dengan nilai HQ pada puskesmas Karangdoro sebesar 1,44, puskesmas Bugangan 2,92, puskesmas Kagok sebesar 1,83, puskesmas Lebdosari sebesar 1,58, puskesmas Ngemplak Simongan sebesar 4,56, puskesmas Karangmalang sebesar 5,64, puskesmas Kedungmundu sebesar 2,22, puskesmas Miroto sebesar 2,08, puskesmas Purwoyoso sebesar 2,43, puskesmas Gunungpati sebesar 4,61, puskesmas Ngesrep sebesar 1,11, puskesmas Pandanaran sebesar 2,41, dan puskesmas Karangayu sebesar 1,20. Nilai HQ pada 13 puskesmas HQ >1 menunjukkan bahwa agen berisiko menimbulkan efek merugikan bagi kesehatan.

4. Manajemen risiko yang sudah dilakukan puskesmas Kota Semarang untuk mengurangi konsentrasi angka kuman melalui cara *cleaning* dan desinfeksi.

B. SARAN

1. Bagi dinas kesehatan dan puskesmas melakukan pemantauan secara rutin kualitas udara terutama faktor mikroorganisme berdasarkan standar Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 75 Tahun 2014 tentang Pusat Kesehatan Masyarakat dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.
2. Membentuk tim PPI (pengendalian dan pencegahan infeksi) di puskesmas.
3. Mengatur posisi duduk petugas medis sehingga aliran udara bersih ke arah pasien.
4. Puskesmas diharapkan menjaga kualitas udara dengan sistem ventilasi ruangan dan melakukan sterilisasi ruangan dengan sinar UV sebagai upaya dalam menurunkan angka kuman udara.
5. Puskesmas melakukan penurunan konsentrasi hingga kebatas aman (konsentrasi aman) dan melakukan pembatasan waktu pajanan hingga ke batas aman (waktu pajanan aman)
6. Model kajian *Microbial Risk Assessment* diharapkan dapat digunakan untuk menghitung Covid 19 dengan cara menentukan konsentrasi yang dapat diterima individu.
7. Bagi peneliti lain yang berminat melakukan penilaian MRA di wilayah Puskesmas dapat melakukan identifikasi jenis mikroba yang ada sehingga dapat diketahui besarnya infeksi yang dapat terjadi.
8. Bagi peneliti lain, dapat menganalisis mengenai manajemen risiko yang paling efektif dalam menurunkan konsentrasi angka kuman udara dalam ruang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Indonesia, K. K. R. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 75 Tahun 2014 Tentang Pusat Kesehatan Masyarakat*. (2014).
2. Lisyastuti, E. S. I. Jumlah koloni mikroorganisme udara dalam ruang dan hubungannya dengan kejadian. *Tesis* 1–55 (2010).
3. Wawan, W. Gambaran kualitas mikrobiologi udara kamar operasi dan keluhan kesehatan. *J. Kesehat. Lingkung.* **8**, 219–228 (2016).
4. Abdullah, M. T. & Hakim, B. A. Lingkungan Fisik dan Angka Kuman Udara Ruangan di Rumah Sakit Umum Haji Makassar, Sulawesi Selatan. *Kesmas Natl. Public Heal. J.* **5**, 206 (2011).
5. Syahputri, R. Penerapan keselamatan pasien untuk mengurangi resiko infeksi nosokomial di rumah sakit. 1–9.
6. Badan Pusat Statistik Kota Semarang. Kota Semarang Dalam Angka Tahun 2018. *33740.1805* 153 (2018) doi:1102001.3374.
7. Dinas Kesehatan Kota Semarang. Profil Kesehatan Kota Semarang 2018. *DKK Semarang* 1–104 (2018).
8. Republik Indonesia, K. K. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 7 Tahun 2019 Tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*. (2019).
9. Kesehatan, K. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 27 Tahun 2017 Tentang Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Infeksi di Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. (2017).
10. 1999, P. 32 tahun. Presiden republik indonesia. *Peratur. Pemerintah Republik Indones. Nomor 26 Tahun 1985 Tentang Jalan* 1–5 (1985) doi:10.1016/j.aquaculture.2007.03.021.
11. Menkes, R. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. *Kementeri. Kesehat. Republik Indones. NOMOR 1407*, 1–13 (2002).
12. Environmental Protection Agency, U. S. & Environments Division, I. Indoor Air Facts No. 4 Sick Building Syndrome. *EPA - Air Radiat. (6609J), Res. Dev.* 1–4 (1991) doi:10.1136/oem.2003.008813.
13. Vidyautami, D., Huboyo, H. . & Hadiwidodo, M. Pengaruh


- Penggunaan Ventilasi (AC dan Non AC) dalam Ruangan Terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara. *J. Tek. Lingkungan. UNDIP* **4**, 1–8 (2015).
14. Rochmad, S. Ruang Lingkup Pencemaran. *Ruang Lingkup Pencemaran* 1–38 (2014).
 15. Elsberry, R. *Indoor Air Pollution Can Sicken Office Workers*. (Electrical Apparatus, 2007).
 16. Ramadhan, M. Hubungan Keberadaan Bakteriologis Udara Terhadap Kondisi Ruangan di Ruang Kuliah Mahasiswa S1 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanudin. (2018).
 17. National Institute For Occupational Safety And Health (NIOSH). *Indoor Air Quality*. (1989).
 18. Darmadi. D08120005-614-Dar-I-Infeksi-Nosokomial-Problematika-Dan-Pengendaliannya_Library-Stikes-Pekajangan-2014.Pdf. 146 (2008).
 19. Direktur Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. (2012).
 20. Kesehatan, K. *KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 876/Menkes/SK/VIII/2001 TENTANG PEDOMAN TEKNIS ANALISIS DAMPAK KESEHATAN LINGKUNGAN*. (2001).
 21. Yuliawati, A. L. Analisis Resiko. 62–64 (2013).
 22. Wijtzes, T. *Tools for microbiological risk assessment*. *Microbiological Risk Assessment in Food Processing* (2002). doi:10.1533/9781855736689.2.193.
 23. Parkin, R. T. Foundations and Frameworks for Human Microbial Risk Assessment. *USEPA Arch. Doc.* 1–147 (2008).
 24. Ahl, A. S., Byrd, D. M. & Dessai, A. B. Microbial Risk Assessment. *Microb. Food Saf. Anim. Agric. Curr. Top.* 267–274 (2008) doi:10.1002/9780470752616.ch27.
 25. Fsis, U. Risk assessment guideline for pathogenic organisms. (2012).
 26. Syahputra, G. Biosafety dan biosecurity: upaya untuk aman bekerja

- di laboratorium. *BioTrends* **8**, 34–38 (2017).
27. Ryan, M. O. *et al.* Application of quantitative microbial risk assessment for selection of microbial reduction targets for hard surface disinfectants. *Am. J. Infect. Control* **42**, 1165–1172 (2014).
 28. Buchanan, R. L., Smith, J. L. & Long, W. Microbial risk assessment: Dose-response relations and risk characterization. *Int. J. Food Microbiol.* **58**, 159–172 (2000).
 29. Carducci, A. *et al.* Quantitative microbial risk assessment for workers exposed to bioaerosol in wastewater treatment plants aimed at the choice and setup of safety measures. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **15**, (2018).
 30. Yang, K. *et al.* Airborne bacteria in a wastewater treatment plant: Emission characterization, source analysis and health risk assessment. *Water Res.* **149**, 596–606 (2019).
 31. Indonesia, U., Teknik, F., Studi, P. & Industri, T. Manajemen risiko dengan metode. (2012).
 32. Kementerian Kesehatan. *Peraturan Menteri Kesehatan RI NO 27 tahun 2017 tentang Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Infeksi di Fasilitas Pelayanan Kesehatan.* (2017).
 33. Masloman, Anugrah Perdana; Kandou, G. D; Tilaar, C. R. Analisis Pelaksanaan Pencegahan dan Pengendalian Infeksi di Kamar Operasi RSUD Dr Sam Ratulangi Tondano. *Jikmu* **5**, 238–249 (2015).
 34. Septiana, E. *Faktor- Faktor yang Berhubungan Dengan Angka Kuman Udara di Ruang Rawat Inap RS Paru Dungus Madiun.* (2018).
 35. Brągoszewska, E., Biedroń, I., Kozielska, B. & Pastuszka, J. S. Microbiological indoor air quality in an office building in Gliwice, Poland: analysis of the case study. *Air Qual. Atmos. Heal.* **11**, 729–740 (2018).
 36. Li, Y., Zhang, H., Qiu, X., Zhang, Y. & Wang, H. Dispersion and risk assessment of bacterial aerosols emitted from rotating-brush aerator during summer in a wastewater treatment plant of xi'an,

- china. *Aerosol Air Qual. Res.* **13**, 1807–1814 (2013).
37. Torben Sigsgaard, Bach, B. & Malmros, P. Respiratory impairment among workers in a garbage-handling plant. *Am. J. Ind. Med.* **17**, 92–93 (1990).
 38. Rajasekar, A. & Balasubramanian, R. Assessment of airborne bacteria and fungi in food courts. *Build. Environ.* **46**, 2081–2087 (2011).
 39. Wouters, P. & Delmotte, C. *Ventilation, good indoor air quality and rational use of energy. Pollution Atmospherique* (2005).
 40. Pastuszka, J. S., Kyaw Tha Paw, U., Lis, D. O., Wlazlo, A. & Ulfig, K. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmos. Environ.* **34**, 3833–3842 (2000).
 41. Ui, F. T. Kualitas udara ..., Indah Denas Tiarawati, FT UI, 2011. (2011).
 42. Hoseinzadeh, E., Samarghandie, M. R., Ghiasian, S. A., Alikhani, M. Y. & Roshanaie, G. Evaluation of bioaerosols in five educational hospitals wards air in Hamedan, during 2011-2012. *Jundishapur J. Microbiol.* **6**, (2013).
 43. CDC. Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC): Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. *U.S. Dep. Heal. Hum. Serv. Centers Dis. Control Prev. Atlanta, GA 30329* 1–235 (2003).
 44. Santri, P., Yunus, M. & Taurina, H. Angka dan pola bakteri penyebab healthcare-associated infections (HAIs) pada udara di ruang intensive cardiac care unit (ICCU) rumah sakit umum daerah (RSUD) dr . M. Yunus Bengkulu. *J. Kedokt. Rafflesia* **4**, 1–14 (2018).
 45. Penyakit, B. P. Bakteri penyebab penyakit 9.1.
 46. Almunjiat, E., sabilu, Y. & ainurrafiq, A. ANALISIS RISIKO KESEHATAN AKIBAT PAJANAN TIMBAL (Pb) MELALUI JALUR INHALASPADA OPERATOR DI STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM (SPBU) DI KOTA KENDARI TAHUN 2016 (STUDI DI SPBU TIPULU, WUA-WUA, ANDUONOHU

- DAN SPBU LEPO-LEPO). *J. Ilm. Mhs. Kesehat. Masy. Unsyiah* **1**, 185158 (2016).
47. Jarrett, B., Bloch, G. J., Bennett, D., Bleazard, B. & Hedges, D. The influence of body mass index, age and gender on current illness: A cross-sectional study. *Int. J. Obes.* **34**, 429–436 (2010).
 48. Hulin, M., Simoni, M., Viegi, G. & Annesi-Maesano, I. Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. *Eur. Respir. J.* **40**, 1033–1045 (2012).
 49. Lee, L. D. *et al.* Risk of Bioaerosol Contamination With Aspergillus Species Before and After Cleaning in Rooms Filtered With High-Efficiency Particulate Air Filters That House Patients With Hematologic Malignancy. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* **28**, 1066–1070 (2007).
 50. Dehghani, M., Sorooshian, A., Nazmara, S., Baghani, A. N. & Delikhoon, M. Concentration and type of bioaerosols before and after conventional disinfection and sterilization procedures inside hospital operating rooms. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **164**, 277–282 (2018).
 51. Who. on Hand Hygiene in Health Care First Global Patient Safety Challenge Clean Care is Safer Care. *World Health* **30**, 270 (2009).
 52. Guan, T. & Yao, M. Use of carbon nanotube filter in removing bioaerosols. *J. Aerosol Sci.* **41**, 611–620 (2010).
 53. Fletcher, L., Noakes, C., Beggs, C. & Sleigh, P. The importance of bioaerosols in hospital infections and the potential for control using germicidal ultraviolet irradiation. *J. Hosp. Infect.* 123–133 (2004).

ETICAL CLEARENCE



**KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN
HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT UNIVERSITAS DIPONEGORO
FACULTY OF PUBLIC HEALTH DIPONEGORO UNIVERSITY**

**KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK
DESCRIPTION OF ETHICAL APPROVAL
"ETHICAL APPROVAL"**

No : 84/EA/KEPK-FKM/2020

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :
The research protocol proposed by

Peneliti utama : ERNA HANDAYANI
Principle Investigator

Nama Institusi : Universitas Diponegoro
Name of the Institution

Anggota Peneliti : 1. Dr. Ir. Mursid Raharjo, M. Si
Member 2. Dr. Yusniar Hanani D, S.TP. M.Kes

Dengan judul :
Title

"ANALISIS RISIKO MIKROKROBIOLOGI UDARA DALAM RUANG PADA PUSKESMAS KOTA SEMARANG"
" Quantitative Microbial Risk Assessment for air quality indoor in Public Health, Semarang, Indonesia"


Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standart WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment And Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.

Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 28 May 2020 sampai dengan tanggal 28 May 2021

This declaration of ethics applies during the period May, 28th 2020 until May, 28th 2021

Semarang, 28 May 2020
Professor and Chairperson,



dr. M. Sakundarno Adi, M. Sc, Ph.D.
NIP. 196401101990011001

Surat Ijin Penelitian



**PEMERINTAH KOTA SEMARANG
DINAS KESEHATAN**

MG Setos Lt. 7 Jl. Inspeksi Gajahmada Telp. (024) 8415269 - 8318070 Fax. (024) 831 Kode Pos : 50134 SEMARANG

Nomor : B/3475/070/II/2020
Sifat :
Lampiran :
Perihal : Izin Pengambilan Data Penelitian

Semarang, 24 FEB 2020
Kepada ;
Yth. Ka. Puskesmas se-Kota Semarang

di -
SEMARANG

Dasar surat dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, tanggal 18 Februari 2020, Nomor; 575/UN7.5.9.2.1/DL/2020 perihal tersebut pada pokok surat.

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, bersama ini kami hadapkan mahasiswa atas nama :

Nama : Erna Handayani
NIM/NIP : 25000218410006
Judul : *Analisis Risiko Mikroorganisme Angka Kuman Udara Dalam Ruang Pada Puskesmas Kota Semarang*

Yang akan melaksanakan kegiatan pengambilan data dan sampel mengenai angka kuman udara di wilayah kerja Puskesmas saudara dilaksanakan pada bulan Februari 2020 s/d April 2020 dengan catatan selama melaksanakan kegiatan tersebut tetap harus mentaati peraturan yang berlaku di Puskesmas dan Pemerintah Kota Semarang.

Demikian harap maklum, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih.

a.n. KEPALA DINAS KESEHATA

Sekretaris


dr. Lilik Faridah
Penata Tk. I
NIP. 19710411 200904 2 001

TEMBUSAN, Kepada Yth. :

1. Kepala Dinas Kesehatan (sebagai laporan);
2. Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat UNDIP;
3. Yang bersangkutan;
4. Arsip.

Informed Consent**LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN**

Responden yang saya hormati, saya yang bertanda tangan dibawah ini

: Nama : Erna Handayani
NIM : 25000218410006

Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP Semarang melakukan penelitian tentang “Analisis Risiko Mikrobiologi Udara Dalam Ruang Pada Puskesmas Kota Semarang”.

Bersama ini mohon kesediaan ibu/bapak untuk berpartisipasi dalam penelitian ini dengan menandatangani lembar persetujuan dan menjawab pertanyaan serta mengisi kuesioner yang berhubungan dengan penelitian ini. Jawaban yang bapak/ibu berikan akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian .

Atas bantuan dan partisipasinya saya ucapkan terima kasih.

Semarang, Maret 2020

Peneliti

(Erna Handayani)

KESEDIAAN MENGIKUTI PENELITIAN*(INFORMED CONCENT)*

Nama :

Umur :

Alamat :

Menyatakan bersedia sebagai responden penelitian berjudul “Analisis Risiko Mikrobiologi Udara Dalam Ruang Pada Puskesmas Kota Semarang”. Dengan ketentuan apabila ada hal-hal yang tidak berkenan kepada saya, maka saya berhak mengajukan pengunduran diri sebagai responden dari kegiatan penelitian ini.

Semarang, Maret 2020

(.....)

KUESIONER

I. Data Umum

1. Nama responden :
2. Umur :
3. Jenis Kelamin : a. Laki- laki
b. Perempuan
4. Pekerjaan :
5. Pendidikan Terakhir : 1. SLTA
2. D3
3. PT

II. Data Antropometri

1. Berat Badan : kg
2. Lama bekerja di Puskesmas : Tahun
3. Lama bekerja setiap hari : jam/ hari
4. Frekuensi kerja dalam seminggu : Hari

II. Data Kesehatan

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah anda pernah mengalami gangguan pernafasan seperti sesak nafas selama 2 minggu terakhir?	Ya Tidak (langsung ke no 3)
2.	Apakah sesak nafas anda disertai dengan nyeri pada dada?	Ya Tidak (langsung ke no 3)
3.	Apakah anda mengalami batuk 2 minggu terakhir?	Ya Tidak (langsung ke no 5)
4.	Apakah batuk anda disertai dahak ?	Ya Tidak
5.	Apakah selama bekerja disini anda pernah mengalami gangguan pernafasan ? (sesak nafas, nyeri pada dada, batuk dll)	Ya Tidak
6.	Apakah sebelum bekerja disini anda pernah mengalami gangguan pernafasan? (sesak nafas, nyeri pada dada, batuk dll)	Ya Tidak
7.	Apakah anda menggunakan masker saat bekerja	Ya Tidak

Output SPSS Konsentrasi Angka Kuman Udara

1. Puskesmas Karangdoro

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	95,00	280,00	204,3750	63,21378
Valid N (listwise)	8				

2. Puskesmas Bugangan

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	7	10,00	1435,00	522,8571	462,81941
Valid N (listwise)	7				

3. Puskesmas Kagok

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	,00	735,00	355,0000	267,36813
Valid N (listwise)	8				

4. Puskesmas Lebdosari

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	165,00	640,00	330,0000	156,15926
Valid N (listwise)	8				

5. Puskesmas Ngemplak Simongan

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	5,00	3445,00	1275,0000	1201,85274
Valid N (listwise)	8				

6. Puskesmas Kedungmundu

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	,00	955,00	365,0000	380,59164
Valid N (listwise)	8				

7. Puskesmas Miroto

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	,00	965,00	504,3750	342,28682
Valid N (listwise)	8				

8. Puskesmas Karangmalang

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	555,00	5190,00	1231,8750	1603,08617
Valid N (listwise)	8				

9. Puskesmas Purwoyoso

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	125,00	4070,00	731,8750	1355,75476
Valid N (listwise)	8				

10. Puskesmas Gunungpati

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	200,00	1365,00	862,5000	398,17441
Valid N (listwise)	8				

11. Puskesmas Ngesrep

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	15,00	465,00	156,2500	149,23017
Valid N (listwise)	8				

12. Puskesmas Pandanaran

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	50,00	1045,00	451,2500	308,40315
Valid N (listwise)	8				

13. Puskesmas Karangayu

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BPU_KIA	8	130,00	885,00	493,7500	286,45306
Valid N (listwise)	8				

Output SPSS Berat Badan Responden

1. Puskesmas Bugangan

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	6	52,00	76,00	63,5000	10,31019
Valid N (listwise)	6				

2. Puskesmas Miroto

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	6	43,00	65,00	50,0000	8,71780
Valid N (listwise)	6				

3. Puskesmas Lebdosari

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	6	48,00	60,00	53,3333	4,27395
Valid N (listwise)	6				

4. Puskesmas Ngemplak Simongan

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	6	43,00	67,00	55,0000	8,96660
Valid N (listwise)	6				

5. Puskesmas Karangdoro

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	10	50,00	73,00	60,1000	7,09382
Valid N (listwise)	10				

6. Puskesmas Purwoyoso

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	6	55,00	115,00	71,0000	22,52998
Valid N (listwise)	6				

7. Puskesmas Kedungmundu

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	10	56,60	75,00	62,9600	6,41997
Valid N (listwise)	10				

8. Puskesmas Karangmalang

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	10	56,60	75,00	62,9600	6,41997
Valid N (listwise)	10				

9. Puskesmas Kagok

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	8	49,00	85,00	61,3750	12,36282
Valid N (listwise)	8				

10. Puskesmas Gunungpati

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	4	46,00	73,00	58,7500	11,78629
Valid N (listwise)	4				

11. Puskesmas Ngesrep

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	11	54,50	94,00	68,4091	12,22460
Valid N (listwise)	11				

12. Puskesmas Pandanaran

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	7	55,00	75,00	65,1429	8,02971
Valid N (listwise)	7				

13. Puskesmas Karangayu

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat_Badan	7	53,00	88,00	65,8571	12,17140
Valid N (listwise)	7				

Output SPSS Masa Kerja Responden

1. Puskesmas Bugangan

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	6	1,00	31,00	12,0000	12,74363
Valid N (listwise)	6				

2. Puskesmas Miroto

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	6	1,00	14,00	7,0000	6,66333
Valid N (listwise)	6				

3. Puskesmas Lebdosari

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	6	1,00	28,00	8,6667	10,78270
Valid N (listwise)	6				

4. Puskesmas Ngeplak Simongan

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	6	1,00	18,00	6,6667	6,94742
Valid N (listwise)	6				

5. Puskesmas Karangdoro

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	8	1,0	27,0	14,750	10,3199
Valid N (listwise)	8				

6. Puskesmas Purwoyoso

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	6	1,00	16,00	8,0000	5,89915
Valid N (listwise)	6				

7. Puskesmas Kedungmundu

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	10	1,00	22,00	13,0000	7,36357
Valid N (listwise)	10				

8. Puskesmas Karangmalang

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	6	1,00	15,00	9,5000	6,74537
Valid N (listwise)	6				

9. Puskesmas Kagok

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	7	1,00	34,00	11,0000	11,06044
Valid N (listwise)	7				

10. Puskesmas Ngesrep

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	10	1,00	31,00	16,7000	11,36320
Valid N (listwise)	10				

11. Puskesmas Pandanaran

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	8	1,00	20,00	11,2500	6,90238
Valid N (listwise)	8				

12. Puskesmas Gunungpati

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	10	1,00	20,00	10,4000	5,56177
Valid N (listwise)	10				

13. Puskesmas Karangayu

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Masa_Kerja	7	1,00	12,00	5,4286	4,99524
Valid N (listwise)	7				

Hasil Penelitian



DINAS KESEHATAN KOTA SEMARANG
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Alamat: Jl. Raden Patah No. 178 Semarang Telp. (024)
 3545020



LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

Nomor Agenda : 443.5/001290/LAB.KES/2020
 No. Pelanggan : 000258
 Kode Sampel : 000878/LK.LIK.UMUM/B/IV.2020
 Nama Pelanggan : Erna Handayani
 Alamat Pelanggan : Semarang
 Jenis Sampel : lingkungan (LIK)
 Pengambil Sampel : Erna Handayani
 Lokasi Sampel : BPU Kedungmunda Titik 1
 Tanggal diambil/diterima : 14-04-2020 09:32/14-04-2020 11:52
 Suhu :
 Hasil Pemeriksaan :

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL PEMERIKSAAN	BATAS MAKSIMAL	METODE
1	Angka Kuman Khusus	CFU/m ³	955	-	IK/LABKES/B/7.4.4.11

Catatan :
 1. Hasil Pemeriksaan hanya berlaku untuk Sampel yang diperiksa
 2. Laporan Hasil Pemeriksaan ini tidak boleh digunakan tanpa izin Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Kota Semarang.

Mengetahui
 Penanggung Jawab Laboratorium
 Masyarakat



Samudra M
 NIP. 196307051972121003

Semarang, 16 APR 2020
 Koordinator Laboratorium
 Mikrobiologi



Wulan Purnamasari, S.Si
 NIP. 19820126 201001 2 010

Scanned with
CamScanner



DINAS KESEHATAN KOTA SEMARANG
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Alamat: Jl. Raden Patah No. 178 Semarang Telp. (024)
 3545020



LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

Nomor Agenda : 443.5/001291/LAB.KES/2020
 No. Pelanggan : 000258
 Kode Sampel : 000880/LK.LIK.UMUM/B/IV/2020
 Nama Pelanggan : Erna Handayani
 Alamat Pelanggan : Semarang
 Jenis Sampel : lingkungan (LIK)
 Pengambil Sampel : Erna Handayani
 Lokasi Sampel : BPU Kedungmundu Titik 2
 Tanggal diambil/diterima : 14-04-2020 09:44/14-04-2020 11:52
 Suhu :
 Hasil Pemeriksaan :

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL PEMERIKSAAN	BATAS MAKSIMAL	METODE
1	Angka Kuman Khusus	CFU/m ³	285	-	IK/LABKES/B/7.4.4.11

Catatan :

1. Hasil Pemeriksaan hanya berlaku untuk Sampel yang diperiksa
2. Laporan Hasil Pemeriksaan ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Kota Semarang.

Mengetahui
 Penanggung Jawab Laboratorium
 Kesehatan Masyarakat



Semarang, 16 APR 2020
 Koordinator Laboratorium
 Mikrobiologi

Wulan Purnamasari, S.Si
 NIP. 19820126 201001 2 010



DINAS KESEHATAN KOTA SEMARANG
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Alamat: Jl. Raden Patah No. 178 Semarang Telp. (024)
 3545020



LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

Nomor Agenda : 443.5/001292/LAB.KES/2020
 No. Pelanggan : 000258
 Kode Sampel : 000881/L.K.LIK.UMUM/B/IV.2020
 Nama Pelanggan : Erna Handayani
 Alamat Pelanggan : Semarang
 Jenis Sampel : lingkungan (LIK)
 Pengambil Sampel : Erna Handayani
 Lokasi Sampel : BPU Kedungmudu Titik 3
 Tanggal diambil/diterima : 14-04-2020 09:51/14-04-2020 11:52
 Suhu :
 Hasil Pemeriksaan :

NO	PARAMETER	SATUAN	BASIL PEMERIKSAAN	BATAS MAKSIMAL	METODE
1	Angka Kuman Khusus	CFU/m ³	165	-	IK/LABKES/B/7.4.4.11

Catatan :

1. Hasil Pemeriksaan hanya berlaku untuk Sampel yang diperiksa
2. Laporan Hasil Pemeriksaan ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Kota Semarang.

Mengetahui
 Penanggung Jawab Laboratorium
 Kesehatan Masyarakat



Semarang, 16 APR 2020
 NIP. 19820126 201001 2 010

Semarang, 16 APR 2020
 Koordinator Laboratorium
 Mikrobiologi



Wulan Purnamasari, S.Si
 NIP. 19820126 201001 2 010



DINAS KESEHATAN KOTA SEMARANG
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Alamat: Jl. Raden Patah No. 178 Semarang Telp. (024)
 3545020



LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

Nomor Agenda : 443.5/001293/LAB.KES/2020
 No. Pelanggan : 000258
 Kode Sampel : 000882/LK.LIK.UMUM/B/IV.2020
 Nama Pelanggan : Erna Handayani
 Alamat Pelanggan : Semarang
 Jenis Sampel : lingkungan (LIK)
 Pengambil Sampel : Erna Handayani
 Lokasi Sampel : BPU Kedungmudu Titik 4
 Tanggal diambil/diterima : 14-04-2020 09:59/14-04-2020 11:52
 Subu :
 Hasil Pemeriksaan :

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL PEMERIKSAAN	BATAS MAKSIMAL	METODE
1	Angka Kuman Khusus	CFU/m ³	445	-	IK/LABKES/B/7.4.4.11

Catatan :

1. Hasil Pemeriksaan hanya berlaku untuk Sampel yang diperiksa
2. Laporan Hasil Pemeriksaan ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Kota Semarang.

Mengetahui
 Penanggung Jawab Laboratorium
 Kesehatan Masyarakat



Semarang, 16 APR 2020
 Koordinator Laboratorium
 Mikrobiologi

Wulan Purnamasari, S.Si
 NIP. 19820126 201001 2 010



DINAS KESEHATAN KOTA SEMARANG
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Alamat: Jl. Raden Patah No. 178 Semarang Telp. (024)
 3545020



LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

Nomor Agenda : 443.5/001296/LAB KES/2020
 No. Pelanggan : 000258
 Kode Sampel : 000883/LK.LIK.UMUM/B/IV.2020
 Nama Pelanggan : Erna Handayani
 Alamat Pelanggan : Semarang
 Jenis Sampel : lingkungan (LIK)
 Pengambil Sampel : Erna Handayani
 Lokasi Sampel : KIA Kedungmundu Titik 1
 Tanggal diambil/diterima : 14-04-2020 10:14/14-04-2020 11:55
 Suhu :
 Hasil Pemeriksaan :

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL PEMERIKSAAN	BATAS MAKSIMAL	METODE
1	Angka Kuman Khusus	CFU/m ³	0	-	IK/LABKES/B/7.4.4.11

Catatan :

1. Hasil Pemeriksaan hanya berlaku untuk Sampel yang diperiksa
2. Laporan Hasil Pemeriksaan ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Kota Semarang.



Semarang, 16 APR 2020
 Koordinator Laboratorium
 Mikrobiologi

Wulan Pumasari, S.Si
 NIP. 19820126 201001 2 010



DINAS KESEHATAN KOTA SEMARANG
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Alamat: Jl. Raden Patah No. 178 Semarang Telp. (024)
 3545020



LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

Nomor Agenda : 443.5/001297/LAB.KES/2020
 No. Pelanggan : 000258
 Kode Sampel : 000884/LK.LIK.UMUM/B/IV.2020
 Nama Pelanggan : Erna Handayani
 Alamat Pelanggan : Semarang
 Jenis Sampel : lingkungan (LIK)
 Pengambil Sampel : Erna Handayani
 Lokasi Sampel : KIA Kedungmundo Titik 2
 Tanggal diambil/diterima : 14-04-2020 10:20/14-04-2020 11:55
 Suhu :
 Hasil Pemeriksaan :

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL PEMERIKSAAN	BATAS MAKSIMAL	METODE
1	Angka Kuman Khusus	CFU/m ³	0	-	IK/LABKES/B/7.4.4.11

Catatan :

- 1 Hasil Pemeriksaan hanya berlaku untuk Sampel yang diperiksa
- 2 Laporan Hasil Pemeriksaan ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Kota Semarang.



Semarang, 16 APR 2020
 Koordinator Laboratorium
 Mikrobiologi

Wulan Purnamasari, S.Si
 NIP. 19820126 201001 2 010



DINAS KESEHATAN KOTA SEMARANG
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Alamat: Jl. Raden Patah No. 178 Semarang Telp. (024)
 3545020



LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

Nomor Agenda : 443.5/001298/LAB.KES/2020
 No. Pelanggan : 000258
 Kode Sampel : 000885/LK.LIK.UMUM/B/IV.2020
 Nama Pelanggan : Erna Handayani
 Alamat Pelanggan : Semarang
 Jenis Sampel : lingkungan (LIK)
 Pengambil Sampel : Erna Handayani
 Lokasi Sampel : KIA Kedangmudu Tiuk 3
 Tanggal diambil/diterima : 14-04-2020 10:26/14-04-2020 11:55
 Suhu :
 Hasil Pemeriksaan :

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL PEMERIKSAAN	BATAS MAKSIMAL	METODE
1	Angka Kuman Khusus	CFU/m ³	155	-	IK/LABKES/B/7.4.4.11

Catatan :

1. Hasil Pemeriksaan hanya berlaku untuk Sampel yang diperiksa
2. Laporan Hasil Pemeriksaan ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Kota Semarang.



Semarang, 16 APR 2020
 Koordinator Laboratorium
 Mikrobiologi

Wulan Purnamasari, S.Si
 NIP. 19820126 201001 2 010



DINAS KESEHATAN KOTA SEMARANG
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Alamat: Jl. Raden Patah No. 178 Semarang Telp. (024)
 3545020



LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

Nomor Agenda : 443.5/001299/LAB.KES/2020
 No. Pelanggan : 000258
 Kode Sampel : 000886/LK.LIK.UMUM/B/IV.2020
 Nama Pelanggan : Erna Handayani
 Alamat Pelanggan : Semarang
 Jenis Sampel : lingkungan (LIK)
 Pengambil Sampel : Erna Handayani
 Lokasi Sampel : KIA Kedungmundu Titik 4
 Tanggal diambil/diterima : 14-04-2020 10:31/14-04-2020 11:55
 Suhu :
 Hasil Pemeriksaan :

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL PEMERIKSAAN	BATAS MAKSIMAL	METODE
1	Angka Kuman Khusus	CFU/m ³	0	-	IK/LABKES/B/7.4.4.11

Catatan :

- 1 Hasil Pemeriksaan hanya berlaku untuk Sampel yang diperiksa
- 2 Laporan Hasil Pemeriksaan ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Kota Semarang.



Semarang, 16 APR 2020

Koordinator Laboratorium
 Mikrobiologi

Wulan Purnamasari, S.Si
 NIP. 19820126 201001 2 010

Dokumentasi Penelitian

