

**MODIFIKASI MODEL HONAI UNTUK  
MENURUNKAN PAPARAN SO<sub>2</sub> DAN NO<sub>2</sub> DI  
WAMENA, PAPUA**

***HONAI MODEL MODIFICATION TO REDUCE THE  
EXPOSURE OF SO<sub>2</sub> AND NO<sub>2</sub> IN WAMENA, PAPUA***

**A.L. RANTETAMPANG**



**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**MODIFIKASI MODEL HONAI UNTUK MENURUNKAN  
PAPARAN SO<sub>2</sub> DAN NO<sub>2</sub> DI WAMENA, PAPUA**

***HONAI MODEL MODIFICATION TO REDUCE THE  
EXPOSURE OF SO<sub>2</sub>, AND NO<sub>2</sub> IN WAMENA, PAPUA***

**Disertasi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor**

**Program Studi  
Ilmu Kedokteran**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**A.L. RANTETAMPANG**

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

## DISERTASI


MODIFIKASI MODEL HONAI UNTUK MENURUNKAN PAPARAN  
SO<sub>2</sub> DAN NO<sub>2</sub> DI WAMENA PAPUA

Disusun dan diajukan oleh :

**A.L.RANTETAMPANG**  
Nomor Pokok P0200311034Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Promosi  
pada tanggal 6 Desember 2013  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

MENYETUJUI

KOMISI PENASEHAT,

**Prof. Dr. Dr.H.M.Alimin Maidin, MPH**  
Promotor**dr. M. Furqaan Naiem, MSc, Ph.D**  
KopromotorKetua Program Studi S3  
Ilmu Kedokteran**Prof. Dr.dr.Suryani As'ad, MSc, SpGK****Dr. Anwar Daud, SKM, M.Kes**  
KopromotorDirektur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin**Prof. Dr. Ir. Mursalim**

## **PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : A.L. RANTETAMPANG  
Nomor Mahasiswa : P02001311034  
Program Studi : Ilmu Kedokteran

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebahagian atau keseluruhan disertasi ini adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan yang saya lakukan tersebut diatas.

Makassar 15 November 2013

Yang membuat pernyataan,

A.L. RANTETAMPANG

**DAFTAR TIM PROMOTOR DAN PENGUJI**

1. Prof. Dr. dr. Alimin Maidin, MPH (Promotor)
2. dr. Muhammad Furqaan Naiem, MSc.,PhD (Co-Promotor)
3. Dr. Anwar Daud, SKM.,M.Kes (Co-Promotor)
4. Prof. Dr. dr.Tri Martina, MS (Penguji External)
5. Prof. Dr. dr. Suryani As'ad, M.Sc, SpGK (Penguji)
6. Dr. Masni Dra. APT.,MSPH (Penguji)
7. Prof. Dr.dr. Muhammad Syafar, MS (Penguji)
8. Dr. drg. Andi Zulkifli Abdullah, M.Kes (Penguji)

## PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang tak henti hentinya atas berkah dan rahmatNya kepada kami, sehingga penulis dalam hal ini peneliti dapat mengikuti pendidikan pascasarjana untuk program Doktor di Universitas Hasanuddin hingga penyelesaian penulisan disertasi Dengan Modifikasi Model Honai Untuk Menurunkan Paparan SO<sub>2</sub> Dan NO<sub>2</sub> Di Wamena, Papua, Tahun 2013

Tantangan dan kendala dalam proses pendidikan maupun penyelesaian penelitian selama program doctor ini sangatlah banyak, namun berkat dorongan, dukungan dan bimbingan yang intensip dari banyak pihak, akhirnya disertasi ini dapat kami rampungkan penulisannya sesuai dengan target waktu yang ditentukan. Untuk itulah pada saat ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang setulus tulusnya kepada:

**Prof. Dr. dr. H. M. Alimin Maidin., MPH.**, sebagai promoter sekaligus Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, atas motivasi, dukungan, dan bimbingan yang telah membuka cakrawala berfikir kami selama proses pendidikan, penelitian dan penulisan disertasi ini, sehingga disertasi ini dapat di pertanggungjawabkan hingga saat ini. Beliau dengan kepakaran yang melekat telah meluangkan waktu dan memberikan kontribusi bagi terwujudnya disertasi ini. Dengan kesabaran, perhatian dan keikhlasannya telah memberikan dorongan, koreksi dan saran baik dari aspek metodologi penelitian maupun penyajian isi disertasi secara keseluruhan. Untuk itu sekali lagi penulis menghaturkan penghormatan dan penghargaan yang setinggi-tingginya serta mengucapkan terima kasih dengan iringan doa “semoga amal baik beliau diterima dan mendapat balasan dari Allah Yang Maha Kasih, Maha Sayang dan Maha Pemurah”.

**dr. Muhammad Furqaan Naiem, MSc.,PhD** sebagai co-promotor yang telah meluangkan waktu dan menyumbangkan pikiran untuk membimbing dan memecahkan masalah yang ada selama study, penulisan proposal, penelitian dan penyusunan disertasi ini.

**Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes** sebagai co-promotor yang telah memberikan ide-idee maupun teknik sampling serta meluangkan waktu dan menyumbangkan pikiran untuk membimbing dan memecahkan masalah yang ada selama study, penulisan proposal, penelitian dan penyusunan disertasi ini.

**Prof. Dr. dr. Tri Martiana, MS** sebagai Penguji (eksternal). Walaupun sangat sibuk dan di batasi oleh jarak, Beliau banyak memberikan masukan terkait isi dari disertasi dan variable yang penting yang harus dijadikan bagian dari disertasi. Tentu saja sangat membantu dalam penyempurnaan penulisan disertasi kami.

**Prof. Dr. dr. Suryani As'ad, M.Sc., SpGK** sebagai penguji dan Ketua Program Studi Pascasarjana Ilmu Kedokteran yang banyak memberikan arahan dan nasihat dalam proses penulisan dan penyusunan disertasi ini sekaligus kelancaran proses administrasi agar kami dapat secepatnya menyelesaikan program Doktor di Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

**Professor. Dr. dr. Muhammad Syafar, MS** sebagai penguji yang telah banyak meluangkan waktu dibalik kesibukan beliau selaku PD 2. FKM Unhas. Kontribusi akan content pada disertasi ini telah memberikan pemikiran yang berkembang pada teknik wawancara yang kami aplikasikan dilapangan, yang mana hasilnya sangat banyak mewarnai isi dari disertasi ini.

**Dr. Masni, Dra, Apt., MSPH** sebagai penguji yang banyak memeberikan pemikiran dalam metode metode analysis yang kami gunakan dalam penulisan deisertasi ini. Saran dan perbaikan yang dilakukan khususnya pada metodologi dan penulisan hasil telah memperbaiki hasil penulisan disertasi ini.

**Dr. drg. Zulkifli Abdullah, M.Kes** sebagai penguji telah banyak meluangkan waktu dan memberikan pemikiran dalam metode penelitian yang kami gunakan dalam penulisan disertasi ini. Metode penulisan dari penulisan proposal hingga hasil telah memperbaiki hasil penulisan disertasi ini.

**Ucapan terima kasih khusus kami sampaikan kepada:**

**Prof. Dr. dr. A. Idrus Paturusi** Sebagai Rektor Universitas Hasanuddin beserta segenap jajaran rektorat. Prof. Dr. Mursalim sebagai Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin serta seluruh dosen PPS UNHAS, khususnya dosen pada Program Studi Kedokteran / Kesehatan Masyarakat yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh studi program S3 pada PPS UNHAS serta telah memberikan bekal ilmu dan wawasan bagi penulis untuk menyelesaikan disertasi ini. Demikian juga kepada seluruh Tata Usaha PPS UNHAS serta seluruh karyawan pada umumnya yang telah memberikan pelayanan kemudahan administrasi sejak penulis masuk kuliah hingga terselesaikannya penyusunan disertasi ini.

Penulis berharap semoga disertasi ini dapat banyak memberikan manfaat bagi para praktisi pendidikan dan perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang kajian pencemaran dalam ruangan (indoor air pollution) terkhusus kepada wilayah Papua yang mana hingga saat ini masih ,mempertahankan rumah tradisional (Honai). Penulis juga berharap agar disertasi ini dapat dijadikan salah satu rujukan bagi peneliti atau penulis karya ilmiah lainnya. Akhir kata penulis berbesar hati apabila para pembaca sudi memberikan kritik, saran dan masukan dalam rangka proses perbaikan penulisan dan penelitian berikutnya.

**Makassar, 18 November 2013**  
**Penulis / Peneliti**

**A.L. Rantetampang**



## ABSTRACT

**A.L. RANTETAMPANG.** *Modifikasi Model Honai untuk Menurunkan Paparan Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) dan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) di Kabupaten Wamena, Provinsi Papua, Indonesia* (dibimbing oleh: Alimin Maidin, Muhammad Furqaan Naiem dan Anwar Daud)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kontaminasi udara dalam ruangan honai berdasarkan parameter SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>, mengukur tingkat kontaminasi inhalasi dan kapasitas vital paru-paru masyarakat penghuni honai di lima desa di Wamena.

Sampel dikumpulkan dari 30 Honai sebelum dan sesudah modifikasi honai dengan mengukur konsentrasi tingkat SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>. Demikian juga, 30 responden penghuni Honai diukur kapasitas vital paru-parunya serta tingkat inhalasinya. Sampel SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> dikumpulkan menggunakan teknik *midget impinger* dan konsentrasi diukur dengan menggunakan *Pararosaniline-Spektrofotometri*. Selain itu, kapasitas vital paru diukur menggunakan spirometri sedangkan personal inhalasi diukur dengan *personal inhalation tool*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dari lima desa rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> sebelum modifikasi honai adalah  $4,011 \pm 1,138 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , beberapa nilai tercatat telah melebihi standar ( $3,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) sedangkan setelah modifikasi adalah  $0,350 \pm 0,201 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Berdasarkan t - uji statistik menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> setelah modifikasi ditunjukkan dengan nilai p sebesar 0,000, atau dengan kata lain ada pengaruh modifikasi honai terhadap penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub>. Demikian juga, konsentrasi SO<sub>2</sub> adalah antara  $0,650 \pm 0,454$  sebelum modifikasi dan  $0,057 \pm 0,048$  setelah modifikasi. Hasil Uji statistik t - test menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi SO<sub>2</sub> ditunjukkan dengan nilai p sebesar 0,000, atau ada pengaruh modifikasi honai dalam penurunan konsentrasi SO<sub>2</sub>. Selain itu, Untuk NO<sub>2</sub>, semua (30) responden memiliki nilai inhalasi masih dibawah standar, meskipun semua responden memiliki tingkat inhalasi untuk NO<sub>2</sub> masih pada kategori di bawah standar diperbolehkan, 40 % responden mengalami penurunan kapasitas vital paru-paru. Namun, untuk parameter SO<sub>2</sub>, dari 13 responden dengan tingkat inhalasi di atas standar, ada 92,3 % yang mengalami penurunan kapasitas vital paru-paru dan dari 17 responden untuk kategori tingkat inhalasi dibawah standar, semua responden memiliki kapasitas fungsi paru-paru yang normal. Hasil uji statistik dengan menggunakan *yate's correction* menunjukkan bahwa nilai p = 0,000, yang berarti bahwa ada hubungan antara tingkat inhalasi dengan penurunan kapasitas fungsi paru-paru yang normal. Hasil uji statistic dengan

**Kata Kunci:** Sulfur Dioksida, Nitrogen Dioksida, Honai Modifikasi, Polusi Udara Indoor, Inhalasi Rate dan kapasitas vital paru.



## ABSTRACT

**A.L. RANTETAMPANG.** *The Modification of Honai Model to Reduce the Exposure of the Sulphur Dioxide (SO<sub>2</sub>) and Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) in Wamena Regency, Papua Province, Indonesia* (supervised by **Alimin Maidin, Muhammad Furqaan Naiem, and Anwar Daud**).

This research aimed (1) to analyze the level of the air contamination in the honai room based on the SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> parameters; and (2) to measure the level of the inhalation contamination and the vital capacity of the lungs of the people who lived in the honai of the five villages in Wamena Regency.

The samples were chosen from 30 Honais before and after the honai modification, and then the levels of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations were measured. Likewise, the vital lung capacity and the inhalation rates of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> of the 30 honais were measured. The samples of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> were collected using the technique of midget impinge and their concentrations were measured using the technique of Pararosaniline-Spektrophotometer. Besides, the lung vital capacity was measured using the spirometry while the personal inhalation was measured using the personal inhalation tool.

The research result indicated that the average NO<sub>2</sub> concentration before the modification of the honais in the five villages was  $4.011 \pm 1.138 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , - some values exceeded the standard value of  $3.00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , while after the modification it was  $0.350 \pm 0.201 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . The statistical t-test revealed that after the modification, the NO<sub>2</sub> concentration had decreased as shown by the value  $p = 0.000$ ; in other words, the honai modification had an effect on the decrease of the NO<sub>2</sub> concentration. Meanwhile, the SO<sub>2</sub> concentration before the modification was  $0.650 \pm 0.454$  and  $0.057 \pm 0.048$  after the modification. The result of the statistical t - test showed that after the modification, the SO<sub>2</sub> concentration had decreased as shown by the value  $p = 0.000$ , meaning the honai modification had an effect on the decrease of SO<sub>2</sub> concentration. In addition, the inhalation values of NO<sub>2</sub> of all the 30 respondents were still below standard, though still tolerable, and the lung vital capacity of about 40% of the respondents had decreased. Nevertheless, for the SO<sub>2</sub> parameter, the inhalation levels of the 13 respondents were above standard, while the inhalation levels of the rest 17 respondents were below standard. Although 92.3% of the respondents had a decrease in their lung vital capacity, all of them still had the normal capacity of the lung function. The result of the statistical test using the Yate's Correction showed that the value  $p = 0.000$ , meaning there was a correlation between the inhalation level and the decrease of the lung function capacity.

Keywords: *sulphur dioxide, nitrogen dioxide, honai modification, indoor air pollution, Inhalation rate, and lung vital capacity*



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN Sampul.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI .....	iv
DAFTAR TIM PROMOTOR DAN PENGUJI .....	v
PRAKATA .....	vi
ABSTRACT .....	x
ABSTRACT .....	xii
DAFTAR ISI .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
DAFTAR SINGKATAN .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	6
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
A. Tinjauan Umum Tentang Pencemaran Udara .....	9
B. Struktur Rumah Honai.....	15
C. Tinjauan Umum Pembakaran Biomass .....	17
D. Tinjauan Umum Tentang Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) .....	19
E. Tinjauan tentang Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) .....	21
F. Tinjauan Tentang Pencemaran Dalam Ruang .....	23
G. Tinjauan Tentang Kapasitas Paru.....	25
H. Tinjauan Tentang Modifikasi Model system Pemanasan ...	27
I. Tinjauan Tentang Pemaparan SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> .....	31
J. Penilaian Risiko Kesehatan .....	32
K. Kerangka Konsep .....	46

BAB III METODE PENELITIAN .....	48
A. Jenis Penelitian .....	49
B. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	49
C. Populasi dan Sampel .....	49
D. Cara Pengambilan dan Pemeriksaan Sampel Darah .....	51
E. Metode Pengumpulan Data .....	59
F. Pengolahan dan Analisa Data .....	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian .....	65
B. Pembahasan .....	98
BAB V KESIMPULAN	
A. Kesimpulan .....	131
B. Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN - LAMPIRAN	
KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN RI TENTANG PENYEHATAN	
UDARA DALAM RUANG RUMAH	
ETHICAL CLEARANCE	
SURAT IJIN PENELITIAN	
SURAT BUKTI SELESAI PENELITIAN	
QUESTIONER PENELITIAN	
PHOTO PHOTO PENELITIAN	
KURIKULUM VITAE	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1</b> Deskripsi titik Kooordinate sampel di lima desa Distrik Kurulu, Wamena, Papua 2013 .....	66
<b>Tabel 2.</b> Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin di Distrik Kururu, Wamena, Papua 2013 .....	67
<b>Tabel 3.</b> Distribusi responden berdasarkan Umur di lima desa Distrik Kururu, Wamena, Papua 2013 .....	68
<b>Tabel 4.</b> Distribusi responden berdasarkan berat badan didistrik Kururu, Wamena, Papua 2013 .....	69
<b>Tabel 5</b> Distribusi Responden berdasarkan Status Pendidikan di Kururu, Wamena Papua 2013 .....	69
<b>Tabel 6</b> Distribusi responden berdasarkan jenis pekerjaan di Distrik Kururu, Wamena, Papua 2013 .....	70
<b>Tabel 7</b> Distribusi responden berdasarkan Lama Tinggal di distrik Kururu, Wamena, Papua 2013 .....	71
<b>Table 8.</b> Konsentrasi SO <sub>2</sub> dalam udara sebelum dan setelah pemasangan model cerobong (dengan satuan konsentrasi mg/m <sup>3</sup> ) pada lima desa di distrik Kurulu Wamena 2013.....	72
<b>Table 9.</b> Konsentrasi NO <sub>2</sub> dalam udara sebelum dan setelah pemasangan model cerobong (dengan satuan konsentrasi dalam ppm) pada lima desa di distrik Kurulu Wamena 2013. ....	73
<b>Tabel 10.</b> Hasil pengukuran kapasitas paru (spirometri), Personal Inhalasi untuk konsentrasi Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) dan	



Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) di desa Punakul, Distrik Kurulu, Tahun 2013. ....	74
<b>Tabel 11.</b> Hasil pengukuran kapasitas paru (spirometri), Personal Inhalasi untuk konsentrasi Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) dan Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) di desa Wenabubaga, Distrik Kurulu, Tahun 2013. ....	75
<b>Tabel 12.</b> Hasil pengukuran kapasitas paru (spirometri), Personal Inhalasi untuk konsentrasi Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) dan Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) di desa Musalfak, Distrik Kurulu, Tahun 2013.....	76
<b>Tabel 13.</b> Hasil pengukuran kapasitas paru (spirometri), Personal Inhalasi untuk konsentrasi Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) dan Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) di desa Kilubaga, Distrik Kurulu, Tahun 2013 .....	77
<b>Tabel 14.</b> Hasil pengukuran kapasitas paru (spirometri), Personal Inhalasi untuk konsentrasi Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) dan Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) di desa Mulimah, Distrik Kurulu, Tahun 2013. ....	78
<b>Tabel 15.</b> Distribusi responden berdasarkan tingkat konsentrasi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> yang terhirup oleh responden di distrik Kururu, Kabupaten Wamena, Papua 2013.....	80
<b>Tabel 16</b> Distribusi responden berdasarkan Kapasitas Paru di Distrik Kururu, Kabupaten Wamena.....	80
<b>Tabel 17</b> Distribusi kapasistas paru responden berdasarkan kategori Inhalation rate SO <sub>2</sub> di Lima Desa Distrik Kurulu Wamena 2013.....	81

<b>Tabel 18</b> Distribusi kapasistas paru responden berdasarkan kategori Inhalation Rate NO <sub>2</sub> di Lima Desa Distrik Kurulu, Wamena 2013.....	82
<b>Tabel 19.</b> Distribusi variabel konsentrasi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> , temperatur udara, dan Kelembaban udara, sebelum dan sesudah pemasangan model Cerobong, di Wamena 2013 .....	83
<b>Tabel 20.</b> Sebaran Kategori Inhalasi SO <sub>2</sub> menurut variabel jenis kelamin, dan berat badan .....	86
<b>Table 21.</b> Sebaran Kapasitas paru responden berdasarkan variabel jenis kelamin, kelompok umur dan berat badan.....	88
<b>Tabel 22.</b> Nilai kapasitas paru dan tingkat inhalasi (inhalation rate), pada responden akibat expose SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> , Suhu dan Kelembaban dalam Honai dan luar pada Lima desa di Distrik Kururu, Wamena 2013. (Sebelum dan setelah pemasangan model cerobong) .....	91
<b>Tabel 23</b> Intake Rate (IR) dan Risk Quotient (RQ) pada responden di akibat expose SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> pada Lima desa di Distrik Kurulu, Wamena, 2013 .....	95
<b>Tabel 24</b> Distribusi deskriptif variabel Time exposure (tE), durasi paparan (D <sub>t</sub> ), frekuensi paparan (f), laju asupan (R), dan Berat Badan di lima desa pada distrik Kurulu, Wamena 2013 .....	96

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Kemenkes 2011
- Lampiran 2 Permohonan Ethical Clearance
- Lampiran 3 Lembar keputusan Kometik
- Lampiran 4 Rekomendasi Persetujuan Etik
- Lampiran 5 Surat Ijin Penelitian
- Lampiran 6 Surat Keterangan telah Melakukan Penelitian
- Lampiran 7 Hasil Pengukuran Kualitas Udara
- Lampiran 8 Quesioner Penelitian
- Lampiran 9 Hasil Pemeriksaan Fungsi Paru
- Lampiran 10 Foto-foto / dokumentasi penelitian
- Lampiran 11 Kurikulum Vitae



## DAFTAR SINGKATAN

AMDAL	: Analisis Masalah Dampak Lingkungan
ARKL	: Analidis Risiko Kesehatan Lingkungan
CFC	: Cloro Floro Carbon
CH <sub>4</sub>	: Methana
CH <sub>20</sub>	: Formaldehyde
CI	: Confidential Interval
COV	: Coefficient of Variance
CST	: Closed System technology
CSF	: Cancer Slope factor
CUR	: Cancer Unit Factor
CSS	: Cross Sectional Study
DELH	: Dokumen Evaluasi Lingkungan Hidup
EKL	: Epidemiology Kesehatan lingkungan
ECR	: Excess Cancer Risks
FAO	: Food and Agriculture Organization
HRA	: Health Risks Assessment
IPCS	: International Program on Chemical Safety
ISPA	: Infeksi Saluran Pernapasan Atas
IRIS	: Integrate Risks Information System
HgCL <sub>2</sub>	: Merkuri Clorida
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Sulfur Acid
KVF	: Kapacity Vital Force
LOAEL	: Lowest Observed Affect Effect Level
MF	: Modifying Factor
Mg	: Mikro Gram
NO	: Nitrogen Oxide
NO <sub>2</sub>	: Nitrogen Oxide
NOAEL	: No Observed Affect Effect Level
NRC	: National Research Council

PUSLITBANGKES : Pusat Penelitian dan Pengembangan Kesehatan

PUSLITBANGLH: Pusat Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup

PPOM : Penyakit Paru Obstruktif Menahun

PERMENKES :Peraturan Menteri Kesehatan

PPM : Part Per Million

PPB : Part Per Billion

Pb. : Plumbum

PLTU : Pusat Lisrik Tenaga Uap

PM : Particulate Matter

RSUD : Rumah Sakit Umum Daerah

RQ : Risks Quotient

SO<sub>x</sub> : Sulfur Oxide

SO<sub>2</sub> : Sulfur Dioxide

SO<sub>3</sub> : Sulfur Trioxide

SPM : Suspended Particulate Matter

TCM : Tetra Cloro Merkurat

USEPA : United States of Environmental Protection Agency

UF : Uncertainty Factors

VOC : Volatiles Organic Compounds

VEF1 : Volume Expiration Force (first second)

WHO : World Health Organization

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sulfur Oksida ( $\text{SO}_x$ ) dan Nitrogen Oksida ( $\text{NO}_x$ ) merupakan gas dan partikel utama yang terdapat dalam polusi udara. Sulfur Oksida terdiri atas gas sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan gas sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ) yang keduanya memiliki sifat berbeda. Pada dasarnya semua sulfur yang memasuki atmosfer diubah dalam bentuk  $\text{SO}_2$  dan hanya 1%-2% saja sebagai gas  $\text{SO}_3$ . Sedangkan gas Nitrogen Oksida terdiri Nitrogen Oksida ( $\text{NO}$ ) dan Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Kedua gas tersebut dapat dihasilkan dari pembakaran biomass seperti kayu, batu bara, timah, minyak tanah.

Pembakaran biomass banyak terjadi di negara-negara berkembang sebagai sumber energy rumah tangga, yaitu untuk memasak dan pemanas ruangan. Kegiatan tersebut menyebabkan terjadinya polusi dalam ruangan (*indoor*). Penelitian terhadap konsentrasi gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  di udara pernah dilakukan di beberapa negara. Di Belanda, distribusi median konsentrasi polusi udara harian pada periode 1986-1994 menunjukkan  $\text{SO}_2$   $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $\text{NO}_2$   $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Fischer *et al.*, 2003). Di kota Burdwan India, konsentrasi gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  diukur pada saat sebelum dan setelah musim hujan. Kesimpulan menyatakan bahwa konsentrasi rata-rata  $\text{SO}_2$  sebelum dan setelah musim hujan menunjukkan  $5.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $8.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sedangkan rata-rata untuk gas  $\text{NO}_2$  adalah  $92.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $162.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Chattopadhyay *et al.*, 2010). Kualitas udara ambien (termasuk  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$ ) pernah pula dilakukan di kota Dar

es Salaam, Tanzania dengan memilih tempat yang mencakup kawasan industri, perumahan dan wisata. Hasil menunjukkan bahwa kualitas udara lebih buruk dari yang direkomendasikan WHO. Kualitas  $\text{NO}_2$  tertinggi terdapat di askari monument dengan konsentrasi rata-rata harian  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $\text{SO}_2$  terdapat di jalan Uhuru / Mnazi Mmoja dengan konsentrasi rata-rata harian  $11333 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Othman, 2010).

Penelitian terhadap gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  pernah dilakukan di Indonesia pada suatu Industri. Selama tahun 1988-1992 konsentrasi gas  $\text{SO}_2$  melampaui nilai baku mutu udara ambien dimana konsentrasi tertinggi pada tahun 1991 yaitu 0.1 ppm dengan konsentrasi rata-rata adalah 0.11 ppm. Sementara untuk  $\text{NO}_2$  pada udara ambien selama kurun waktu tersebut melampaui nilai baku mutu udara ambien dimana tertinggi pada tahun 1989 sebesar 0.32 ppm. Konsentrasi rata-rata gas  $\text{NO}_2$  selama kurun waktu tersebut sebesar 0.14 ppm (Mukono, 2008). Gas  $\text{SO}_2$  dapat menimbulkan efek kesehatan khususnya bagi pernapasan. Paparan gas  $\text{SO}_2$  sebesar 0.07 ppm bersama dengan partikel debu  $0.15 \text{ mg}/\text{m}^3$  dalam jangka pendek akan menimbulkan penyakit saluran pernapasan. Sedangkan pada paparan 0.02-0.05 ppm gas  $\text{SO}_2$  bersama dengan 0.10-0.20  $\text{mg}/\text{m}^3$  partikel debu dalam jangka panjang juga akan menimbulkan keluhan penyakit saluran pernapasan. Untuk  $\text{NO}_2$ , gas ini merupakan salah satu oksidan inhalan yang dapat masuk saluran pernapasan dan menyebabkan terjadinya peradangan bronkus. Untuk gas  $\text{NO}_2$  dapat menyebabkan batuk kronis dan batuk kronis tersebut merupakan predisposisi terjadinya penyakit paru obstruktif menahun PPOM, (Mukono, 2008). Terkait dengan permasalahan polusi oleh gas-gas berbahaya

diatas, maka effect nya tentu saja akan merugikan kesehatan bagi masyarakat yang menghirup udara termear tersebut, untuk itu butuh suatu metode perhitungan untuk menilai besar risiko dan potensi cancer atau non cancer akibat exposure terhadap bahan berbahaya diatas. Salah satu kombinasi science dan instrument dibidang kesehatan yang kini luas digunakan di negara Amerika dan Eropa adalah *Health Risks Assessment* (Analisis Risiko Kesehatan) yang diakibatkan oleh exposure terhadap lingkungan yang mengandung bahan tioksik (*chemical substance risks*) atau pada lingkungan yang mengandung mikroba infeksius (*infectious microbial risks*). Analisis risiko untuk bahan kimia sudah digunakan pada beberapa negara Asia termasuk Indonesia walaupun masih sangat terbatas, namun untuk analisis risiko dari microbial masih baru dan masih pada tahap pengenalan dan pendalaman secara teoritis dan implementasi.

Analisis resiko kesehatan adalah proses pengambilan keputusan untuk mengatasi masalah terkait public health dengan keragaman kemungkinan yang ada dan ketidakmungkinan yang akan terjadi. Dalam analisa risiko kesehatan masalah harus didefinisikan dengan tepat dan risiko diperkirakan, kemudian resiko dievaluasi dan dipertimbangkan juga faktor-faktor yang mungkin bisa mempengaruhi sehingga bisa diputuskan tindakan mana yang bisa diambil. Proses perkiraan risiko, evaluasi risiko, pengambilan keputusan, dan penerapannya disebut analisis risiko.

Sequence pengembangan analisis risiko kesehatan dapat disusun dalam empat tahap sebagai berikut; Identifikasi bahaya atau *hazard identification*. Identifikasi bahaya perlu dilakukan karena tidak mungkin untuk menganalisa semua zat kimia maupun ragam mikroba yang ada di

dalam suatu daerah atau lingkungan yang tercemar. Dengan dilakukannya identifikasi bahaya dapat diketahui bahaya paling potensial yang harus dipertimbangkan atau mewakili risiko yang mendesak. Dalam analisis risiko diperlukan data-data yang jelas dan zat kontaminan atau mikroba apa yang terdapat dalam lokasi yang tercemar, konsentrasi, luasan distribusi, dan bagaimana kontaminan bahan toksik dan atau mikroba berpindah ke reseptor potensial di sekitar lokasi.

Tahapan kedua dalam analisis risiko adalah perkiraan penyebaran (*exposure assesment*) terhadap suatu populasi yang mungkin terkena dampak. Perkiraan penyebaran (*exposure assesment*) adalah salah satu segi dalam analisis resiko yang menghitung besarnya level pemaparan aktual dari populasi atau individu yang terpapar.

Menurut Ricard J Watts (1997), pemaparan (*exposure*) adalah kontak dari organisme seperti manusia dan spesies lain dengan kontaminan. Tujuan dari perkiraan penyebaran (*exposure assesment*) adalah memperkirakan jumlah konsentrasi kontaminan dan dosisnya ke populasi yang terkena risiko. Hal awal yang dilakukan dalam *exposure assesment* adalah : (1). Identifikasi ekosistem potensial yang terpapar (2). Identifikasi jalur penyebaran potensial, (3). Perkiraan konsentrasi, (4). Perkiraan dosis intake. Tingkat pemaparan diukur berdasarkan pada frekuensi dan durasi pemaparan pada media seperti tanah, air, udara atau makanan.

Untuk memberikan pengertian akan sumber kontaminasi, hal yang harus dilakukan adalah menggambarkan sumber dan distribusi kontaminan pada lokasi dilanjutkan bagaimana suatu zat atau jenis

mikroba ini bisa terlepas ke lingkungan, bagaimana kontaminan berpindah tempat dan reseptor potensial yang mungkin terkena (La Grega,2001).

Perkiraan daya racun atau *toxicity assesment* adalah tahap ke tiga dari analisis risiko. Pada tahap ini dijelaskan tentang tingkat toksisitas dari suatu zat kimia. Hasilnya berupa konstanta matematis yang akan dimasukkan ke dalam persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya risiko. Dalam membuat perhitungan konstanta matematis untuk menghitung risiko harus dipertimbangkan dan dianalisis adanya ketidakpastian akan angka-angka yang dihasilkan dan menjelaskan bagaimana ketidakpastian ini dapat mempengaruhi perhitungan risiko.

Karakterisasi risiko atau *risk characterization* adalah tahapan terakhir dari analisis risiko. Risiko dapat diterima jika tingkat bahaya atau *hazard indeksnya* lebih kecil dari satu. Apabila sebuah pemaparan terdapat lebih dari satu macam zat kimia atau mikroba, dan indeksinya harus dijumlah untuk tiap-tiap senyawa kimia atau mikroba tersebut. Setelah diperhitungkan dan diketahui besarnya risiko pembuangan pencemar atau mikroba, maka tahap selanjutnya diharapkan dapat diambil keputusan yang terbaik melalui (manajemen risiko) dalam rangka perlindungan kesehatan masyarakat.

Perhitungan health risks assesment menggunakan beberapa persamaan yang dikluarkan oleh environmental protection agency dan beberapa ketentuan dan WHO joint FAO dan IRIS serta ATSDR. Sedangkan untuk karakterisasi risiko lingkungan dihitung dengan menggunakan metode hasil bagi (*quotient*) atau metode rasio

(Cockerham, 1994). Metode ini dilakukan dengan membandingkan konsentrasi bahan berbahaya yang ditemukan di lingkungan dengan konsentrasi bahan berbahaya bagi target paparan (*endpoint*) untuk bahan berbahaya yang sama.

## **B. Rumusan Masalah.**

1. Berapa besar tingkat konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  di dalam ruang Honai di Wamena Papua?
2. Berapa besar konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  yang terhirup oleh penghuni Honai di Wamena Papua?
3. Bagaimana Kapasitas Paru pada penghuni Honai di Wamena Papua?
4. Bagaimana hubungan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  dengan Kapasitas Paru pada masyarakat penghuni Honai di Wamena Papua?
5. Bagaimana modifikasi model Honai untuk menurunkan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  di Wamena Papua?
6. Apakah ada hubungan modifikasi model Honai dengan penurunan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  di Wamena Papua?
7. Bagaimana besar risiko gangguan paru akibat keterpaparan  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  sebelum dan setelah modifikasi Honai di Wamena Papua?

## **C. Tujuan**

### **1. Tujuan Umum**

Menganalisis pengaruh konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  terhadap kapasitas paru serta model modifikasi Honai terhadap penurunan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  pada masyarakat penghuni Honai di Wamena Papua.



## 2. Tujuan Khusus:

1. Untuk mengidentifikasi konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  di dalam ruang Honai sebelum dan sesudah modifikasi (pemasangan cerobong) honai di distrik Kurulu, Wamena, Papua.
2. Untuk menganalisis konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  yang terhirup oleh penghuni Honai di Wamena Papua.
3. Untuk menganalisis Kapasitas Paru dari penghuni Honai di Wamena Papua.
4. Untuk menganalisis hubungan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  dengan Kapasitas Paru pada masyarakat penghuni Honai di Wamena Papua.
5. Untuk menganalisis pengaruh modifikasi model Honai untuk menurunkan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  di Wamena Papua.
6. Untuk menganalisis hubungan modifikasi model Honai dengan penurunan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  di Wamena Papua.
7. Untuk menganalisis besarnya potensi risiko gangguan kapasitas paru yang ditimbulkan akibat exposure  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  pada penghuni honai, di Wamena Papua.

## D. Manfaat Penelitian

### 1. Manfaat ilmiah

Sebagai sumbangan ilmiah yang diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bentuk informasi bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang Kesehatan Masyarakat.

## **2. Manfaat institusi**

Diharapkan sebagai bahan masukan bagi Dinas Kesehatan dan RSUD Wamena sebagai pihak pemberi pelayanan kesehatan sehingga dilakukan upaya peningkatan dan pencegahan sedini mungkin agar angka morbiditas akibat pneumonia dapat diturunkan.

## **3. Manfaat praktis**

Peneliti dapat mengaplikasikan teori kesehatan lingkungan ke dalam bentuk penelitian dan mengetahui tentang penyakit pneumonia dan hubungannya dengan faktor risiko. Peneliti dapat lebih peka dalam melihat kesehatan masyarakat khususnya terhadap kesehatan Masyarakat Wamena dengan kebiasaan yang memicu terjadinya kesakitan untuk kasus pneumonia.

## **4. Manfaat bagi masyarakat**

Tersedianya model Honai yang sehat agar penghuni honai dapat hidup dengan nyaman dan sehat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Tentang Pencemaran Udara dalam Ruang (Indoor)**

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. Bila keadaan seperti itu terjadi, maka udara dapat dikatakan telah tercemar (Wardhana,2004).

Sumber atau asal pencemaran udara dapat diterangkan dengan 3 (tiga) proses, yaitu atrisi (*attrition*), penguapan (*vaporization*) dan pembakaran (*combustion*). Dari ketiga proses tersebut di atas, pembakaran merupakan proses yang sangat dominan dalam kemampuannya menimbulkan bahan polutan (Mukono,2008). Factor lain adalah jenis bahan yang digunakan dalam proses pembakaran sangat menentukan potensi bahaya dan risiko bagi kesehatan baik lingkungan maupun kesehatan masyarakat yang berada pada daerah yang terpapar tersebut (*exposure site*).

Kualitas udara dalam ruangan khususnya dalam rumah merupakan hal yang sangat penting dalam menilai tingkat bahaya atau risiko udara yang dihirup oleh penghuni rumah. Penentuan terhadap tercemar atau tidaknya udara dalam suatu ruangan berdasarkan

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah atau indoor air quality pada beberapa parameter berikut:

**Tabel 1.** Kualitas udara dalam ruang rumah PERMENKES /NO.1077/2011

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimal yang dipersyaratkan	Keterangan
1	<i>Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>)</i>	ppm	0,1	24 jam
2	<i>Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>)</i>	ppm	0,04	24 jam
3	<i>Carbon monoksida (CO)</i>	ppm	9,00	8 jam
4	<i>Carbondioksida (CO<sub>2</sub>)</i>	ppm	1000	8 jam
5	<i>Timbal (Pb)</i>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	1.5	15 menit

Sumber : Permenkes 2011

### 1. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami (natural) dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran Udara akibat aktivitas manusia (kegiatan antropogenik), secara kuantitatif sering lebih besar. Untuk kategori ini sumber-sumber pencemaran dibagi dalam pencemaran akibat aktivitas transportasi, industri, dari persampahan, baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran, dan rumah tangga.

Emisi pencemaran udara oleh industri sangat tergantung dari jenis industri dan prosesnya. Emisi dari industri selain akibat

prosesnya juga diperhitungkan pencemaran udara dari peralatan yang digunakan (utilitas). Berbagai industri dan pusat pembangkit tenaga listrik menggunakan tenaga dan panas yang berasal dari pembakaran arang dan bensin, hasil sampingan dari pembakaran tersebut adalah  $SO_x$ , asap dan bahan pencemar lainnya (Soedomo, 2001).

Sejalan dengan kemajuan dalam bidang industri dan teknologi yang sangat membutuhkan banyak energi, produksi bahan bakar fosil baik batu bara maupun minyak bumi dari tahun ke tahun terus meningkat untuk menunjang kegiatan industri. Faktor penunjang tersebut yaitu faktor penyedia tenaga listrik dan transportasi (Wardhana, 2004).

Batu bara dan minyak bumi mengandung sejumlah kecil sulfur. Bila bahan bakar dibakar, sulfur bereaksi dengan  $O_2$  dan menghasilkan  $SO_2$ . Gas tersebut keluar melalui cerobong asap dan masuk ke dalam atmosfer. Pembakaran bahan bakar fosil menyediakan sumber baru bagi zat-zat yang ada di udara. Dengan demikian, terdapat penambahan sulfur dan nitrogen atmosfer yang cukup berarti dari pembakaran bahan bakar fosil. Toksisitas dan pengaruh toksik dihasilkan oleh pelarutan gas sulfur dan nitrogen yang mempunyai pengaruh buruk pada ekosistem alamiah (Connel and Miller, 2006).

### **1. Jenis Pencemaran Udara**

Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar dapat berupa:

- a. Partikel (debu, aerosol, timah hitam)
- b. Gas ( $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $H_2S$ , Hidrokarbon)
- c. Energi (suhu, dan kebisingan)

Bahan pencemar udara dapat dibagi menjadi dua bagian :

(Mukono, 2008)

a. **Pencemar primer** (yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu).

Pencemar udara *primer* yaitu semua pencemar di udara yang ada dalam bentuk yang hampir tidak berubah, sama seperti pada saat dibebaskan dari sumbernya sebagai hasil dari suatu proses tertentu. Pencemar udara primer, yang mencakup 90% dari jumlah pencemar udara seluruhnya, umumnya berasal dari sumber-sumber yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, seperti dari industri (cerobong asap industri) di mana dalam industri tersebut terdapat proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar minyak/batu bara, proses peleburan/pemurnian logam dan juga dihasilkan dari sector transportasi (mobil, bus, sepeda motor, dan lainnya). Dari seluruh pencemar primer tersebut, sumber pencemar yang utama berasal dari sektor transportasi, yang memberikan andil sebesar 60% dari pencemar udara total (Soedomo, 2001).

Pencemar udara primer dapat digolongkan menjadi lima kelompok berikut : (Wardhana, 2004)

1. *Karbonmonoksida (CO)*,
2. *Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>)*,
3. *Hidrokarbon (HC)*,
4. *Sulfur oksida (SO<sub>x</sub>)*,
5. *Partikulat Matter (PM)*.

b. **Pencemar sekunder** (yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat, misalnya reaksi fotokimia).

Pencemar udara *sekunder* adalah semua pencemar di udara yang sudah berubah karena reaksi tertentu antara dua atau lebih kontaminan/polutan. Umumnya polutan sekunder tersebut merupakan hasil antara polutan primer dengan polutan lain yang ada di udara. Reaksi-reaksi yang menimbulkan polutan sekunder diantaranya adalah *reaksi fotokimia* dan reaksi *oksida katalis*. Pencemar sekunder yang terjadi melalui reaksi fotokimia, misalnya oleh pembentukan ozon, yang terjadi antara molekul-molekul hidrokarbon yang ada di udara dengan  $\text{NO}_x$  melalui pengaruh sinar ultraviolet dari matahari. Sebaliknya pencemar sekunder yang terjadi melalui reaksi-reaksi oksida katalis diwakili oleh polutan-polutan berbentuk oksida gas yang terjadi di udara karena adanya partikel-partikel logam di udara yang berfungsi sebagai *katalisator*.

Dari ratusan bahan cemar udara dalam troposphere terdapat sembilan kelompok bahan cemar penting yakni :

1. Karbon oksida terdiri atas karbon mono-oksida ( $\text{CO}$ ) dan karbon-dioksida ( $\text{CO}_2$ ).
2. Sulfur oksida terdiri atas sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ).
3. Nitrogen oksida, yakni nitrit oksida ( $\text{NO}$ ), nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dan nitrous oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

4. *Volatile Organic Coumpounds (VOC<sub>s</sub>)*, seperti Metane (CH<sub>4</sub>), Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Formaldehyde (CH<sub>20</sub>) Choloflourocarbons (CFCs) dan halon bermuatan bromine.
5. *Suspended particular matter (SPM)*, butir-butir partikulat seperti debu, karbon,asbestos,tembaga,arsenic,cadmium,nitrat (NO<sub>3</sub>) dan butir-butir cairan kimia seperti sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), minyak PCBs, dioxins dan berbagai pestisida.
6. *Photochemical oxidant*, seperti ozone (O<sub>3</sub>) peroxyacyl nitrates, hydrogen peroxide begitu pula fomaldehyde (CH<sub>20</sub>) yang terbentuk dalam atmosfer sebagai reaksi bahan kimia yang dipicu oleh sinar matahari.
7. Bahan radiokatif seperti radon-222, iodine-131, strontium-90, plutonium-239 dan radioisotopes yang masuk atmosfer sebagai gas atau bahan partikulat.
8. Panas yang dihasilkan oleh pembakaran minyak bumi dan yang serupa.
9. Kebisingan yang dihasilkan kendaraan bermotor, pesawat terbang, kereta api, bunyi mesin dan yang serupa (Darmono, 2006).

Gas di udara dengan reaksi fotokimia dapat membentuk bahan pencemar sekunder, misalnya, peroxy radical dengan oksigen akan membentuk ozon dan nitrogen dioksida berubah menjadi nitrogen monoksida dengan oksigen dan sebagainya. Pemaparan dari gas terhadap manusia pada umumnya melalui pernapasan dan cara penanggulangannya terutama dengan



mengurangi pembebasan bahan pencemar secara langsung ke udara, misalnya dengan menggunakan “*gas scrubber*”, alat tambahan pada knalpot dan sebagainya (Soedomo, 2001).

## **B. Struktur Rumah Honai**

Rumah adat provinsi Papua sebenarnya hanya ada 1 jenis saja, yaitu Honai itu sendiri. Jika terdapat beberapa perbedaan, itu dikarenakan perbedaan daerahnya saja dan perbedaannya tidak begitu mencolok. Rumah Honai dibuat berkelompok, karena kadang satu keluarga membutuhkan lebih dari satu rumah untuk tempat ternak mereka tinggal, dan anak-anak yang sudah akil baligh/dewasa. Dilihat dari arsitekturnya yang sederhana, rumah ini berbentuk hampir seperti kerucut dengan batu-batu kecil mengelilingi rumah tersebut.

Keunikan khasanah kebudayaan bangsa tercermin dari banyaknya jenis rumah yang ada di Indonesia. Walaupun Honai merupakan rumah asli suku Dani, kita dapat menjumpainya di beberapa museum yang tersebar di Indonesia dikarenakan banyak juga orang yang penasaran atau ingin tahu jenis rumah suku Dani Papua ini. Honai dan rumah-rumah adat suku lainnya merupakan bukti kekayaan budaya bangsa kita yang patut kita ketahui.

Rumah Honai terbuat dari kayu dengan atap berbentuk kerucut yang terbuat dari jerami atau ilalang. Honai sengaja dibangun sempit atau kecil dan tidak berjendela yang bertujuan untuk menahan hawa dingin pegunungan Papua. Honai biasanya

dibangun setinggi 2,5 meter dan pada bagian tengah rumah disiapkan tempat untuk membuat api (tungku) untuk menghangatkan diri dari dinginnya cuaca malam. Rumah Honai terbagi dalam tiga tipe, yaitu untuk kaum laki-laki (disebut Honai), wanita (disebut Ebei), dan kandang babi (disebut Wamai).

Bentuk rumah yang dibuat melingkar dan hanya memiliki satu pintu menjadi ciri khas tersendiri dari Honai. Bangunan rumah ini terbuat dari kayu dan atapnya terbuat dari ilalang yang dirangkai sedemikian rupa hingga tampak bertingkat. Bentuk Honai yang bulat ini, dirancang untuk menghindari cuaca dingin karena tiupan angin yang kencang. Pada bagian tengah Honai dibuat perapian untuk menghangatkan tubuh di malam hari, sekaligus sebagai tempat untuk memasak/membakar ubi jalar, dalam bahasa Dani disebut "Hipere".

Di dalam rumah Honai ataupun Ebei, tidak terlihat satupun perabotan rumah tangga. Honai memang menjadi tempat tinggal bagi masyarakat di perkampungan Wamena. Namun untuk tempat tidur, mereka hanya menggunakan rerumputan kering sebagai alas. Alas itu akan diganti dengan rerumputan baru yang diambil dari ladang ataupun kebun, jika telah terlihat kotor. Di dalam Honai juga tidak ada kursi ataupun meja, mereka menjadikan lantai rumah yang terbuat dari tanah sebagai alas duduk. Di dalam rumah Honai juga tidak ada lampu listrik. Untuk penerangan, mereka membuat perapian dengan cara menggali tanah di dasar lantai rumah untuk dijadikan tungku. Karena Honai tidak memiliki jendela

dan penerangan hanya berasal dari api tungku, suasana di dalam rumah itu akan terasa semakin gelap ketika malam tiba.

Jika dibandingkan dengan bentuk rumah adat di daerah lainnya, rumah Hanoi terlihat sangat sederhana. Namun kesederhanaan itulah yang menjadikan Hanoi terkesan unik. Rumah Honai biasa ditinggali oleh 5 hingga 10 orang. Rumah Honai dalam satu bangunan digunakan untuk tempat beristirahat (tidur), bangunan lainnya untuk tempat makan bersama, dan bangunan ketiga untuk kandang ternak. Rumah Honai pada umumnya terbagi menjadi dua tingkat. Lantai dasar dan lantai satu dihubungkan dengan tangga dari bambu. Para pria tidur pada lantai dasar secara melingkar, sementara para wanita tidur di lantai satu. Dalam penelitian ini kami melakukan pengambilan sampel udara hanya di dalam rumah Honai.

### **C. Pembakaran dengan (kayu bakar) Biomass**

Saat ini penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk rumah tangga di Indonesia mungkin sangat jarang kita lihat di daerah perkotaan di Indonesia, misalnya Jakarta, Surabaya, Semarang maupun Jogjakarta. Tapi ternyata sebenarnya kayu bakar saat ini masih tetap dipakai sebagai bahan bakar untuk beberapa keperluan industri misalnya di beberapa Industri batik, Industri perak/logam bahkan dipakai juga di industri keris yang ada di Jogjakarta. Tak hanya itu, ternyata beberapa rumah tangga pun masih memakai kayu bakar sebagai bahan bakar

rumah tangga mereka misalnya untuk memasak, merebus air, memanaskan ruangan misalnya beberapa kabupaten didaerah gunung provinsi Papua dsb. Artinya di jaman yang sudah cukup maju seperti sekarang ini kayu bakar masih digunakan sebagai alternatif bahan bakar yang mudah didapatkan dan mudah. Namun pertanyaannya adalah bagaimana memaksimalkan penggunaan kayu bakar agar kayu bakar tersebut dapat digunakan secara maksimal.

#### *Dasar Pembakaran*

Segala jenis pembakaran memerlukan tiga elemen agar pembakaran tersebut dapat berlangsung. Elemen-elemen tersebut adalah Bahan bakar (Fuel), Oksidan (Oxidizer) dan sumber panas (Source of Heat). Jika tiga jenis elemen ini dikombinasikan di dalam lingkungan yang layak, maka akan terjadi pembakaran. Jika salah satu dari 3 elemen ini dihilangkan, tidak akan terjadi pembakaran (Vogel, 2005)

Dalam kasus kayu bakar, yang berperan sebagai bahan bakar (Fuel) adalah kayu bakar tersebut karena kayu bakar memiliki kandungan Selulosa dan Lignin yang berasal dari Fotosintesis, yang berperan sebagai oksidan(oxider) adalah udara karena udara mengandung 21% Oksigen. Sedangkan yang berperan sebagai sumber panas (Source of Heat) adalah percikan api yang biasanya berasal dari korek api.

## **D. Tinjauan Tentang Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)**

### **1. Reaksi Pembentukan SO<sub>2</sub>**

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) adalah gas polutan udara yang terdiri dari sulfur dan oksigen. SO<sub>2</sub> terbentuk ketika sulfur yang mengandung bahan bakar seperti batubara, minyak, atau solar yang dibakar (Nolen and Deborah, 2009). Sulfur dioksida merupakan salah satu komponen polutan udara hasil pembakaran pada proses industri, kendaraan bermotor, generator listrik, atau sampah organik. Gas ini mudah menempel pada partikel udara dan masuk ke saluran pernafasan dan sulit hilang serta bila bereaksi dengan air menghasilkan asam sulfat yang dapat menyebabkan iritasi. Disamping itu, bilamana SO<sub>2</sub> bereaksi dengan air di atmosfer menghasilkan asam sulfat yang dapat mengakibatkan hujan asam. Pengaruh SO<sub>2</sub> terhadap vegetasi berupa pembentukan noda pucat pada daun (Puslitbang LH, 2011).

### **2. Sumber dan Distribusi SO<sub>2</sub>**

Sepertiga dari jumlah sulfur yang terdapat di atmosfer merupakan hasil kegiatan manusia dan kebanyakan dalam bentuk SO<sub>2</sub>. Dua pertiga hasil kegiatan manusia dan kebanyakan dalam bentuk SO<sub>2</sub> (Soemirat, 1994). Dua pertiga bagian lagi berasal dari sumber-sumber alam seperti vulkano dan terdapat dalam bentuk H<sub>2</sub>S dan oksida. Masalah yang ditimbulkan oleh bahan pencemar yang dibuat oleh manusia adalah dalam hal distribusinya yang tidak merata sehingga terkonsentrasi pada daerah tertentu. Sedangkan

pencemaran yang berasal dari sumber alam biasanya lebih tersebar merata. Tetapi pembakaran bahan bakar pada sumbernya merupakan sumber pencemaran Sox, misalnya pembakaran arang, minyak bakar gas, kayu dan sebagainya. Sumber SO<sub>x</sub> yang kedua adalah dari proses-proses industri seperti pemurnian petroleum, industri asam sulfat, industri peleburan baja dan sebagainya. (Depkes R.I., 2011).

### **3. Dampak Pencemaran SO<sub>2</sub>**

Pencemaran SO<sub>2</sub> menimbulkan dampak terhadap manusia dan hewan, kerusakan pada tanaman terjadi pada konsentrasi sebesar 0,5 ppm. Efek pada tumbuhan tampak terutama pada daun yang menjadi putih atau terjadi nekrosis, daun yang hijau dapat berubah menjadi kuning ataupun terjadi bercak-bercak putih (Soemirat, 1994).

Pengaruh utama polutan Sox terhadap manusia adalah iritasi sistem pernafasan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada konsentrasi SO<sub>2</sub> sebesar 5 ppm atau lebih bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada konsentrasi 1-2 ppm. SO<sub>2</sub> dianggap pencemar yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami penyakit khronis pada sistem pernafasan kardiovaskular.

Individu dengan gejala penyakit tersebut sangat sensitif terhadap kontak dengan SO<sub>2</sub>, meskipun dengan konsentrasi yang relatif rendah. Kontak langsung dengan SO<sub>2</sub> juga akan berpotensi

memicu timbulnya gejala dan penyakit lainnya yang diderita oleh orang tersebut. Khususnya jika berada di dalam ruang tertutup seperti di dalam rumah. Table berikut menunjukkan konsentrasi  $\text{SO}_2$  yang dapat mengganggu kesehatan.

**Tabel 2. Konsentrasi  $\text{SO}_2$  yang Berpengaruh Terhadap Gangguan Kesehatan**

Pengaruh Gas $\text{SO}_2$ Terhadap Manusia Konsentrasi (ppm)	Dampaknya terhadap manusia
3 ~ 5	- Jumlah minimum yang dapat dideteksi baunya
8 ~ 12	- jumlah minimum yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	- Jumlah minimum yang mengakibatkan iritasi pada mata - Dapat menyebabkan batuk - Jumlah maksimum yang diperbolehkan untuk paparan yang lama
50 ~ 100	- Jumlah maksimum yang dibolehkan untuk paparan yang singkat ( $\pm 30$ menit)
400 ~ 500	- Sudah berbahaya walaupun dalam paparan yang singkat

Sumber : Kristanto, 2002

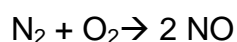
## E. Tinjauan Tentang Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ )

### 1. Reaksi Pembentukan $\text{NO}_2$

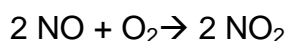
Nitrogen oksida atau sering disebut  $\text{NO}_x$  karena nitrogen oksida mempunyai dua bentuk yang sifatnya berbeda, yaitu gas  $\text{NO}_2$  dan  $\text{NO}$ . sifat gas  $\text{NO}_2$  adalah berwarna dan berbau, dengan warna merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung (Wardhana, 2004).

Senyawa nitrogen dioksida dihasilkan dari pembakaran/oksidasi bahan-bahan organik. Gas ini dapat menimbulkan iritasi paru-paru dan diketahui dapat menyebabkan edema dan pendarahan paru-paru. Disamping itu NO<sub>2</sub> berkontribusi pada hujan asam. Terhadap vegetasi, efek gas ini berupa luka berwarna putih atau coklat pada pangkal daun (Puslitbang LH, 2011).

Sebagian besar NO<sub>x</sub> masuk ke atmosfer sebagai NO. pada suhu yang sangat tinggi terjadi reaksi :



Nitrogen oksida, NO rata-rata berada selama empat hari dalam atmosfer yang tidak tercemar. Di daerah perkotaan dengan atmosfer yang tercemar berat jumlah nitrogen oksida hanya dalam beberapa jam atau kurang akan menurun. Proses berkurangnya NO disebabkan terjadinya reaksi : (Achmad, 2004)



## 2. Dampak Pencemaran Udara Akibat NO<sub>2</sub>

Dampak kesehatan akibat nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) : (Sudomo, 1999)

- a. Meningkatkan sensitifitas / *eksaserbasi asthma bronkiale* / PPOK.
- b. Iritasi pada *broncheoli* dan *alveoli*.
- c. Peradangan saluran pernapasan.
- d. *Inflamasi* saluran napas.
- e. Mempengaruhi kapasitas fungsi paru pada pajanan jangka panjang



- f. Menyebabkan iritasi pada saluran tenggorokan,
- g. pembengkakan/sembab paru – paru karena waktu paparan lama untuk konsentrasi 1 ppm.
- h. Menyebabkan gangguan pada paru – paru.
- i. Meningkatkan produksi sitokin *pro – inflammatory*.
- j. Terbentunya MethHB (Meth Hemoglobin)
- k. Peningkatan *expiratory resistance*
- l. Terjadinya sembab paru
- m. Terjadinya fibrosis paru.

## **F. Pencemaran Udara Didalam Ruangan (Indoor Air Pollution)**

### **1. Sumber pencemaran dalam rumah**

Polusi udara dalam ruangan merupakan masalah kesehatan masyarakat utama di dunia. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi beberapa polutan terdapat lebih tinggi di dalam ruangan dari pada di luar ruangan. Selain itu, adanya polutan dalam ruangan, walaupun dalam konsentrasi rendah, dapat menimbulkan akibat yang penting karena periode paparan yang lama. Orang menghabiskan 80-90 % waktunya di dalam ruangan.

Polutan udara dapat meningkatkan kejadian pneumonia dengan cara mempengaruhi mekanisme pertahanan spesifik dan nonspesifik terhadap mikroorganisme patogen pada saluran pernapasan. Polusi udara yang berasal dari rumah tangga terutama terjadi karena aktifitas penghuninya antara lain asap rokok, penggunaan bahan bakar biomassa untuk memasak.

## 2. Penggunaan jenis bahan bakar biomassa

Bahan bakar biomassa adalah bahan yang berasal dari tumbuhan atau hewan yang di bakar oleh manusia (Bruce et al, 2002). Biomassa terutama dalam bentuk kayu bakar dan limbah pertanian merupakan sumber energi dunia yang tertua, dan hingga kini masih merupakan sumber energi utama di pedesaan. Diperkirakan secara global hampir dua setengah milyar orang menggunakan biomassa sebagai sumber energi utamanya, bahkan di negara berkembang dengan pendapatan perkapita yang masih rendah penggunaan bahan biomassa mencakup 95% sebagai sumber energi rumah tangga, sehingga ragam jenis penyakit gangguan pernapasan juga umumnya terjadi pada kalangan ekonomi lemah / bawah

Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar untuk kegiatan memasak menimbulkan asap yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Asap dari pembakaran biomassa menghasilkan sejumlah besar polutan udara yang membahayakan kesehatan seperti partikulat, karbon monoksida, nitrogen oksida, formaldehid, hidrokarbon aromatic polisiklik dan banyak senyawa organik toksik lainnya (Mishra et al, 2005).

Paparan terhadap asap dari bahan bakar biomassa merupakan penyebab penting masalah kesehatan seperti pneumonia pada anak dan penyakit paru obstruksi kronis lainnya. Asap dari bahan bakar biomassa merupakan penyebab penting polusi udara dalam ruangan dan merupakan salah satu faktor predisposisi pneumonia. Paparan terbesar dari asap bahan bakar biomassa mungkin dialami oleh

wanita, bayi dan anak-anak. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar biomassa mempunyai hubungan dengan kejadian pneumonia pada balita.

#### **g. Tinjauan Umum Tentang Kapasitas Paru**

Uji fungsi paru dapat membantu diagnosis penderita penyakit paru dan mengevaluasi kesehatan untuk kepentingan research kesehatan, penelitian epidemiologi terhadap bahaya suatu substansi serta prevalensi penyakit dalam komunitas. Analisis gangguan ventilasi paru mencakup derajat hambatan terutama mekanisme yang bertanggung jawab pada insufisiensi pernapasan. Analisis gangguan mekanik paru merupakan langkah penting pertama prosedur diagnosis penyakit paru. (West, JB 1999)

Hal yang harus dihindari sebelum pemeriksaan fungsi paru adalah merokok minimal 1 jam sebelum pemeriksaan, minum alcohol minimal 4 jam sebelum pemeriksaan, aktivitas olahraga berat 4 jam sebelum pemeriksaan, menggunakan pakaian ketat sehingga membatasi pergerakan rongga dada dan abdomen serta makan dalam jumlah besar 2 jam sebelum pemeriksaan. (Miller et al., 2005)

#### **1. Definisi**

Uji fungsi paru adalah alat untuk mengevaluasi sistem pernapasan, kelainan yang terkait riwayat penyakit penderita, penelitian berbagai pencitraan paru dan uji invasif seperti bronkoskopi dan biopsi terbuka paru. Perbandingan antara nilai yang diukur pada pasien dengan nilai normal yang berasal dari penelitian populasi dapat digunakan untuk mengetahui patofisiologi penyakit yang mendasari. Persentase nilai

prediksi normal dapat digunakan untuk menilai keparahan gangguan paru..

Uji fungsi paru adalah istilah umum manuver yang menggunakan peralatan sederhana untuk mengukur fungsi paru. Uji fungsi paru meliputi spirometri sederhana, pengukuran volume paru formal, kapasitas difusi karbon monoksida (CO) dan gas darah arteri. Uji fungsi paru digunakan untuk mengukur dan merekam 4 komponen paru yaitu saluran napas (besar dan kecil), parenkim paru (alveoli, interstitial), pembuluh darah paru dan mekanisme pemompaan. Berbagai penyakit dapat berdampak pada komponen tersebut. ([www.webmd.com/lung/lung-function-tests](http://www.webmd.com/lung/lung-function-tests). Accessed on Juli 5, 2013)

## **2. Spirometri (Spirimeter)**

Spirometri digunakan untuk menilai fungsi paru dalam penelitian ini. Penggunaan spirometri setelah dilatih oleh pelatih atau tenaga kesehatan yang tepat. Spirometri dapat digunakan untuk diagnosis dan memantau gejala pernapasan dan penyakit dari responden..

Pada spirometri, dapat dinilai 4 volume paru dan 4 kapasitas paru, (Yunus et al., 2010):

### **a. Volume paru:**

1. Volume *tidal*, yaitu jumlah udara yang masuk ke dalam dan ke luar dari paru pada pernapasan biasa.
2. Volume cadangan inspirasi, yaitu jumlah udara yang masih dapat masuk ke dalam paru pada inspirasi maksimal setelah inspirasi biasa.
3. Volume cadangan ekspirasi, yaitu jumlah udara yang dikeluarkan secara aktif dari dalam paru setelah ekspirasi biasa.

4. Volume residu yaitu jumlah udara yang tersisa dalam paru setelah ekspirasi maksimal.

**b. Kapasitas paru:**

1. Kapasitas paru total, yaitu jumlah total udara dalam paru setelah inspirasi maksimal.
2. Kapasitas vital, yaitu jumlah udara yang dapat diekspirasi maksimal setelah inspirasi maksimal.
3. Kapasitas inspirasi, yaitu jumlah udara maksimal yang dapat masuk ke dalam paru setelah akhir ekspirasi biasa.
4. Kapasitas residu fungsional, yaitu jumlah udara dalam paru pada akhir ekspirasi biasa. Batasan volume dan kapasitas paru dapat dilihat pada gambar 1. Nilai normal untuk setiap volume dan kapasitas paru bervariasi dan dipengaruhi oleh usia, tinggi badan, jenis kelamin, suku, berat badan dan bentuk tubuh.

Volume udara tersebut diatas dapat dinilai dengan alat spirometri. Spirometri dapat pula mengukur aliran ekspirasi yaitu *volume ekspirasi paksa* detik pertama (VEP1/FEV1) dan kapasitas vital paksa (KVP/FVC).(West, 1999)

## **H . Tinjauan Tentang Modifikasi Model system Pemanasan dalam Honai**

### **1. Modifikasi Model Sistem Pemanasan dalam Ruang (Honai)**

Sistem ventilasi udara merupakan bagian vital pada sebuah rumah ataupun gedung. Sistem ventilasi udara yang ada dalam rumah saat ini pada sebuah ruangan masih bisa lebih ditingkatkan lagi untuk

kenyamanan dan kualitas udara ruang. Disisi lain penghuni ruangan dalam kesehariannya rata-rata akan tinggal di dalam ruangan dalam waktu relatif lama. Oleh sebab itu keberhasilan sistem ventilasi udara yang efektif diharapkan akan dapat lebih meningkatkan kenyamanan, kesehatan dan kerja penghuni ruangan.

Produktivitas keberhasilan sistem ventilasi sangat tergantung pada besaran-besaran temperatur, kecepatan, turbulensi dan tingkat kontaminasi udara yang terjadi pada suatu ruangan. Oleh sebab itu faktor-faktor tersebut perlu diteliti agar diperoleh sebuah sistem ventilasi udara yang berhasil. Faktor-faktor tersebut diatas sangat dipengaruhi oleh parameter-parameter kapasitas/laju ventilasi, jumlah dan besar sumber panas, tinggi plafon, total laju/emisi gas kontaminan serta penempatan difusor. Parameter posisi difusor udara segar/supply inilah yang akan diimplementasikan dalam pengujian dan simulasi sistem ventilasi baik pada sistem ventilasi pencampuran (mixed ventilation) maupun pengalihan udara (displacement ventilation).

Metodologi yang dipergunakan adalah dengan menggunakan simulasi CST (Close System Technology) seperti terlampir pada gambar model system tungku pemanasan. Sebagai validasi penelitian dilaksanakan eksperimen pengukuran langsung pada ruang skala penuh (full scale, real time). Hasil dari pengujian skala penuh akan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari hasil pengukuran sebelum pemasangan CST. Analisa non-dimensional dilakukan untuk mengeksplorasi kualitas sistem ventilasi udara berdasarkan perubahan kualitas udara dalam hal ini level dan konsentrasi  $SO_2$  dan  $NO_2$  dalam rumah Honai. Pada akhir

penelitian akan diperoleh beberapa informasi untuk sistem ventilasi udara yang efektif (variabel-variabel terbaik) dalam rangka peningkatan kenyamanan termal dan penjagaan kesehatan bagi penghuni ruangan. Sedangkan kualitas udara ruang yang berperan dalam aspek kesehatan penghuni ruang ditentukan dengan semakin berkurangnya kontaminasi udara ( $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$ ) yang terjadi di ruangan rumah Honai di Wamena.

## **2. Proses Pemanasan Dalam Ruang (Honai)**

Paparan panas (*heat exposure*) terjadi ketika tubuh menyerap atau memproduksi panas lebih besar daripada yang dapat diterima melalui proses regulasi termal (*thermoregulation process*). Peningkatan pada suhu dalam tubuh yang berlebihan dapat mengakibatkan penyakit dan kematian (Parsons, 1993, 2005). Panas berlebih di tubuh baik akibat proses metabolisme tubuh maupun paparan panas dari lingkungan kerja dapat menimbulkan masalah kesehatan (*heat strain*) dari yang sangat ringan seperti *heat rash*, *heat syncope*, *heat cramps*, *heat exhaustion* hingga yang serius yaitu *heat stroke*.

Temperatur yang tinggi dalam ruangan kerja bisa ditimbulkan oleh kondisi ruangan, mesin-mesin ataupun alat yang mengeluarkan panas serta panas yang bersumber dari sinar matahari yang memanasi atap pabrik yang kemudian menimbulkan radiasi ke dalam ruangan kerja produksi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Indrani (2008), keberadaan ventilasi pada bangunan di daerah tropis sangat penting bagi kenyamanan termal dan berperan dalam mendukung peningkatan waktu kerja produktif.

Standar ukuran ventilasi yang berkisar antara 10 sampai 20% dapat ditingkatkan sampai mencapai 50% dari luasan lantai jika kebutuhan kecepatan angin dalam ruangan belum memadai. Hal ini dapat dicapai dengan pemilihan jenis bukaan atau jendela yang dapat mendorong terjadinya pergerakan udara yang lebih cepat atau dengan memperbesar kecepatan udara.

Kondisi ini sangat sering ditemukan di industri di Indonesia seperti industri dan pengecoran logam baja, batu bata, dan pembuatan *coil* anti nyamuk. Salah satunya adalah ruangan formulasi di salah satu pabrik pembuatan *coil* anti nyamuk ini. Ruangan formulasi di pabrik anti nyamuk ini memiliki temperatur yang sudah berada pada kondisi yang tidak nyaman. Sumber panas dalam ruangan berasal dari panas proses produksi yang timbul akibat proses pencampuran bahan menggunakan mesin, panas radiasi sinar matahari melalui atap pabrik serta sangat sedikitnya bukaan ventilasi dalam ruangan.

Sedikitnya bukaan ventilasi ruangan menambah beban panas ruangan kerja. Hal tersebut diakibatkan oleh panas dalam ruangan cenderung terakumulasi dan terperangkap di dalam ruangan karena tidak adanya saluran pertukaran udara dalam dan udara luar (Suma'mur, 1984). Kondisi ini mengakibatkan banyak pekerja merasakan ketidaknyamanan dalam bekerja.

Teknologi penanganan panas pada perusahaan sudah dilakukan antara lain mengatur sistem ventilasi pabrik dengan bukaan tetapi pada kondisi aktual saat penelitian dilakukan, temperatur di lantai produksi rata-rata sebesar 31.7oC dan para pekerja terpapar dengan panas yang



timbul. Demikian halnya pemanasan dalam ruangan secara signifikan meningkatkan kenyamanan penghuni khususnya yang bermukim pada daerah pegunungan yang memiliki temperature lebih dingin.

### **3. Prosedur Pengukuran Kualitas Udara dalam ruangan**

Kajian termal dilakukan melalui pengukuran langsung faktor-faktor lingkungan kerja fisik seperti temperatur udara, temperatur basah, temperatur kering, temperatur globe, kelembaban dan kecepatan angin. Pengukuran dilakukan pada 3 titik yang tersebar merata pada ruangan formulasi. Tingkat gradien ketinggian pengukuran terdiri dari 3 titik yaitu ketinggian 0,1; 2; dan 3 meter. Pengukuran dilakukan selama 1 hari penuh dengan interval waktu pengukuran selama 120 menit. Hasil pengukuran ini akan dianalisis berdasarkan grafik dan akan dibandingkan dengan standar yang berlaku. (jam kerja aktif di e-Jurnal Teknik Industri FT USU Vol. 1., No. 1., Januari 2013 pp. 1-6).

Adapun fokus kajian Kualitas udara yang dilakukan adalah pengukuran SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> sedangkan Kualitas Thermal ruangan adalah untuk data temperatur udara, kecepatan angin dan kelembaban. Dengan membahas ketiga aspek tersebut, maka diasumsikan kondisi termal aktual dalam ruangan sudah dapat disimpulkan.

## **I. Tinjauan Umum Tentang Pemaparan SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>**

### **1. Pengertian ARKL**

Di Indonesia Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) masih belum banyak dikenal dan digunakan sebagai metoda kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan. Padahal, di beberapa negara Uni Eropa, Amerika dan Australia ARKL telah menjadi proses *central idea* legislasi

dan regulasi pengendalian dampak lingkungan. Dalam konteks AMDAL, efek lingkungan terhadap kesehatan umumnya masih dikaji secara epidemiologis (Syalbi, 2010).

Analisis risiko adalah padanan istilah untuk *risk assessment*, yaitu karakterisasi efek-efek yang potensial merugikan kesehatan manusia oleh pajanan bahaya lingkungan (Aldrich and Griffith, 1993). Analisis risiko merupakan suatu alat pengelolaan risiko, proses penilaian bersama para ilmuwan dan birokrat untuk memprakirakan peningkatan risiko kesehatan pada manusia yang terpajan (NRC, 1983).

WHO (2004) mendefinisikan analisis risiko sebagai proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memprakirakan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau subpopulasi, termasuk identifikasi ketidakpastian-ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh agent tertentu, dengan memerhatikan karakteristik yang melekat pada penyebab (*agent*) yang menjadi perhatian dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik. Risiko itu sendiri didefinisikan sebagai kebolehjadian (*probabilitas*) suatu efek merugikan pada suatu organisme, sistem atau (sub)populasi yang disebabkan oleh pemajanan suatu *agent* dalam keadaan tertentu. Definisi lain menyebutkan risiko kesehatan manusia sebagai kebolehjadian kerusakan kesehatan seseorang yang disebabkan oleh pemajanan atau serangkaian pemajanan bahaya lingkungan.

Saat ini analisis risiko digunakan untuk menilai atau menaksir risiko kesehatan manusia yang disebabkan oleh pajanan bahaya lingkungan.

Bahaya adalah sifat yang melekat pada suatu *risk agent* atau situasi yang memiliki potensi menimbulkan efek merugikan jika suatu organisme, sistem atau subpopulasi terpajan oleh *risk agent* tersebut (WHO, 2004). Bahaya lingkungan terdiri atas tiga *risk agent* yaitu *chemical agents* (bahan-bahan kimia), *physical agents* (energi radiasi dan gelombang elektromagnetik berbahaya) dan *biological agents* (makhluk hidup atau organisme). Analisis risiko bisa dilakukan untuk pajanan yang telah lampau (*past exposure*), dengan efek yang merugikan sudah atau belum terjadi, bisa juga untuk studi prediksi risiko pajanan yang akan datang (*future exposure*). Studi-studi Amdal masuk dalam kategori yang kedua, karena amdal studinya hanya berfokus pada prediksi semata.

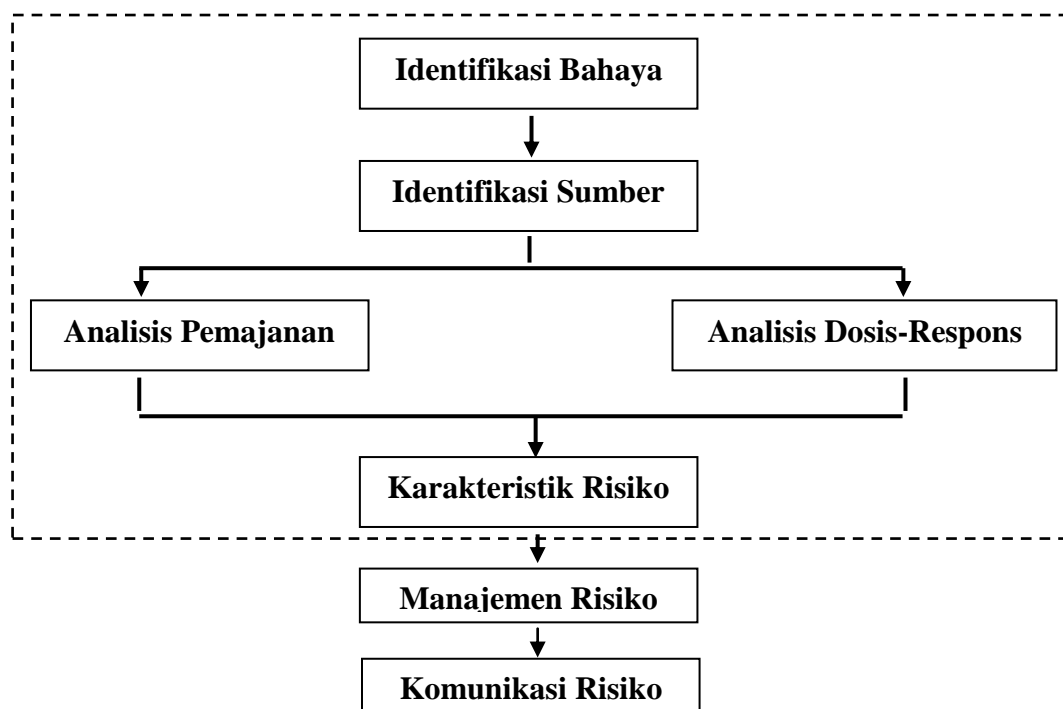
Jelas bahwa *bahaya* tidak sama dengan risiko. Bahaya adalah suatu potensi risiko, dan risiko tidak akan terjadi kecuali syarat-syarat tertentu terpenuhi. Syarat-syarat dimaksud adalah toksisitas *risk agent* yang bersangkutan dan pola-pola pajanannya. Suatu *risk agent*, sekalipun toksik, tidak akan berisiko bagi kesehatan jika tidak memajani dengan dosis dan waktu tertentu (WHO, 2006).

## **2. Paradigma *risk analysis***

Paradigma *risk analysis* untuk kesehatan masyarakat pertama kali dikemukakan tahun 1983 oleh *US National Academic of Science* untuk menilai risiko kanker oleh bahan kimia di dalam makanan (NRC, 1983). Menurut paradigma ini, *risk analysis* terbagi dalam tiga langkah utama yaitu penelitian (*research*), analisis risiko (*risk assessment*) dan manajemen risiko.

Analisis risiko terbagi menjadi empat langkah yaitu (1) identifikasi bahaya (*hazard identification*), (2) analisis dosis-respon (*dose-response assessment*), (3) analisis pemajanan (*exposure assessment*) dan (4) karakterisasi risiko (*risk characterization*) (Mukono, 2002). *Risk analysis* menggunakan sains, teknik, probabilitas dan statistik untuk memprakirakan dan menilai besaran dan kemungkinan risiko kesehatan dan lingkungan yang akan terjadi sehingga semua pihak yang peduli mengetahui cara mengendalikan dan mengurangi risiko tersebut (NRC, 1983).

Pengelolaan risiko terdiri dari tiga unsur yaitu evaluasi risiko, pengendalian emisi dan pemajanan dan pemantauan risiko. Ini berarti, analisis risiko merupakan bagian *risk analysis* sedangkan manajemen risiko bukan bagian analisis risiko tetapi kelanjutan dari analisis risiko. Supaya tujuan pengelolaan risiko tercapai dengan baik maka pilihan-pilihan manajemen risiko itu harus dikomunikasikan kepada pihak-pihak yang berkepentingan. Langkah ini dikenal sebagai komunikasi risiko. Manajemen dan komunikasi risiko bersifat spesifik yang bergantung pada karakteristik *risk agent*, pola pemajanan, individu atau populasi yang terpajan, sosio-demografi dan kelembagaan masyarakat dan pemerintah setempat.



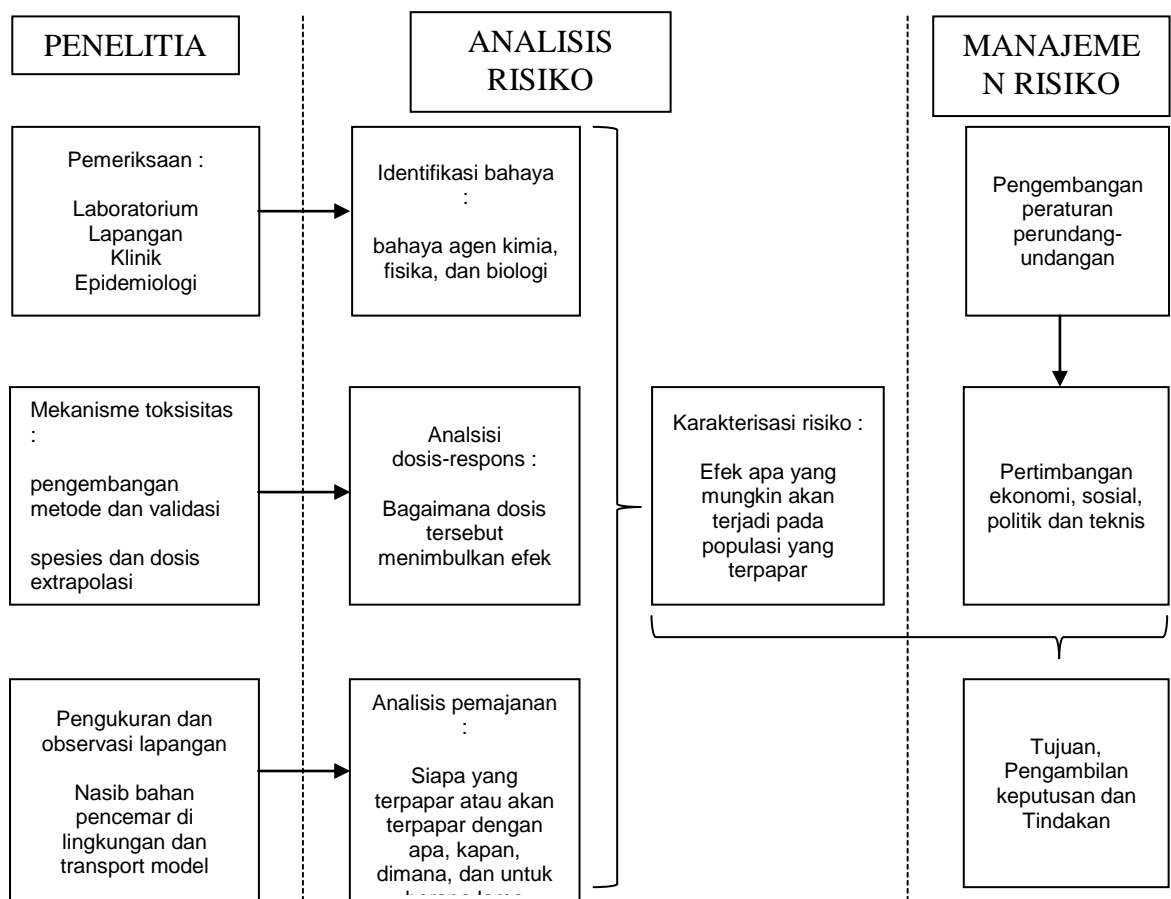
**Gambar 1.** Analisis Risiko; Ruang lingkup langkah-langkah *risk analysis*. *Risk assessment* hanya pada bagian kotak garis titik-titik sedangkan *risk management* dan *risk communication* berada di luar lingkup *risk assessment* (Louvar JF dan Louvar BD, 1998).

Penelaahan *International Programme on Chemical Safety* (IPCS) lebih mendalam mengenai metoda analisis risiko dan manajemen risiko menyimpulkan bahwa langkah-langkah analisis risiko dan manajemen risiko tidaklah lurus dan satu arah melainkan merupakan proses siklus interaktif dan bahkan *iterative* (berulang-ulang). Manajemen risiko berinteraksi dan beriteratif dengan analisis risiko, terutama di dalam perumusan masalah. Secara umum dapat dirumuskan bahwa analisis risiko formal didahului oleh analisis risiko pendahuluan yang biasanya bersifat subyektif dan informal. Pada tahap awal ini masyarakat dan lembaga-lembaga swadaya masyarakat lingkungan dan kesehatan biasanya lebih

peka daripada badan-badan otoritas negara. Namun, seringkali kebanyakan masalah didasarkan pada persepsi dan opini yang tidak dapat dirumuskan secara ilmiah. Misalnya, bau yang berasal dari emisi suatu industri bisa dirasakan oleh semua orang yang secara obyektif telah mengganggu kenyamanan. Namun, *risk agent* apa yang menyebabkan bau itu, hanya bisa dikenali oleh mereka yang terlatih, berpengalaman dalam teknik-teknik analisis pencemaran udara dan mengetahui proses-proses industrinya (WHO, 2004).

Dalam perkembangan selanjutnya disadari bahwa interaksi tidak hanya perlu dilakukan antara *risk assessor* dan *risk manager* tetapi harus melibatkan semua pihak yang tertarik atau yang berkepentingan. Masalah risiko, faktor-faktor yang berhubungan dengan risiko dan persepsi tentang risiko perlu dikomunikasikan secara transparan. Proses ini dikenal sebagai komunikasi risiko. Komunikasi risiko berperan untuk menjelaskan secara transparan dan bertanggungjawab tentang proses dan hasil karakterisasi risiko serta pilihan-pilihan manajemen risikonya kepada pihak-pihak yang relevan (WHO, 2004). Berdasarkan paradigma *risk analysis* tersebut, WHO, 2004 kemudian merumuskan aturan umum bahwa analisis risiko perlu diawali dengan *analisis risiko pendahuluan* yang bersifat subyektif dan informal. Langkah ini dilakukan untuk memastikan apakah suatu kasus memerlukan analisis risiko secara formal atau tidak. Analisis risiko pendahuluan merupakan transisi menuju analisis risiko formal, suatu proses iteratif yang memudahkan persinggungan kritis analisis risiko dengan manajemen risiko. Proses ini disebut sebagai perumusan masalah.

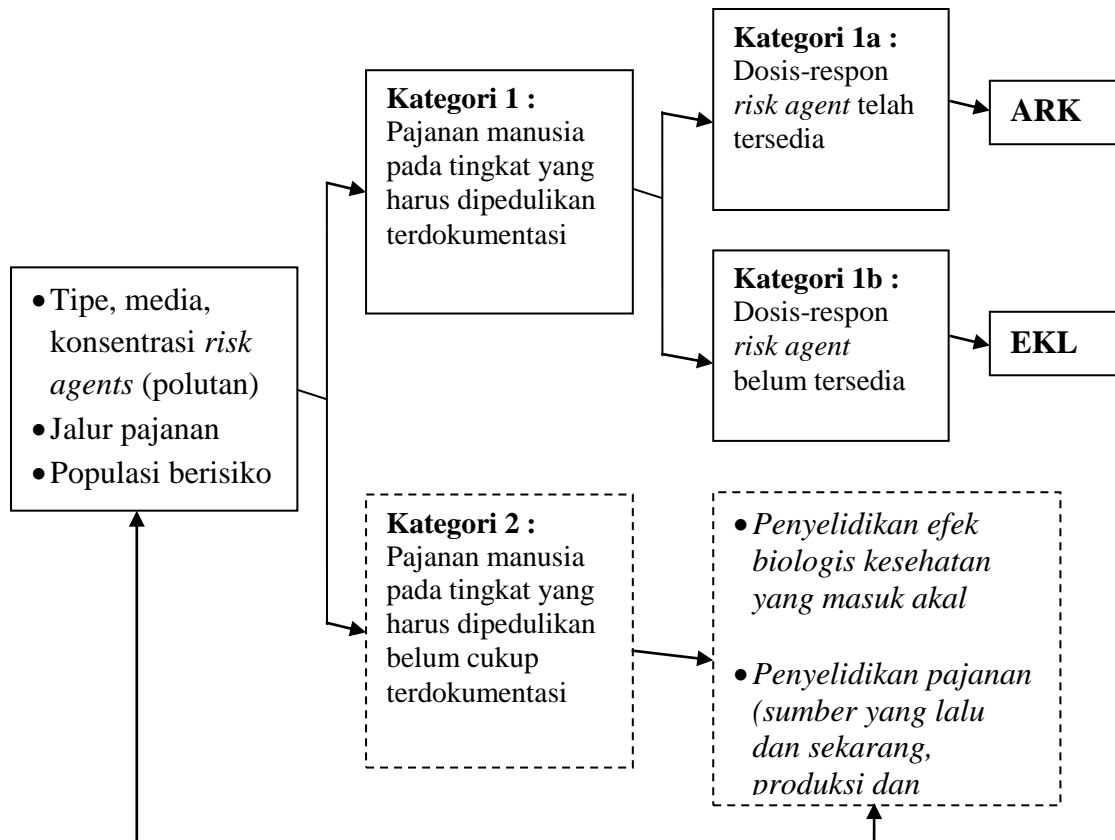
Analisis risiko kesehatan adalah proses perhitungan atau perkiraan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau (sub)populasi, termasuk identifikasi ketidakpastian-ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh *agent* tertentu, dengan memerhatikan karakteristik yang melekat pada *agent* itu dan karakteristik system sasaran yang spesifik. Metode, teknik dan prosedur analisis risiko kesehatan lingkungan saat ini dikembangkan dari *Risk Analysis Paradigm* yang terbagan pada Gambar 2. berikut (NRC, 1983) :



Gambar 2. Paradigma Analisis Risiko (NRC, 1983 dan EPA 2000)

## 1. Prinsip dasar ARKL

ARKL berjalan dengan proses yang dibagangkan dalam alur pengambilan keputusan seperti pada Gambar 3. berikut ini.



**Gambar 3.** Ilustrasi logika pengambilan keputusan untuk menentukan tipe studi yang dapat dilakukan dalam mempelajari efek lingkungan terhadap kesehatan manusia (Rahman, 2007)

*Decision logic* ini menentukan komponen studi mana yang dapat dilakukan berdasarkan data dan informasi awal yang tersedia. *Decesion logic* ini dijelaskan dalam *Guidance for ASTDR Health Studies*(ATSDR, 1996).

Secara garis besarnya analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) menurut *National Research Council* (NRC) terdiri dari empat tahap kajian,



yaitu : Identifikasi bahaya, Analisis pemajanan, Analisis dosis-respon, dan Karakterisasi risiko (NRC, 1983).

## 2. Metode, Teknik dan Prosedur ARKL

Kajian ARKL dimulai dengan memeriksa secara cermat apakah data dan informasi berikut sudah tersedia (ATSDR, 2005) :

- a. Jenis spesi kimia *risk agent*.
- b. Dosis referensi untuk setiap jenis spesi kimia *risk agent*.
- c. Media lingkungan tempat *risk agent* berada (udara, air, tanah, pangan).
- d. Konsentrasi *risk agent* dalam media lingkungan yang bersangkutan.
- e. Jalur-jalur pemajanan *risk agent* (sesuai dengan media lingkungannya).
- f. Populasi dan sub-sub populasi yang berisiko.
- g. Gangguan kesehatan (gejala-gejala penyakit atau penyakit-penyakit) yang berindikasikan sebagai efek pajanan *risk agent* yang merugikan kesehatan pada semua segmen populasi berisiko.

Jika sekurang-kurangnya data dan informasi 1 s/d 4 sudah tersedia, ARKL sudah bisa dikerjakan. Ada dua kemungkinan kajian ARKL yang dapat dilakukan, (NRC, 1983). Berikut adalah langkah-langkah ARKL, baik ARKL Meja maupun ARKL Lengkap.

#### a. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya atau *hazard identification* adalah tahap awal analisis risiko kesehatan lingkungan untuk mengenali risiko. Tahap ini adalah suatu proses untuk menentukan bahan kimia yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia, misalnya kanker dan cacat lahir (Mukono, 2002)

Data identifikasi bahaya *risk agent* dari berbagai sumber pencemaran dapat dirangkum dalam suatu tabel. Bila data awal tidak tersedia, harus dilakukan pengukuran pendahuluan dengan sedikitnya 2 sampel yang mewakili konsentrasi *risk agent* paling tinggi dan paling rendah. Selanjutnya dihitung *Risk Quotient (RQ)* untuk asupan konsentrasi risk agent. Bila ternyata  $RQ > 1$  berarti ada risiko potensial dan perlu untuk dikendalikan. Sedangkan bila  $RQ \leq 1$  untuk sementara pencemaran dinyatakan masih aman dan belum perlu dikendalikan (Rahman, 2007).

#### b. Analisis Pemajanan

Analisis pemajanan atau *exposure assessment* yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan *risk agent* agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel terdapat dalam Persamaan (1) (ATSDR, 2005).

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \quad (1)$$

Keterangan :

- I : Asupan (*intake*), mg/kg/hari
- C : konsentrasi *risk agent*, mg/M<sup>3</sup> untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan
- R : laju asupan atau konsumsi, M<sup>3</sup>/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, g/hari untuk makanan
- $t_E$  : waktu pajanan
- $f_E$  : frekwensi pajanan
- $D_t$  : durasi pajanan, tahun (*real time* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai *default* residensial)
- $W_b$  : Berat badan, kg
- $t_{avg}$  : Periode waktu rata-rata ( $D_t \times 365$  hari/tahun untuk zat nonkarsinogen, 70 tahun  $\times$  365 hari/tahun untuk zat karsinogen)

Waktu pajanan ( $t_E$ ) harus digali dengan cara menanyakan berapa lama kebiasaan responden sehari-hari berada di luar rumah seperti ke pasar, mengantar dan menjemput anak sekolah dalam hitungan jam. Demikian juga untuk frekuensi pajanan ( $f_E$ ), kebiasaan apa yang dilakukan setiap tahun meninggalkan tempat mukim seperti pulang kampung, mengajak anak berlibur ke rumah orang tua, rekreasi dan sebagainya dalam hitungan hari. Untuk durasi pajanan ( $D_t$ ), harus diketahui berapa

lama sesungguhnya (*real time*) responden berada di tempat mukim sampai saat survey dilakukan dalam hitungan tahun. Selain durasi pajanan *lifetime*, durasi pajanan *real time* penting untuk dikonfirmasi dengan studi epidemiologi kesehatan lingkungan (EKL) apakah estimasi risiko kesehatan sudah terindikasikan (ATSDR, 2005).

2polasi dari hewan ke manusia (10A, *animal*), UF3 = 10 jika NOAEL diturunkan dari uji subkronik, bukan kronik, UF4 = 10 bila menggunakan LOAEL bukan NOAEL. MF adalah *modifying factor* bernilai 1 s/d 10 untuk mengakomodasi kekurangan atau kelemahan studi yang tidak tertampung UF. Penentuan nilai UF dan MF tidak lepas dari subyektivitas. Untuk menghindari subyektivitas, tahun 2004 telah diajukan model dosis-respon baru dengan memecah UF menjadi ADUF (=  $10^{0,4}$  atau 2,5), AKUF (=  $10^{0,6}$  atau 4,0), HDUF (=  $10^{0,5}$  atau 3,2) dan HKUF (=  $10^{0,5}$  atau 3,2)<sup>8</sup>(ATSDR, 2005).

### c. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotient*(RQ, tingkat risiko) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek-efek karsinogenik . RQ dihitung dengan membagi asupan nonkarsinogenik ( $I_{nk}$ ) *risk agent* dengan RfD atau RfC-nya menurut persamaan (3) (ATSDR, 2005).

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfD \text{ atau } RfC} \quad (2)$$

Baik  $I_{nk}$  maupun  $RfD$  atau  $RfC$  harus spesifik untuk bentuk spesi kimia risk agent dan jalur pajanannya. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika  $RQ > 1$ . Jika  $RQ \leq 1$ , risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik  $RQ$  tidak melebihi 1

$ECR$  dihitung dengan mengalikan  $CSF$  dengan asupan karsinogenik risk agent ( $I_{nk}$ ) menurut Persamaan (4). Harap diperhatikan, asupan karsinogenik dan nonkarsinogenik tidak sama karena perbedaan bobot waktu rata-ratanya ( $t_{avg}$ ) seperti dijelaskan dalam keterangan rumus asupan Persamaan (1) (ATSDR, 2005).

$$ECR = CSF \times I_{nk} \quad (3)$$

Baik  $CSF$  maupun  $I_{nk}$  harus spesifik untuk bentuk spesi kimia risk agent dan jalur pajanannya. Karena secara teoritis karsinogenisitas tidak mempunyai ambang *non threshold*, maka risiko dinyatakan tidak bisa diterima (*unacceptable*) bila  $E-6 < ECR < E-4$ . Kisaran angka  $E-6$  s/d  $E-4$  dipungut dari nilai *default* karsinogenistas US-EPA (US-EPA, 1997).

#### d. Manajemen Risiko

Berdasarkan karakterisasi risiko, dapat dirumuskan pilihan-pilihan manajemen risiko untuk meminimalkan  $RQ$  dan  $ECR$  dengan memanipulasi (mengubah) nilai faktor-faktor pemajanan yang tercakup dalam Persamaan (1) sedemikian rupa sehingga asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya. Pada dasarnya hanya ada dua cara untuk menyamakan  $I_{nk}$  dengan  $RfD$  atau  $RfC$  atau mengubah  $I_{nk}$  sedemikian rupa sehingga  $ECR$  tidak melebihi  $E-4$ , yaitu menurunkan

konsentrasi risk agent atau mengurangi waktu kontak. Ini berarti hanya variabel-variabel Persamaan (1) tertentu saja yang bisa diubah-ubah nilainya (Rahman, 2007). Berikut, penjelasan cara-cara manajemen risiko secara lengkap.

- 1) Menurunkan konsentrasi *risk agent* bila pola dan waktu konsumsi tidak dapat di ubah. Cara ini menggunakan prinsip  $RFC = I_{nk}$ , maka persamaan yang digunakan adalah :

$$RFC = \frac{C \times R \times f \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \text{ mg/m}^3 \quad (4)$$

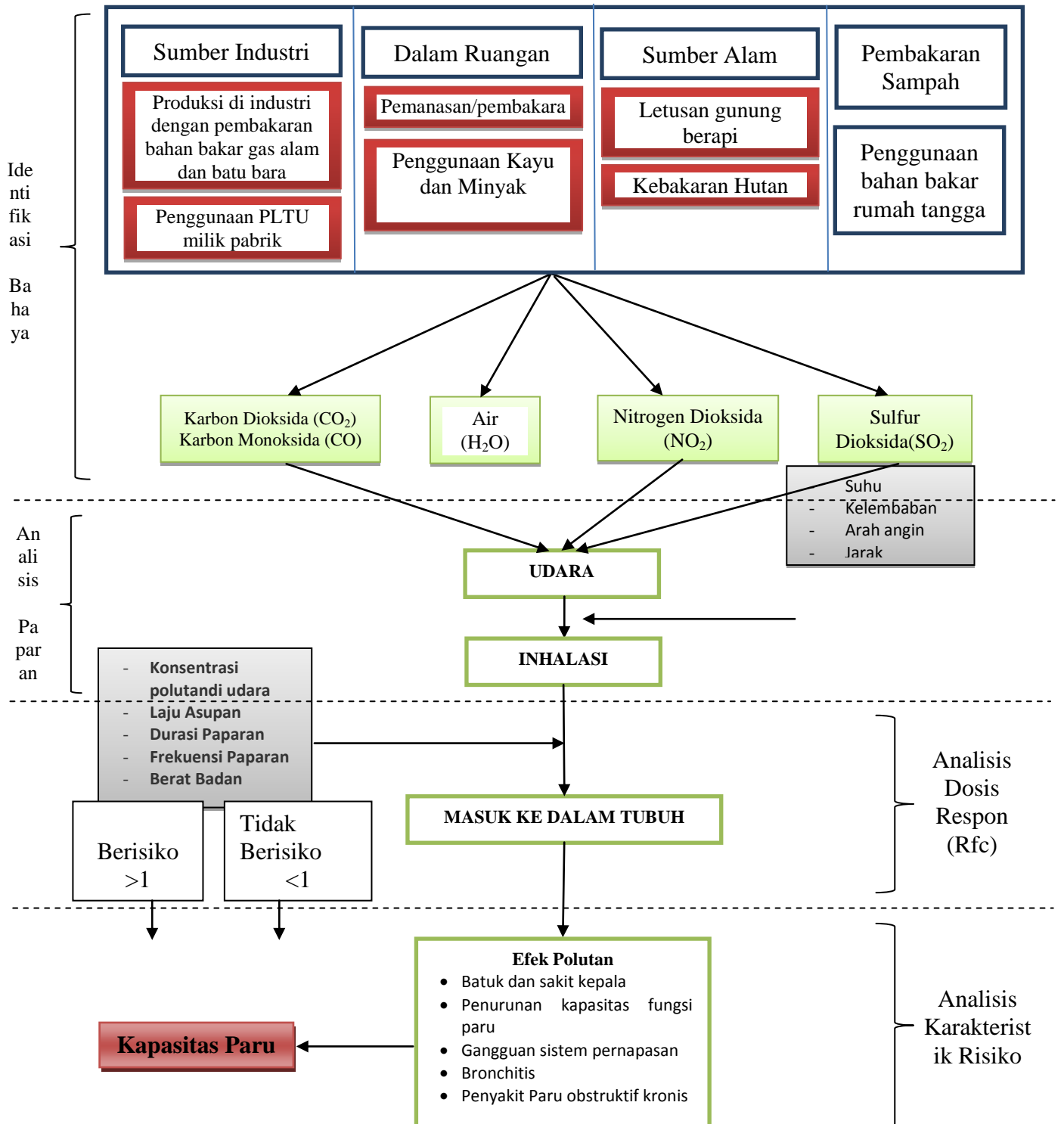
- 2) Mengurangi pola (laju) asupan bila konsentrasi *risk agent* dan waktu konsumsi tidak dapat diubah. Persamaan yang digunakan dalam manajemen risiko cara ini adalah :

$$R = \frac{RfC \times W_B \times t_{avg}}{C \times f_E \times D_t} \text{ m}^3/\text{hari}$$

- 3) Mengurangi waktu kontak bila konsentrasi *risk agent* dan pola konsumsi tidak dapat di ubah. Cara ini sering juga digunakan dalam strategi studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan. Persamaan yang digunakan disini adalah :

$$D_t = \frac{RfD \times W_B \times t_{avg}}{C \times R \times f_E} \text{ tahun} \quad (6)$$

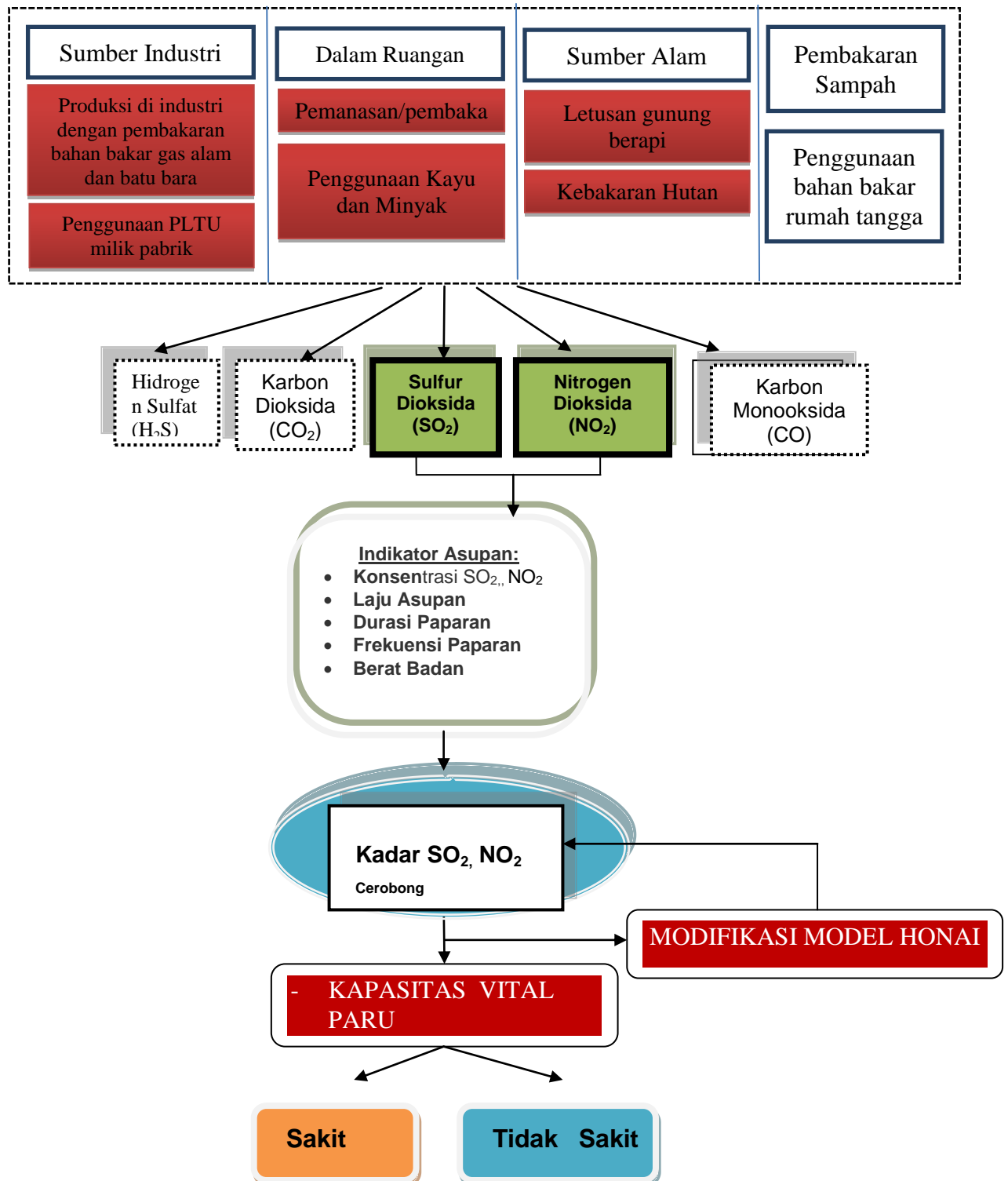
### A. Kerangka Teori



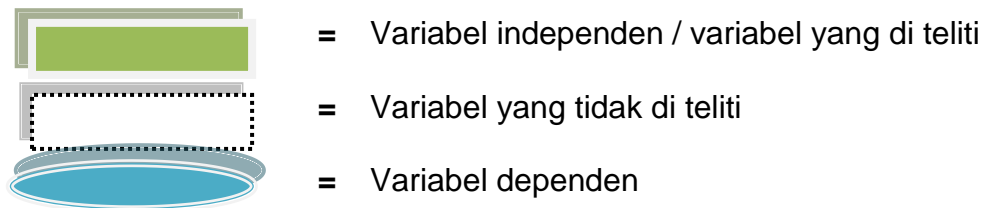
**Bagan 4. Kerangka Teori**

Sumber : Louvar JF dan Louvar BD, 1998 dengan modifikasi

## B. Kerangka Konsep





**Keterangan:****E. Hipotesis Penelitian**

1. Terdapat pengaruh konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  terhadap Kapasitas Paru pada masyarakat penghuni Honai di Wamena Papua.
2. Terdapat pengaruh model modifikasi Honai terhadap penurunan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  pada masyarakat penghuni Honai di Wamena Papua.

**F. Defenisi Operasional**

1. 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. Bila keadaan seperti itu terjadi, maka udara dapat dikatakan telah tercemar
2. Rumah Honai adalah bangunan terbuat dari kayu dengan atap berbentuk kerucut yang terbuat dari jerami atau ilalang. Honai sengaja

dibangun sempit atau kecil dan tidak berjendela yang bertujuan untuk menahan hawa dingin pegunungan Papua. Honai biasanya dibangun setinggi 2,5 meter dan pada bagian tengah rumah disiapkan tempat untuk membuat api (tungku) untuk menghangatkan diri dari dinginnya cuaca malam.

3. Bahan bakar biomassa adalah material atau bahan yang berasal dari tumbuhan atau hewan yang di bakar oleh manusia, biomassa terutama dalam bentuk kayu bakar dan limbah pertanian merupakan sumber energi dunia yang tertua, dan hingga kini masih merupakan sumber energi utama di pedesaan.
4. Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) adalah gas polutan udara yang terdiri dari sulfur dan oksigen.  $\text{SO}_2$  terbentuk ketika sulfur yang mengandung bahan bakar seperti batubara, minyak, atau solar yang dibakar.
5. Nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) polutan udara bersifat gas, berwarna dan berbau, dengan warna merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung yang dihasilkan dari pembakaran/oksidasi bahan-bahan organik. Gas ini dapat menimbulkan iritasi paru-paru dan diketahui dapat menyebabkan edema dan pendarahan paru-paru.
6. Uji fungsi paru adalah alat untuk mengevaluasi sistem pernapasan, kelainan yang terkait riwayat penyakit penderita, Uji fungsi paru

meliputi spirometri sederhana, pengukuran volume paru formal, kapasitas difusi karbon monoksida (CO) dan gas darah arteri.

7. Spirometri digunakan untuk menilai fungsi paru dalam penelitian ini. Penggunaan spirometri setelah dilatih oleh pelatih atau tenaga kesehatan yang tepat.
8. Cerobong Honai adalah Model Teknology (*Close Technology*) berupa cerobong tertutup dengan diameter 30 cm sepanjang 2.5 meter yang diletakkan di atas tungku dan ujungnya keluar dinding atap Honai.

#### **H Kriteria Objektif**

1. Memenuhi Standar Baku mutu Penyehatan Udara dalam ruang rumah apabila sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor. 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah atau indoor air quality
2. Tidak Memenuhi Standar Baku mutu Penyehatan Udara dalam ruang rumah apabila tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor. 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah atau indoor air quality