



**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAPARAN
GAS NITROGEN DIOKSIDA (NO_2) PADA PEKERJA PLTU
BIOMASSA PT RIMBA PALMA SEJAHTERA LESTARI
KOTA JAMBI**

SKRIPSI

OLEH

**WIDYA AYU PRATININGSIH
10011381520183**

**PROGRAM STUDI (S1) ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**



**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAPARAN
GAS NITROGEN DIOKSIDA (NO_2) PADA PEKERJA PLTU
BIOMASSA PT RIMBA PALMA SEJAHTERA LESTARI
KOTA JAMBI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar (S1)
Sarjana Kesehatan Masyarakat Pada Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Sriwijaya

OLEH
WIDYA AYU PRATININGSIH
10011381520183

**PROGRAM STUDI (S1) ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

**KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA DAN KESEHATAN
LINGKUNGAN**
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Skripsi, 8 Juli 2019
Widya Ayu Pratiningsih

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) Pada Pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi

xii + 94 halaman, 21 tabel, 11 gambar, 10 lampiran

ABSTRAK

Nitrogen dioksida (NO₂) merupakan salah satu parameter penentu pencemaran udara yang memiliki toksitas tertinggi karena bersifat sangat reaktif dan korosif. Pada konsentrasi tertentu NO₂ dapat menimbulkan gangguan kesehatan berupa kelainan fungsi saluran pernapasan, edema paru, sampai terjadi kematian khususnya pada subyek yang terpapar langsung didekat sumber. NO₂ dihasilkan dari aktivitas pada pembangkit listrik berupa pembakaran bahan bakar seperti biomassa. PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari (RPSL) Kota Jambi merupakan lokasi yang berpotensi mengalami penurunan kualitas udara karena aktivitas pembakarannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji besaran risiko terhadap kesehatan pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL Kota Jambi dari paparan gas NO₂. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan metode analisis risiko kesehatan lingkungan. Sampel responden diambil secara *purposive sampling* sehingga didapatkan 60 responden yang sesuai dengan kriteria yaitu pekerja yang berada di area kerja selama 8 jam per hari atau lebih, telah bekerja di perusahaan tersebut selama 1 tahun atau lebih. Sampel udara yaitu konsentrasi NO₂ diukur pada empat titik menggunakan metode Griess Saltzman dan teknik analisis spektrofotometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi NO₂ di PT. RPSL Kota Jambi ialah 48,80 µg/m³, berat badan responden 60 kg, waktu paparan 8 jam/hari, frekuensi paparan 301 hari/tahun dan durasi paparan 2,5 tahun. Sehingga hasil yang didapatkan pada paparan *realtime* dan *lifetime* seluruh pekerja ialah nilai RQ<1. Nilai RQ dapat berubah dipengaruhi oleh kondisi tertentu sehingga diperlukannya pengendalian dengan memasang *gas detector* supaya keberadaan gas berbahaya dapat dideteksi sesegera mungkin.

Kata Kunci : Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, Biomassa, Nitrogen Dioksida, Pembangkit Listrik Tenaga Uap
Kepustakaan : 108 (1983 – 2018)

**OCCUPATIONAL, HEALTH AND SAFETY/ ENVIRONMENT HEALTH
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
SRIWIJAYA UNIVERSITY
Undergraduate Thesis, 8 Juli 2019**

Widya Ayu Pratiningsih

**Analysis of Environmental Health Risk of Nitrogen Dioxide (NO_2) Exposure
On Biomass Steam Power Plant Workers in PT. Rimba Palma Sejahtera
Lestari Jambi City**

xii + 94 pages, 21 tables, 11 pictures, 10 appendix

ABSTRACT

Nitrogen dioxide (NO_2) is one of air pollution determinants which has the highest toxicity because it is highly reactive and corrosive. At certain concentrations, NO_2 can cause health problems such as abnormalities in the respiratory tract, pulmonary edema, until death, especially in subjects exposed directly near the source. NO_2 can arise from activities in power plants when burning fuels such as biomass. Biomass Power Plant PT.Rimba Palma Sejahtera Lestari (RPSL) Jambi City is a location that has the potential to decrease air quality. This study aims to examine the risk of NO_2 gas exposure to Biomass Steam Power Plant workers health PT.Rimba Palma Sejahtera Lestari. This research is descriptive study with environmental health risk analysis method. Respondent samples was taken by purposive sampling so that consisted of 60 respondents according to the established criteria; workers who were around the area for 8 hours per day or more and had worked at the company for 1 year or more. NO_2 concentrations value was measured at 4 point by Griess Saltzman method and spectrophotometer analysis techniques. The results showed that the average of NO_2 concentration at PT RPSL Jambi City is $48.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ with an average of body weight is 60 kg, exposure time is 8 hours/day, exposure frequency 301 days/year and the longest exposure duration is 2,5 years. So that the results obtained in realtime and lifetime exposure of all workers is the value of $RQ < 1$. RQ values can vary depending on certain conditions so that the company needs to do control by installing a gas detector to detect the presence of dangerous gases as soon as possible.

*Keywords : Analysis of Environmental Health Risk, Biomass, Nitrogen Dioxide, Electric Steam Power Plant
Literature : 108 (1983 – 2018)*

LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat dengan sejajar
jujurnya dengan mengikuti kaidah Etika Akademik Fakultas Kesehatan
Masyarakat Universitas Sriwijaya serta menjamin bebas plagiarisme. Bila
kemudian diketahui saya melanggar Etika Akademik maka saya bersedia
dinyatakan tidak lulus/gagal.

Indralaya, Juli 2019

Yang bersangkutan



Widya Ayu Pratiningsih
NIM 10011381520183

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) Pada Pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi” telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Juli 2019 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan Panitia Sidang Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.

Indralaya, Juli 2019

Panitia Sidang Ujian Skripsi

Ketua :

1. Dr. H. Achmad Fickry Faisya, S.K.M, M.Kes ()
NIP 1964062111988031002

Anggota :

1. Inoy Trisnaini, S.K.M, M.KL ()
NIP 198809302015042003
2. Anita Camelia, S.K.M, M.K.K.K ()
NIP. 198001182006042001
3. Dini Arista Putri, S.Si, M.PH ()
NIP. 199101302016012201

Mengetahui,
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Sriwijaya


Iwan Stia Budi, S.K.M., M.Kes
NIP. 197712062003121003

RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama : Widya Ayu Pratiningsih
NIM : 10011381520183
Tempat/Tanggal Lahir : Jambi/ 8 September 1998
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Villa Kenali Permai Blok B. 1 No. 23 RT. 22
Kelurahan Kenali Asam Bawah, Kecamatan Kota
Baru, Kota Jambi, Jambi. Kode Pos 36128.
Email : widyaayu89@gmail.com
Nomor HP : 082281019196

Riwayat Pendidikan

1. SD (2003-2009) : SD Negeri 64 Kota Jambi
2. SMP (2009-2012) : SMP Negeri 7 Kota Jambi
3. SMA (2012-2015) : MAN Insan Cendekia Jambi
4. S1 (2015-2019) : Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja,
Kesehatan Lingkungan (K3KL), Fakultas
Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya

Riwayat Organisasi

1. 2017-2018 : Sekretaris Dinas Media dan Informasi Badan
Eksekutif Mahasiswa KM FKM Unsri
2. 2016-2017 : Staff Ahli Dinas Media dan Informasi Badan
Eksekutif Mahasiswa KM FKM Unsri
3. 2016-2017 : Staff Departemen Riset dan Edukasi Badan
Otonom English and Study Club FKM UNSRI
4. 2015-2016 : Staff Muda Dinas Media dan Informasi Badan
Eksekutif Mahasiswa KM FKM Unsri

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) Pada Pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi”. Penyusunan skripsi ini tidak akan berhasil tanpa ada bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak yang telah mendorong dan membimbing saya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya dan rasa hormat kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini. Dengan kerendahan hati, saya mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Orangtua dan adik tercinta, Bapak Moncar Widaryanto dan Ibu Sri Hidayah serta adik-adik saya Arief Widya Praistio dan Mutiara Widya Pratiwi yang selalu mendoakan, membantu, memotivasi dan memberikan dukungan yang tak terhingga baik secara moral, spiritual, dan materi.
2. Bapak Iwan Stia Budi, S.KM., M.Kes selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Novrikassari, S.KM., M.Kes selaku Kepala Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Elvi Sunarsih, S.KM., M.Kes selaku Kepala Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dini Arista Putri, S.Si., M.PH sebagai Dosen Pembimbing yang telah sangat amat sabar membantu, meluangkan waktu, serta memberikan ilmu, arahan, masukan, saran, serta dukungan kepada peneliti agar mampu menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Achmad Fickry Faisya, S.KM, M.Kes selaku Ketua Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan ilmunya dan saran yang sangat membantu dalam kesempurnaan penelitian ini.
7. Ibu Inoy Trisnaini, S.K.M., M.KL dan Anita Camelia, S.K.M, M.K.K.K selaku Dosen Penguji yang telah sangat membantu, memberikan ilmu, saran, dan bimbingan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Seluruh dosen dan staf civitas akademika Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.

9. Pimpinan, Staf dan Karyawan PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian serta bersedia membantu penulis dalam melaksanakan penelitian.
10. Dinas Lingkungan Hidup Kota Jambi yang turut membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana.
11. Sahabat seperjuangan tercinta Rahma Amalia, Rozalia dan Wenny Fatikasari yang telah memberi warna, menemani, berbagi dan terus memberi semangat sepanjang perjalanan hingga selesainya skripsi ini.
12. Saudaraku, Shafira Rizka Amani yang jauh dimata namun tetap setia memberikan semangat dan dukungan, mendoakan, serta bersedia mendengarkan keluh kesah penulis.
13. Semua rekan-rekan angkatan 2015 serta kakak dan adik tingkat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya yang turut memberi dukungan dan mendoakan khususnya Radar Neptunus.

Sesungguhnya masih banyak lagi pihak yang membantu, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih atas segala bantuan dan kebaikannya, semoga Allah SWT memberikan balasan. Tak ada gading yang tak retak, saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna baik dari segi susunan serta cara penulisan, karenanya penulis mohon maaf serta kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat berbagai pihak.

Indralaya, Juli 2019

Widya Ayu Pratiningsih

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

| | |
|--|------|
| HALAMAN RINGKASAN (ABSTRAK INDONESIA) | i |
| HALAMAN RINGKASAN (ABSTRAK INGGRIS) | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| RIWAYAT HIDUP | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |

BAB I PENDAHULUAN..... 1

| | |
|---|---|
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 6 |
| 1.3.1 Tujuan Umum | 6 |
| 1.3.2 Tujuan Khusus | 6 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 6 |
| 1.4.1 Bagi PLTU PT Rimba Palma Sejahtera..... | 6 |
| 1.4.2 Bagi Masyarakat sekitar PLTU PT Rimba Palma Sejahtera | 7 |
| 1.4.3 Bagi Program Studi Kesehatan Masyarakat | 7 |
| 1.4.4 Bagi Peneliti..... | 7 |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian | 7 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 9

| | |
|--|----|
| 2.1 Pencemaran Udara..... | 9 |
| 2.2 Nitrogen Dioksida (NO ₂) | 11 |
| 2.2.1 Sifat dan Karakteristik | 11 |
| 2.2.2 Baku Mutu NO ₂ | 14 |
| 2.2.3 Pengukuran NO ₂ | 15 |

| | |
|---|-------------------------------------|
| 2.2.4 Mekanisme Pajanan NO ₂ pada Manusia | Error! Bookmark not defined. |
| 2.2.5 Dampak Terhadap Kesehatan | 18 |
| 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) | 21 |
| 2.4 Biomassa | 26 |
| 2.5 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) | Error! Bookmark not defined. |
| 2.5.1 Identifikasi Bahaya | 30 |
| 2.5.2 Analisis Dosis-Respon..... | 31 |
| 2.5.3 Analisis Pajanan..... | 32 |
| 2.5.4 Karakteristik Risiko | 35 |
| 2.5.5 Manajemen Risiko | 35 |
| 2.5.6 Komunikasi Risiko | Error! Bookmark not defined. |
| 2.5 Kerangka Teori..... | 38 |
| 2.6 Keabsahan Penelitian | 39 |
| BAB III KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL | 44 |
| 3.1 Kerangka Konsep | 44 |
| 3.2 Definisi Operasional..... | 45 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1 Desain Penelitian..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.2 Populasi dan Sampel Penelitian | 48 |
| 4.2.1 Populasi..... | 48 |
| 4.2.2 Sampel | 48 |
| 4.3 Jenis, Cara, dan Alat Pengumpulan Data | 51 |
| 4.3.1 Jenis Pengumpulan Data..... | 51 |
| 4.3.2 Cara dan Alat Pengumpulan Data..... | 51 |
| 4.4 Pengolahan Data..... | 56 |
| 4.5 Analisis dan Penyajian Data..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.5.1 Analisis Data..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.5.2 Penyajian Data | 58 |
| BAB V HASIL PENELITIAN | 59 |
| 5.1 Gambaran Khusus Lokasi Penelitian | 59 |
| 5.1.1 Deskripsi PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera | 59 |

| | |
|--|-------------------------------------|
| 5.1.2 Proses Kerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari | 60 |
| 5.2 Konsentrasi Nitrogen Dioksida di area PLTU Biomassa PT. RPSL..... | 62 |
| 5.3 Karakteristik Responden | 63 |
| 5.4 Berat Badan Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 64 |
| 5.5 Laju Asupan NO ₂ pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 65 |
| 5.6 Waktu Pajanan NO ₂ pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 66 |
| 5.7 Frekuensi Pajanan NO ₂ pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 66 |
| 5.8 Durasi Pajanan NO ₂ pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 66 |
| 5.9 Intake NO₂ pada pekerja PLTU Biomassa PT. RPSLError! Bookmark not defined. | |
| 5.10 Karakteristik Risiko Kesehatan Non Karsinogenik (RQ) <i>Realtime</i> dan <i>Lifetime</i> pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL .. Error! Bookmark not defined. | |
| BAB VI PEMBAHASAN..... Error! Bookmark not defined. | |
| 6.1 Keterbatasan Penelitian | Error! Bookmark not defined. |
| 6.2 Konsentrasi Nitrogen Dioksida di area PLTU Biomassa PT. RPSL.. Error! Bookmark not defined. | |
| 6.3 Karakteristik Responden | 80 |
| 6.4 Berat Badan Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 82 |
| 6.5 Laju Asupan NO ₂ pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 83 |
| 6.6 Waktu Pajanan NO ₂ pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL..... | 84 |
| 6.7 Frekuensi Pajanan NO ₂ pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 85 |
| 6.8 Durasi Pajanan NO ₂ pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL..... | 86 |
| 6.9 Intake NO₂ pada pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL.... 8Error! Bookmark not defined. | |
| 6.10 Karakteristik Risiko Non Karsinogenik (RQ) <i>Realtime</i> dan <i>Lifetime</i> pada Pekerja PLTU Biomassa PT. RPSL | 89 |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN..... | 93 |
| 7.1 Kesimpulan..... | 93 |
| 7.2 Saran | 94 |
| 7.2.1 Bagi Pihak PLTU PT. Rimba Palma Sejahtera Kota Jambi | 94 |
| 7.2.2 Bagi Peneliti Lainnya..... | 94 |
| DAFTAR PUSTAKA | 95 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-------------------------------------|
| Tabel 2.1 Karakteristik Fisika dan Kimia NO ₂ | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 2.2 Nilai Baku Mutu Ambien Nasional NO ₂ | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 2.3 Batas ISPU Pada Parameter Pencemar NO ₂ | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 2.4 Pengaruh ISPU Pada Parameter Pencemar NO ₂ .. | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 2.5 Dosis Respon Agen Risiko Jalur Inhalasi | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 2.6 Kerangka Perhitungan <i>Intake</i> Jalur Inhalasi | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 2.7 Penentuan Batas Aman | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 3.1 Definisi Operasional | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 4.1 Titik Pengukuran..... | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.1 Nilai Kalori Bahan Bakar di PLTU Biomassa | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.2 Hasil Pengukuran Konsentrasi Gas NO ₂ | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.3 Hasil Analisis Statistik Konsentrasi Gas NO ₂ di PLTU Biomassa PT. RPSL..... | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.4 Distribusi Frekuensi Karakteristik Responden di PLTU Biomassa PT. RPSL..... | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.5 Hasil Analisis Statistik Berat Badan di PLTU Biomassa PT. RPSL | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.6 Hasil Analisis Statistik Laju Asupan di PLTU Biomassa PT. RPSL | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.7 Hasil Analisis Statistik Durasi Pajanan di PLTU Biomassa PT. RPSL | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.8 Nilai Variabel Untuk Perhitungan <i>Intake</i> | Error! Bookmark not defined. |
| Tabel 5.9 Hasil Perhitungan <i>Intake Realtime</i> Pajanan Gas NO ₂ | Error! Bookmark not defined. |

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan *Intake Lifetime* Pajanan Gas NO₂ **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.11 Analisis Statistik *Intake* untuk Pajanan *Realtime* dan *Lifetime* pada Responden PLTU Biomassa PT. RPSL. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.12 Proyeksi Prakiraan Besar Risiko Paparan Gas NO₂ di PLTU Biomassa PT. RPSL **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Botol Penjerap *Impinger Fritted Bubbler* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.2 Spektrofotometer UV-Vis **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.3 Proses Konversi Energi pada PLTU...**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.4 Bagan Siklus PLTU secara umum**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.5 Diagram T – s Siklus *Rankine*.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.6 Analisis Risiko.**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.7 Kerangka Teori Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel Nitrogen Dioksida (NO₂) di PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 Rangkaian peralatan pengambil contoh uji NO₂.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.1 Proses Perpindahan Energi pada PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.2 Skema Siklus PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Pengukuran Kualitas Udara PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi
- Lampiran 2. Peta Lokasi Penelitian PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi
- Lampiran 3. Informed Consent
- Lampiran 4. Kuesioner Penelitian
- Lampiran 5. Lembar Kode Etik Penelitian
- Lampiran 6. Surat Izin Penelitian
- Lampiran 7. Hasil Penelitian
- Lampiran 8. Hasil Output Analisis Univariat
- Lampiran 9. Dokumentasi
- Lampiran 10. Lembar Bimbingan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara merupakan salah satu yang bertanggung jawab atas timbulnya beragam gangguan kesehatan di dunia dengan menyebabkan 5,5 juta kematian dini setiap tahun (National Geographic, 2016). Pencemaran udara yang terjadi meliputi pencemaran udara di luar ruangan (outdoor air pollution) dan pencemaran udara dalam ruangan (indoor air pollution). Berdasarkan laporan WHO pada tahun 2012, terdapat sekitar 7 juta orang meninggal dunia akibat dari pajanan bahan pencemar dalam udara. WHO memperkirakan terdapat 200 ribu kematian akibat outdoor pollution yang terjadi pada daerah perkotaan, di mana sekitar 93% kasus terjadi di negara-negara berkembang (WHO, 2014).

Penelitian International Energy Agency (IEA) pada tahun 2016 menyebutkan bahwa lebih dari 60 ribu orang di Indonesia meninggal dunia akibat pencemaran udara. Usia penduduk Indonesia rata-rata berkurang 1,2 tahun akibat konsentrasi polusi udara, bahkan di beberapa kabupaten di Kalimantan dan Sumatera, penduduk kehilangan hingga 5,6 tahun dari tingkat harapan hidup. Berdasarkan hasil pemantauan melalui Air Quality Monitoring Station (AQMS) oleh Kementerian Lingkungan Hidup pada sepuluh kota besar di Indonesia, enam diantaranya yaitu Jakarta, Surabaya, Medan, Bandung, Jambi, dan Pekanbaru dalam setahun hanya memiliki kualitas udara baik selama 22 – 62 hari (Darmawan, 2018). Pencemaran udara terjadi akibat komposisi zat-zat melampaui ambang batas yang ditentukan. Beberapa kelompok polutan yang biasa di udara yaitu karbonmonoksida (CO), sulfurioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), senyawa hidrokarbon, dan partikulat, dengan kelompok polutan yang memiliki tingkat toksisitas tertinggi adalah debu atau partikulat serta nitrogen dioksida (NO_2) (Suyono, 2012).

Nitrogen dioksida (NO_2) merupakan salah satu gas yang sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia. Nitrogen monoksida (NO) mengalami

oksidasi menjadi NO₂ akan bersifat racun berbau tajam menyengat hidung dan berwarna merah kecoklatan. NO₂ memiliki sifat racun empat kali lebih kuat dari pada toksikitas gas NO (Ferdiaz, 1992). Bau dari NO₂ khas dan mengganggu bahkan dapat mengiritasi saluran pernafasan pada konsentrasi 1 – 3 ppm (Handayani, 2003). Apabila NO₂ dalam bentuk gas akan bersifat sangat rekatif dan korosif yang dapat menimbulkan gangguan paru-paru jika terhirup (EPA, 2013). Hasil studi dari beberapa literatur menyatakan bahwa parameter NO₂ mulai dari konsentrasi 99,64 µg/m³, sudah dapat mempengaruhi individu yang menderita asma (Andriani, 2018).

Konsentrasi NO₂ pada beberapa negara di dunia menunjukkan angka yang melebihi atau hampir melebihi baku mutu WHO yaitu 40 µg/m³ misalnya di Italia pada tahun 2005-2007 rata-rata konsentrasi NO₂ sebesar 41,5 µg/m³ serta di Australia yang kadar NO₂ rata-rata 38 µg/m³. Konsentrasi NO₂ di Asia dari pengukuran di 234 kota per tahunnya sekitar 30,7 µg/m³ yang mana hampir mendekati baku mutu WHO dengan tren meningkat dari tahun 2002 hingga 2006 dan menurun di tahun 2007-2008 (CAI-Asia Factsheet, 2010). Selain itu, berdasarkan data hasil pemantauan kualitas udara ambien di beberapa kota di Indonesia pada tahun 2011, konsentrasi NO₂ di sebagian kota besar sudah melampaui baku mutu tahunan yaitu 100 µg/m³ (Farida et al., 2018). Pada penelitian tahun 2018, pengukuran konsentrasi NO₂ di Kota Jambi hampir mendekati baku mutu konsentrasi harian yaitu 109 µg/m³ (Riyanti et al., 2018).

Sumber penghasil nitrogen dioksida (NO₂) ialah pada proses pembakaran baik itu melalui pemanasan, pembangkit listrik, dan mesin kendaraan serta kapal (Suyono, 2012). Pembangkit listrik, khususnya pembangkit listrik tenaga uap dalam kegiatannya menghasilkan polutan NO₂ yang berpotensi mempengaruhi udara ambien dilingkungan sehingga mengganggu keberlangsungan kehidupan organisme. PLTU atau pembangkit listrik tenaga uap adalah suatu pembangkit tenaga listrik yang menggunakan uap sebagai fluida kerjanya, dimana dengan menggunakan bahan bakar padat, cair dan atau gas untuk memanaskan air dalam ketel uap untuk menggerakkan turbin sehingga dapat membangkitkan listrik (Kusman

dan Utomo, 2017). Batubara secara umum dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk PLTU namun emisi dari aktivitasnya berpotensi tinggi mencemari lingkungan berupa senyawa NOx dan SOx. Upaya untuk mengurangi emisi tersebut ialah dengan mengganti bahan bakar batu bara menjadi biomassa dengan jenis biomassa yang memiliki kalori tinggi sehingga tidak semua jenis biomassa mampu menurunkan emisi NOx (Mladenovic, 2016).

Dalam menunjang kebutuhan energi listrik di Kota Jambi, maka didirikanlah beberapa PLTU yang salah satunya berbahan baku biomassa. PLTU tersebut ialah PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari atau disebut PT. RPSL yang mana awalnya merupakan Palm Kernel Oil atau pabrik kelapa sawit. Perusahaan ini mulai berdiri pada tahun 2013, sedangkan kegiatan produksi PLTU Biomassa dimulai pada Januari tahun 2015 yang berlokasi di Jalan Berdikari RT. 24 Kelurahan Payo Selincah, Kecamatan Jambi Timur, Kota Jambi. Berdasarkan Kerangka Acuan ANDAL Terpadu PT. RPSL 2018 bahan bakar yang digunakan untuk kegiatan produksi ialah cangkang, fiber, kayu karet, kayu sempengan, serbuk kayu, palm kernel, PKE, janjangan, pelepas sawit, sabut kelapa, kayu sayatan, kayu tengah, serbuk kayu halus dan tankos.

Proses produksi yang digunakan PLTU Biomassa hampir sama dengan mekanisme PLTU umumnya, yaitu terjadi pembakaran bahan bakar di dalam boiler untuk menghasilkan uap panas yang berguna untuk menggerakan generator. Pembakaran tersebut merupakan salah satu terjadinya pencemaran udara (gas atau partikulat). Berdasarkan Kerangka Acuan ANDAL Terpadu PT. RPSL (2018), hasil pengukuran kualitas udara emisi di PLTU Biomassa PT. RPSL pada semester kedua tahun 2016 menunjukkan kualitas udara emisi parameter nitrogren dioksida (NO_2) melampaui baku mutu lingkungan yaitu $446,61 \text{ mg/m}^3$ sedangkan baku mutu seharusnya 300 mg/m^3 . Hasil uji emisi parameter NO_2 ini selalu terjadi peningkatan dari semester satu tahun 2015 hingga semester kedua tahun 2016 pada setiap pengukurannya. Hal ini terjadi erat kaitannya dengan pengolahan *carnel* dan pengolahan lainnya.

Udara emisi merupakan udara yang langsung dikeluarkan oleh sumber emisi yang akan masuk ke dalam udara ambien dan berpotensi sebagai unsur pencemar. Selain itu, bahan bakar yang merupakan materi organik, apabila ditumpukkan dapat menyebabkan terjadinya proses dekomposisi yang memproduksi gas cemar berupa CH₄, H₂S, NH₃, dan NOx. Gas-gas tersebut menghasilkan bau dan mengganggu kesehatan (Wahyono, 2008). Disamping itu, masyarakat setempat turut melaporkan kepada pemerintah Kota Jambi tentang keluhan kerusakan rumah akibat kegiatan PLTU yang menimbulkan getaran dan udara kotor sejak berdirinya perusahaan yang mana menimbulkan sakit batuk, sesak nafas, gatal-gatal karena iritasi kulit pada beberapa masyarakat (Dinas PUPR Kota Jambi, 2018). Diketahui pula pada tahun 2017 keluhan penyakit yang paling banyak dilaporkan di puskesmas setempat yaitu Puskesmas Payo Selincah ialah penyakit nasopharingitis atau ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Atas) yang. Meskipun gangguan tersebut belum bisa dipastikan akibat paparan NO₂, tetapi dapat mewakili salah satu efek dari paparan NO₂.

Paparan bahan pencemar di udara dapat mempengaruhi kesehatan subyek terdekat sumber, yang mana dapat menyebabkan kejadian penyakit akut dan kronis. Sebanyak 3,2 juta kasus penyakit infeksi saluran pernafasan bawah, 3 juta kasus penyakit paru obstruktif kronik, serta 1,5 juta kasus penyakit kanker paru dan trachea disebabkan oleh pencemaran udara (WHO, 2014). NO₂ merupakan gas yang paling beracun diantara jenis nitrogen oksida yang ada di udara. Paru-paru sebagai organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas NO₂ apabila terkontaminasi oleh gas NO₂ dapat membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematian (Soegianto, 2005).

Konsentrasi pencemar akan meningkat apabila semakin dekat jaraknya (Puspitasari, 2011), sehingga subyek yang paling berisiko terkena dampak paparan NO₂ ialah pekerja pada perusahaan tersebut yang aktivitasnya paling dekat dengan sumber pencemar. Menurut Centers of Disease Control and Prevention (CDC), 30% dari penderita penyakit paru obstruktif kronik dan penderita asma dewasa disebabkan oleh pajanan di

tempat kerja (Kurniawidjaja, 2010). Sehingga untuk memperkirakan besarnya risiko kesehatan akibat paparan NO₂ dapat dilakukan analisis menggunakan metode analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). ARKL merupakan pendekatan yang digunakan untuk menilai risiko kesehatan di lingkungan dengan hasil berupa karakterisasi risiko (tingkat risiko) yang menjelaskan apakah agen risiko atau parameter lingkungan berisiko terhadap kesehatan masyarakat atau tidak (Kemenkes, 2012).

Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian mengenai Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas NO₂ pada Pekerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi untuk mengkaji efek dan dampak lingkungan terhadap kesehatan pekerja dari paparan gas NO₂.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari (RPSL) Kota Jambi merupakan salah satu lokasi yang berpotensi mengalami penurunan kualitas udara karena aktivitas pembakarannya. Berdasarkan data pada Kerangka Acuan ANDAL Terpadu PT. RPSL 2018, udara emisi parameter NO₂ dari aktivitas PLTU Biomassa PT. RPSL Kota Jambi tahun 2016 pada semester kedua melampaui baku mutu lingkungan, yaitu 446,61 mg/m³ sedangkan baku mutu seharusnya 300 mg/m³. Selain itu, masyarakat sekitar juga mengeluhkan gangguan pencemaran udara. Paparan gas NO₂ secara terus menerus dapat menyebabkan penurunan fungsi paru-paru khususnya pada pekerja yang mana jaraknya lebih dekat terhadap sumber paparan, sehingga dirumuskan permasalahan bagaimana risiko kesehatan lingkungan akibat paparan gas NO₂ pada pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi tingkat risiko kesehatan akibat paparan gas NO₂ pada pekerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menganalisis nilai konsentrasi gas NO₂ di area PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.
2. Mengukur berat badan pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.
3. Menganalisis nilai laju asupan NO₂ pada pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.
4. Menganalisis nilai waktu pajanan (jam/hari) NO₂ pada pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.
5. Menganalisis nilai frekuensi pajanan (hari/tahun) NO₂ pada pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.
6. Menganalisis nilai durasi pajanan (tahun) NO₂ pada pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.
7. Mengetahui nilai *intake* NO₂ pada pekerja di PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.
8. Menganalisis karakteristik risiko kesehatan non karsinogenik (RQ) *realtime* dan *lifetime* serta proyeksi dalam 30 tahun yang akan datang pada pekerja PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi PLTU PT Rimba Palma Sejahtera

Hasil penelitian ini dapat memberi informasi dan menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik PLTU untuk mengambil kebijakan sebagai upaya mengendalikan risiko kesehatan akibat aktivitas PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Kota Jambi.

1.4.2 Bagi Masyarakat sekitar PLTU PT Rimba Palma Sejahtera

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai NO₂ kepada masyarakat yang berada di sekitar PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Kota Jambi agar mampu mengambil tindak pencegahan terhadap dampak kesehatan yang timbul dari polusi udara.
2. Masyarakat dapat memberi rujukan kepada pihak yang berwenang terkait efek kesehatan yang timbul dari aktivitas PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Kota Jambi.

1.4.3 Bagi Program Studi Kesehatan Masyarakat

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi keilmuan kesehatan lingkungan khususnya mengenai analisis risiko kesehatan akibat paparan gas NO₂.
2. Sebagai informasi penelitian dan menambah referensi hasil penelitian untuk para civitas akademika fakultas kesehatan masyarakat terkait efek paparan gas NO₂ bagi kesehatan.

1.4.4 Bagi Peneliti

1. Sebagai sarana belajar dan mengaplikasikan ilmu bidang kesehatan lingkungan yang diperoleh selama perkuliahan.
2. Menambah wawasan keilmuan dan pengetahuan mengenai dampak dari paparan polutan udara terhadap kesehatan serta mengembangkan pola pikir dalam mengkaji permasalahan lingkungan untuk memberikan pemecahan masalah.
3. Menjadi bahan referensi dan tolak ukur untuk peneliti lainnya yang akan melakukan penelitian mengenai analisis risiko kesehatan akibat paparan gas NO₂.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dampak kesehatan terhadap pekerja akibat paparan gas NO₂ di sekitar kawasan PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Sasaran penelitian ini adalah pekerja PLTU

Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Kota Jambi yaitu pekerja yang berada di sekitar area tersebut selama 8 jam per hari atau lebih, telah bekerja di perusahaan tersebut selama 1 tahun atau lebih. Penelitian ini dilaksanakan pada April 2019.

Pengukuran konsentrasi gas NO₂ diukur pada tiga lokasi dengan empat titik pengukuran di area PLTU Biomassa PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Kota Jambi dengan menggunakan alat *impinger fritted bubbler*. Metode dan prinsip pengukuran yang digunakan adalah metode *Griess Saltzman* serta teknik analisis spektrofotometer. Data terkait karakteristik antropometri dan pola aktivitas pekerja diperoleh menggunakan kuesioner dan di analisis menggunakan *software SPSS*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrianto, H. 2004. Analisis Risiko Pencemaran Debu Terhirup terhadap Siswa Selama Berada di SDN 1 Pondok Cina, Kota Depok. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia.
- Achmadi, U.F. 2013. *Dasar-Dasar Penyakit Berbasis Lingkungan*. Rajawali Press: Jakarta.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2005. *Public Health Assessment Guidance Manual* [online]. <http://www.atsdr.cdc.gov/> (diakses : Desember 2018)
- Akhdiyatul, Radwitya, E & Chandra, Y. 2018. Analisis Teknis dan Ekonomis Dalam Penggunaan Bahan Bakar Biomassa Di Pusat Listrik Tenaga Uap Studi Kasus di PLTU PT. Suka Jaya Makmur. *ELKHA*. Vol.10 No.2: 49 – 55.
- Alsagaff, H & Mukty, H.A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Penyakit Paru*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Amaliana, A, Darundiati Y.H & Dewanti N.A. 2016. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Nitrogen Dioksida (NO_2) Pada Pedagang Kaki Lima Di Terminal Pulogadung Jakarta Timur. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol.4 No.4: 801 – 809.
- Andriani, R. 2018. *Evaluasi Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO_2) dan Perhitungannya dalam Sistem Indeks Pencemaran Udara di Indonesia*. IPB Scientific Repository: Bogor.
- Apriawati, E & Kiswandono, A.A. 2017. Kajian Indeks Standar Polusi Udara (ISPU) Nitrogen Dioksida (NO_2) di Tiga Lokasi Kota Bandar Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*. Vol 2 No. 1, April 2017 : 42 – 51.
- Arya, S.P. 1999. *Air Pollution Meteorology and Dispersion*. Oxford University Press : New York.
- Australian Government Department of Environment and Energy. 2008. *National Standards for Criteria Air Pollutants in Australia* [online]. www.environment.gov.au (diakses : Desember 2018).
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2010. *SNI Nomor 19-7119.2-2005 tentang Cara Uji NO_2 dengan Metode Griess Saltzman menggunakan Spektrofotometer*. Jakarta.
- Basri, S, Bujawati, E, Amansyah, M, Habibi & Samsiana. 2014. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Model Pengukuran Pencemar Udara Terhadap kesehatan). *Jurnal Kesehatan*. Vol.07 No.2.

- CAI-Asia. 2010. *Factsheet No. 13 – Nitrogen Dioxide (NO₂) Status and Trend in Asia*. [online] Pasig City, Philippines. <http://cleanarinitiative.org> (diakses: 5 Desember 2018).
- Darmawan, R. 2018. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kadar NO₂ serta Keluhan Kesehatan Petugas Pemungut Karcis Tol. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 10 No.1, Januari 2018: 116-126.
- Dewi N.W.S.P, June.T, Yani.M, & Mujito. 2018. Estimasi Pola dispersi Debu, SO₂, dan NOx Dari Industri Semen Menggunakan Model Gauss Yang Diintegrasi dengan Screen3. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Vol.8 No.1 April 2018 : 109-119.
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Jambi. 2018. *Koordinasi Pencemaran Lingkungan dan Kerusakan rumah Akibat Kegiatan PLTU* [online]. <http://dppupr.jambikota.go.id/> (diakses : Februari 2018).
- Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan. 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Kementerian Kesehatan RI.
- Esaifan, M & Hourani, M.K. 2009. Indirect Voltammetric Method for Determination of Nitrogen Dioxide in the Ambient Atmosphere. *Jordan Journal of Chemistry*. Vol.4 No.4 : 367 – 375.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2014. *Nitrogen Dioxide* [online]. <http://www.epa.gov/ncea/isa> (diakses : Juni 2019)
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2013. *Nitrogen Dioxide* [online]. <http://www.epa.gov> (diakses : Desember 2018)
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1997. *Exposure Factors Handbook* [online]. <http://www.epa.gov> (diakses : Desember 2018).
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1993. *Air Quality for Oxides of Nitrogen* [online]. <http://www.epa.gov> (diakses : Desember 2018).
- EU (European Union). 2008. *European Air Quality Standards* [online]. www.eea.europa.eu (diakses : Desember 2018).
- Farida, D, Nasrullah, N & Sulistyantara, B. 2018. Analisis Perubahan Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) pada Area Bervegetasi dan Tidak Bervegetasi di Jalan Simpang Susun. *Jurnal Lanskap Indonesia*. Vol. 10 No. 1 : 13-18.
- Ferdiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius.
- Geothermal Indonesia. 2017. *Pembangkit Listrik Tenaga Uap* [online]. <https://geothermalindonesia.com> (diakses : Desember 2018)
- Handayani. 2003. Pengaruh Inhalasi NO₂ terhadap Kesehatan Paru. *Cermin Dunia Kedokteran*. No.138.

- Haryoto, Setyono, P & Masykuri, M. 2014. Fate Gas Amoniak Terhadap Besarnya Resiko Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Putri Cempo Surakarta. *Jurnal EKOSAINS*. Vol.6, No.2 Juli 2014: 46 – 55.
- Hazardous Substances Fact Sheet. 2000. *Nitrogen Dioxide*. New Jersey Departement of Health and Senior Services.
- Hikmiyah, A.F. 2018. Analisis Kadar Debu dan NO₂ Di Udara Ambien Serta Keluhan Pernapasan Pada Pekerja Penyapu Di Terminal Purabaya Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol.10 No.2: 138–148.
- Hoppin, J. A, et.al. 2006. Pesticide Use And Chronic Bronchitis Among Farmers in The Agricultural Health Study. *Am J Ind Med*. Vol 12 No.50: 969–979.
- International Energy Agency (IEA). 2016. *World Energy Outlook Special Report, Energy and Air Pollution*. Jakarta.
- Kementerian Kesehatan RI. 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Jakarta : Direktorat Jenderal PP PL.
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. 2005. *Pencemaran Udara*. Majalah Serasi, edisi September 2005. Sekretariat Apresiasi Emisi Bersih bekerjasama dengan BPLHD DKI Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. 2007. *Memprakirakan Dampak Lingkungan : Kualitas Udara*. Kemen LH : Jakarta.
- Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1997. Kep-107/KABAPEDAL/1997 tentang *Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*. Kepala Bapedal : Jakarta.
- Keputusan Menteri Kesehatan RI. 2001. Keputusan Menteri Kesehatan 876/Menkes/SK/2001 tentang *Pedoman Teknis Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (ADKL)*. Menkes : Jakarta
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI. 2003. Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI 233/Men /2003 tentang *Jenis dan Sifat Pekerjaan yang Dijalankan Secara Terus Menerus*. Menakertrans: Jakarta
- Kerangka Acuan ANDAL Terpadu. 2018. *Pengembangan Kegiatan Biomass Pelleting Kapasitas 288 MT/Hari Dengan Lahan Seluas 63.961 M²*. PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari.
- Khaeraani, F.N. 2009. Hubungan antara Karakteristik Individu dan Penggunaan APD dengan Keluhan Gangguan Saluran Pernapasan pada Polantas. *Skripsi*. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Kusman & Utomo, MSK. 2017. Simulasi Persebaran Gas Buang dan Partikulat dari Cerobong Asap pada PLTU di Jepara menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan Variasi Kecepatan Udara. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol.5 No.2 April 2017 : 106-114.

- Kurniawidjaja, L.M. 2010. Program Perlindungan Kesehatan Respirasi di Tempat Kerja Manajemen Risiko Penyakit Paru Akibat Kerja. *Jurnal Respir Indo*. Vol. 30 No.4: 217-229.
- Kristanto, P. 2004. *Ekologi Industri*. Yogyakarta : ANDI dan LPPM Universitas Kristen PETRA Surabaya.
- Lakitan, B. 2002. *Dasar-Dasar Klimatologi*. Cetakan Ke-2. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Louvar, J.F & Louvar, B.D. 1998. *Health and Environmental Risk Analysis: Fundamental with Application*. New Jersey : Prentice Hall.
- Mahawati, E, Suhartono & Nurjazuli. 2006. Hubungan Antara Kadar Fenl Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit Dan Leukosit (Studi Pada Tenaa Kerja di Industri Karoseri CV Laksana Semarang). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. Vol.5 No.1.
- Mahendro, S. 2014. Analisis Penggunaan Elektroliser Terhadap Emisi Gas Buang CO dan HC Pada Sepeda Motor 4 Langkah Merk Suzuki Shogun 125 CC Tahun Pembuatan 2010. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol.03, No.03, Oktober 2014 : 27 – 37.
- Mardaalis. 2008. *Metode Penelitian Suatu Pendekatan Proposal*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Ministry of Environment New Zealand. 2009. *Nitrogen Dioxide*. www.mfe.govt.nz [diakses : Desember 2018].
- Mladenovic, M.R, Dakic, D.V, Nemoda, S.D, Paprika, M.J, Komatina M.S, Repic, B.S & Eric, A.M. 2016. The Combustion Of Biomass – The Impact Of Its Types and Combustion Technologies On The Emission Of Nitrogen Dioxide. *Hem Ind*. Vol.70 (3) 287-298.
- Moran, M.J., Shapiro, H.N., Munson, B.R. & Dewitt,D.P. 2003. *Introduction to Thermal Systems Engineering*. John Wile and Son, Inc.
- Mukono. 1997. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono. 2002. *Epidemiologi Lingkungan*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Mukono. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Surabaya : Airlangga University Press, Cetakan 1.
- Nagashima, K & Nakano, N. 1999. Imprvement of A Monitoring Tape for Nitrogen Dioxide in Air. *Talanta*. 49: 305 – 308.
- Nafisa, R.S.F, Joko, T & Setiani, O. 2016. Hubungan Pajanan Debu Kayu Di Lingkungan Kerja Terhadap Gangguan Fungsi aru Pada Pekerja Di PT. Arumbai Kasembadan, Banyumas. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol.04 No.5 : 176-86.

- National Geographic. 2016. *Pencemaran Udara Sebab dari 5,5 Juta Kematian Dini Tiap Tahun* [online].
<http://nationalgeographic.grid.id/read/13303873/pencemaran-udara-sebab-dari-5-5-juta-kematian-dini-tiap-tahun> (diakses : 5 Desember 2018).
- Nauli, T. 2002. Pola Sebaran Polutan dari Cerobong Asap. *Prosiding Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*.
- Ni'matulloh. 2012. Pengaruh CO₂ Tinggi dan NO_x Berbasis Komposisi Gas Buang PLTU terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris* Dalam Sistem Kultivasi Semi Kontinu. *Skripsi*. Depok : Universitas Indonesia.
- NRC. 1983. *Risk Assessment in The Federal Government : Managing The Process* [online]. <http://www.nap.edu/catalog/366.html> (diakses : Desember 2018).
- Nukman, et.al. 2005. Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemaran Udara : Studi Kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi. *Jurnal Ekologi kesehatan*. 270-289.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. 2016. Permen LHK No 70 Tahun 20016 tentang *Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah Secra Termal*. Menteri LHK : Jakarta.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI. 2011. Permenakertrans No 13 Tahun 20011 tentang *Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia Di Tempat Kerja*. Menteri Tenakertrans : Jakarta.
- Peraturan Pemerintah RI. 1999. Peraturan Pemerintah RI No 41 Tahun 1999 tentang *Pengendalian Pencemaran Udara*. Presiden RI : Jakarta.
- Prayudi, T. 2003. Dampak Industri Pengecoran Logam terhadap Kualitas Gas NO₂ dalam Udara Ambien di Daerah Ceper. *Jurnal of Ecotechnology*. P3TL-BPPT. Vol. 4 No.1 : 27 – 33.
- Putra, M.M. 2012. *Pemeriksaan Sputum dan Analisa Gas Darah*. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Putri, A.R & Driejana. 2009. *Analisis Konsentrasi NO_x di dalam Rumah Tinggal di Tepi Jalan Raya (Studi kasus : Wilayah Karees, Bandung)*. Bandung : Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Rahmadani & Tualeka, A.R. 2016. Karakteristik Risiko Kesehatan Akibat Paparan Polutan Udara Pada Pekerja Sol Sepatu (Di Sekitar Jalan Raya Bubutan Kota Surabaya). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol.8 N0.2 Juli 2016 : 164 -171.
- Rahman, A. 2005. *Prinsip-prinsip Dasar, Metode, Teknik, dan Prosedur Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*. Pusat Kajian Kesehatan Lingkungan dan Industri. . Depok : Fakultas Kesehatan Masyarakat Indonesia.

- Rahman, A. 2007. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan: Prinsip Dasar, Metoda dan Aplikasi*. Jakarta : Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.
- Rahmatika, N.I. 2017. Analisis Risiko Paparan Nitrogen Dioksida (NO_2) Dari Udara Ambien Terhadap Kesehatan Masyarakat Di Kabupaten Magelang Tahun 2015. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Rangkuti, S. 2011. *Mikrokontroler Atmel AVR*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Ratnani, R.D. 2008. Teknik Pengendalian Pencemaran Udara yang Diakibatkan oleh Partikel. *Momentum*. Vol.4 No.2 Oktober 2008 : 27 – 32.
- Roflin, Eddy. 2011. *Rancangan Penelitian Deskriptif*. Bengkulu : Universitas Bengkulu.
- Rosha, T, Fitriyana, M.N, Ulfa, S.F & Dharminto. 2013. Pemanfaatan Sansevieria Tanaman Hias Penyerap Polutan Sebagai Upaya Mengurangi Pencemaran Udara di Kota Semarang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*. Vol.3 No.1 April 2013
- Riyanti, A, Herawati, P & Pajriani, N.H. 2018. Pengaruh Konsentrasi NO_2 Udara Ambien Pada Daerah Padat Kendaraan Terhadap Konsentrasi NO_2 Udara Alam Ruang (Studi Kasus di Kawasan Simpang Pulai Kota Jambi). *Jurnal Daur Lingkungan*. Vol 1 (2) : 60-64.
- Sandra, C. 2008. Pengaruh Penurunan Kualitas Udara Ambien Terhadap Fungsi Paru dan Keluhan Pernafasan pada Polisi Lalu Lintas Polwiltabes Surabaya. *Tesis*. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Sari, M, Santi, D. N & Chahaya, I. 2013. *Analisa Kadar CO dan NO_2 di Udara dan Keluhan Gangguan Saluran Pernapasan Pada Pedagang Kaki Lima Di Pasar Sangkumpal Bonang Kota Padangsidimpuan Tahun 2013*. Departemen Kesehatan Lingkungan : Universitas Sumatera Utara.
- Sachavania, S. 2013. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kadar Ozon (O_3) dan Keluhan Pernapasan Pedagang Kaki Lima di Jalan Ketabang Kali dan Jalan Simpang Dukuh Kota Surabaya. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Safety Data Sheet. 2018. *Nitrogen Dioxide*. Denmark : Air Liquide
- SIKERNAS (Sentra Informasi Keracunan Nasional). 2012. *Amonia*. Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Simbolon, S.M. 2016. Estimasi Sebaran Gas NO_2 dan Analisis Risiko Gas SO_2 dan NO_2 Di Terminal Terhadap Kesehatan Pengguna Terminal (Studi kasus : Terminal Mangkang dan Penggaron Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 5 No.4.
- Siswati & Diyanah, K.C. 2017. Analisis Risiko Pajanan Debu Di Unit Packer PT. X. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 9 No.1 Januari 2017: 100-110.

- Soegianto, A. 2005. *Ilmu Lingkungan*. Surabaya : Airlangga University
- Soemirat, J. 2013. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sugianto. 2005. *Kependudukan dan Lingkungan Hidup (Tantangan Pembangunan di Indonesia Timur)*. Pustaka Sinar Harapan: Jakarta.
- Sugiharto, A. 2011. Tinjauan teknis Pengoperasian dan Pemeliharaan Boiler. *Forum Teknologi*. Vol. 06 No.02.
- Sugiyana, D & Wahyudi, T. 2008. Tinjauan Teknik Pengukuran dan Analisis Emisi Pencemar Udara di Industri Tekstil. *Arena Tekstil*. Vol. 23 No. 2: 52–109.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung : Alfabeta.
- Supriyadi dan Ramdan, F. 2017. Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko pada Divisi Boiler Menggunakan Metode HIRARC. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*. Vol.1 No.2 April 2017
- Susanto, J.P. 2004. Pemanfaatan Passive Sampler Untuk Monitoring Kualitas NO₂ Dalam Udara Ambien di Beberapa Lokasi di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. P3TL-BPPT Vol. 6 No.1 : 75 – 81.
- Suyono. 2012. *Pencemaran Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : Buku Penerbit Kedokteran EGC.
- Syafrianto, A. 2011. Hubungan Karakteristik Pekerja dan Pemakaian Masker dengan Keluhan Gangguan Pernapasan pada Penyemprot Herbisida (Studi di PT Gunung Sejahtera Dua Indah, Kalimantan Tengah). *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Syamsiro, M. & Saptoadi, H. 2007. Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara Preheat. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi: Teknologi untuk Kesejahteraan dan Peradaban Bangsa*. Yogyakarta.
- Toda, K, Hato, Y, Ohira, S & Namihira,T. 2007. Micro-gas Analysis System for Measurement of Nitric Oxide and Nitrogen Dioxide : Respiratory Treatment and Environmental Mobile Monitoring. *Analytica Chimica Acta*. 603:60-66.
- Tugaswati, A.T. 1987. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan* [online]. www.kpbb.org (diakses : Januari 2019).
- Tugaswati, A.T, Suzuki, S & Kawada,T. 1995. Automotive Air Pollution in Jakarta with Special Emphasis on Lead, Particulate, and Nitrogen Dioxide. *Jpn J of Health and Human Ecology*. 61 : 261 – 75.
- Umar, P.R.H. 2014. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Paru Peternak Ayam. *Skripsi*. Universitas Negeri Gorontalo.

- Verma, S.K, Deb, M.K & Verma, D. 2008. Determination of Nitrogen Dioxide in Ambient Air Employing Diffuse Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Atmospheric Research*. 90 : 33 – 40.
- Wahyono, S. 2008. Tinjauan Terhadap Perkembangan Penelitian Pengolahan Limbah Padat Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Edisi Khusus, Juli 2008 : 64 – 74.
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi: Yogyakarta.
- Winarti. 1999. Hubungan Pencemaran Udara dengan Fungsi Paru Pedagang Wonokromo Surabaya. *Skripsi*. Surabaya : Universitas Airlangga.
- World Health Organization. 2004. *Environmental Health Criteria XXX : Principle for Modelling, Dose Response for The Risk Assessment of Chemicals*. Jenewa : IPCS.
- World Health Organization. 2005. *Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide* [online]. Geneva : WHO press. www.who.int (diakses : Desember 2018).
- World Health Organization. 2014. *Fact Sheet : The Top 10 Causes of Death: The 10 Leading Causes of Death in the World, 2000 and 2011*[online]. www.who.int (diakses : Desember 2018).
- World Health Organization. 2018. *Fact Sheet 1: What is Air Pollution*. Geneva : WHO press.
- Yani, A, Mustafa, D & Taqwa. 2018. Rancangan Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Uap Mini Sebagai Media Praktikum Mahasiswa. *TURBO Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 7 No.1.
- Yuliwati, E. 2013. Emisi Gas Buang Biomassa Dengan Menggunakan Sistem Pressurized Fluided Bed Combustion. *Jurnal*.