



**PENGUNAAN *LICHEN* SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS  
UDARA DAN GANGGUAN FAAL PARU PADA MASYARAKAT  
DI KAWASAN INDUSTRI GENTENG  
(Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo  
Kabupaten Situbondo)**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Anis Trisia Rindiani  
NIM 142110101031**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PENGUNAAN *LICHEN* SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS  
UDARA DAN GANGGUAN FAAL PARU PADA MASYARAKAT  
DI KAWASAN INDUSTRI GENTENG  
(Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo  
Kabupaten Situbondo)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh

**Anis Trisia Rindiani  
NIM 142110101031**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah robbil alamin, segala puji dan syukur atas karunia dan rahmat yang telah diberikan Allah SWT. Terima kasih atas kelancaran dan kemudahan yang telah Engkau berikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua tercinta, Ibu Sudiati, Ayah (alm) Darsuki dan Bapak (alm) Budiarmo, yang selama ini telah memberikan kasih sayang, cinta, dan dukungan baik secara moril maupun materil, serta tiada henti mendoakan dan menyemangati dalam setiap kondisi;
2. Kakak – kakakku tercinta, Yohanes Galing Purwanto, dan Rodi Hartono, serta tidak lupa juga para keponakanku Alda, Fadhil, Jihan, Rafka, Meme dan Keke yang selalu memberikan doa, semangat dan keceriaan dalam keadaan apapun;
3. Guru – guru dan dosen yang telah mendidik dan memberi ilmu dengan penuh keikhlasan, semangat dan kesabaran;
4. Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

## MOTTO

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik” (Terjemahan QS Al A’raf :56)\*

“Life on earth is more like a verb. It repairs, maintains, re-creates and outdoes itself” (Lynn Margulis)\*\*



---

\* <http://id.noblequran.org/quran/surah-al-al-araf/ayat-56>

\*\*<https://www.wordsmile.com>

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anis Trisia Rindiani

NIM : 142110101031

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Penggunaan Lichen sebagai Bioindikator Kualitas Udara dan Gangguan Faal Paru pada Masyarakat di Kawasan Industri Genteng (Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo)* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan yang saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 September 2018

Yang menyatakan,

Anis Trisia Rindiani

NIM. 142110101031

**SKRIPSI**

**PENGUNAAN *LICHEN* SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS  
UDARA DAN GANGGUAN FAAL PARU PADA MASYARAKAT  
DI KAWASAN INDUSTRI GENTENG  
(Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo  
Kabupaten Situbondo)**

Oleh

**Anis Trisia Rindiani  
NIM 142110101031**

**Pembimbing**

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes  
Dosen Pembimbing Anggota : Andrei Ramani, S.KM., M.Kes

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Penggunaan Lichen sebagai Bioindikator Kualitas Udara dan Gangguan Faal Paru pada Masyarakat di Kawasan Industri Genteng (Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 20 September 2018

Tempat : Ruang Sidang 1 Fakultas Kesehatan Masyarakat

Pembimbing		Tanda Tangan
1. DPU	: Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes NIP. 197509142008121002	(.....)
2. DPA	: Andrei Ramani, S.KM., M.Kes NIP. 198008252006041005	(.....)
Penguji		
1. Ketua	: Anita Dewi M, S.KM., M.Kes NIP. 198111202005012001	(.....)
2. Sekretaris	: Ellyke, S.KM., M.KL NIP. 198104292006042002	(.....)
3. Anggota	: Toni Wahyudi, S.T NIP. 197701012010011021	(.....)

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Jember

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes  
NIP. 198005162003122002

## RINGKASAN

**Penggunaan *Lichen* sebagai Bioindikator Kualitas Udara dan Gangguan Faal Paru pada Masyarakat di Kawasan Industri Genteng (Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo);** Anis Trisia Rindiani; 142110101031; 2018; 160 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Industri genteng di Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo merupakan salah satu industri yang berpengaruh terhadap perubahan kondisi lingkungan, proses yang paling berisiko yaitu proses pembakaran genteng yang menghasilkan polutan ke lingkungan sekitar. Selain itu, kawasan tersebut juga terletak di pinggir jalan raya, sehingga terdapat faktor ganda yang berpotensi menimbulkan risiko yang lebih besar terhadap perubahan lingkungan khususnya penurunan kualitas udara. Penurunan kualitas udara pada suatu daerah dapat diketahui melalui biomonitoring menggunakan *lichen* karena *lichen* dapat menyerap nutrisi dan senyawa kimia di udara secara pasif, selain itu juga dapat dilakukan dengan pengambilan sampel udara ambien untuk mengetahui konsentrasi polutan. Penurunan kualitas udara dan pencemaran udara dapat berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat khususnya penyakit sistem pernapasan, salah satunya yaitu penurunan fungsi paru atau gangguan faal paru.

Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara dan gangguan faal paru pada masyarakat. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian dilakukan pada tiga stasiun yaitu stasiun 1 di Dusun Trebung, stasiun 2 Dusun Krajan dan stasiun 3 Dusun Bandungan. Sampel penelitian ini yaitu *lichen* pada substrat pohon di 38 plot pohon inang berukuran 10x10m dan di 63 plot sampel *lichen* berukuran 10x10cm pada tiap stasiun, pada pengambilan sampel juga dilakukan pengukuran suhu dan kelembaban. Pengambilan sampel udara ambien dilakukan di ketiga stasiun pada

kawasan berbeda yaitu stasiun 1 di kawasan pemukiman, stasiun 2 di kawasan industri dan stasiun 3 di kawasan persawahan, pengambilan sampel di tiap stasiun dilakukan selama 1 jam. Selain itu, juga terdapat sampel responden untuk mengetahui gangguan faal paru pada masyarakat yang dilakukan dengan pemeriksaan spirometri dan wawancara terhadap 44 responden di tiga stasiun pengamatan.

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan 6 spesies *lichen* yaitu *Diniraria apolanata*, *Lepraria lobificans*, *Pyxine cocoes*, *Flavoparmelia caperata*, *Cryptothecia scripta*, dan *Porpidia sp* dengan tipe talus *crustose* dan *foliose*. Spesies yang ditemukan merupakan spesies toleran terhadap pencemaran udara. Total frekuensi dan indeks ekologis (Q) tertinggi ada pada stasiun 3 dan rata-rata indeks penutupan tertinggi pada stasiun 1. Suhu dan kelembaban pada ketiga stasiun yaitu suhu berkisar antara 27,7°C - 30,73°C, dan kelembaban berkisar 52,74%-59,48%. Kondisi tersebut merupakan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan *lichen*. Pada stasiun 1 diketahui nilai indeks keanekaragaman sejumlah 0,239 dengan kategori keanekaragaman rendah, *Index of Atmospheric Purify* (IAP) senilai 16,707 berada pada level B dengan tingkat polusi tinggi, dan konsentrasi polutan pada udara ambien masih dibawah baku mutu udara ambien berdasarkan Permen RI No 41 Tahun 1999.

Hasil penelitian di stasiun 2 yaitu nilai indeks keanekaragaman sejumlah 1,184 dengan kategori keanekaragaman sedang, nilai IAP senilai 0,973 dengan kategori level A yaitu tingkat polusi sangat tinggi, dan konsentrasi polutan berada di bawah baku mutu udara ambien dengan konsentrasi SO<sub>2</sub>, debu, NH<sub>3</sub> dan HC lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Stasiun 3 memiliki nilai indeks keanekaragaman senilai 1,327 dengan kategori keanekaragaman sedang, IAP dengan nilai 12,231 pada kategori level A dan konsentrasi polutan di bawah baku mutu udara ambien. Sebanyak 43% responden di kawasan industri genteng mengalami gangguan faal paru, dengan kerusakan terbesar yaitu restriksi ringan sebesar 36,4%. Dari hasil tersebut menunjukkan kemampuan *lichen* mengakumulasi polutan dalam jangka waktu lama dinilai menjadi keunggulan dalam memprediksi kondisi kualitas udara dibanding pengujian secara kimia.

**SUMMARY**

***The Use of Lichen as Bioindicator of Air Quality, and Pulmonary Physiological Disorders in Communities at the Roof Tile Industrial Area (Study at the Roof Tile Industrial Area of Kalibagor Village, Situbondo Subdistrict, Situbondo Regency); Anis Trisia Rindiani; 142110101031; 2018; 160 pages; Departement of Enviromental Health and Occupational Safety, Public Health Faculty, Universitas Jember.***

The roof tile industry at Kalibagor Village, Situbondo Subdistrict, Situbondo Regency is one of the industries that influence to environmental conditions change, the riskiest process is the process of roof tiles burning that produce pollutants around the environment. In addition, the area is also located near the highway, so there is a multiple factors that could potentially pose a greater risks to environmental changes, especially the decrease of air quality. The decrease of air quality at an area can be detected through biomonitoring uses lichen because these organisms can absorbs nutrients and chemical compounds in the air passively, and it can also be done by ambient air sampling to know the concentration of pollutants. The decrease of air quality and air pollution can negatively impact on public health, especially respiratory system diseases such as pulmonary physiological disorders.

The purpose of the study was to assess the use of *lichen* as a bioindicator of air quality and pulmonary physiological disorders on communities. This study is descriptive study. The study was conducted at three stations, station 1 at *Dusun Trebung*, station 2 at *Dusun Krajan* and station 3 at *Dusun Bandungan*. The samples of study were lichen on trees at 38 plots host tree sized 10x10m and at the 63 plots lichen samples sized 10x10cm at each station, in this sampling also carried out measurements of temperature and humidity. Ambient air sampling was conducted during 60 minutes in three stations at different areas, station 1 at the residential area, station 2 at the industrial area and station 3 at the rice field area. There was also sample of respondents to find out pulmonary physiological disorders in the

community was done by spirometry checkup and interviewing 44 respondents at three observation stations.

Based on the results of the study, it found 6 species of *lichen* namely *Diniraria apolanata*, *Lepraria lobificans*, *Pyxine cocoes*, *Flavoparmelia caperata*, *Cryptothecia scripta*, and *Porpidia sp*, with talus crustocele and foliose. The founded species are tolerant species of air pollution. The highest total frequency and ecological index (Q) is at station 3 and the highest average of *lichen* coverage index is at station 1. Temperature at three stations is about 27.7 ° C - 30.73 ° C, and humidity is about 52.74% -59.48%. These conditions are optimal conditions for *lichen* growth. At station 1, diversity index value with low diversity category is 0.239, index of atmospheric purify 16.707 at level B with high pollution levels, and the concentration of pollutants in ambient air was still under the ambient air quality standards based on Permen RI 41 year 1999.

The results of the study at station 2, diversity index value with medium diversity category is 1.184, the IAP value was 0.973 in level A category with very high pollution levels, and the pollutant concentrations was below the ambient air quality standard with concentrations of SO<sub>2</sub>, dust, NH<sub>3</sub> and HC were higher than other stations. Diversity index value at station 3 was known 1.327 with medium diversity category, IAP value was 12.231 in level A category and pollutant concentration under ambient air quality standards. In this study, 43% of respondents at the roof tile industry area had pulmonary physiological disorders, with mild restriction as the greatest degree of damage. From these results, the *lichen* ability of accumulate pollutants in a prolonged period is considered to be an advantage in predicting air quality conditions than the chemically testing.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga terselesaikannya penyusunan proposal skripsi dengan judul “Penggunaan *Lichen* sebagai Bioindikator Kualitas Udara dan Gangguan Faal Paru pada Masyarakat di Kawasan Industri Genteng (Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo)” sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Bapak Dr. Isa Ma’rufi, S.KM., M.Kes.**, selaku dosen pembimbing utama dan **Bapak Andrei Ramani, S.KM., M.Kes.**, selaku pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu dan memberikan pengarahan, koreksi, pemikiran, doa dan saran dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih penulis sampaikan pula kepada:

1. Ibu Irma Prasetyowati, S. KM., M. Kes selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Isa Ma’rufi, S. KM., M. Kes selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
3. Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes., selaku Ketua Penguji, Ibu Ellyke, S.KM., M.KL., selaku Sekretaris Penguji dan Bapak Toni Wahyudi, S.T., selaku Anggota Penguji skripsi yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun untuk skripsi penulis;
4. Bapak Erdi Estiadji, S.Psi., M.Psi., Psi., Bapak (Alm) Elfian Zulkarnain, S.KM., M.Kes dan Ibu Dwi Martiana W, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan motivasi selama masa perkuliahan;

5. Seluruh bapak dan ibu dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan;
6. Ibu Dra. Hari Sulistiyowati, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Arief Muhammad Shiddiq, S.Si., M.Si yang telah banyak membantu dan mengarahkan dalam proses penelitian;
7. Jajaran keluarga besar SIMA laboratorium terutama bapak Harris dan Mbak Ellen yang telah membantu dan memfasilitasi penelitian pemeriksaan faal paru;
8. Enumerator yang telah banyak membantu dalam proses pengambilan data, terimakasih kepada mas Septian Theo F, Samsul Bahri, dan Muhammad Deny Pradana, semoga Allah selalu memberikan kemudahan untuk kalian semua;
9. Orang tua tercinta, terutama Ibu Sudiati yang selama ini berjuang dan banyak berkorban seorang diri, memberikan kasih sayang, limpahan doa, dukungan moril maupun materil hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini;
10. Kakak-kakakku tercinta dan para keponakanku tersayang yang selalu memberikan dukungan dan semangat yang tidak pernah padam;
11. Sahabat terdekat dan tersayang Indah, Nurul Fadilah, Yohana, Unyil, Denok Aisyah, Evi, Muti dan Reni yang selalu memberi semangat, bantuan dan membagi tawa ceria;
12. Teman teman angkatan 2014, GREENS, kelompok PBL Alumni Mantan, kelompok magang dan teman teman organisasi KOMPLIDS yang telah memberikan banyak pengalaman yang berharga dan tak terlupakan.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Jember, September 2018

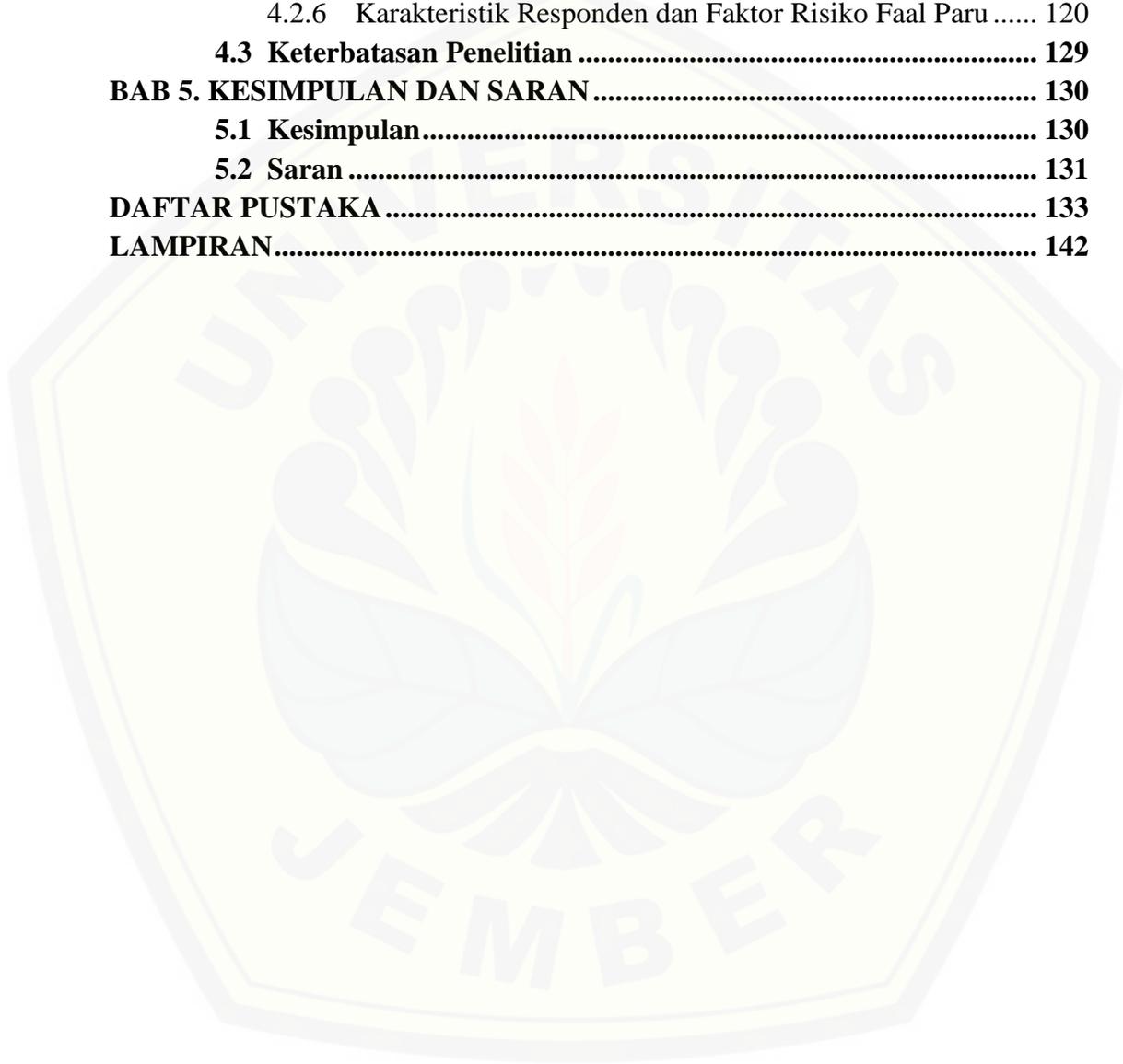
Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>x</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Tujuan.....</b>	<b>7</b>
1.3.1 Tujuan Umum .....	7
1.3.2 Tujuan Khusus .....	7
<b>1.4 Manfaat.....</b>	<b>8</b>
1.4.1 Manfaat Teoritis .....	8
1.4.2 Manfaat Praktis .....	8
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Pencemaran Udara .....</b>	<b>9</b>
2.1.1 Definisi Pencemaran Udara .....	9
2.1.2 Klasifikasi Bahan Pencemar Udara.....	9
2.1.3 Sumber Pencemar Udara.....	10
2.1.4 Indikator Pencemaran Udara.....	12
2.1.5 Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Udara.....	13
2.1.6 Baku Mutu Udara Ambien.....	15
2.1.7 Dampak Pencemaran Udara.....	16
<b>2.2 Gangguan Faal Paru.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Uji Faal Paru .....	19
2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Gangguan Faal Paru .....	21
<b>2.3 Biomonitoring.....</b>	<b>22</b>

2.4	<i>Lichen</i> .....	23
2.4.1	Struktur Morfologi dan Anatomi <i>Lichen</i> .....	25
2.4.2	Klasifikasi <i>Lichen</i> .....	29
2.4.3	Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan <i>Lichen</i> .....	32
2.4.4	Kemampuan <i>Lichen</i> sebagai Bioindikator Kualitas Udara..	34
2.5	Analisis Vegetasi .....	34
2.6	Kerangka Teori .....	38
2.7	Kerangka Konsep .....	39
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>41</b>
3.1	Jenis Penelitian.....	41
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	41
3.2.1	Waktu Penelitian .....	41
3.2.2	Tempat Penelitian .....	41
3.3	Populasi dan Sampel Penelitian.....	42
3.3.1	Populasi Penelitian.....	42
3.3.2	Sampel Penelitian.....	42
3.4	Teknik Pengambilan Sampel .....	44
3.5	Variabel dan Definisi Operasional .....	53
3.6	Alat dan Bahan.....	58
3.6.1	Alat.....	58
3.6.2	Bahan .....	62
3.7	Prosedur Penelitian.....	64
3.7.1	Tahap Pengambilan Sampel.....	64
3.7.2	Perhitungan .....	68
3.8	Data dan Sumber Data .....	70
3.8.1	Data Primer .....	70
3.8.2	Data Sekunder .....	70
3.9	Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	70
3.9.1	Teknik Pengumpulan Data.....	70
3.9.2	Instrumen Pengumpulan Data.....	72
3.10	Teknik Penyajian Data dan Analisis Data .....	72
3.11	Kerangka Alur Penelitian .....	73
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>74</b>
4.1	Hasil.....	74
4.1.1	Keanekaragaman <i>Lichen</i> .....	76
4.1.2	Data Biotik dan Data Kondisi Lingkungan Abiotik.....	79
4.1.3	Kualitas Udara Ambien Menggunakan Bioindikator.....	84
4.1.4	Konsentrasi Polutan Udara Ambien dan Meteorologi .....	85
4.1.5	Gangguan Faal Paru pada Masyarakat.....	86
4.1.6	Karakteristik Responden dan Faktor Risiko Faal Paru .....	89

<b>4.2 Pembahasan.....</b>	<b>99</b>
4.2.1 Keanekaragaman <i>Lichen</i> .....	99
4.2.2 Data Biotik dan Data Kondisi Lingkungan Abiotik.....	102
4.2.3 Kualitas Udara Ambien Menggunakan Bioindikator.....	108
4.2.4 Konsentrasi Polutan Udara Ambien dan Meteorologi .....	110
4.2.5 Gangguan Faal Paru pada Masyarakat.....	117
4.2.6 Karakteristik Responden dan Faktor Risiko Faal Paru .....	120
<b>4.3 Keterbatasan Penelitian .....</b>	<b>129</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>130</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>130</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>131</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>133</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>142</b>



DAFTAR TABEL

	Halaman
2. 1 Sumber Bahan Pencemar .....	11
2. 2 Baku Mutu Udara Ambien .....	15
2. 3 Klasifikasi Gangguan Faal Paru .....	20
2. 4 Kategori Indeks Massa Tubuh (IMT) .....	22
2. 5 Klasifikasi Nilai Indeks Keanekaragaman Shannon - Weiner .....	35
2. 6 Rentang Indeks Skala Penutupan (C) .....	36
2. 7 Kriteria <i>Index of Atmospheric Purify</i> (IAP) .....	37
4. 1 Penentuan Pohon Inang .....	75
4. 2 Spesies <i>Lichen</i> Teridentifikasi .....	76
4. 3 Spesimen <i>Lichen</i> dan Klasifikasi Spesies Teridentifikasi .....	77
4. 4 Nilai Indeks Keanekaragaman Shannon-Weiner Pada Ketiga Stasiun .....	79
4. 5 Data Biotik dan Abiotik pada Ketiga Stasiun .....	80
4. 6 Frekuensi Keterdapatannya Spesies <i>Lichen</i> pada Ketiga Stasiun .....	81
4. 7 Indeks Skala Penutupan (C) <i>Lichen</i> pada Ketiga Stasiun .....	82
4. 8 Indeks Ekologis (Q) pada Ketiga Stasiun .....	83
4. 9 <i>Index of Atmospheric Purify</i> (IAP) dan Kualitas Udara Ambien .....	84
4. 10 Konsentrasi Polutan pada Ketiga Stasiun .....	85
4. 11 Kondisi Meteorologi pada Ketiga Stasiun .....	86
4. 12 Gangguan Faal Paru pada Masyarakat .....	87
4. 13 Kualitas Udara Ambien terhadap Gangguan Faal Paru .....	88
4. 14 Derajat Kerusakan Fungsi Paru pada Masyarakat .....	89
4. 15 Frekuensi Usia Responden di Kawasan Industri Genteng .....	89
4. 16 Frekuensi Usia Responden Terhadap Gangguan Faal Paru .....	90
4. 17 Frekuensi Jenis Kelamin Responden di Kawasan Industri Genteng .....	90
4. 18 Frekuensi Jenis Kelamin Responden Terhadap Gangguan Faal Paru .....	91
4. 19 Distribusi Pekerjaan Responden di Kawasan Industri Genteng .....	91
4. 20 Distribusi Pekerjaan Responden Terhadap Gangguan Faal Paru .....	92
4. 21 Distribusi Lama Tinggal Responden di Kawasan Industri Genteng .....	92
4. 22 Distribusi Lama Tinggal Responden Terhadap Gangguan Faal Paru .....	93
4. 23 Distribusi Lokasi Tempat Tinggal Responden .....	94
4. 24 Distribusi Lokasi Tempat Tinggal Terhadap Gangguan Faal Paru .....	94
4. 25 Distribusi Kebiasaan Merokok oleh Responden .....	95
4. 26 Distribusi Kebiasaan Merokok Terhadap Gangguan Faal Paru .....	95
4. 27 Distribusi Indeks Massa Tubuh (IMT) Responden .....	96
4. 28 Distribusi Indeks Massa Tubuh Terhadap Gangguan Faal Paru .....	97
4. 29 Distribusi Paparan Polusi <i>Indoor</i> oleh Responden .....	97

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2. 1 <i>Crustose Lichen</i> .....	26
2. 2 <i>Foliose Lichen</i> .....	27
2. 3 <i>Fruticose Lichen</i> .....	27
2. 4 Spesies Genus <i>Cetraria</i> .....	30
2. 5 Spesies Genus <i>Usnea</i> .....	30
2. 6 Spesies Genus <i>Thelochistes : Thelochistes parietinus</i> .....	31
2. 7 Spesies Genus <i>Parmelia: Parmelia squarrosa</i> .....	31
2. 8 Species Genus <i>Physcia : Physcia phaea</i> .....	32
2. 9 Kerangka Teori.....	38
2. 10 Kerangka Konsep .....	39
3. 1 Peta Area Penelitian di Kawasan Industri Genteng .....	46
3. 2 Denah Industri Genteng Desa Kalibagor .....	46
3. 3 Posisi dan Ukuran Plot pada Pohon untuk Pengambilan Sampel <i>Lichen</i> ...	47
3. 4 Peta Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 1 .....	47
3. 5 Denah Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 1 .....	48
3. 6 Peta Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 2.....	48
3. 7 Denah Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 2 .....	49
3.8 Peta Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 3.....	49
3. 9 Denah Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 3 .....	50
3. 10 Peta Titik Sampling Udara Ambien .....	52
3. 11 Denah Titik Sampling Udara Ambien.....	52
3. 12 Kerangka Alur Penelitian.....	73

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Lembar Persetujuan ( <i>Informed Consent</i> ) .....	142
B. Kuesioner Penelitian.....	143
C. Lembar Observasi.....	145
D. Hasil Identifikasi <i>Lichen</i> .....	146
E. Tabel Perhitungan.....	148
F. Hasil Pengukuran Udara Ambien (Konsentrasi Polutan) .....	151
G. Hasil Pemeriksaan Faal Paru.....	154
H. Ijin Penelitian .....	156
I. Dokumentasi .....	157

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan industri merupakan salah satu unsur penting dalam menyeimbangkan kebutuhan masyarakat, namun disisi lain juga menimbulkan dampak negatif yang dapat menyebabkan perubahan lingkungan. Dampak yang sering diamati adalah menurunnya kualitas udara akibat pencemaran. Data indeks standart pencemaran udara di Jawa Timur menunjukkan peningkatan tiap tahun yaitu 72,45 pada tahun 2013, tahun 2014 sebesar 73,2 dan 89,21 pada tahun 2015, dengan demikian dapat diketahui bahwa kualitas udara di Jawa Timur tiap tahunnya mengalami penurunan (BPS, 2017:66). Penurunan kualitas udara dipengaruhi oleh berbagai sumber pencemar, salah satunya yaitu kegiatan industri.

Di Kabupaten Situbondo, kawasan industri genteng yang terletak di Desa Kalibagor merupakan salah satu sumber pencemar yang mempengaruhi penurunan kualitas udara. Ditinjau dari kondisi fisik udara, telah terjadi penurunan kualitas udara pada kawasan tersebut yang ditandai oleh udara yang berbau, berdebu, dan seringkali terlihat kepulan asap hasil dari pembakaran genteng. Industri genteng tersebut berdiri sejak tahun 1960an, sebagian besar industri terletak di pinggiran jalan raya penghubung Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Bondowoso, sebagian lagi terletak di tengah pemukiman. Jumlah total industri genteng pada daerah tersebut masih belum diketahui secara pasti, namun untuk kawasan industri yang letaknya berada pada pinggiran jalan raya berjumlah  $\pm 70$  industri (Anggraeni, 2017:4).

Proses yang paling berisiko terhadap penurunan kualitas udara dan pencemaran yaitu pada proses pembakaran. Proses pembakaran genteng dilakukan secara konvensional menggunakan kayu bakar yang dapat memuat 4000 – 12.000 genteng dalam tungku pembakaran, serta memerlukan kayu bakar kurang lebih satu sampai dua *truck* yang memiliki kisaran volume sebesar  $29 \text{ m}^3/\text{truck}$ . Rata –rata pembakaran dilakukan dua sampai dengan empat kali dalam sebulan dengan waktu pembakaran selama 12 jam. Pada proses pembakaran dihasilkan limbah berupa

debu dan asap, limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya perlakuan untuk mengurangi risiko pencemaran sehingga berpotensi menimbulkan penurunan kualitas udara (Anggraeni, 2017:4).

Keadaan tersebut didukung pula oleh lokasi industri genteng yang sebagian besar terletak di pinggir jalan raya penghubung antar dua Kabupaten. Dapat dikatakan bahwa terdapat faktor risiko ganda yang mempengaruhi kualitas udara pada daerah tersebut yaitu emisi yang dihasilkan oleh proses pembakaran genteng dan emisi yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor yang melintasi daerah tersebut. Emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran genteng dengan bahan bakar kayu yaitu berupa partikel debu dan asap yang mengandung gas berbahaya seperti  $\text{NO}_x$ , CO, dan HC (Mukono, 2008a:10)

Polutan CO yang dihasilkan dari pembakaran dengan kayu bakar yaitu sebesar 1%.  $\text{NO}_x$  yang dihasilkan dari pembakaran kayu dengan persentase 1% bagian terbentuk akibat reaksi antara oksigen dan nitrogen pada suhu tinggi dengan adanya udara yang biasanya terjadi pada proses pembakaran. Pembakaran dengan bahan bakar kayu juga menghasilkan partikel dengan persentase 0,7% bagian dan HC sebesar 1,3% bagian (Wardhana, 2004:43,46; Fardiaz, 1992:105).

Emisi yang dihasilkan pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor yang melintasi kawasan tersebut yaitu HC,  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{SO}_2$ , NO,  $\text{NO}_2$ , partikel, dan logam berat. Polutan HC yang dihasilkan dari transportasi yaitu 49,8% bagian (mobil bensin 47,5%, mobil diesel 1,3%, sepeda motor 1%), sedangkan untuk polutan CO dari transportasi sebesar 61% bagian (mobil bensin 59%, mobil diesel 0,2% dan sepeda motor 1,8%). Persentase bahan polutan  $\text{SO}_x$  yang dihasilkan dari kegiatan transportasi yaitu sebesar 1,2% (mobil bensin 0,6%, mobil diesel 0,3%; sepeda motor 0,3%), untuk polutan  $\text{NO}_x$  dari hasil transportasi sebesar 36,4% (mobil bensin 32%, mobil diesel 2,9% dan sepeda motor 1,5%). Selain itu juga dihasilkan partikel dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor sebesar 3,2% (mobil bensin 1,8%, mobil diesel 1%, dan sepeda motor 0,4%) (Mukono, 2008a:10; Wardhana, 2004:41-59).

Polutan udara seperti gas atau asap, partikulat dan debu yang dikeluarkan oleh pabrik dan transportasi ke udara akan terbawa oleh angin dan akan memperluas

jangkauan pemaparannya (Kristanto, 2004:172). Menurut Chandra (2007:75) pada saat pencemaran melebihi kemampuan alam untuk membersihkan dirinya sendiri, alam tidak dapat melakukan *removal mechanism* yaitu membersihkan udara dengan cara membentuk suatu keseimbangan ekosistem, sehingga pencemaran tersebut akan membahayakan kesehatan manusia dan memberikan dampak yang luas terhadap ekosistem. Masyarakat yang bertempat tinggal di kawasan industri pada jarak kurang dari 300 meter memiliki risiko lebih besar terhadap penurunan kapasitas fungsi paru daripada masyarakat yang tinggal dengan jarak lebih dari 300-500 m, variasi perbedaan jarak tinggal dengan sumber pencemar juga terbukti mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi polutan yang terkandung dalam udara bebas dan berisiko terhadap kesehatan masyarakat (Daud dan Soedionoto, 2010:6; Pratiwi *et al*, 2017:537).

Salah satu risiko terhadap kesehatan masyarakat yaitu terjadinya radang paru dan apabila terus menerus berlangsung akan mengakibatkan kelainan faal paru. Gangguan faal paru umumnya dapat dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu gangguan paru obstruktif dan gangguan paru restriktif. Gangguan paru obstruktif yaitu suatu keadaan terjadinya penyempitan diameter jalan napas sehingga menyebabkan udara lebih sulit untuk dikeluarkan (ekspirasi), sedangkan gangguan paru restriktif adalah terjadinya penurunan kemampuan untuk memasukkan udara ke dalam paru (inspirasi) dan penurunan dari volume normal paru (Guyton dalam Pinugroho, 2017:38; Mukono, 2008a:61).

Gangguan faal paru dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik (dari dalam tubuh) merupakan faktor - faktor yang mempengaruhi sistem pertahanan paru seperti usia, jenis kelamin dan status gizi. Faktor ekstrinsik (dari luar tubuh) yaitu adanya paparan bahan iritan paru seperti gas, debu atau uap yang akan bereaksi dengan jaringan di sekitar paru dan akan menyebabkan fibrosis pada paru. Tingkat keparahan faal paru akibat paparan eksternal dapat diketahui dengan melihat lamanya paparan terhadap bahan iritan (PAPDI, 2014:1591).

Hubungan antara penurunan kualitas udara ambien dengan terjadinya gangguan faal paru yaitu adanya perubahan seluler pada saluran pernapasan. Udara

yang tercemar akan menyebabkan peningkatan jumlah kelenjar mukus dan sel goblet, dan terjadinya penyumbatan saluran pernapasan serta peningkatan tahanan aliran udara (Coultas dan Samet dalam Mukono, 2008a:68). Mempertimbangkan dampaknya terhadap kesehatan dan lingkungan, maka diperlukan adanya pemantauan kualitas udara di kawasan sekitar industri genteng di Desa Kalibagor, dalam hal ini Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Situbondo belum pernah melakukan pengawasan maupun pemantauan lingkungan pada kawasan sekitar industri tersebut.

Pemantauan kualitas udara di Indonesia telah dilakukan dengan alat pemantau yang berfungsi untuk memantau konsentrasi berbagai parameter, selain itu juga dapat dilakukan dengan menggunakan agen biologi atau indikator biologi yang biasa disebut bioindikator. Bioindikator adalah organisme yang dapat digunakan untuk menentukan dan mengidentifikasi kualitas lingkungan (Tonneijk dan Posthumus dalam Conti dan G. Cecchetti, 2001:471). Salah satu agen biologi yang dapat dijadikan bioindikator kualitas udara yaitu lumut kerak atau *lichen*. *Lichen* telah diketahui sangat sensitif terhadap parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, polusi udara dan angin (Kuldeep dan Prodyut, 2015:108).

*Lichen* tidak memiliki sistem vaskular yaitu tidak berakar dan tidak memiliki kutikula yang bekerja seperti struktur pelindung pada tanaman vaskular, sehingga *lichen* menyerap air, udara dan nutrisi secara pasif dari lingkungan sekitar mereka termasuk juga bahan polutan. Hal ini membuat *lichen* sangat sensitif terhadap polusi udara, meskipun pohon dan tanaman vaskular lainnya juga terkena polusi, namun respons mereka terhadap dampaknya jauh lebih lambat daripada *lichen*. *Lichen* tidak bisa mengeluarkan polutan yang terserap sehingga bahan-bahan polutan tetap berada di dalam sel (Kuldeep dan Prodyut, 2015:108; Sett dan Kundu, 2016:17).

Pengaruh polutan terhadap pertumbuhan *lichen* yaitu  $\text{NO}_x$  dapat menghambat pertumbuhan *lichen* karena dapat bereaksi dengan atom logam dan bereaksi dengan enzim, pemaparan  $\text{SO}_2$  dalam waktu yang lama pada konsentrasi rendah (0.001 ppm) akan menyebabkan hilangnya klorofil, kemudian paparan CO dapat menghambat bakteri dalam memfiksasi nitrogen. *Lichen* yang berada pada suatu

daerah yang telah tercemar akan menunjukkan respon pertumbuhan yang kurang baik dibandingkan dengan *lichen* yang tumbuh subur di daerah yang tidak tercemar (Wijaya, Tanpa Tahun:9; Roziaty, 2016:772).

*Lichen* menanggapi perubahan lingkungan dengan merefleksikan perubahan keragaman, kelimpahan, morfologi, fisiologi, akumulasi polutan, dan lain-lain. *Lichen* epifit merupakan salah satu *lichen* yang sangat sensitif terhadap polusi udara karena kulit pohon memiliki kapasitas penyangga yang rendah dibandingkan dengan batu, tanah atau beton, respons mereka terhadap dampak polusi di udara juga jauh lebih cepat. *Lichen* epifit pertama kali dikenal sebagai bioindikator polutan udara yang berguna sejak lama (Kuldeep dan Prodyut, 2015:108; Lisowska, 2011:177; Sett dan Kundu, 2016:17).

*Lichen* tidak memerlukan syarat – syarat hidup yang tinggi, dan tahan kekurangan air dalam jangka waktu yang lama sehingga dapat hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrim dalam waktu yang lama. *Lichen* yang hidup pada batu dapat menjadi kering tetapi tidak mati saat panas, jika kemudian turun hujan *lichen* dapat hidup kembali. Pertumbuhan talusnya sangat lambat, dalam satu tahun jarang lebih dari 1 cm. *Lichen* sebagai bioindikator kualitas udara biasanya diteliti di daerah yang terletak di dekat sumber polusi atau dari area yang diminati dengan melihat distribusi spesies seperti frekuensi atau kelimpahan spesies, kekayaan spesies (jumlah spesies yang berbeda) dan total tutupan *lichen* dari area tertentu (Tjitrosoepomo, 1981:160; Onete, 2009:14).

Peneliti pertama yang menggunakan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara yaitu Nylander pada tahun 1866 dengan menggunakan data kelimpahan *lichen* untuk mengukur dampak pencemaran atmosfer di Paris. Sejak itu *lichen* telah mulai banyak digunakan untuk menentukan kualitatif dan kuantitatif kontaminan udara sebagai dampak dari berbagai macam polutan seperti sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), *fluoride*, logam berat, fosfor, dan lain-lain, dengan hasil spesies sensitif menurun di daerah yang tercemar. Beberapa negara seperti Amerika Serikat, Belanda dan Swiss bahkan telah melakukan program pemantauan permanen menggunakan *Lichen* (Lisowska, 2011:177; Kaffer *et al*, 2011:1319; Pinho *et al*, 2004:377; Muir dalam Kuldeep dan Protyut, 2015:109).

Penelitian mengenai *lichen* di Asia masih belum setara dengan di Eropa maupun Amerika, Thailand menjadi salah satu negara yang penelitian terhadap *lichen* lebih maju dari pada negara lainnya di Asia, bahkan *lichen* telah diterapkan sebagai model bioindikator untuk polusi udara dan juga telah dipelajari selama lebih dari empat puluh tahun (Pinho *et al*, 2004:377-378; Rindita dan Koesmaryono, 2015:53). Penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara pada berbagai penelitian di Indonesia masih terbilang sedikit. Adapun beberapa penelitian menggunakan *lichen* sebagai bioindikator di Indonesia yaitu penelitian yang dilakukan oleh Sumarlin., *etal* (2016:114) dengan hasil bahwa penurunan prosentase kehadiran lumut kerak dan berkurangnya jumlah spesies di area pengamatan akibat polusi dari emisi kendaraan bermotor.

Selain itu juga terdapat penelitian terkait akumulasi polutan pada talus lichen yaitu pada penelitian Ihrom., *et al* (2015:45), diketahui bahwa kadar Pb pada talus *lichen* lebih tinggi pada daerah pengamatan dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang ramai daripada lalu lintas lengang. *Lichen* memiliki keunggulan untuk digunakan sebagai indikator terhadap kondisi kualitas udara pada suatu daerah dibandingkan dengan pengujian secara kimia, selain karena dana yang dibutuhkan cukup murah, lichen memiliki kemampuan mengakumulasi polutan dalam jangka waktu yang lama sehingga dapat diketahui akumulasi polutan pada suatu daerah sedangkan hasil dari pengujian secara kimia hanya dapat diketahui konsentrasi polutan pada saat pengukuran berlangsung.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait kualitas udara di daerah tersebut. Perbedaan penelitian ini dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian ini dilakukan untuk mengkaji penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara dengan membandingkan antara hasil kualitas udara ambien yang didapat melalui perhitungan indeks keanekaragaman dan *index of atmospheric purify* dari data biotik *lichen*, dengan hasil pengukuran konsentrasi polutan. Selain itu juga akan diteliti terkait dampak kualitas udara terhadap gangguan faal paru pada masyarakat sekitar kawasan industri genteng.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yaitu “Bagaimana penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara dan gangguan faal paru pada masyarakat di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo?”

## 1.3 Tujuan

### 1.3.1 Tujuan Umum

Mengkaji penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara dan gangguan faal paru pada masyarakat di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengidentifikasi keanekaragaman *lichen* yang ditemukan di sekitar kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kabupaten Situbondo
- b. Mendeskripsikan data biotik *lichen* berupa frekuensi, indeks skala penutupan *lichen*, dan indeks ekologis serta data kondisi lingkungan abiotik berupa suhu dan kelembaban di sekitar kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo
- c. Mengidentifikasi kualitas udara menggunakan *lichen* sebagai bioindikator melalui perhitungan *Index of Atmospheric Purify (IAP)*
- d. Mendeskripsikan konsentrasi polutan udara ambien dengan parameter CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Debu, NH<sub>3</sub>, Pb, dan O<sub>3</sub>, dan pengukuran kondisi iklim meteorologi meliputi suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo
- e. Mengidentifikasi gangguan faal paru pada masyarakat di sekitar kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kabupaten Situbondo.

- f. Mendeskripsikan karakteristik responden, dan faktor risiko gangguan faal paru pada masyarakat di sekitar kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kabupaten Situbondo.

## 1.4 Manfaat

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah dan mengembangkan ilmu pengetahuan tentang kesehatan lingkungan dalam bidang kesehatan masyarakat, khususnya mengenai penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara dan gangguan faal paru pada masyarakat di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo.

### 1.4.2 Manfaat Praktis

- a. Masyarakat dan Pemilik Industri

Memberikan informasi terkait kualitas udara dan dampak kesehatan khususnya gangguan faal paru pada masyarakat dan pekerja industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo

- b. Peneliti

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai pengalaman dan penambah wawasan serta pengetahuan bagi peneliti

- c. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai literatur di Fakultas Kesehatan Masyarakat dan sebagai referensi bagi pihak yang membutuhkan untuk melakukan penelitian yang berkaitan dengan penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara dan gangguan faal paru.

- d. Bagi Dinas Lingkungan Hidup

Sebagai bahan informasi tentang kualitas udara di sekitar kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pencemaran Udara

#### 2.1.1 Definisi Pencemaran Udara

Pencemaran udara merupakan masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan (Permen LH, 2010:1). Menurut Chambers, bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai jumlah tertentu sehingga dapat dideteksi oleh manusia (dapat dihitung dan diukur) dan dapat memberikan dampak merugikan pada manusia binatang, vegetasi, dan material tersebut didefinisikan sebagai pencemaran udara. Selain itu pencemaran udara juga dapat dikatakan sebagai perubahan atmosfer akibat masuknya bahan kontaminan alami atau buatan ke dalam atmosfer tersebut (Mukono, 2008a:6).

Adapun menurut Kumar, pencemaran udara adalah ditemukannya bahan polutan di atmosfer yang dalam konsentrasi tertentu akan mengganggu keseimbangan dinamik di atmosfer dan mempunyai dampak negatif pada manusia dan lingkungannya (Mukono, 2010:193). Pengertian lain dari pencemaran udara adalah adanya bahan kontaminan di atmosfer akibat hasil dari kegiatan manusia. Asal pencemaran udara dapat dijelaskan dengan tiga proses yaitu atrisi (*attrition*), penguapan dan pembakaran. Dari ketiga proses tersebut pembakaran merupakan proses yang sangat dominan dalam kemampuannya menimbulkan bahan polutan (Mukono, 2008a:6).

#### 2.1.2 Klasifikasi Bahan Pencemar Udara

Bahan pencemar udara atau polutan diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu (Mukono, 2008b:15):

- a. Polutan Primer: merupakan polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu, dan dapat berupa:

- 1) Polutan Gas, terdiri dari senyawa oksida (hidrokarbon, hidrokarbon teroksigenasi, dan karbon oksida), senyawa sulfur (sulfur oksida), senyawa nitrogen (nitrogen oksida dan amoniak), senyawa halogen (flour, klorin, hidrogen klorida, hidrokarbon terklorinasi, dan bromin).
- 2) Partikel, dapat berupa zat padat ataupun *suspense* cair. Bahan partikel tersebut dapat berasal dari proses kondensasi, proses dispersi (misalnya proses menyemprot/*spraying*) ataupun proses erosi bahan tertentu. Asap (*smoke*) biasanya dipakai untuk menunjukkan campuran bahan partikulat (*particulate matter*), uap (*fumes*), gas, dan kabut (*mist*).
- b. Polutan Sekunder : biasanya terjadi karena reaksi dua atau lebih bahan kimia di udara, seperti reaksi fotokimia. Polutan tersebut mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil. Ozon, *Perocy Acyl Nitrat* (PAN), dan formaldehid merupakan beberapa contoh polutan sekunder (Mukono, 2008b:23).

### 2.1.3 Sumber Pencemar Udara

Sumber pencemaran udara dapat digolongkan menjadi dua yaitu:

- a. Kegiatan Alami (natural)
  - 1) Letusan Gunung berapi: menghasilkan gas pencemar  $SO_x$
  - 2) Kebakaran Hutan: beberapa bahan polutan dari pembakaran yang dapat mencemari udara, yaitu bahan polutan primer, seperti hidrokarbon dan karbon dioksida, senyawa nitrogen oksida, nitrogen dioksida dan senyawa sulfur oksida. Selain itu kebakaran hutan juga menghasilkan polutan berbentuk partikel seperti asap yang merupakan partikel karbon yang sangat halus bercampur dengan debu hasil dari proses pemecahan suatu bahan.
- b. Pencemaran *Antropogenik*

Antropogenik berhubungan dengan proses pembakaran berbagai jenis bahan bakar, diantaranya yaitu:

  - 1) Sumber tidak bergerak (*Stationary source*), yaitu asap dari industri manufaktur, hasil pembakaran *incinerator*, *furnace*, dan berbagai tipe peralatan pembakaran dengan bahan bakar.

- 2) Sumber bergerak (*mobile source*), yaitu kendaraan bermotor, pesawat, dan/atau kapal laut.
  - 3) Asap dari penggunaan cat, *hair spray*, dan jenis pelarut lainnya
  - 4) Gas yang dihasilkan dari proses pembuangan akhir di TPA, yang umumnya adalah gas metan. Gas metan tidak bersifat racun (toksik), namun termasuk gas yang mudah menyala (*flammable*) dan dapat membentuk senyawa yang bersifat mudah meledak (*eksplosive*) jika bereaksi dengan udara.
  - 5) Militer, seperti senjata nuklir, senjata biologis, gas beracun, maupun roket.
- Selain itu sumber pencemar udara diklasifikan menjadi tiga yang ditetapkan oleh WHO tahun 2005 (Anggraeni, 2017:27-28), yaitu :
- a. Sumber sebuah titik (*point source*), yaitu sumber pencemar berasal dari sumber individual menetap dan dibatasi oleh luas wilayah kurang dari 1x1 km<sup>2</sup> termasuk di dalamnya industri dan rumah tangga.
  - b. Garis (*line source*), merupakan sumber pencemaran udara yang berasal dari kendaraan bermotor dan kereta.
  - c. Area (*area source*), merupakan sumber pencemaran yang berasal dari sumber titik tetap maupun sumber garis.

Tabel 2. 1 Sumber Bahan Pencemar yang Menghasilkan Bahan Pencemaran Udara

S	B	HC	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>
Sumber stasioner		+	+	+	+	+	+
Proses industri		+	+	+	+	+	+
Sampah padat		+	+	+	+	+	-
Pembakaran sisa pertanian		+	+	+	-	+	+
Transportasi		+	+	+	+	+	+
Bahan bakar minyak		+	+	+	+	+	+
Bahan bakar gas alam		-	+	-	-	-	-
Bahan bakar kayu		-	+	-	-	+	+
Insinerator		+	+	+	+	+	+
Kebakaran hutan		+	+	+	-	+	+

Sumber : Mukono (2008a:10)

Keterangan : + = menghasilkan

- = tidak menghasilkan

B = bahan pencemar

S = sumber pencemar

#### 2.1.4 Indikator Pencemaran Udara

Indikator yang paling baik untuk menentukan derajat suatu kasus pencemaran adalah dengan cara mengukur atau memeriksa konsentrasi gas sulfurdioksida, indeks asap, partikel di udara, indikator biologi dan parameter lainnya (Chandra, 2007:80-81).

##### a. Gas Sulfur Dioksida

Gas pencemar dengan konsentrasi paling tinggi di daerah kawasan industri dan daerah perkotaan, dihasilkan dari sisa pembakaran batubara dan bahan bakar minyak (Chandra, 2007:80-81). Gas  $\text{SO}_2$  berbau tajam dan tidak mudah terbakar, konsentrasi gas  $\text{SO}_2$  di udara akan mulai terdeteksi oleh indera manusia (tercium baunya) manakala konsentrasinya berkisar antara 0,3 – 1 ppm. Gas buangan hasil pembakaran umumnya mengandung gas  $\text{SO}_2$  lebih banyak daripada gas  $\text{SO}_3$ , sumber pencemar yang berasal dari transportasi mobil bensin menghasilkan  $\text{SO}_x$  sebesar 0,6 % bagian, mobil diesel dan sepeda motor masing – masing 0,3 % bagian. Sumber pencemaran yang berasal dari pembakaran kayu tidak menghasilkan  $\text{SO}_x$  (Wardhana, 2004:47,50).

##### b. Indeks Asap

Indeks asap bervariasi dari hari ke hari dan bergantung perubahan iklim (Chandra, 2007:80-81).

##### c. Partikel Debu

Partikel merupakan pencemar udara berbentuk padatan yang dapat berada bersama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Debu merupakan aerosol berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara karena adanya hembusan angin (Wardhana, 2004:56-57). Partikel yang dihasilkan oleh transportasi mobil bensin sebesar 1,8% bagian, mobil diesel 1,0% bagian, dan sepeda motor sebesar 0,4% bagian. Partikel yang dihasilkan oleh pembakaran kayu sebesar 0,7% bagian (Wardhana, 2004:59).

##### d. Karbon monoksida (CO)

Dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar minyak oleh kendaraan bermotor, CO merupakan suatu komponen tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas  $-192^\circ\text{C}$ . Sumber pencemar

gas CO terutama berasal dari pemakaian bahan bakar fosil (minyak maupun batubara) pada mesin mesin penggerak transportasi (Wardhana, 2004:42).

e. Oksidan ( $O_3$ )

Oksidan, misalnya ozon ( $O_3$ ), dihasilkan akibat kerja sinar matahari terhadap asap pembuangan kendaraan bermotor (Chandra, 2007 : 80-81).

f. Nitrogen oksida

Nitrogen oksida ( $NO_x$ ) adalah kelompok gas yang terdiri dari gas nitrik oksida (NO) dan nitrogen dioksida ( $NO_2$ ). Sifat gas  $NO_2$  berbau tajam menyengat hidung dan berwarna kecoklatan, sedangkan gas NO tidak berbau dan tak berwarna. Kandungan  $NO_x$  yang bersumber dari mobil bensin sebesar 59% bagian, mobil diesel 0,2 % dan sepeda motor sebesar 1,8 bagian. Sumber pencemar yang berasal dari pembakaran kayu sebesar 1 % bagian (Wardhana, 2004:43).

g. Indikator Biologi

Indikator biologi yang sering digunakan untuk mengetahui kualitas udara pada suatu daerah ialah *lichen* (lumut kerak). Terdapat tiga jenis *lichen* sebagai indikator pencemaran udara yaitu *fruticose*, *foliose*, dan *crustose*. *Fruticose* merupakan jenis *lichen* yang paling sensitif terhadap pencemaran udara kemudian *foliose* dan jenis *crustose* masih sedikit mentoleransi pencemaran udara. Apabila di suatu daerah tidak terdapat *Fruticose* maka daerah tersebut dapat dikatakan tercemar, selain itu juga dapat diketahui melalui keanekaragaman, kerapatan dan akumulasi logam berat pada talusnya (Roziaty, 2016:58).

#### 2.1.5 Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Udara

Pencemaran udara yang terjadi di permukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu faktor meteorologi dan iklim serta faktor topografi (Chandra, 2007:36).

a. Kondisi Iklim dan Meteorologi

Beberapa faktor iklim dan meteorologi yang mempengaruhi pencemaran udara di atmosfer, yaitu :

- 1) Kelembaban: kelembaban udara relatif yang rendah (<60%) di suatu daerah tercemar SO<sub>2</sub> akan mengurangi efek korosif dari bahan kimia tersebut, sedangkan efek korosif SO<sub>2</sub> akan mengalami peningkatan pada kelembaban relatif lebih atau sama dengan 80% di daerah tercemar SO<sub>2</sub> (Mukono, 2008a:10).
  - 2) Suhu: apabila suhu di permukaan bumi mengalami penurunan, maka kelembaban udara relatif akan mengalami peningkatan. Keadaan tersebut akan menyebabkan efek korosif bahan pencemar di daerah dengan udara yang tercemar juga akan mengalami peningkatan. Selain itu, keadaan suhu tinggi juga dapat mempengaruhi peningkatan kecepatan reaksi suatu bahan kimia (Mukono, 2008a:11). Pergerakan mendadak lapisan udara dingin ke suatu kawasan industri dapat menyebabkan terjadinya temperatur/suhu inversi, keadaan demikian menyebabkan udara dingin akan tertangkap dan tidak dapat keluar dari kawasan tersebut dan konsentrasi polutan di kawasan tersebut semakin lama semakin tinggi akibat polutan tetap tertahan di lapisan permukaan bumi (Chandra, 2007:36).
  - 3) Arah dan kecepatan angin: kuatnya kecepatan angin akan menyebabkan polutan tersebar luas dan mencemari udara lain (Chandra, 2007:36).
  - 4) Pergerakan udara: pergerakan udara yang cepat dapat meningkatkan abrasi bahan bangunan (Mukono, 2008a:11).
- b. Kondisi Topografi
- Variabel-varibel yang termasuk di dalam faktor topografi yaitu:
- 1) Dataran rendah: angin cenderung membawa polutan terbang jauh ke seluruh penjuru dan dapat melewati batas negara lainnya.
  - 2) Dataran tinggi: sering terjadi temperatur inversi dan udara dingin yang terperangkap akan menahan polutan tetap di lapisan permukaan bumi.
  - 3) Lembah: aliran angin sangat sedikit dan tidak bertiup ke segala penjuru. Keadaan tersebut cenderung menahan polutan yang terdapat di permukaan bumi.

### 2.1.6 Baku Mutu Udara Ambien

Menurut Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara, baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Baku mutu udara ambien menurut Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan	
1	SO <sub>2</sub> (Sulfur Dioksida)	1 jam	900 µg / Nm <sup>3</sup>	Pararosanalin	Spektrofotometer	
		24 jam	365 µg / Nm <sup>3</sup>			
		1 tahun	60 µg / Nm <sup>3</sup>			
2	CO (Karbon Monoksida)	1 jam	30.000 µg / Nm <sup>3</sup>	NDIR	NDIR Analyzer	
		24 jam	10.000 µg / Nm <sup>3</sup>			
		1 tahun				
3	NO <sub>2</sub> (Nitrogen Dioksida)	1 jam	400 µg / Nm <sup>3</sup>	Saltzman	Spektrofotometer	
		24 jam	150 µg / Nm <sup>3</sup>			
		1 tahun	100 µg / Nm <sup>3</sup>			
4	O <sub>3</sub> (Oksida)	1 jam	235 µg / Nm <sup>3</sup>	Chemiluminescent	Spektrofotometer	
		1 tahun	50 µg / Nm <sup>3</sup>			
5	HC (Hidro Karbon)	3 jam	160 µg / Nm <sup>3</sup>	Flamed Ionization	Gas Chromatografi	
6	PM <sub>10</sub> (Partikel <10 mm)	24 jam	150 µg / Nm <sup>3</sup>	Gravimetri	Hi-Vol	
		24 jam	PM <sub>2,5</sub> (Partikel <2,5 mm)			65 µg / Nm <sup>3</sup>
			1 tahun			15 µg / Nm <sup>3</sup>
7	TSP (Debu)	24 jam	230 µg / Nm <sup>3</sup>	Gravimetri	Hi-Vol	
		1 tahun	90 µg / Nm <sup>3</sup>			
8	Pb (Timah Hitam)	24 jam	2 µg / Nm <sup>3</sup>	Gravimetri Ekstraktif	Hi-Vol	
		1 tahun	1 µg / Nm <sup>3</sup>			
9	Dustfall (Debu Jatuh)	30 hari	10 Ton/km <sup>2</sup> /Bulan (Pemukiman) 10 Ton/km <sup>2</sup> /Bulan ( Industri )	Gravimetri	Cannister	
10	Total Fluorides (as F)	24 jam	3 µg / Nm <sup>3</sup>	Specific Ion Electrode	Impringer atau Continous Analyzer	
		90 hari	0,5 µg / Nm <sup>3</sup>			

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
11	Flour indeks	30 hari	40 $\mu\text{g}$ / 100 $\text{cm}^2$ dari kertas <i>limed filter</i>	<i>Colourimetric</i>	<i>Limited Paper</i> Filter
12	Klorin & Klorin dioksida	24 jam	150 $\mu\text{g}$ / $\text{Nm}^3$	<i>Spesific Ion Electrode</i>	<i>Impringer atau Continous Analyzer</i>
13	Sulfat indeks	30 hari	1 mg $\text{SO}_3$ / 100 $\text{cm}^3$ dari <i>lead peroksida</i>	<i>Colourimetric</i>	<i>Lead Peroxida Candle</i>

### 2.1.7 Dampak Pencemaran Udara

#### a. Dampak terhadap Lingkungan

Dampak yang ditimbulkan oleh bahan pencemar terhadap lingkungan menurut Mukono (2008a:11) antara lain:

- 1) Dampak terhadap kondisi fisik atmosfer: mempengaruhi struktur dari awan, gangguan jarak pandang (*visibility*), memberikan warna tertentu pada atmosfer, mempercepat pemanasan atmosfer, mempengaruhi keasaman air hujan.
- 2) Dampak terhadap vegetasi: perubahan morfologi, kerusakan pigmen dan fisiologi sel tumbuhan terutama pada daun, mempengaruhi pertumbuhan vegetasi dan proses reproduksi tanaman, mempengaruhi komposisi komunitas tanaman, dapat terjadi akumulasi bahan pencemar pada vegetasi tertentu, misalnya lumut kerak dan mempengaruhi kehidupan serta morfologi vegetasi tersebut.
- 3) Dampak terhadap estetika: adanya lapisan debu pada bahan yang mengakibatkan perubahan warna permukaan bahan dan dapat mengakibatkan kerusakan bahan tersebut dengan mudah.

#### b. Dampak terhadap Kesehatan

Pencemaran udara berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat, terutama pada saluran pernapasan. Secara umum efek pencemaran udara terhadap saluran pernapasan dapat menyebabkan terjadi beberapa hal, yaitu (Mukono, 2008a:23):

- 1) Iritasi pada saluran pernapasan, kondisi ini dapat menyebabkan pergerakan silia menjadi lambat hingga terhenti, sehingga silia tidak dapat berfungsi untuk membersihkan saluran pernapasan.
- 2) Peningkatan produksi lendir akibat iritasi oleh bahan pencemar, yang dapat menyebabkan penyempitan saluran pernapasan.
- 3) Rusaknya sel pembunuh bakteri di saluran pernapasan.
- 4) Merangsang pertumbuhan sel dan pembengkakan saluran pernapasan, sehingga saluran pernapasan menjadi menyempit.
- 5) Lepasnya lapisan sel selaput lendir dan silia, keadaan ini akan menyebabkan terjadinya kesulitan bernapas.

Pencemaran udara dapat menyebabkan terjadinya radang paru dan jika berlangsung terus-menerus dapat mengakibatkan kelainan faal paru obstruktif, yaitu penyakit paru obstruktif kronik (PPOK). Tampak adanya hubungan langsung antara tingginya bahan pencemar  $\text{SO}_2$  dan partikel debu dengan penderita bronkitis dan emfisema. Tingginya kadar bahan partikel debu diikuti juga dengan semakin tinggi konsentrasi gas  $\text{SO}_2$ , sehingga semakin sulit membedakan efek dari kedua bahan tersebut. Dapat dikatakan bahwa kedua bahan tersebut bekerja secara sinergi untuk menghambat pergerakan silia, sehingga mendorong bahan partikel lebih banyak masuk ke paru (Mukono, 2008a:23).

## 2.2 Gangguan Faal Paru

Gangguan faal paru dapat diketahui dengan melakukan uji fungsi paru yang pada dasarnya dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerja pernapasan seseorang dalam mengatasi kedua resistensi yang mempengaruhi kerja pernapasan sehingga dapat menghasilkan fungsi ventilasi yang optimal. Kedua resistensi yang dimaksud adalah resistensi elastik dan nonelastik, resistensi elastik merupakan resistensi yang dihasilkan dari sifat elastis paru (tegangan permukaan cairan yang membatasi alveolus dan serabut elastis di seluruh paru), dan rongga toraks (kemampuan meregang pada otot, tendon dan jaringan ikat). Resistensi nonelastik merupakan resistensi yang dihasilkan dari gesekan aliran udara dalam saluran napas

dengan jumlah kecil, yang juga disebabkan karena viskositas jaringan paru (Uyainah., *et al.* 2014:35).

Parameter yang digunakan untuk menilai kemampuan kerja pernapasan dalam mengatasi kedua resistensi yaitu volume paru yang meliputi volume statis dan volume dinamik (Harahap dan Endah. 2012:305; Uyainah., *et al.* 2014:35).

a. Volume statis merupakan volume paru yang menggambarkan kemampuan kerja pernapasan dalam mengatasi resistensi elastik, adapun volume statis paru adalah sebagai berikut (Uyainah., *et al.* 2014:35-36):

- 1) Volume tidal (TV), merupakan jumlah udara yang dihirup atau dikeluarkan pada setiap kali bernapas dalam keadaan istirahat.
- 2) Volume cadangan inspirasi (IRV), merupakan jumlah udara yang dapat dihirup (diinspirasi) secara paksa setelah inhalasi volume tidal normal.
- 3) Volume cadangan ekspirasi (ERV), merupakan jumlah udara yang dapat dikeluarkan (diekspirasi) secara paksa setelah inhalasi volume tidal normal.
- 4) Volume residu (RV), merupakan jumlah udara yang tersisa atau tertinggal di dalam paru setelah ekspirasi paksa.
- 5) Kapasitas paru total (TLC), merupakan hasil dari penjumlahan TV, IRV, ERV, dan RV yaitu dengan kata lain jumlah udara maksimal yang dapat dimasukkan ke dalam paru setelah inspirasi maksimal.
- 6) Kapasitas vital (VC), merupakan jumlah udara maksimal yang dapat dikeluarkan (diekspirasi) setelah inspirasi maksimal, dengan penjumlahan TV, IRV, ERV, hasil normal VC adalah 80% dari TLC.
- 7) Kapasitas inspirasi (IC), merupakan jumlah udara maksimal yang dapat dimasukkan ke dalam paru setelah ekspirasi normal (TV+IRV).
- 8) Kapasitas residu fungsional (FRC), merupakan udara yang tersisa atau tertinggal dalam paru setelah proses ekspirasi volume tidal normal (ERV+RV).

b. Volume dinamis, meliputi:

- 1) Volume ekspirasi paksa pada detik pertama/*force expiration volume* (FEV<sub>1</sub>), yaitu jumlah volume udara yang dapat diekspirasi (dikeluarkan)

sebanyak- banyaknya dalam 1 detik pertama pada waktu ekspirasi maksimal setelah inspirasi maksimal.

- 2) *Maximal Voluntary Ventilation* (MVV), yaitu jumlah udara yang dapat diekspirasi (dikeluarkan) secara maksimal dalam 2 menit dengan bernafas cepat dan dalam secara maksimal.

### 2.2.1 Uji Faal Paru

Uji faal paru merupakan istilah umum untuk mengukur fungsi paru dengan menggunakan peralatan sederhana. Salah satu alat paling sering digunakan untuk melakukan uji faal paru yaitu spirometri. Dengan menggunakan spirometri dapat dihasilkan pengukuran volume inspirasi dan ekspirasi individu dengan cara membandingkan hasil yang didapat dengan nilai normal populasi individu sehat. Spirometri berguna untuk menilai kegagalan fungsi paru, dan menentukan jenis-jenis penyakit paru yang berbeda. Pada spirometri modern akan didapat nilai volume paru mekanik yang meliputi volume ekspirasi paksa detik pertama ( $FEV_1$ ) dan *Maximal Voluntary Ventilation* (MVV) (Harrianto, 2009:100,104).

Untuk mendapatkan kalkulasi nilai respirasi berdasarkan nilai yang diprediksi dan nilai yang sebenarnya didapat dari hasil pemeriksaan, maka biasanya diperlukan data dasar pasien untuk diinput dalam spirometer sebelum penggunaannya. Data dasar tersebut biasanya mencakup usia pasien, tinggi badan, berat badan dan jenis kelamin (Francis, 2011:227-228).

Interpretasi hasil pemeriksaan faal paru dengan menggunakan spirometri adalah sebagai berikut:

- a. Fungsi paru normal

Pada keadaan normal  $FEV_1 > 80\%$  nilai prediksi dan  $FEV_1/FVC > 75\%$  nilai prediksi (Harrianto, 2009:104).

- b. *Obstructive Ventilatory Defects* (OVD)

Pada keadaan ini saluran napas terjadi penyempitan dan gangguan aliran udara di dalamnya, sehingga mempengaruhi kerja pernapasan dalam mengatasi resistensi nonelastik dan bermanifestasi pada penurunan volume dinamik. Hasil

pengukuran pada kasus penyakit paru obstruktif yaitu  $FEV_1$  berkurang lebih banyak dibandingkan dengan FVC sehingga juga terjadi penurunan rasio  $FEV_1/FVC$  (Uyainah, 2014:37, Harrianto, 2009:104).

c. *Restrictive Ventilatory Defects* (RVD)

Pada gangguan restriktif paru terjadi hambatan dalam pengembangan paru sehingga akan mempengaruhi kerja pernapasan dalam mengatasi resistensi elastik dan bermanifestasi pada penurunan volume statik. Hasil pemeriksaan pada kasus penyakit paru restriktif yaitu terjadinya penurunan atau pengurangan sedikit pada  $FEV_1$  dan FVC, sehingga rasio  $FEV_1/FVC$  dapat kembali normal atau meningkat (Uyainah, 2014:37, Harrianto, 2009:104).

d. *Mixed* (kombinasi obstruktif dan restriktif)

Merupakan suatu gangguan fungsi paru yang juga terjadi oleh proses patologi sehingga mengurangi volume paru, kapasitas vital dan aliran, keadaan ini juga melibatkan saluran napas. Indikasi obstruktif saluran napas dapat diketahui dari  $FEV_1/FVC$  (%) yang rendah dan sedangkan indikasi restriktif dapat diketahui oleh kecilnya volume paru (Rahmatullah dalam Ahadiansyah, 2017:27).

Tabel 2. 3 Klasifikasi Gangguan Faal Paru

Klasifikasi	Pengukuran
Normal	$FVC > 80\%$ nilai prediksi untuk semua umur. $FEV_1/FVC > 75\%$
Restriksi	$FVC < 80\%$ , $FEV_1 > 75\%$ nilai prediksi a. Restriksi ringan : $FVC 60\%-80\%$ b. Restriksi sedang: $FVC 30\%-59\%$ c. Restriksi berat : $FVC > 30\%$
Obstruksi	$FVC > 80\%$ , $FEV_1 \leq 75\%$ nilai prediksi a. Obstruksi ringan : $FEV_1/FVC 60-75\%$ b. Obstruksi sedang : $FEV_1/FVC 40-59\%$ c. Obstruksi berat : $FEV_1/FVC < 40\%$
Kombinasi	$FVC < 80\%$ , $FEV_1 < 80\%$ nilai prediksi

Sumber: *American Thoracic Society* dalam Ahadiansyah (2017:27)

### 2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Gangguan Faal Paru

Adapun faktor yang mempengaruhi terjadinya gangguan faal paru pada masyarakat yaitu:

#### a. Umur

Semakin bertambahnya umur seseorang maka semakin besar kemungkinan fungsi paru mengalami penurunan. Fungsi paru semakin besar pada fase anak hingga umur 22-24 tahun karena terjadi pertumbuhan paru, dan kemudian menurun secara perlahan hingga pada umur 30 tahun telah terlihat adanya penurunan. Nilai fungsi paru pada individu tiap tahunnya mengalami penurunan rerata sekitar 20 ml (Rahmatullah dalam Ahadiansyah, 2017:29).

#### b. Lama paparan

Kontak yang lama pada lingkungan yang mengandung bahan polutan di udara akan mengakibatkan organ saluran napas mengalami stress berat yang berpotensi mudah dalam menimbulkan berbagai jenis penyakit paru dan saluran napas. Semakin lama paparan berlangsung dan konsentrasi partikel dalam udara yang semakin tinggi maka akan meningkatkan jumlah partikel yang mengendap di paru. Masyarakat yang tinggal di lingkungan dengan kadar debu tinggi dalam waktu lama memiliki risiko yang lebih besar terkena penyakit paru obstruktif (Harrianto, 2009:86, Hyatt dalam Ahadiansyah, 2017:29).

#### c. Polusi Udara

Polusi udara terdiri dari polusi dalam ruangan (*indoor*) seperti asap rokok, asap kayu bakar, asap kompor, asap obat nyamuk bakar, briket batu bara, dan lain-lain, dan polusi di luar ruangan (*outdoor*) yaitu seperti gas buang kendaraan bermotor, gas buang industri, debu jalanan, kebakaran hutan, gunung meletus, dan lain-lain. Polusi udara mempunyai pengaruh buruk pada VEP<sub>1</sub>. Cadmium, Zinc dan debu serta bahan asap pembakaran/pabrik/tambang merupakan inhalan yang paling kuat menyebabkan PPOK. Cara masak tradisional pada masyarakat di negara dengan *income* rendah yang sebagian besar menggunakan minyak tanah dan kayu bakar, juga memberi kontribusi terhadap kejadian PPOK dan penyakit kardio *respiratory*, khususnya pada perempuan yang tidak merokok (Kepmenkes RI, 2008:14; Oemiati, 2013:85).

#### d. Status Gizi

Status gizi dapat dinilai melalui perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT), menurut penelitian Sammurijal (dalam Taufiq, 2007:39) disebutkan bahwa IMT >30,00 merupakan salah satu faktor risiko yang diperkirakan berperan terhadap gangguan faal paru.

Nilai IMT dapat diketahui melalui perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$IMT = \frac{\text{Berat Badan (Kg)}}{\{\text{Tinggi Badan (m)}\}^2}$$

Kategori IMT yang ditentukan merujuk ketentuan FAO atau WHO, kategori IMT untuk Indonesia adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Kategori Indeks Massa Tubuh (IMT)

IMT	Kategori
< 17,00	<i>Underweight</i> (Kekurangan berat badan tingkat berat)
17,00-18,5	Kurus (Kekurangan berat badan tingkat ringan)
18,51-25,5	Normal
25,1-27,0	<i>Overweight</i> (Kelebihan berat badan tingkat berat)
>27	Obesitas (Kelebihan berat badan tingkat ringan)

Sumber : Supriasa (2002:18)

#### e. Kebiasaan Merokok

Perokok aktif dapat mengalami hipersekresi mukus dan obstruksi jalan napas kronik, diketahui terdapat hubungan antara penurunan volume ekspirasi pada detik pertama (VEP<sub>1</sub>) dengan jenis, jumlah dan lamanya merokok. Perokok pasif juga menyumbang terhadap gejala gangguan saluran napas dan PPOK dengan peningkatan kerusakan paru-paru akibat menghirup partikel dan gas-gas berbahaya. Pada orang dengan fungsi paru normal dan tidak merokok mengalami penurunan FEV<sub>1</sub> 20 ml pertahun, sedangkan pada orang yang merokok (perokok) akan mengalami penurunan FEV<sub>1</sub> lebih dari 50 ml pertahunnya (Oemiati, 2013:84-86).

### 2.3 Biomonitoring

Biomonitoring merupakan metode sistematis untuk mengukur dan mengevaluasi perubahan dalam lingkungan dengan menggunakan respon biologi. Istilah biomonitoring dipakai sebagai alat atau cara yang penting dan merupakan

metode baru untuk menilai suatu dampak pencemaran lingkungan. Biomonitor dilakukan dengan pemantauan keadaan lingkungan melalui pengulangan secara teratur menggunakan bioindikator (Mukono, 2010:90; Lodenius, 2013:114). Suatu organisme (tumbuhan) mampu menjadi suatu instrumen pengukuran yang disebut sebagai bioindikator. Bioindikator adalah salah satu istilah untuk menggambarkan pendekatan dalam mempelajari respons biologis terhadap polusi udara. Organisme biologis yang digunakan sebagai bioindikator dapat memberikan informasi dan menunjukkan kualitas atau kondisi yang sebenarnya pada suatu lingkungan (Roziaty, 2016:771; Lodenius, 2013:114).

Biomonitoring ditinjau dari kategori minat komunitas pakar dalam pengembangan teknik operasional dikenal sebagai (Komarawidjaja dan Titiresmi, 2006:145-146) :

- a. *Bioassessments study*, yaitu pengukuran langsung terhadap suatu komunitas, melakukan pendalaman komunitas termasuk fungsi dan struktur komunitas.
- b. *Toxicity bioassays*, yaitu melakukan kegiatan pengujian di laboratorium dan menganalisa efek polutan terhadap bentuk bentuk kehidupan (flora dan fauna).
- c. *Behavioral bioassays*, yaitu mengkaji efek subletal terhadap flora dan fauna uji, sebagai dasar upaya peringatan dini (*early warning system*).
- d. *Bioaccumulation study*, yaitu melakukan kajian dosis kontaminan yang diserap flora dan fauna uji.

#### 2.4 *Lichen*

*Lichen* atau lumut kerak adalah asosiasi simbiotik yang tersusun atas berjuta-juta mikroorganisme fotosintetik (*fotobion*) yang bersatu dalam jaringan hifa fungi (*mikobion*) (Campbell, 2003:876). *Lichen* adalah organisme komposit yang terdiri dari jamur dan satu atau lebih alga yang hidup bersama dalam asosiasi simbiosis, pasangan alga menghasilkan nutrisi penting bagi pasangan jamur melalui fotosintesis, sementara mitra jamur memberikan dukungan mekanis kepada pasangan alga. Jamur menyediakan kelembaban dan tempat berlindung bagi sel

alga yang memungkinkan mereka hidup bahkan di tempat yang tidak cocok untuk pertumbuhannya. Sel alga memberi nutrisi pada sel jamur, jamur menembus sel-sel pasangannya dengan hifa khusus dan pendek yang menyerap makanan yang dihasilkan oleh fotosintesis (Shukla *et al*, 2014:1-2; Onete, 2009:14)

Dalam hal ini kedua pasangan memiliki keuntungan. *Mycobiont* memiliki dua peran utama dalam simbiosis *lichen* yaitu untuk melindungi alga dari paparan sinar matahari yang intens dan pengeringan dan menyerap nutrisi mineral dari udara atau dari bekas kontaminan atmosfer. *Photobiont* juga memiliki dua peran yaitu mensintesis nutrisi organik dari karbon dioksida dan menghasilkan amonium (dan kemudian senyawa nitrogen organik) dari gas N<sub>2</sub>, dengan fiksasi nitrogen. Dengan demikian, melalui simbiosis *lichen*, fotobion dapat terlindungi dan dapat tumbuh dalam kondisi di mana mereka tidak dapat tumbuh sendiri. Fotobion juga mendapat manfaat dari penggunaan nutrisi mineral yang sangat efisien oleh jamur, dan jamur mendapatkan glukosa dan nitrogen organik dari pasangan fotosintetik, karena hubungan tersebut *lichen* dapat tumbuh di lingkungan yang kekurangan nutrisi organik dan kondisi yang ekstrem (Rankovic, 2015:2).

*Lichen* memiliki sifat *poikilohydric* untuk bertahan dalam berbagai kondisi iklim karena mereka tidak memiliki mekanisme untuk mencegah pengeringan. *Lichen* mengering dan tidak aktif saat lingkungannya mengering, tetapi bisa *rehydrate* saat air tersedia kembali (*dormant*). *Lichen* biasanya menyerap air secara langsung melalui permukaan tubuh mereka dengan aerosol, kabut dan uap air. *Lichen* ditemukan sangat luas di alam, mulai dari gurun pasir sampai daerah Kutub Utara, tumbuh di tanah kosong, batang pohon, batuan, dll. *Lichen* tumbuh sangat lambat, seringkali kurang dari satu milimeter per tahun, dan beberapa diantaranya diperkirakan menjadi salah satu organisme hidup tertua di bumi (Shukla *et al*, 2014:2-3; Onete, 2009:14).

Bagian utama *lichen* adalah talus, keberadaan talus dapat terangkat atau tegak lurus dari substratnya, terjumbai, tergantung atau juga dapat terlihat melekat kuat atau tidak pada substrat. Sekitar 85% *lichen* bersimbiosis dengan ganggang hijau, sekitar 10% alga hijau biru dan / atau *Cyanobacteria* sebagai simbion, dan kurang dari 5% alga hijau sebagai simbion utama dan alga hijau-biru sebagai simbion

sekunder. Jamur *lichen* biasanya merupakan anggota *Ascomycota* dan sebagian kecil *Basidiomycota*, sehingga biasanya disebut *Ascolichens* dan *Basidiolichens*. *Lichen* tidak memiliki epidermis, stomata dan *cutin waxy*, sehingga *lichen* tidak memiliki kontrol terhadap pertukaran gas seperti tanaman vaskular (Shukla *et al*, 2014:2; Larcher dalam USDA, 1993:1).

#### 2.4.1 Struktur Morfologi dan Anatomi *Lichen*

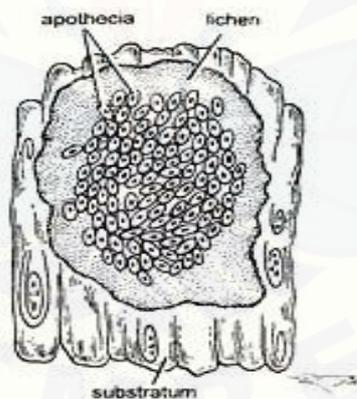
Tubuh *lichen* dinamakan talus yang secara vegetatif mempunyai kemiripan dengan alga dan jamur. Talus merupakan nama atau sebutan yang diberikan pada tubuh tanaman vegetatif yang tidak dibedakan menjadi daun, batang dan akar. Bagian tubuh yang memanjang secara seluler dinamakan hifa. Hifa merupakan organ vegetatif dari talus atau miselium yang biasanya tidak dikenal pada jamur yang bukan *lichen*. Hifa *mycobiont* adalah septate, bercabang dan tipis atau tebal berdinding dan memiliki satu atau tiga septate. Alga sebagian besar ditemukan berada pada bagian permukaan dari talus. Penampilan morfologis talus tidak seperti perpaduan dua simbiosis dan fisiologis, talus tampak sebagai satu unit biologis otonom tunggal (Shukla *et al*, 2014:2).

##### a. Morfologi *Lichen*

Talus memiliki warna yang beraneka macam yaitu mulai dari abu-abu atau abu-abu kehijauan. Beberapa spesies ada yang berwarna kuning, orange, coklat atau merah dengan habitat yang bervariasi. Beberapa warna ini karena pigmen, yang lainnya bersifat struktural yang disebabkan oleh perbedaan hamburan cahaya tampak. Talus putih atau abu-abu memiliki permukaan yang ditutupi dengan sekresi hifa yang secara selektif membiaskan cahaya, sementara ujung hifa kortikal yang menonjol bertanggung jawab atas penampilan warna putih susu pada beberapa spesies. Serbuk partikel halus yang sangat kecil yang dikenal sebagai pruina, ditemukan pada banyak spesies, pruina memberikan rona kebiruan atau pada lobus dan cakram *apothecial* (Gilbert, 2010:76). Berdasarkan morfologi talusnya *lichen* dibedakan menjadi empat macam yaitu:

### 1) *Crustose Lichen*

Mempunyai talus dengan ukuran bervariasi namun dominan berukuran kecil, datar, tipis dan selalu melekat erat pada permukaan batu, kulit pohon ataupun tanah, pada umumnya memiliki bentuk askokarp yang hampir sama. *Lichen* jenis ini sulit untuk dicabut tanpa merusak bagian substratnya. *Lichen crustose* disebut endolitik apabila talus tumbuh terbenam di dalam batu dan hanya bagian tubuh buahnya yang terdapat di permukaan, dan apabila tumbuh di bawah kutikula daun atau batang disebut dengan endoploidik/endioidal (Muzayyinah dalam Roziaty, 2016:58; Budel, 2008:41). Sebagian kecil *Crustose* memiliki korteks bawah, korteks bawahnya berhubungan langsung dengan substrat seperti potongan kulit kayu, batu, atau tanah. Sebagian besar *lichen crustose* tumbuh secara langsung di permukaan substrat dan disebut episubstratis, sementara sebagian kecil tumbuh di lapisan bawah yang disebut endosubstrat. Talus episubstratis terdiri dari bagian seperti kerak atau menempel pada bagian bawah substrat dengan hifa dan tidak dapat terlepas tanpa dirusak. Pertumbuhan radial tahunan pada *crustose* yaitu 1,00 mm (Tripp, 2016:12; Shukla *et al*, 2014:4).



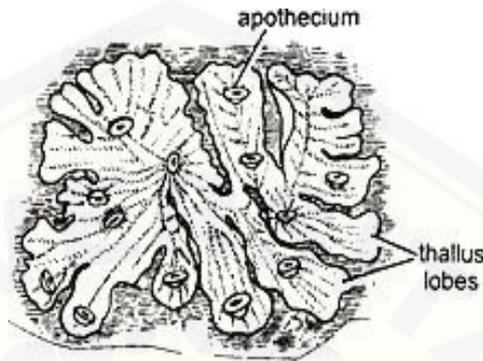
(Sumber : Astitva, Tanpa Tahun)

Gambar 2. 1 *Crustose Lichen*

### 2) *Foliose Lichen*

*Lichen foliose* memiliki bagian atas dan bagian bawah yang berbeda, permukaan bawah berwarna lebih terang dan pada bagian tepi talusnya biasanya menggulung ke atas. Memiliki struktur seperti daun yang bentuknya tersusun oleh lobus – lobus dan relatif lebih longgar melekat pada bagian substratnya, bentuk

talus *foliose* datar dan sedikit lebar, tampak terdapat banyak lekukan seperti daun yang mengkerut. *Lichen* jenis ini sering ditemukan melekat pada batu, ranting dengan *rhizines* yang berfungsi sebagai alat untuk melakukan absorpsi makanan (Budel, 2008:43; Muzayyinah dalam Roziaty, 2016:58).

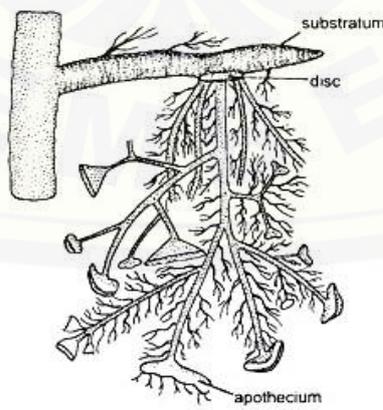


(Sumber : Astitva, Tanpa Tahun)

Gambar 2. 2 *Foliose Lichen*

### 3) *Fruticose Lichen*

Talus *fruticose* hanya menempati bagian dasar dengan cakram bertingkat. *Lichen* jenis ini lebih sering tumbuh pada batu-batuan, daun dan cabang pohon. Bentuk talus tampak seperti semak yang memiliki banyak cabang dengan bentuk seperti rambut berbentuk tali atau pita. Talus tersebut tampak selalu menonjol dari permukaan substrat, tumbuh tegak atau menggantung pada batu, dedaunan atau cabang pohon (Budel, 2008:46; Muzayyinah dalam Roziaty, 2016:58).



(Sumber : Astitva, Tanpa Tahun)

Gambar 2. 3 *Fruticose Lichen*

#### 4) *Squamulose Lichen*

Bentuk pertumbuhan squamulosa merupakan bentuk pertumbuhan antara *foliose* dan *crustose*. *Lichen* jenis ini memiliki struktur askopak yang disebut podetia dan tidak memiliki *rhizine*, serta memiliki lobus seperti sisik yang disebut squamulus dengan ukuran lebih kecil dan saling bertindih (Tripp, 2016:12).

#### b. Anatomi *Lichen*

Bagian vegetatif atau non-seksual dari tubuh *lichen* disebut talus dan umumnya terdiri dari empat lapisan. Lapisan atas dan bawah terdiri dari korteks dan terdiri dari hifa jamur padat. Korteks bagian atas adalah tempat banyak pigmen aksesori yang memberi warna pada *lichen* dan memiliki fungsi pelindung dan dapat menggabungkan pori-pori untuk memudahkan pertukaran gas. Tepat di bawah korteks bagian atas terdapat lapisan *photobiont*, yang bervariasi dari terang ke hijau gelap sampai oranye sampai biru, tergantung pada jenis fotobion. Lapisan di bawah *photobiont* disebut medula, biasanya berwarna putih cerah pada penampang melintang (tapi bisa berpigmen terang pada beberapa spesies, seperti *Vulpicia pinastri* memiliki medula kuning cerah) dan terdiri dari hifa jamur longgar yang tersusun teratur di bawah medula. Medula bertindak sebagai reservoir untuk air dan tempat penyimpanan karbohidrat yang dihasilkan oleh alga, hal ini dilakukan dengan proses difusi untuk menghasilkan glukosa terlarut (oleh *Cyanobacteria*) atau poliol (ganggang hijau) dan kemudian disimpan sebagai gula alkohol yang dapat bermanfaat bagi *lichen* dalam cuaca dingin dengan cara bertindak antibeku (Tripp, 2016:7; Gilbert, 2010:61).

Pada bagian bawah medula terdapat lapisan korteks bawah, korteks bagian bawah seringkali sangat berpigmen, tidak seperti korteks bagian atas. Kemampuannya sangat baik untuk menyerap air secara langsung. Korteks bawah *lichen* dibedakan berdasarkan warna, tekstur dan adanya struktur lampiran seperti rimpang, yang berfungsi sebagai pelekat ke substratnya dan ini merupakan ciri khas dari banyak *lichen foliose*. Tidak semua korteks *lichen* dibedakan menjadi korteks bagian atas dan bawah dan tidak semua spesiesnya memiliki kedua bagian korteks tersebut. Sebagian besar *lichen frutikosa* hanya memiliki satu jenis korteks, yaitu korteks bagian atas tidak terdiferensiasi dari korteks bagian bawah, sedangkan

sebagian kecil *crustose lichens* memiliki korteks bawah. *Lichen foliose* memiliki korteks bagian atas dan bawah yang terdiferensiasi dengan baik, namun sejumlah kecil *lichen foliose* diketahui memiliki permukaan yang *ecorticate* (seperti spesies *crustose*) (Tripp, 2016:8).

#### 2.4.2 Klasifikasi *Lichen*

*Lichen* yang tersebar di dunia selain dibedakan berdasarkan tipe talus penyusunnya, *lichen* juga diklasifikan berdasarkan habitat/substrat tempat hidup dan diklasifikasikan berdasarkan tingkat genus *lichen* sebagai berikut :

##### a. Klasifikasi *Lichen* berdasarkan Habitat / Substrat

*Lichen* berdistribusi di seluruh dunia dan ada pada setiap habitat yang mungkin ditumbuhinya. *Lichen* tumbuh di berbagai substrat, substrat alam yang umum digunakan sebagai tempat berkoloni dan tumbuh dengan sukses mencakup semua kategori yaitu batu, pepohonan, tanah, kayu dan daun. Berdasarkan substrat pertumbuhannya, *lichen* dibedakan menjadi tiga kategori (Shukla *et al*, 2014:2-3):

- 1) *Saxicolous*, merupakan *lichen* yang biasanya hidup di batu/cadas pada suhu dingin, contohnya yaitu pada spesies *Acarospora ceruina*, *A. fuscata*, *Aspicillia corcota*.
- 2) *Corticulous*, merupakan *lichen* yang hidup di pohon yang berperan sebagai epifit, kebanyakan ditemukan di daerah tropis dan subtropis dengan kelembaban tinggi, contohnya yaitu *Usnea articulata*, *U. ceranita*, *U. hirta* dan *Artaria radiata*.
- 3) *Terriculous*, merupakan *lichen* yang hidup di permukaan tanah. Contoh *Lichen* jenis ini yaitu *Cladonia ciliata*, *C. squamosa*, *C. uncialis*, *Peltigera canina*, *P. didactyla*, dan *Leptogium britannicum*.

##### b. Klasifikasi *Lichen* berdasarkan Genus

Adapun beberapa klasifikasi *lichen* berdasarkan tingkatan genus, adalah sebagai berikut:

1) Genus *Cetraria*

Anggota genus ini umumnya ditemukan di pohon, meski terkadang ditemukan di bebatuan atau bahkan di tanah. Warna pada permukaan atas berwarna kuning cerah, kuning kehijauan, atau coklat. Talus luas dan seperti daun atau semak (*fruticose*) dengan saluran cabang, lobus rata dan luas. Pertumbuhan mirip akar pada permukaan bawah. Rambut halus (*silia*) sering ditemukan dan terkadang sangat banyak. *Apothecia* berukuran sedang atau besar yang melekat pada atau di dekat tepi lobus. Contoh spesies *Cetraria ericetorum*, *Cetraria islandica* (Marshall, 1919:79).



(a) *Cetraria ericetorum*



(b) *Cetraria islandica*

Gambar 2. 4 Spesies Genus *Cetraria* (Sumber : Vries, 2008:7; Cannon, Tanpa Tahun)

2) Genus *Usnea*

Talus berbentuk seperti semak (*fruticose*) atau terjumbai, berwarna hijau keabu-abuan, hingga kehijauan-putih, terkadang berwarna kekuning-kuningan. Tempat hidup yaitu di pohon, contoh *Usnea substrerilis/ Usnea stuppea* (Marshall, 1919:80).



(Sumber : Vries, 2008:17)

Gambar 2. 5 Spesies Genus *Usnea*: *Usnea substrerilis/ Usnea stuppea*

3) Genus *Thelochistes*

Talus berbentuk seperti daun (*foliose*) atau bersisik, biasanya berwarna kuning, badan buah (*apothecia*) berwarna kuning dan seperti perisai (*scutellaform*). Spora tidak berwarna, *ellipsoid*, sederhana, atau dengan ujung yang terbagi oleh partisi (polar-bilokular). Tempat hidup di pohon dan batu, contoh spesies *The Yellow Wall-lichen*, *Thelochistes parietinus* (*Xanthoria parietina*) (Marshall, 1919:81).



(Sumber : Parriss, 2009)

Gambar 2. 6 Spesies Genus *Thelochistes* : *Thelochistes parietinus*

4) Genus *Parmelia*

*Parmelia* biasanya tumbuh tergelar secara horizontal seperti lembaran daun, berwarna abu-abu, biru kehijauan, coklat tua, atau coklat dengan sedikit warna hijau. Merupakan tipe talus foliose, dengan bentuk yang hampir bulat. *Lichen* melekat erat dengan *rhizoid* hitam di bebatuan dan pepohonan dan bercabang dengan lobus yang jelas. Contoh spesies: *Parmelia sulcata*, *Parmelia squarrosa*, *Parmelia saxatilis*, dll (Marshall, 1919:81).



(Sumber : Sharnoff, Tanpa Tahun)

Gambar 2. 7 Spesies Genus *Parmelia*: *Parmelia squarrosa*

#### 5) Genus *Physcia*

Bagian vegetatif (talus) genus *Physcia* berbentuk seperti daun, seperti bintang, atau kadang-kadang dengan pembagian linier yang sempit, di bagian bawah memiliki serat dengan panjang yang bervariasi. Talusnya berbentuk *foliose*, berwarna abu-abu, percabangannya lebih halus dari *Parmelia* yang hampir lekat dengan substrat dan agak membuldar. Contoh spesies yaitu *Physcia phaea* (Marshall, 1919:84).



(Sumber : Kitsun, Tanpa Tahun)

Gambar 2. 8 Species Genus *Physcia* : *Physcia phaea*

#### 2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Lichen*

Iklim mikro memainkan peran penting dalam kolonisasi *lichen* pada substrat tersebut. Faktor lingkungan termasuk curah hujan, cahaya dan kondisi teduh, polusi, kelembaban dan arus angin menunjukkan dampak nyata pada keragaman *lichen* suatu daerah.

##### a. Sinar Matahari

Cahaya merupakan faktor ekologis yang penting bagi jamur penyusun *lichen*, jamur tersebut bergantung pada hubungan simbiosis dengan pasangan fotobion autotropiknya. Jumlah cahaya yang diterima oleh *photobiont* selama periode hidrasi talus dapat menentukan pertumbuhan *lichen*. Variasi dalam kejadian sinar matahari memunculkan kondisi terang dan teduh, sinar matahari terang dan suhu tinggi memiliki efek menghambat pertumbuhan *lichen* (Shukla *et al*, 2014:17).

##### b. Temperatur dan Kelembaban

Banyak *lichen* mampu menahan suhu tinggi di daerah tropis karena daerah tersebut memiliki kadar air dan curah hujan yang tinggi. Ahmadjian (1973:43)

menyatakan bahwa kondisi lingkungan yang optimal bagi *lichen* untuk melakukan fotosintesis adalah dikisaran 400 lux - 7000 lux untuk intensitas cahaya, kurang dari 45°C untuk temperatur, dan kisaran 20%-60% untuk kelembaban. Keanekaragaman *lichen* di daerah tropis sebagian besar bersifat *corticolous*. Kandungan air yang tercermin dari kelembaban dan kekeringan mempengaruhi keragaman *lichen*. Daerah tropis semi lembab yang memiliki hujan musiman dapat memberikan kondisi yang menguntungkan bagi anggota Lichiniaceae yang mempertahankan kelembaban untuk jangka waktu yang lebih lama. *Lichen foliose* dan *fruticose* tumbuh dengan subur di daerah suhu lembab, hujan kadang-kadang terputus-putus, sedangkan pada kondisi padang pasir yang tidak terjadi hujan dan kondisi kering, *lichen* menunjukkan pertumbuhan yang buruk. Hanya spesies *crustose* yang menyusun flora di daerah tersebut (Shukla *et al*, 2014:17).

Hasil peneliti terdahulu dengan mengukur pertumbuhan diameter *R. geographicum* diteliti di 47 lokasi yang mencakup 18 gletser di selatan Norwegia, diketahui bahwa pertumbuhan tahunan berkorelasi dengan suhu rata-rata dan suhu rata-rata musim dingin namun tidak dengan suhu musim panas (Trenbirth dan Mathews dalam Upreti *et al*, 2015:4-5).

### c. Polusi

Meskipun banyak *lichen* ditemukan di perkotaan dalam 20 tahun terakhir, area yang berpolusi memiliki keragaman *lichen* yang jauh lebih rendah daripada lokasi di pedesaan, hal tersebut menjadi bukti pengaruh kuat polusi udara terhadap pertumbuhan *lichen*. Studi eksperimen dengan memindahkan sampel spesies *foliose* dan *crustose* pada fragmen batuan dari utara Wales ke lokasi pusat kota di Birmingham, Inggris, didapatkan hasil bahwa tidak ada pertumbuhan terukur yang tercatat, semua *thalli* menunjukkan bukti fragmentasi dalam 7 hari setelah transplantasi dan semuanya telah hilang seluruhnya dalam waktu satu bulan. Gilbert secara langsung mengukur efek polusi udara terhadap pertumbuhan *Parmelia saxatilis*. Seiring tingkat sulfur dioksida meningkat, *thalli* menjadi berbentuk bulan sabit, *thalli* bertahan selama beberapa tahun sebelum mengelupas di bawah lapisan bawah. Studi tersebut juga mengemukakan bahwa faktor lingkungan perkotaan

memiliki dampak yang lebih merugikan bahwa toksisitas, polusi udara, merupakan faktor yang penting terhadap pertumbuhan *lichen* (Upreti *et al*, 2015:12).

#### 2.4.4 Kemampuan *Lichen* sebagai Bioindikator Kualitas Udara

*Lichen* sensitif terhadap kualitas udara karena *lichen* menyerap air dan nutrisi secara pasif dari lingkungan sekitar mereka tetapi *lichen* tidak memiliki kutikula yang bekerja seperti struktur pelindung pada tanaman vaskular. Komposisi spesies *lichen* dan perubahan komposisi merupakan alat yang sangat ampuh untuk mendapatkan informasi tentang perubahan iklim, kualitas udara dan proses biologis (Kuldeep dan Prodyut, 2015:107,109).

*Lichen* biasanya diselidiki di daerah yang terletak di dekat sumber polusi atau dari area yang diminati. Ukuran survival *lichen* dicatat di setiap lokasi studi dan berhubungan dengan tingkat polusi yang diketahui. Studi lain menyiratkan *lichen* sebagai bioindikator dapat dilihat melalui distribusi spesies seperti frekuensi atau kelimpahan spesies, kekayaan spesies (jumlah spesies yang berbeda) dan total tutupan *lichen* dari area tertentu. Di daerah perkotaan, *lichen* dianggap sangat sensitif terhadap polusi akibat emisi sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dari sumber industri dan domestik dan emisi NO<sub>x</sub> dari lalu lintas padat (Onete, 2009:14).

*Lichen* telah banyak digunakan sebagai biomonitoring pencemaran atmosfer, karena organisme ini merespons terhadap gas fitotoksik (terutama SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>) pada tingkat seluler, individu dan komunitas (Brunialti *at al*, 2010:1). O<sub>3</sub> troposfer juga menjadi salah satu polutan gas yang paling menjadi perhatian ilmuwan tanaman saat ini. Efek utama O<sub>3</sub> pada vegetasi terestrial meliputi cedera foliar yang terlihat, penurunan pertumbuhan dan produktivitas, perubahan kualitas tanaman dan peningkatan kepekaan terhadap tekanan abiotik atau biotik (Onete, 2009:14).

## 2.5 Analisis Vegetasi

Untuk mengetahui struktur komunitas suatu vegetasi maka dapat digunakan perhitungan analisis vegetasi sebagai berikut :

a. Identifikasi Keanekaragaman

Keanekaragaman vegetasi dapat dilihat melalui banyaknya jenis vegetasi yang ditemukan dengan melihat ciri – ciri morfologinya, seperti bentuk, struktur dan warna. Keanekaragaman vegetasi ditentukan dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) (dalam Bordeaux, 2015:3) dengan rumus :

$$H' = -\sum p_i \ln p_i ; p_i = \frac{n_i}{N}$$

$$H' = -\sum \left\{ \left( \frac{n_i}{N} \right) \ln \left( \frac{n_i}{N} \right) \right\}$$

Keterangan :

$H'$  = Indeks keanekaragaman Shannon-Weiner

$n_i$  = Jumlah koloni individu setiap jenis

$N$  = Jumlah koloni individu seluruh jenis

Tabel 2. 5 Klasifikasi Nilai Indeks Keanekaragaman Shannon - Wiener

Nilai indeks Shannon – Wiener	Kategori
3	Keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap spesies tinggi dan kestabilan komunitas tinggi
1 – 3	Keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap spesies sedang dan kestabilan komunitas sedang
< 1	Keanekaragaman rendah, penyebaran jumlah individu tiap spesies rendah dan kestabilan komunitas rendah

Sumber : Bordeaux (2015:4)

b. Frekuensi Keterdapatan

Dalam ekologi, frekuensi ( $f$ ) merupakan pernyataan terhadap proporsi antara jumlah sampel suatu spesies tertentu dengan jumlah total sampel (Soegianto, 1994:12). Frekuensi keterdapatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Mueller dan Dumbois Ellenberg (Hariyanto, 2008:156) sebagai berikut :

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\text{jumlah plot ditemukannya spesies}}{\text{jumlah seluruh plot}}$$

c. Indeks Skala Penutupan (C)

Indeks skala penutupan (C) merupakan suatu perhitungan untuk menentukan luas skala tutupan jenis *lichen* yang ditampilkan dalam bentuk indeks dari satu sampai lima. Adapun perhitungan untuk menentukan indeks skala penutupan sebagai berikut (LeBlanc, 1970:1490):

$$\text{Indeks Skala Penutupan (C)} = \frac{\text{luas tutupan Lichen spesies } i}{\text{luas seluruh plot}} \times 100\%$$

Tabel 2. 6 Rentang Indeks Skala Penutupan (C)

Indeks	Rentang	Keterangan
1	< 1%	Langka, sangat sedikit di pohon
2	1% - 20%	Sangat jarang, hanya ada sedikit di pohon
3	21% - 50%	Jarang, hanya ada beberapa di pohon
4	51% - 70%	Banyak, ada beberapa di pohon
5	71% - 100%	Sangat banyak, ada di setiap pohon

Sumber: Hyvarinen (1992:171)

d. Indeks Ekologis

Indeks ekologis merupakan nilai yang menunjukkan tingkat toleransi *lichen* pada tiap stasiun, dan juga dapat menunjukkan jumlah rata-rata *lichen* di suatu tempat (LeBlanc, 1970:1489). Adapun rumus untuk menghitung indeks ekologis (Q) adalah sebagai berikut:

$$\text{Indeks Ekologis (Q)} = \frac{\text{jumlah koloni spesies } i \text{ ditemukan}}{\text{jumlah pohon ditemukannya Lichen}}$$

e. *Index of Atmospheric Purify* (IAP)

Untuk mengetahui kualitas udara menggunakan *lichen* sebagai bioindikator, dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan *Index of Atmospheric Purify* (IAP) atau indeks kemurnian atmosfer. IAP merupakan analisis kuantitatif yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat polusi yang mempengaruhi *lichen*, pengukuran ini juga dapat dilakukan untuk mengetahui toleransi *lichen* terhadap polusi dan variasi kelimpahannya (Das *et al*, 2013:356; LeBlanc *et al*, 1970:1489).

$$IAP = \sum_{i=1}^N (Q_i \times f_i)$$

Dengan pengertian :

$n$  = total jumlah jenis *lichen*

$f$  = frekuensi penutupan ( $f \times C$ )

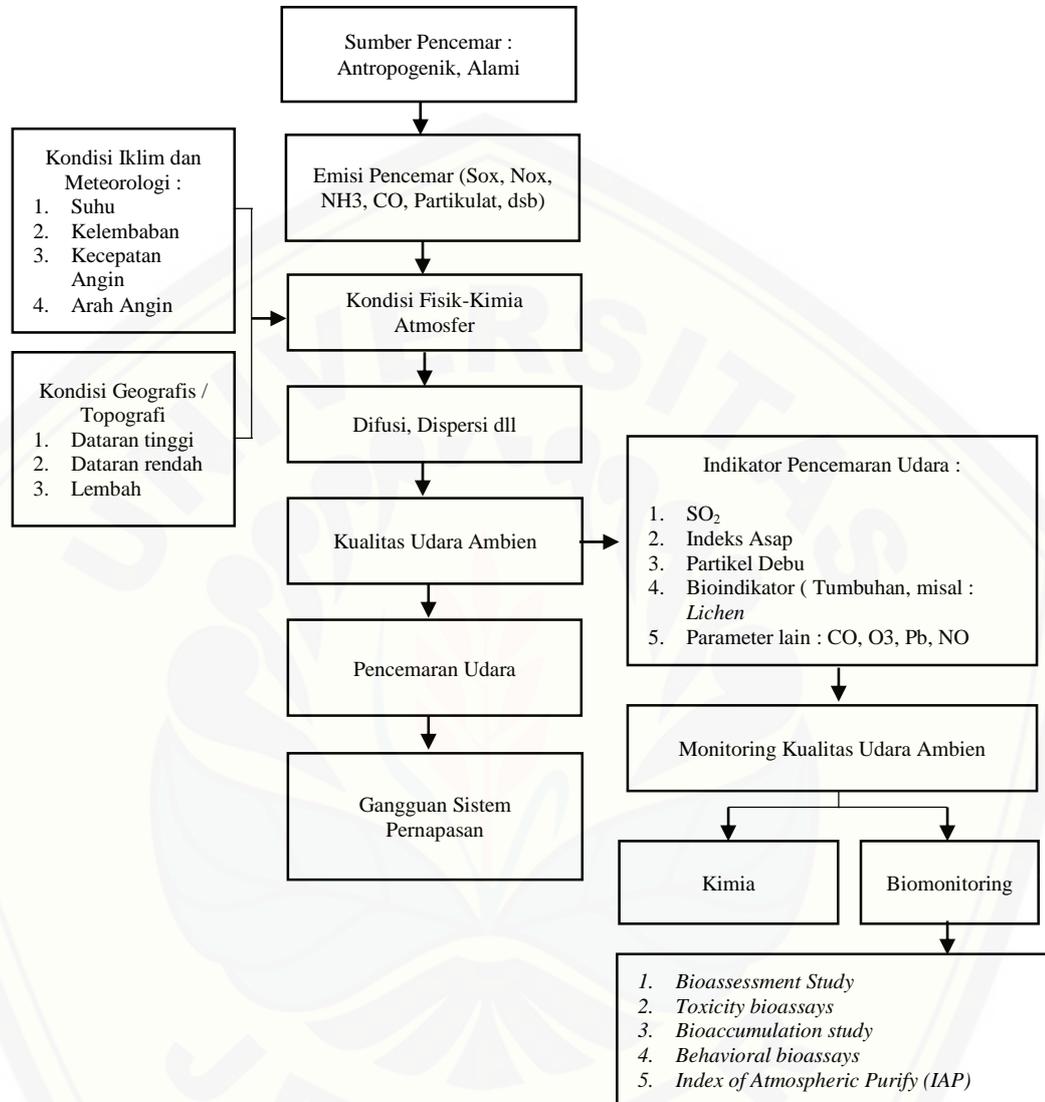
$Q$  = indeks ekologis

Tabel 2. 7 Kriteria *Index of Atmospheric Purify* (IAP)

<b>Tingkat Pencemaran</b>	<b>Kriteria</b>	<b>Keterangan</b>
Level A	$0 \leq IAP \leq 12,5$	Polusi sangat tinggi
Level B	$12,5 \leq IAP \leq 25$	Polusi tinggi
Level C	$25 \leq IAP \leq 37,5$	Polusi sedang
Level D	$37,5 \leq IAP \leq 50$	Polusi rendah
Level E	$IAP > 50$	Polusi sangat rendah

Sumber: Conti dan Cecchetti (2001:474)

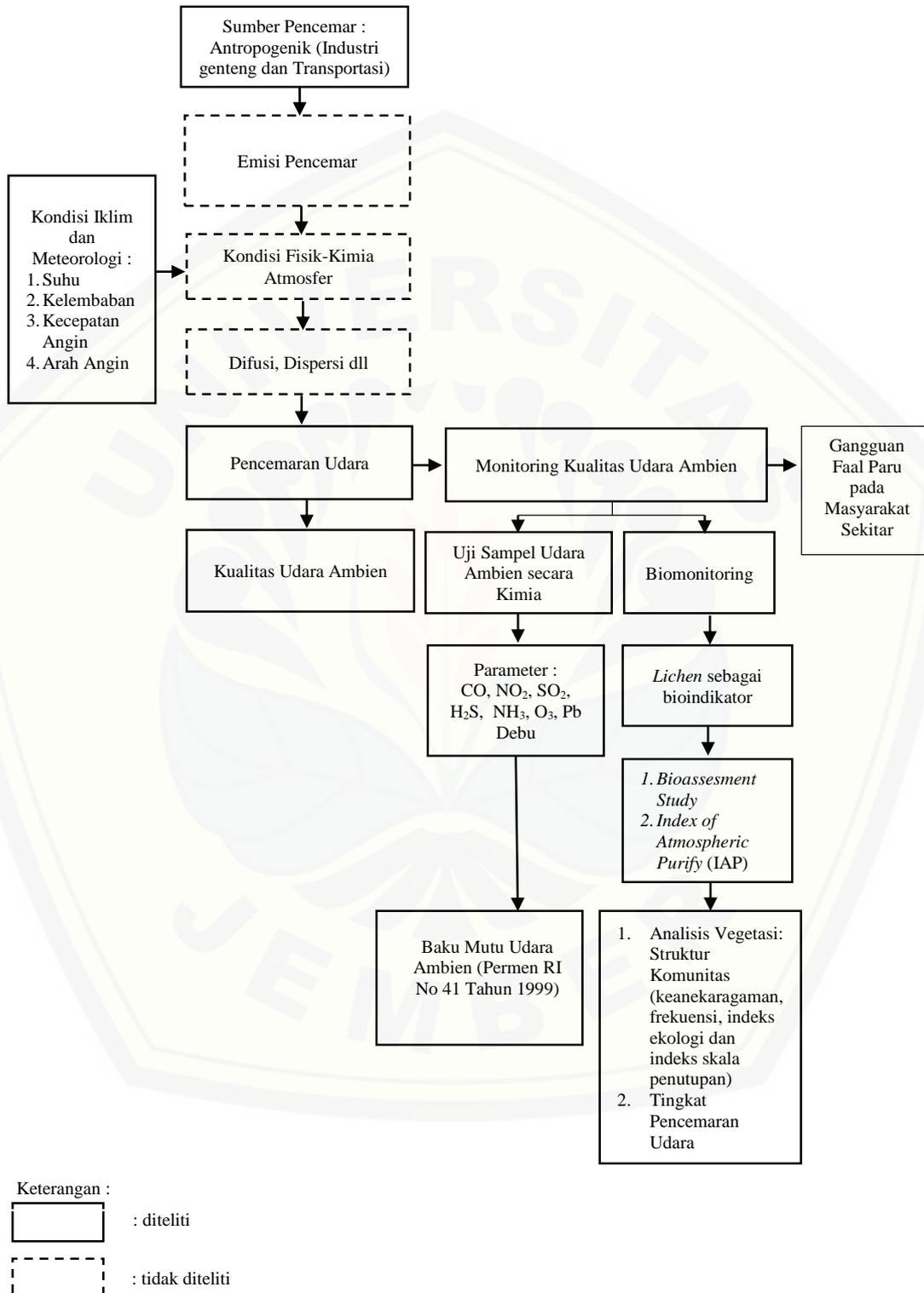
## 2.6 Kerangka Teori



Gambar 2. 9 Kerangka Teori

Sumber : Soedomo (2001:40), Komarawidjaja dan Titiresmi (2006:145-146), Mukono (2008a:11), Das *et al* (2013:358) dan Chandra (2007:36)

2.7 Kerangka Konsep



Gambar 2. 10 Kerangka Konsep

Berdasarkan gambar 2.15 tentang kerangka konsep, diketahui bahwa sumber yang mempengaruhi kualitas udara di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo ialah sumber *antropogenik* yang berasal dari aktivitas industri dan transportasi. Sumber ini menghasilkan berbagai emisi pencemaran udara yang mempengaruhi kondisi fisik dan kimia atmosfer yaitu udara menjadi berdebu, berbau dan terlihat kepulan asap. Kondisi fisik dan kimia atmosfer juga dipengaruhi oleh faktor meteorologis. Atmosfer merupakan salah satu medium penerima yang dinamis yang menunjukkan kemampuan penyebaran (dispersi), pengenceran (dilusi), difusi (antar molekul gas dan atau partikel/aerosol), transformasi fisika-kimia dalam proses dan mekanisme kinetik atmosferik.

Kemampuan atmosfer ditentukan oleh kecepatan arah angin, kelembaban, temperatur, tekanan, dan aspek permukaan. Kondisi atmosfer yang dinamis ini memiliki kontribusi dalam mempengaruhi variasi kadar pencemaran. Untuk menilai kualitas udara dapat dilakukan dengan monitoring kualitas udara, yaitu dengan melakukan uji laboratorium sampel udara ambien, serta biomonitoring menggunakan *lichen*. Monitoring menggunakan *lichen* sebagai bioindikator dilakukan dengan *bioassessment study* untuk melihat struktur komunitas meliputi keanekaragaman, frekuensi, indeks ekologis dan indeks skala penutupan *lichen* yang ada di kawasan industri genteng. Kemudian hasil perhitungan struktur komunitas tersebut akan dihitung pula *Index of Atmospheric Purify* (IAP) untuk mengetahui tingkat pencemaran udara/kualitas udara dengan menggunakan *lichen* sebagai bioindikator. Untuk mengetahui penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara maka juga dilakukan uji laboratorium udara ambien untuk mengetahui konsentrasi polutan di kawasan tersebut.

Uji laboratorium sampel udara ambien dilakukan dengan pengukuran konsentrasi polutan udara meliputi parameter CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, Pb, O<sub>3</sub> dan Debu di udara bebas, kemudian hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan baku mutu udara ambien pada Permen RI No 41 Tahun 1999. Pencemaran udara sangat berisiko terhadap kesehatan masyarakat, salah satunya dapat menyebabkan gangguan faal paru pada masyarakat, maka dari itu juga akan dilihat gangguan faal paru masyarakat melalui pengukuran spirometri.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian deskriptif dilakukan terhadap sekumpulan objek untuk melihat gambaran fenomena yang terjadi di dalam suatu populasi tertentu (Notoatmodjo, 2012:115). Tujuan dari penelitian deskriptif adalah untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta, sifat, serta hubungan antar fenomena yang diselidiki (Nazir, 2009:126).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan *lichen* sebagai bioindikator kualitas udara dan gangguan faal paru pada masyarakat di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

#### 3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2017 hingga Juni 2018 dengan beberapa tahapan yaitu penyusunan proposal, seminar proposal, pengambilan data, dan penyusunan laporan hasil penelitian.

#### 3.2.2 Tempat Penelitian

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo. Pengujian udara ambien dilakukan di PT Envilab Indonesia, Gresik dan identifikasi *lichen* dilakukan di Laboratorium Ekologi FMIPA Universitas Jember.

### 3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

#### 3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek atau subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang telah ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2014:80). Populasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Populasi *Lichen*

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh *lichen* yang terdapat di sekitar kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo baik pada substrat pohon, daun, tanah dan batu.

b. Populasi Pengukuran Konsentrasi Polutan Udara Ambien

Populasi untuk mengukur konsentrasi polutan CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Debu, NH<sub>3</sub>, Pb, dan O<sub>3</sub>, suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin adalah udara ambien / udara bebas yang terdapat di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo.

c. Populasi Masyarakat

Populasi dalam menentukan gangguan faal paru pada masyarakat adalah seluruh penduduk Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo yaitu sebanyak 3570 penduduk.

#### 3.3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian merupakan sebagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi (Sugiyono, 2014:81). Sampel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Sampel *Lichen*

Sampel *Lichen* yang digunakan sebagai bioindikator kualitas udara adalah *lichen* yang yang ditemukan di substrat pohon (*lichen corticulous*) pada plot yang telah ditentukan. Untuk menentukan pohon inang yang akan disampling maka digunakan plot sampling berupa plot kuadrat berukuran 10 m x 10 m. Diketahui luas daerah kawasan industri genteng yaitu 75.000 m<sup>2</sup> (2500m x 30m), derajat

kesalahan yang akan dipakai yaitu 0,05 (5%). Adapun banyaknya plot sampling dalam penelitian ini dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut (Ma'rufi, 2017:8) :

$$\text{Plot sampling} = \frac{\text{luas daerah} \times \text{derajat kesalahan}}{\text{luas plot sampling}}$$

$$\text{Plot sampling} = \frac{75.000 \times 0,05}{100}$$

$$\text{Plot sampling} = 37,5 \text{ plot}$$

$$\text{Plot sampling} \approx 38 \text{ plot}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka banyaknya plot sampling yang akan digunakan untuk mencari pohon inang untuk pengambilan sampel *lichen* yaitu sebanyak 38 plot. Pada tiap plot yang terdapat pohon inang maka akan diambil masing – masing satu pohon inang untuk diambil sampel *lichennya*.

b. Sampel Penelitian Konsentrasi Polutan Udara Ambien

Penentuan sampel untuk mengetahui konsentrasi polutan pada udara ambien di kawasan industri genteng adalah sampel udara diambil pada udara bebas yang berada di sekitar industri genteng. Parameter yang diukur yaitu konsentrasi CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Debu, NH<sub>3</sub>, Pb, dan O<sub>3</sub>. Selain itu juga akan dilakukan pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin pada kawasan sekitar industri genteng. Penentuan sampel udara ambien pada penelitian ini dengan mengambil sampel pada tiga titik yang tersebar di sekitar kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo.

c. Sampel Masyarakat

Untuk mengetahui gangguan faal paru pada masyarakat maka dilakukan pengambilan sampel pada masyarakat sekitar kawasan industri genteng di Desa Kalibagor. Sampel responden ini didapat melalui perhitungan menurut Notoatmodjo (2012:92) sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1+N(d^2)}$$

$$n = \frac{3570}{1+3570(0.15^2)}$$

$$n = 43,8979404$$

$$n \approx 44 \text{ orang}$$

Keterangan:

n = Besar sampel

N = Besar populasi (orang)

d = Tingkat kepercayaan yang diinginkan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka besar sampel terhadap responden penelitian yaitu sebanyak 44 orang.

### 3.4 Teknik Pengambilan Sampel

#### 3.4.1 Teknik Pengambilan Sampel *Lichen*

Adapun teknik pengambilan sampel *lichen* terdiri dari dua tahapan yaitu:

1. Penentuan Pohon Inang

Penentuan pohon inang untuk pengambilan sampel *lichen* dilakukan secara *purposive sampling* dengan menggunakan metode plot sampling yaitu metode plot kuadrat. Metode plot merupakan prosedur yang umum digunakan untuk sampling berbagai jenis organisme. Plot biasanya berbentuk segi empat atau persegi (kuadrat) maupun lingkaran, metode plot ini dapat digunakan untuk sampling tumbuhan darat, hewan – hewan sessile (menetap) atau bergerak lambat (Soegianto, 1994:15). Penelitian dilakukan dengan membuat plot berukuran 10x10 meter sebanyak 38 plot yang dibagi ke dalam tiga stasiun. Penentuan pohon inang dilakukan pada tanggal 3 Juni 2018 pada pukul 09.00 – 12.00.

Stasiun I berlokasi di dusun Trebung sebanyak 12 plot (Gambar 3.4 dan Gambar 3.5), stasiun II di dusun Krajan sebanyak 13 plot (Gambar 3.6 dan Gambar 3.7), dan stasiun III di dusun Bandungan sebanyak 13 plot (Gambar 3.8 dan Gambar 3.9). Lokasi yang dipilih dalam menentukan pohon inang untuk pengambilan sampel *lichen* diambil secara sengaja yang dinilai dapat mewakili seluruh populasi, peletakan plot sampel penelitian dilakukan pada tiga bagian lingkungan yang berbeda yaitu pada daerah dekat sumber pencemar, kawasan pemukiman dan

lingkungan hijau (sawah/kebun). Jarak plot sampling dengan sumber pencemar yaitu untuk sampling yang terletak di sekitar pinggiran jalan raya berjarak 2-5 meter dari sumber pencemar karena sebagian besar industri genteng terletak di pinggiran jalan raya. Plot sampling yang terletak di tengah pemukiman penduduk berjarak 5-15 meter dari sumber pencemar, sedangkan plot sampling pada lingkungan hijau (sawah dan kebun) berjarak 8-20 meter dari sumber pencemar.

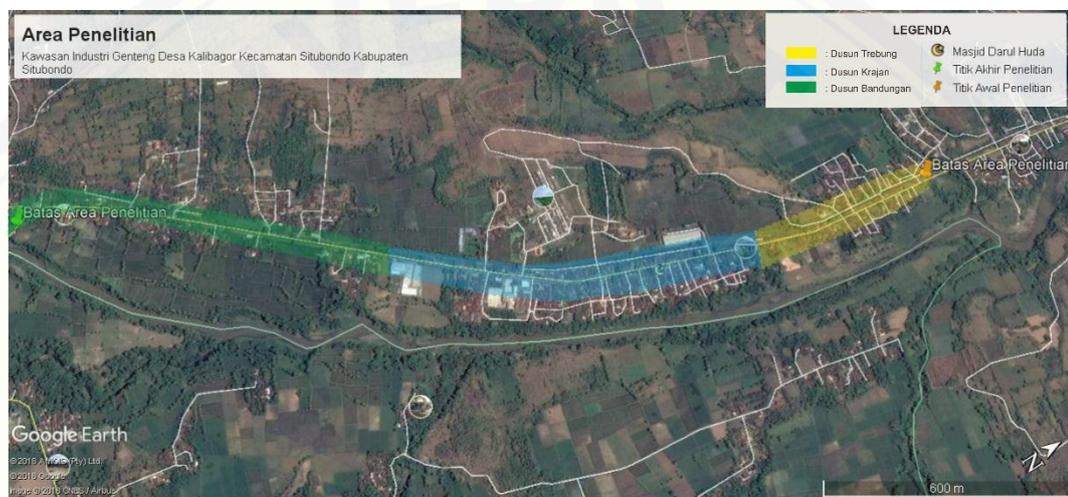
Pada tiap plot yang telah diketahui terdapat pohon inang maka akan dilakukan pengambilan sampel *lichen* pada masing – masing satu pohon inang pada tiap plot yang telah diketahui terdapat pohon inang. Adapun kriteria inklusi pohon inang untuk pengambilan sampel *lichen* yaitu keliling pohon >40 cm, terdapat *lichen* pada ketinggian batang pohon 1 m dari permukaan tanah, *lichen* dalam keadaan hidup yaitu masih terdapat alga sebagai penyusun talus *lichen*, dan *lichen* yang ada pada pohon dapat dijangkau dengan mudah untuk pengambilan sampel.

## 2. Pengambilan Sampel *Lichen* pada Pohon Inang

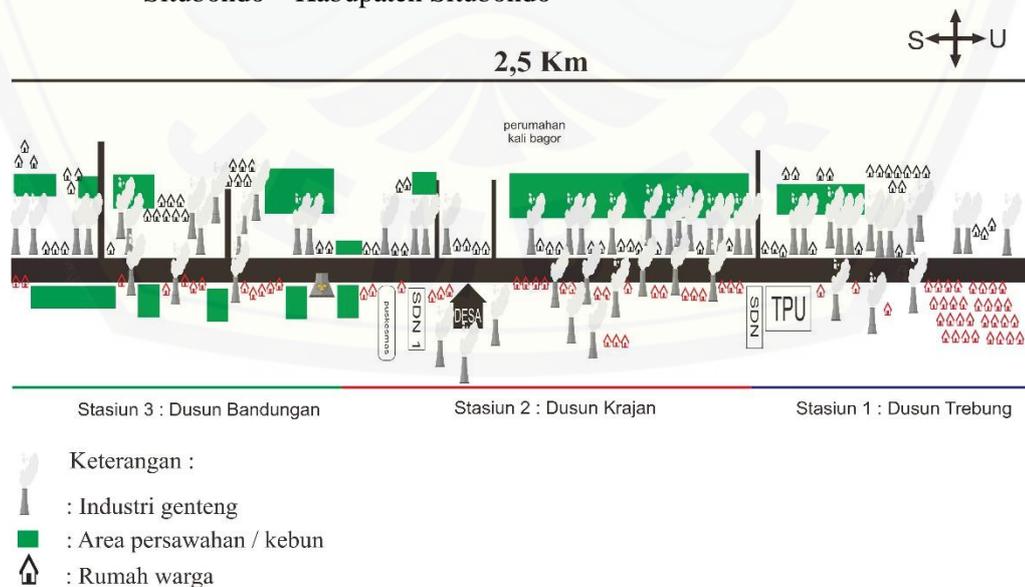
Pengambilan data sampel *lichen* pada pohon inang dilakukan dengan cara peletakan plot yaitu bingkai kuadran plastik transparan berukuran 10x10 cm secara vertikal pada pohon setinggi  $\pm$  satu meter dari permukaan tanah. Plot sampling *lichen* tersebut diletakkan pada tiga sisi pohon yang terpapar polusi yaitu bagian depan, kiri dan kanan (Gambar 3.3). Pada tiap plot sampling *lichen* tersebut akan dilakukan pengamatan dan pengambilan data biotik meliputi frekuensi, jumlah koloni dan tutupan *lichen* tiap spesies yang ditemukan untuk diidentifikasi dan dihitung. Data biotik yang diperoleh tersebut dibutuhkan untuk mengetahui kualitas udara ambien melalui perhitungan *Index of Atmospheric Purify* (IAP).

Untuk mengidentifikasi keanekaragaman, *lichen* pada tiap jenis talus dan ciri yang sama diambil secara acak sebanyak satu kali di pohon inang karena laju pertumbuhan *lichen* sangat lambat. Pengambilan spesimen ini dilakukan pada tanggal 4 Juni 2018 pada pukul 10.00-15.00. Sampel *lichen* diambil dengan cara mengelupas substrat *lichen* (kulit batang) dengan menggunakan *cutter*, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik *ziplock* dan diberi label. Selain itu pada tanggal 4 Juni 2018 juga dilakukan pengambilan data kondisi lingkungan abiotik berupa suhu dan kelembaban pada pukul 08.55-10.00, pengukuran suhu dan

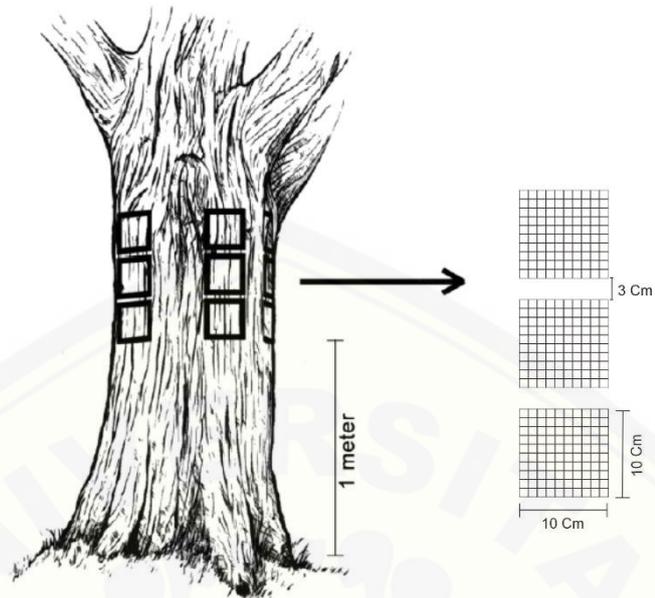
kemlembaban dilakukan di bawah teduhan pohon inang yang tersampling. Pengukuran tersebut dilakukan menggunakan alat *thermohygrometer* di daerah dekat pohon yang diamati dengan jarak sekitar 50 cm dengan ketinggian sekitar satu meter dari permukaan tanah, data tersebut diambil dengan tiga kali pengulangan pada tiap pohon inang yang tersampling pada tiap stasiun. Untuk proses identifikasi *lichen* dilakukan dengan bantuan kepala laboratorium Ekologi Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam Universitas Jember pada tanggal 7-8 Juni 2018.



Gambar 3. 1 Peta Area Penelitian di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



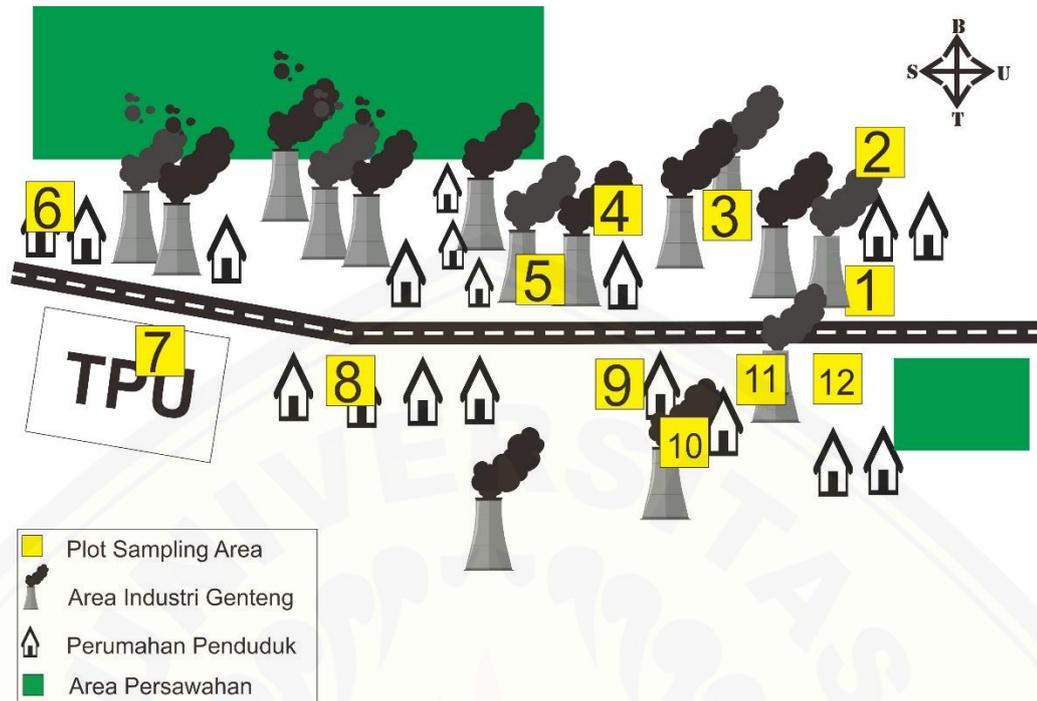
Gambar 3. 2 Denah Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



Gambar 3. 3 Posisi dan Ukuran Plot pada Pohon untuk Pengambilan Sampel *Lichen*



Gambar 3. 4 Peta Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 1 Dusun Trebung Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



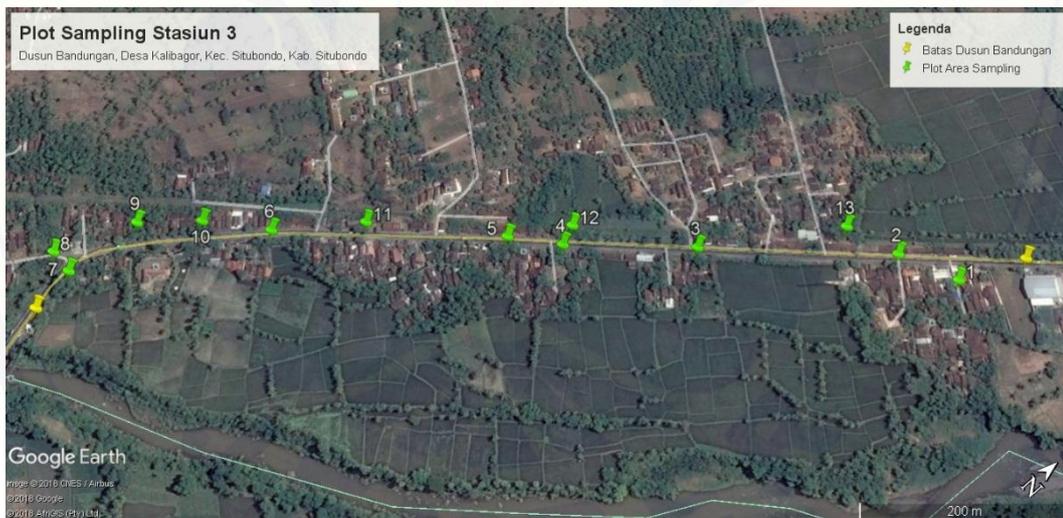
Gambar 3. 5 Denah Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 1 Dusun Trebung Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



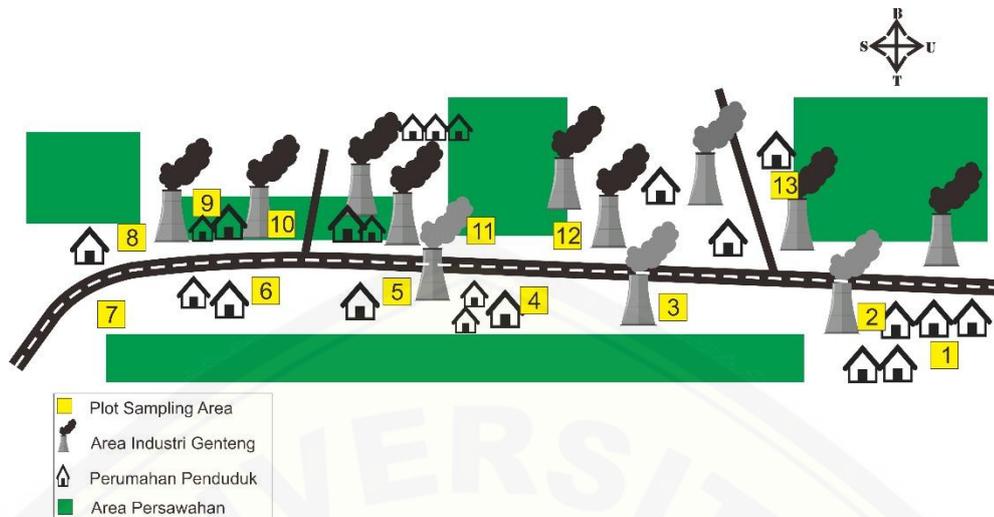
Gambar 3. 6 Peta Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 2 Dusun Krajan Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



Gambar 3. 7 Denah Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 2 Dusun Krajan Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



Gambar 3.8 Peta Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 3 Dusun Bandungan Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



Gambar 3. 9 Denah Plot Sampling Pohon Inang di Stasiun 3 Dusun Bandungan Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo

### 3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel Udara Ambien

Teknik pengambilan sampel yang digunakan untuk mengetahui kualitas udara dengan pengukuran konsentrasi parameter CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Debu, NH<sub>3</sub>, Pb, dan O<sub>3</sub>, serta pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan dan arah angin pada udara ambien yaitu pertama dengan menentukan lokasi pengambilan titik sampel. Penentuan lokasi pengambilan sampel udara ambien disesuaikan dengan SNI 19-7119.6-2005 tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien. Kriteria yang dipakai dalam penentuan lokasi pemantauan kualitas udara ambien adalah sebagai berikut:

- Area dengan konsentrasi pencemaran tinggi. Daerah yang didahulukan untuk dipantau hendaknya daerah-daerah dengan konsentrasi pencemaran yang tinggi. Satu atau lebih stasiun pemantau mungkin dibutuhkan di sekitar daerah yang emisinya besar.
- Area dengan kepadatan penduduk tinggi. Daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, terutama ketika terjadi pencemaran yang berat.
- Di daerah sekitar lokasi penelitian di sekeliling daerah/kawasan studi maka stasiun pengambilan contoh uji perlu ditempatkan di sekeliling daerah/kawasan

- d. Di daerah proyeksi. Untuk menentukan efek akibat perkembangan mendatang di lingkungannya, stasiun perlu juga ditempatkan di daerah-daerah yang di proyeksikan.
- e. Mewakili seluruh wilayah studi. Informasi kualitas udara di seluruh wilayah studi harus diperoleh agar kualitas udara diseluruh wilayah dapat dipantau (dievaluasi).

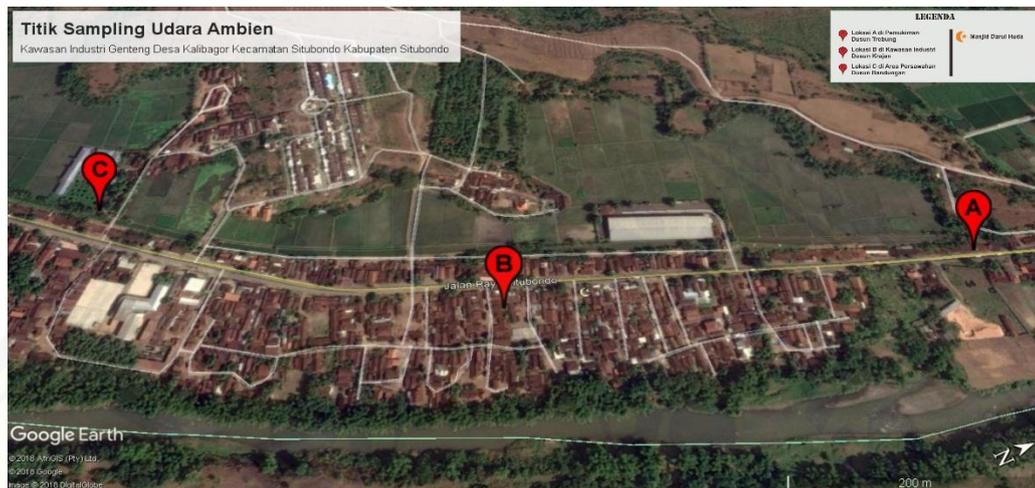
Lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di tiga titik lokasi yang dianggap mewakili populasi, penentuan lokasi pengambilan sampel disesuaikan dengan SNI 19-7119.6-2005 tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien. Peletakan tiga titik sampling yaitu 1 titik sampling diletakkan di daerah pemukiman (lokasi A), 1 titik di daerah dekat industri genteng (lokasi B), dan 1 titik di area persawahan (lokasi C).

Lokasi A terletak di daerah pemukiman penduduk di Dusun Trebung, lokasi ini telah memenuhi syarat yaitu terletak di daerah padat penduduk, berdekatan dengan sumber pencemar dan berada pada area penelitian. Lokasi tersebut terletak di pemukiman yang berdekatan dengan jalan raya, memiliki jarak dengan sumber pencemar sekitar 5-10 meter dan berdekatan dengan 3-5 industri genteng. Lokasi B terletak di pinggiran jalan raya di kawasan industri genteng Dusun Krajan, lokasi ini diambil dengan memenuhi kriteria yaitu area dengan konsentrasi tinggi, area dengan kepadatan penduduk tinggi, dan berada di area penelitian.

Lokasi ini memiliki jarak yang berdekatan dengan sumber pencemar dan terletak di kawasan industri genteng terpadat yaitu terdapat  $\pm 27$  industri genteng di sekitar lokasi sampling. Jarak antara rumah penduduk dengan industri genteng sangat berdekatan karena terletak berdampingan ataupun terletak sekitar 2-5 meter di belakang industri genteng. Lokasi C terletak di area persawahan Dusun Bandungan dan telah memenuhi syarat yaitu lokasi masih berada di sekeliling area penelitian dan dapat mewakili wilayah studi. Lokasi terletak di daerah persawahan pada pinggiran jalan raya dan juga berdekatan dengan 1-2 industri genteng.

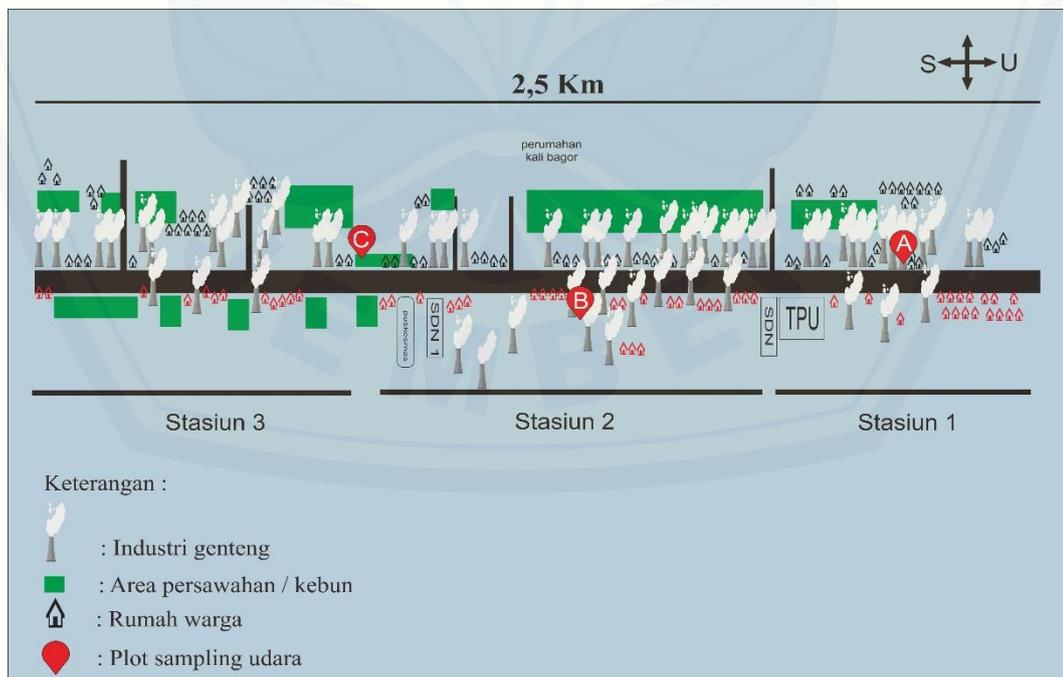
Pengambilan sampel udara ambien dilakukan secara sesaat (1 jam), waktu pengambilan sampel dilaksanakan pada pukul 11.00 – 14.20 secara bergantian pada tiap titik. Pengambilan sampel pada waktu tersebut dilakukan dengan

mempertimbangkan *range* perubahan iklim yang tidak jauh berbeda dan pada waktu tersebut biasanya pekerja melakukan pembakaran genteng. Pada ketiga lokasi tersebut juga akan dilakukan pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin.



Keterangan : Jarak A-B =  $\pm 1$  Km  
Jarak B-C =  $\pm 500$  m

Gambar 3. 10 Peta Titik Sampling Udara Ambien di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



Gambar 3. 11 Denah Titik Sampling Udara Ambien di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo

### 3.4.3 Teknik Pengambilan Sampel Masyarakat

Teknik pengambilan sampel sebagai responden untuk wawancara dan pengukuran faal paru menggunakan spirometer, yaitu menggunakan teknik *accidental sampling*. Teknik pengambilan sampel dengan *accidental sampling* merupakan teknik pengambilan sampel pada responden atau kasus yang kebetulan tersedia di suatu tempat sesuai dengan konteks penelitian (Notoatmodjo, 2012:130). Sampel pada penelitian ini harus memenuhi syarat inklusi, yaitu masyarakat sebanyak 44 orang yang bertempat tinggal di sekitar kawasan pusat industri genteng, bersedia untuk menjadi responden, berusia  $\geq 30$  tahun dan minimal telah tinggal selama 5 tahun pada daerah tersebut.

### 3.5 Variabel dan Definisi Operasional

Variabel adalah ukuran atau ciri yang dimiliki oleh anggota suatu kelompok yang berbeda dengan ciri kelompok lain (Notoatmodjo, 2012:103). Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah keberadaan *lichen* yang meliputi keanekaragaman, frekuensi, indeks ekologis, indeks skala penutupan dan *Index of Atmospheric Purify*. Variabel kedua yaitu pengukuran konsentrasi polutan pada udara ambien dengan parameter CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Debu, Pb, NH<sub>3</sub>, dan O<sub>3</sub>, serta pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin. Variabel ketiga yaitu gangguan faal paru pada masyarakat di kawasan industri genteng. Definisi operasional merupakan suatu definisi yang diberikan kepada suatu variabel dengan cara memberikan arti atau menspesifikasikan kegiatan, ataupun memberikan suatu operasional yang diperlukan untuk mengukur variabel tersebut (Nazir, 2009:126). Definisi operasional yang diberikan kepada variable dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Teknik Pengambilan Data	Kriteria Penilaian
1	<i>Lichen</i>			
	a. Keanekaragaman <i>Lichen</i>	Banyak jenis <i>lichen</i> yang ditemukan	Observasi makroskopik	$H' = -\sum p_i \ln p_i ; p_i = \frac{n_i}{N}$

No	Variabel	Definisi Operasional	Teknik Pengambilan Data	Kriteria Penilaian
				Keterangan : $H'$ : Indeks keaneka ragaman Shannon-Wiener $n_i$ : Jumlah individu setiap jenis $N$ : Jumlah individu seluruh jenis Indeks : a. $>3$ : Keaneka-ragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap spesies tinggi dan kestabilan komunitas tinggi b. 1-3 : Keaneka-ragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap spesies sedang dan kestabilan komunitas sedang c. $<1$ : Keaneka-ragaman rendah, penyebaran jumlah individu tiap spesies rendah dan kestabilan komunitas rendah (Bordeaux, 2015:4)
	b. Frekuensi <i>Lichen</i>	Proporsi antara jumlah sampel yang berisi suatu spesies tertentu dengan jumlah total sampel	Observasi	Jumlah plot ditemukan spesies per jumlah seluruh plot sampling (Hariyanto, 2008:156)
	c. Indeks skala penutupan	Luas penutupan jenis <i>Lichen</i> pada pohon yang disampling	Observasi	Luas tutupan <i>lichen</i> spesies <i>i</i> per luas seluruh plot. Rentang indeks skala penutupan: 1 : $<1\%$ (langka) 2 : 1-20% (sangat jarang) 3 : 21-50% (jarang) 4: 51-70% (banyak) 5: 71-100% (sangat banyak)
	d. Indeks Ekologis	Jumlah spesies tertentu yang ditemukan pada jumlah pohon	Observasi	Jumlah koloni spesies <i>i</i> per jumlah pohon ditemukannya <i>lichen</i> (LaBlanc, 1970:1489)

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Spesies yang ditemukan merupakan spesies toleran terhadap pencemaran udara. Rata-rata nilai indeks keanekaragaman *lichen* di kawasan tersebut yaitu sebesar 0,917, dengan kategori keanekaragaman rendah, penyebaran jumlah individu tiap spesies rendah dan kestabilan komunitas rendah.
- b. Stasiun 2 merupakan stasiun dengan kondisi kualitas udara ambien terburuk, dengan total frekuensi keterdapatan, total penutupan dan total indeks ekologis terendah dibanding stasiun lainnya. Suhu pada ketiga stasiun berkisar antara 27,7°C - 30,73°C, dan kelembaban berkisar 52,74%-59,48%. Kondisi tersebut merupakan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan *lichen*
- c. Rata-rata IAP pada ketiga stasiun menunjukkan kawasan industri genteng Desa Kalibagor berada pada level A yaitu tingkat polusi sangat tinggi, dengan nilai IAP terendah di stasiun 2.
- d. Seluruh parameter konsentrasi polutan udara ambien pada ketiga stasiun berada di bawah baku mutu udara ambien, dengan adanya perbedaan konsentrasi polutan lebih besar di daerah dengan adanya pembakaran genteng di stasiun 2
- e. Sebanyak 43% responden mengalami gangguan faal paru, dengan derajat kerusakan sebagian besar restriksi ringan dan persentase gangguan faal paru terbanyak pada responden di stasiun 2
- f. Responden sebagian besar berusia 30-39 tahun, berjenis kelamin perempuan, bekerja sebagai pekerja/pemiliki industri genteng, lama tinggal selama 30-39 tahun, dan tinggal di Dusun Krajan. Sebagian besar merupakan perokok pasif, memiliki IMT normal, tidak terpapar polusi *indoor* yang berasal dari tungku masak, kompor minyak ataupun obat nyamuk bakar, dan semua responden terpapar polusi luar ruang yaitu kegiatan industri genteng dan lalu lintas jalan raya.

## 5.2 Saran

### a. Bagi Dinas Lingkungan Hidup

Perlu melakukan pengukuran kualitas udara ambien secara berkala dengan waktu sampling yang direkomendasikan adalah 24 jam dengan penanganan pertama di stasiun 2, sebagai langkah monitoring kualitas udara di kawasan industri genteng Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo

### b. Bagi Dinas Kesehatan

Perlu dilakukan penyuluhan kesehatan terutama pada stasiun 2 sebagai langkah preventif dan upaya promotif untuk mengajak masyarakat meningkatkan kesehatan melalui pola hidup sehat, serta mengajak masyarakat untuk segera memeriksakan kesehatan jika mengalami keluhan gangguan faal paru

### c. Bagi industri genteng

Perlu dilakukan perbaikan konstruksi tungku pembakaran dengan membangun cerobong dengan tinggi sebaiknya 2- 2 1/2 kali tinggi bangunan sekitarnya sehingga lingkungan sekitar tidak terkena turbulensi dan mengurangi polutan yang dihasilkan pada lingkungan sekitar, selain itu cerobong juga dapat dilengkapi dengan *air filter* atau *dust fall collector*.

### d. Bagi masyarakat

- 1) Masyarakat terutama yang bekerja sebagai pekerja industri genteng dianjurkan untuk menggunakan alat pelindung diri seperti masker untuk mengurangi paparan polutan dari proses produksi genteng
- 2) Diharapkan masyarakat lebih peduli terhadap kesehatan melalui penerapan pola hidup sehat dan segera memeriksakan diri apabila mengalami keluhan gangguan faal paru

### e. Bagi peneliti selanjutnya

- 1) Untuk pemeriksaan gangguan faal paru perlu ditanyakan terkait riwayat penyakit gangguan saluran pernapasan, dan perlu dilakukan pengukuran spirometri dengan 3 kali pengulangan untuk mendapat nilai terbaik

- 2) Perlu dilakukan penelitian terkait kandungan senyawa kimia yang ada pada talus *lichen* di kawasan industri genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



**DAFTAR PUSTAKA**

- Ahadiansyah, R. 2017. Kadar CO dan NO<sub>2</sub> di Udara dengan Gangguan Faal Paru Juru Parkir Sektor E di Kabupaten Jember. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
- Ahmadjian, A. dan Mason, E. H. 1973. *The Lichens*. New York: Academic Press
- Anggraeni, D.P. 2017. Determinan Kejadian Pneumonia Pada Balita di Daerah Industri Genteng Desa Kalibagor Kabupaten Situbondo. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
- Anthika., Riad., dan Sugianto. 2013. Pengaruh Suhu, Kelembaban Udara dan Kecepatan Angin Terhadap Akumulasi Nitrogen Monoksida dan Nitrogen Dioksida. *Jurnal Tugas Akhir: 1-7*
- Ariandoko, R.D., dan Awal, P. 2017. Perbedaan Profil Spirometri Pada Petugas SPBU. *Jurnal Kedokteran Diponegoro Vol 6 No 4:1551-1564*
- Astitva. (Tanpa Tahun). Lichens: Classification, Nature and Physiology. [ serial online] <http://www.biologydiscussion.com/lichens-2/lichens-classification-nature-and-physiology-plants/53722>. [05 Maret 2018].
- Aswar, A., dan Prihartono, J. 2014. *Metode Penelitian*. Tangerang: Binarupa Aksa.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2017*. Jakarta. <https://www.bps.go.id/publication/2017/12/21/4acfbaac0328ddfcf8250475/statistik-lingkungan-hidup-indonesia-2017.html>. [04 Februari 2017]
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-7119.1-2005 tentang Udara Ambien-Cara Uji Kadar Amoniak dengan Metode Indofenol menggunakan Spektrofotometer*: Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-7119.2-2005 tentang Udara Ambien-Cara Uji Kadar Nitrogen Dioksida dengan Metode Griess Saltzman menggunakan Spektrofotometer*: Jakarta: BSN

- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-7119.3-2005 tentang Udara Ambien-Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan peralatan high volume air sampler (HVAS) dengan Metode Gravimetri*: Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-7119.4-2005 tentang Udara Ambien-Cara Uji Timbal (Pb) dengan Metode Destruksi Basah Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-7119.6-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien*: Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-7119.7-2005 tentang Udara Ambien-Cara Uji Kadar Sulfur Dioksida dengan Metode Pararosanilin menggunakan Spektrofotometer*: Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-7119.8-2005 tentang Udara Ambien-Cara Uji Kadar Oksidan dengan Metode Neutral Buffer(NBKI) menggunakan Spektrofotometer*: Jakarta: BSN
- Bahadur, D., Rajam, M.V., Sahijram, L., dan Khrishnamurty, K.V. 2015. *Plant Biology and Biotechnology Volume 1: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement*. New Delhi: Springer India
- Beckett, R. 1995. Some Aspects of the Water Relations of the Lichen *Prmotrema Tinctorum* Measured Using Thermocouple Psychrometry. *The Lichenologist* 28 (03): 257-266
- Blett, T. 2003. *Parks, Forest and Refuges: Guidelines for Studies Intended for Regulatory and Management Purposes*. Oregon: U.S Departement of Agriculture and Forest Servise.
- Bordeaux, CZ. 2015. Keanekaragaman Lichen Sebagai Bioindikator Kualitas Udara di Kebun Raya Cibodas, Kebun Raya Bogor dan Ecopark-LIPI Cibinong. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor
- Brunialti, G., Frati., Incerti., Rizzi., Vinci dan Giordani. 2008. *Lichen Biomonitoring of Air Pollution : Issues for Applications in Complex Environments*. Genova: Nova Science Publishers, Inc.

- Budel, B dan C. Scheidegger. 2008. *Lichen Biologi, Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Campbell. 2003. *Biologi*. Jakarta: Erlangga.
- Cannon, P. (Tanpa Tahun). Fungi of Great Britain and Ireland, *Cetraria islandica* [serial online] <http://fungi.myspecies.info/all-fungi/cetraria-islandica>. [05 Maret 2018]
- Chandra, B. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Conti, M.E dan G. Cecchetti. 2001. Biological Monitoring : Lichens as bioindicators of air pollution assessment - a review. *Environmental Pollution* 114: 471-492.
- Daud, A., dan Soedinoto, B. 2010. Analisis Risiko Konsentrasi SO<sub>2</sub> dan PM 2,5 terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru Penduduk di Sekitar Kawasan Industri Makassar. *Lingkungan Tropis* 4(2):129-137
- Das, P., S. Joshi, J. R, dan D.K. Upreti. 2013. Lichen diversity for environmental stress study: Application of index of atmospheric purity (IAP) and mapping around a paper mill in Barak Valley, Assam, northeast India. *Tropical Ecology*. 54 (3): 355-364.
- Fardiaz, S.1992. *Polusi Air dan Udara*. Jakarta : Kanisius
- Febrianto, A. 2015. Hubungan Antara Paparan Debu Asap Las (Welding Fume) dan Gas Karbon Monoksida dengan Gangguan Faal Paru pada Pekerja Bengkel Las (Studi di Kelurahan Ngagel Kabupaten Wonokromo Kota Surabaya). *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
- Firdous, S., Safina, Hamayun dan Muhammad. 2017. Lichens as Bioindicators of Air Pollution from Vehicular Emissions in District Poonch, Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Pak. J. Bot* 49 (5):1801-1810
- Francis, C. 2011. *Perawatan Respirasi*. Jakarta: Erlangga

- Ganong. 2002. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta : EGC
- Gilbert, O. 2010. *Lichen*. United Kingdom: Harper Collins E-Book
- Harahap, F dan Endah. 2012. Uji Fungsi Paru. *CDK-192/ Vol. 39 No. 4:305-307*
- Hariyanto, S., Bambang. I., dan Thin. S. 2008. *Teori dan Praktik Ekologi*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Harrianto, R. 2009. *Buku Ajar Kesehatan Kerja*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran (EGC)
- Ihrom, A dan Ani. 2015. Biomonitoring Pencemaran Udara Menggunakan Bioindikator Lichenes di Kota Madiun. *Florea, Vol 2 No 2:43-46*.
- Kaffer, M.I., Suzana, M., Camila, A., Viviane, C., Jandyra,F., dan Vera,M. 2011. Corticolous Lichens as Enviromental Indicators in Urban Areas in Southern Brazil. *Ecological Indicators, Vol 11 No. 5: 1319-1333*
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia (Kemenkes RI). 2013. *Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2013*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementrian Kesehatan RI.
- Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1997. *Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor 107 Tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*. Jakarta: Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan
- Komarawidjaja, W dan Titiresmi. 2006. Teknik Biomonitoring Sebagai Alternatif Tool Pemantauan Kualitas Lingkungan Perairan. *Jurnal Teknik Lingkungan, 144 - 147*.
- Kristanto, P. 2004. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi.
- Kuldeep, S dan Prodyut. 2015. Lichen as a Bio-Indicator Tool for Assesment if Climate and Air Pollution Vulnerability:Review. *International Research Journal of Environment Sciences Vol, 4(12), 107-117*.

- Kurniawati, R.T.D., Rita dan Yuciana. 2015. Pengelompokan Kualitas Udara Ambien Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Tengah Menggunakan Analisis Klaster. *Jurnal Gaussian Vol 4 No 2: 393-402*
- LeBlanc, S. C. F. dan Sloover, J. D. 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Bot. 48: 1485-1496.*
- Lisowska, M. 2011. Lichen Recolonisation in an Urban-Industrial Area of Southern Poland as a Result of Air Quality Improvement. *Environ Monit Assess, 177-190.*
- Lodenus, M. 2013. Use of Plants for Biomonitoring of Airborne Mercury in Contaminated Areas. *Environmental Research Vol. 125, 113-123*
- Loppi S, Ivanov D, Boccardi R. 2002. Biodiversity of Epiphytic Lichens and Air Pollution in the Town of Siena (Central Italy). *Environmental Pollution 116 : 123-128*
- Marshall, N. 1919. *Mosses and Lichens A Popular Guide to The Identification and Study of Our Commoner Mosses and Lichens, Their Uses, and Methods of Preserving.* New York: Doubleday, Page & Company
- Ma'rufi, I. 2017. Pemetaan dan Analisis Kualitas Lingkungan Biota Darat dalam Upaya Mendukung Visi Fakultas Berwawasan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember. *Laporan.* Jember: Universitas Jember
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2008. *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Kepmenkes RI) Nomor 1022 Tahun 2008 tentang Pedoman Pengendalian Penyakit Paru Obstruktif Kronik.* Jakarta: Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1997. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 45 Tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara.* Jakarta: Menteri Negara Lingkungan Hidup
- Mukono, H. 2008a. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan, Cetakan 2.* Surabaya: Airlangga University Press.

- Mukono. 2008b. *Tentang Dampak Pencemaran Udara*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono. 2010. *Toksikologi Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Murningsih dan Mafazaa. 2016. Jenis – Jenis Lichen di Kampus Undip Semarang. *Bioma Vol 18 No 1: 20-29*
- Nazir. 2009. *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia
- Nevitasari, N. 2012. Hubungan Paparan Debu dan Karakteristik Individu Terhadap Gangguan Faal Paru Pekerja Phonska 1 Pabrik II PT. Petrokimia Gresik. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
- Notoatmodjo, S. 2012. *Metode Penelitian Kesehatan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Oemiati, R. 2013. Kajian Epidemiologi Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK). *Media Litbangkes 23(2): 82-88*
- Onete, M. 2009. *Species Monitoring In The Central Parks OF Bucharest*. Rumania: Ars Docendi.
- Oviera, A., Siswi., dan Suroto. 2016. Faktor – Faktor yang Berhubungan dengan Kapasitas Vital Paru pada Pekerja Industri Pengolahan Kayu di PT. X Jepara. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Vol 4 No 1: 267-276*
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia (Permen LH RI). 2010. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah*. Jakarta: Deputi MENLH Bidang Penataan Lingkungan.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 1999. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia
- Persatuan Dokter Spesialis Penyakit Dalam Indonesia. 2014. *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam Jilid 2*. Jakarta: Interna Publishing

- Pinho, P., Augusto., Branquinho., Bio., Pereira, Soares dan Catarino. 2004. . Mapping Lichen Diversity as a *First Step* for Air Quality Assessment. *Journal of Atmospheric Chemistry* 49: 377–389
- Pinugroho, B.S. 2017. Hubungan Usia, Lama Paparan Debu, Penggunaan APD, Kebiasaan Merokok dengan Gangguan Fungsi Paru Tenaga Kerja Mebel di Kec. Kalijambe Sragen. *Jurnal Kesehatan, Issn 1979-7621, Vol. 10 No. 2: 37-46*
- Pratiwi, T., Junaidi dan Zulfikar. 2017. Pengaruh Jarak Sumber Pencemar terhadap Kadar Sulfat pada Debu Terendap di Sepanjang Jalan Angkut Batubara. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol 14 No 2: 533-540*
- Price, S dan Wilson. 1995. *Buku 1 Patofisiologi: Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit, Edisi 4*. Jakarta : EGC.
- Ramdan, M.I. 2016. Gangguan Fungsi Paru pada Tenaga Kerja PT “A” di Bontang Tahun 2015. *Prosiding Kongres Nasional Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat ke-13 (KONAS IAKMI XIII): 186-190*
- Rancangan Standar Nasional Indonesia 3. 2007. *RSNI 3 7119.11-2007 tentang Udara Ambien-Cara Uji Kadar Hidrogen Sulfida dengan Metode Biru Metilen Secara Spektrofotometri*: Badan Standarisasi Nasional
- Rindita dan Koesmaryono, Y. 2015. *Air Quality Bioindicator Using The Population of Epiphytic Macrolichen in Bogor City, West Java. Hayati: 53-59*
- Rankovic, B. 2015. *Lichen Secondary Metabolites Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential*. Serbia: Springer
- Roziaty, E. 2016. Identifikasi Lumut Kerak (Lichen) di Area Kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Proceeding Biology Education Conference Vol 13(I): 770-776*
- Sett, R dan Kundu. 2016. Epiphytic Lichens: Their Usefulness as Bio-indicators of Air Pollution. *Donnish Journal of Research in Environmental Studies Vol 3(3): 17-24*

- Sharnoff, S. (Tanpa Tahun). Consortium of North American Lichen Herbaria. [serial online] <http://lichenportal.org>. [09 Maret 2018]
- Shukla, V., Upreti dan Rajesh B. 2014. *Lichen to Biomonitor the Environment*. New Delhi: Springer
- Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Soegianto, A. 1994. *Ekologi Kuantitatif*. Surabaya: Usana Offset.
- Subijanto, A. 2008. Area Industri Gamping sebagai Faktor Risiko Gangguan Fungsi Paru. *Berita Kodekteran Masyarakat Vol 24 No 2*: 86-89
- Sudrajat, W., Tri dan Mukarlina. 2013. Keanekaragaman Lichen Corticolous pada Tiga Jalur Hijau di Kabupaten Kubu Raya. *Protobiont Vol 2 (2)*: 75-79
- Sugiarti. 2009. Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia. *Jurnal Chemica Vol 10 No 1*: 50-58
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumarlin., Muhammad D.M., dan Rosdiana. 2016. ACE 3-008 Pemantauan Kualitas Udara Perkotaan Menggunakan Lumut Kerak (Lichen). *Prosiding Seminar ACE: 107-116*.
- Supariasa, I., Bachyar B., dan Ibnu F. 2002. *Penilaian Status Gizi*. Jakarta: EGC
- Suyono, S. 2001. *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam Jilid II Edisi 3*. Jakarta: Balai Penerbit FKUI
- Taufiq. 2012. Perbedaan Faal Paru Antara Pekerja Penambang Belerang dan Bukan Belerang di Desa Tamansari Kecamatan Licen Kabupaten Banyuwangi. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
- Tjasyono, B. 2008. *Klimatologi*. Bandung: Penerbit ITB

- Tjitrosoepomo, G. 1981. *Taksonomi Tumbuhan (Taksonomi Khusus)*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Tripp, E.A. 2016. *Field Guide to the Lichens of White Rocks (Boulder, Colorado)*. Utah State: University Press of Colorado
- United States Department of Agricultur (USDA). 1993. *Lichens as Bioindicator of Air Quality*. Colorado: USDA Forest Service.
- Upreti, D.K., Pradeep, Divakar., Vertika S., dan Rajesh B. 2015. *Recent Advances in Lichenology*. New Delhi. Springer
- Uyainah, Z.N., Zulkifli, A., Feisal, T. 2014. Spirometri. *Ina J Chest Crit and Emerg Med Vol. 1 No. 1:35-38*
- Vries, B.D dan Irma. 2008. Common Lichens of Cypress Hills Interprovincial Park Saskatchewan Canada. SKCDC Technical Report No. 7 *Conservation Data Centre Fish and Wildlife Branch Ministry of Environment*.
- Wardhana, W. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wijaya, A. (Tanpa Tahun). Penggunaan Tumbuhan sebagai Bioindikator dalam Pemantauan Pencemaran Udara. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh November
- Wisesa, W.P. 2016. Analisis Tingkat Pencemaran Udara di Lingkungan Universitas Jember Menggunakan Lumut Kerak (Lichen) sebagai Bioindikator. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
- Wulandari, D.R., Soeharyo, H., dan Suhartono. 2013. Berbagai Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Gangguan Fungsi Paru dalam Ruang Kerja (Studi Kasus Pekerja Industri Rumahan *Electroplating* di Kecamatan Talang Kabupaten Tegal). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia Vol 12 No 1: 94-98*

**LAMPIRAN**

Lampiran A. Lembar Persetujuan (*Informed Consent*)

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : .....

Alamat : .....

Usia : .....

Menyatakan persetujuan untuk membantu dengan menjadi subjek (responden) dalam penelitian yang dilakukan oleh:

Nama : Anis Trisia Rindiani

NIM : 142110101031

Judul : Penggunaan *Lichen* sebagai Bioindikator Kualitas Udara dan Gangguan Faal Paru pada Masyarakat di Kawasan Industri Genteng (Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo)

Prosedur ini tidak akan memberikan dampak dan risiko apapun terhadap saya, karena hal tersebut hanya untuk kepentingan ilmiah, dan kerahasiaan jawaban yang diberikan dijamin sepenuhnya oleh peneliti. Saya telah diberikan penjelasan dan kesempatan untuk bertanya mengenai hal-hal yang belum dimengerti dan telah mendapatkan jawaban yang jelas dan benar.

Dengan ini saya menyatakan secara sukarela bersedia untuk menjadi subjek dalam penelitian ini.

Situbondo,.....2018

Responden

(.....)

Lampiran B. Kuesioner Penelitian

**Gangguan Faal Paru pada Masyarakat di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo**

Kode Responden:

Nama Responden : .....  
 Tanggal Pengambilan Data : .....  
 No. Hp : .....  
 Alamat : .....

A. Karakteristik Responden		
A1	Umur	.....Tahun
A2	Jenis Kelamin	<input type="checkbox"/> Laki-laki <input type="checkbox"/> Perempuan
A3	Pekerjaan	<input type="checkbox"/> PNS <input type="checkbox"/> POLRI/TNI <input type="checkbox"/> Wiraswasta <input type="checkbox"/> Swasta <input type="checkbox"/> Petani <input type="checkbox"/> Ibu rumah tangga <input type="checkbox"/> Pekerja industri genteng <input type="checkbox"/> Lainnya.....
A4	Lama tinggal di Desa Kalibagor	.....tahun

**FAKTOR RISIKO**

B. Penggunaan Tembakau dan Kebiasaan Merokok		
<b>Perokok Aktif</b>		
B1	Apakah Anda pernah menghisap rokok atau menggunakan produk tembakau lainnya (misal rokok lintingan, rokok pipa, cangklong, cerutu)?	<input type="checkbox"/> Ya → C1 <input type="checkbox"/> Tidak → B2
<b>Perokok Pasif</b>		
B2	Adakah orang yang merokok setiap hari di dalam rumah anda?	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak → B4
B3	Siapa yang merokok setiap hari di rumah? (Jawaban Bisa Lebih Dari Satu)	<input type="checkbox"/> Suami/istri <input type="checkbox"/> Orang tua/mertua <input type="checkbox"/> Anak <input type="checkbox"/> Orang lain, sebutkan....
B4	Apakah anda terpapar asap rokok setiap hari di tempat sebagai berikut?	
	a. Tempat kerja	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
	b. Dalam perjalanan (di angkutan umum)	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak

	c. Di tempat umum lainnya <input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak	
<b>C. Paparan Polusi</b>		
C1	Pengalaman terpajan polutan di rumah/tempat tinggal	
	Apakah di dalam rumah anda terpajan polutan dibawah ini? <input type="checkbox"/> Asap dari bahan bakar kayu <input type="checkbox"/> Asap dari bahan bakar minyak/kompur <input type="checkbox"/> Asap dari obat nyamuk bakar	
C2	Pengalaman terpajan polutan di luar rumah/tempat tinggal	
	Apakah diluar rumah anda terpajan polutan dibawah ini? <input type="checkbox"/> Asap kendaraan bermotor <input type="checkbox"/> Asap pembakara/ debu/ tambang/ pabrik semen dekat rumah	
C3	Apakah anda sekarang bekerja atau pernah bekerja di lingkungan yang mengandung polutan?	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak, tetapi pernah bekerja sebelumnya <input type="checkbox"/> Tidak
C4	Pengalaman terpajan polutan di lingkungan kerja	
	Apakah di lingkungan kerja anda terpajan polutan dibawah ini? <input type="checkbox"/> Asap dari mesin bermotor <input type="checkbox"/> Asap pembakaran <input type="checkbox"/> Debu di tempat kerja <input type="checkbox"/> Bahan kimia dan bahan sintesis <input type="checkbox"/> Asbes <input type="checkbox"/> Lainnya, sebutkan.....	
C5	Di lingkungan mana anda bekerja?	<input type="checkbox"/> Industri genteng (tanah liat) <input type="checkbox"/> Pertambangan (emas, timah, tembaga, batubara) <input type="checkbox"/> Industri pembuatan keramik <input type="checkbox"/> Konstruksi bangunan, industri genteng asbes <input type="checkbox"/> Perkebunan <input type="checkbox"/> Peternakan <input type="checkbox"/> Lainnya, sebutkan.....

Sumber : Kemenkes (2011) <http://labdata.litbang.depkes.go.id/menu-download/menu-download-kuesioner>

Lampiran C. Lembar Observasi

**Pengamatan *Lichen* di Sekitar Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor  
Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo**

No	Kode (Stasiun _plot area)	Σ Pohon dalam plot area	Σ Pohon terdapat <i>Lichen</i>	Pohon ke-	Arah	Plot <i>Lichen</i> pada pohon (10x10c m) ke-	Spesimen	Jumlah Koloni	Penutupan (%)	Ciri Morfologi			Spesies	Kode Gambar pada Kamera		
										Warna	Bentuk	Tipe Talus				
				1	Depan	1										
						2										
						3										
					Kanan	1										
						2										
						3										
					Kiri	1										
						2										
						3										
				.... dst	Depan	1										
						2										
						3										
					Kanan	1										
						2										
						3										
					Kiri	1										
						2										
						3										

Lampiran D. Hasil Identifikasi *Lichen*

## a. Surat Keterangan Identifikasi



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
 Jl. Kalimantan 37 – Kampus Bumi Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121  
 Telp. 0331-330224, 334267,337422

---

**SURAT KETERANGAN IDENTIFIKASI**  
 No. **2141** /UN25.1.9/TU/2018

Berdasarkan hasil pengamatan pada spesimen yang dikirimkan ke Laboratorium Ekologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Jember oleh:

Nama	: Anis Trisia Rindiani
NIM	: 142110101031
Instansi	: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Hasil identifikasi yaitu enam jenis Lichen yang termasuk dalam enam Famili. Referensi identifikasi utama yang digunakan ada tiga, namun juga ditambah dengan referensi lain yang sangat mendukung:

1. Bungartz, F.R., Rosentreter, Nash, T.H. 2002. Field Guide to Common Epiphytic Macrolichens in Arizona. Arizona State University Lichen Herbarium. Arizona.
2. <http://lichenportal.org/portal/>
3. <http://www.irishlichens.ie/>

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui  
Pembantu Dekan I,



Dr. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.  
NIP 195910091986021001

Jember, 10 Juli 2018,  
Ketua Laboratorium Ekologi



Dra. Hari Sulistiyowati, M.Sc., Ph.D.  
196501081990032002

Determined by Dra. Hari Sulistiyowati, M.Sc., Ph.D.

b. Tabel Hasil Identifikasi *Lichen*

TABEL HASIL IDENTIFIKASI JENIS LICHEN DI DESA KALIBAGOR, KECAMATAN SITUBONDO, KABUPATEN SITUBONDO, JAWA TIMUR TAHUN 2018

No	Divisi	Kelas	Ordo	Famili	Genus	Jenis
1	Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Caliciaceae	<i>Dirinaria</i>	<i>Dirinaria applanata</i>
2	Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Stereocaulaceae	<i>Lepraria</i>	<i>Lepraria lobificans</i>
3	Ascomycota	Lecanoromycetes	Teloschistales	Physciaceae	<i>Pyxine</i>	<i>Pyxine cocoes</i>
4	Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Flavoparmelia</i>	<i>Flavoparmelia caperata</i>
5	Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae	<i>Cryptothecia</i>	<i>Cryptothecia scripta</i>
6	Artropoda	Lecanoromycetes	Incertaesedis	Lecideaceae	<i>Porpidia</i>	<i>Porpidia trullisata</i>

Pengidentifikasi,

  
 Dra. Hari Santiyowati, M.Sc., Ph.D.  
 NIP. 196501081990032002



Lampiran E Tabel Perhitungan

a. Tabel hasil perhitungan data biotik, kualitas udara dan gangguan faal paru pada ketiga stasiun

Spesies	Frekuensi				Penutupan (%)				Indeks ekologis			
	S 1	S 2	S 3	Total	S 1	S 2	S 3	Total	S 1	S 2	S 3	Total
<i>Diniraria apolanata</i>	0,000	0,079	0,111	<b>0,190</b>	0,000	0,460	2,032	<b>2,492</b>	0,000	4,714	16,857	<b>21,571</b>
<i>Lepraria lobificans</i>	0,079	0,063	0,111	<b>0,254</b>	0,167	0,778	0,571	<b>1,516</b>	1,714	2,857	10,143	<b>14,714</b>
<i>Pyxine Coccoes</i>	0,333	0,016	0,238	<b>0,587</b>	6,825	0,016	2,341	<b>9,183</b>	24,857	0,143	15,143	<b>40,143</b>
<i>Flavoparmelia caperata</i>	0,000	0,000	0,032	<b>0,032</b>	0,000	0,000	0,079	<b>0,079</b>	0,000	0,000	1,857	<b>1,857</b>
<i>Cryptothecia scripta</i>	0,000	0,111	0,048	<b>0,159</b>	0,000	0,508	0,079	<b>0,587</b>	0,000	3,714	1,857	<b>5,571</b>
<i>Porpidia sp.</i>	0,000	0,016	0,000	<b>0,016</b>	0,000	0,016	0,000	<b>0,016</b>	0,000	0,143	0,000	<b>0,143</b>
<b>Total</b>	<b>0,413</b>	<b>0,286</b>	<b>0,540</b>	<b>1,238</b>	<b>6,992</b>	<b>1,778</b>	<b>5,103</b>	<b>13,873</b>	<b>26,571</b>	<b>11,571</b>	<b>45,857</b>	<b>84,000</b>

Stasiun	Index of Atmospheric Purify		Indeks Keanekaragaman		Gangguan Faal Paru	Konsentrasi Polutan
	IAP	Level	H'	Kategori		
Stasiun 1	16,707	A: Polusi tinggi	0,239	Keanekaragaman rendah	9%	Semua parameter konsentrasi polutan dibawah BMUA, dengan adanya konsentrasi beberapa parameter (SO <sub>2</sub> , Debu, NH <sub>3</sub> , dan HC) lebih tinggi di stasiun 2
Stasiun 2	0,973	B: Polusi sangat tinggi	1,184	Keanekaragaman sedang	20%	
Stasiun 3	12,231	B: Polusi sangat tinggi	1,327	Keanekaragaman sedang	14%	
<b>Rata-rata</b>	<b>9,971</b>	<b>B; Polusi sangat tinggi</b>	<b>0,917</b>	<b>Keanekaragaman rendah</b>		

b. Tabel Perhitungan Data Biotik *Lichen* di Stasiun 1

Spesies	Data Biotik							Index of Atmospheric Purify			Indeks Keanekaragaman			
	Jumlah koloni	Jumlah plot	Frekuensi (F)	Penutupan (%)	Indeks Skala Penutupan (C)	Keterangan Indeks Skala Penutupan	indeks ekologis (Q)	f (Fx C)	f*Q	IAP $(\sum_{i=1}^n (Q_i \times f_i))$	pi	ln pi	Pi ln pi	H' $(-\sum pi \ln pi)$
<i>Diniraria apolanata</i>	0	0	0,000	0,000	1	Langka	0,000	0,000	0,000	<b>16,707</b> Level B = Polusi Tinggi	0,000		0,000	<b>0,239</b> (Keanekaragaman rendah, penyebaran jumlah individu tiap spesies rendah dan kestabilan komunitas rendah)
<i>Lepraria lobificans</i>	12	5	0,079	0,167	1	Langka	1,714	0,079	0,136		0,065	-2,741	-0,177	
<i>Pyxine Cocoes</i>	174	21	0,333	6,825	2	Sangat jarang	24,857	0,667	16,571		0,935	-0,067	-0,062	
<i>Flavoparmelia caperata</i>	0	0	0,000	0,000	1	Langka	0,000	0,000	0,000		0,000		0,000	
<i>Cryptothecia scripta</i>	0	0	0,000	0,000	1	Langka	0,000	0,000	0,000		0,000		0,000	
<i>Porpidia sp.</i>	0	0	0,000	0,000	1	Langka	0,000	0,000	0,000		0,000		0,000	
<b>TOTAL</b>	<b>186</b>	<b>26</b>	<b>0,413</b>	<b>6,992</b>	<b>2</b>	<b>Sangat jarang</b>	<b>26,571</b>	<b>0,746</b>	<b>16,707</b>					

c. Tabel Perhitungan Data Biotik *Lichen* di Stasiun 2

Spesies	Data Biotik							Index of Atmospheric Purify			Indeks Keanekaragaman			
	Jumlah koloni	Jumlah plot	Frekuensi (F)	Penutupan (%)	Indeks Skala Penutupan (C)	Keterangan Indeks Skala Penutupan	indeks ekologis (Q)	f (Fx C)	f*Q	IAP $(\sum_{i=1}^n (Q_i \times f_i))$	pi	ln pi	Pi ln pi	H' $(-\sum pi \ln pi)$
<i>Diniraria apolanata</i>	33	5	0,079	0,460	1	Langka	4,714	0,079	0,374	<b>0,973</b> Level A = Polusi sangat tinggi	0,407	-0,898	-0,366	<b>1,184</b> (Keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap spesies sedang dan kestabilan komunitas sedang)
<i>Lepraria lobificans</i>	20	4	0,063	0,778	1	Langka	2,857	0,063	0,181		0,247	-1,399	-0,345	
<i>Pyxine Cocoes</i>	1	1	0,016	0,016	1	Langka	0,143	0,016	0,002		0,012	-4,394	-0,054	
<i>Flavoparmelia caperata</i>	0	0	0,000	0,000	1	Langka	0,000	0,000	0,000		0,000		0,000	
<i>Cryptothecia scripta</i>	26	7	0,111	0,508	1	Langka	3,714	0,111	0,413		0,321	-1,136	-0,365	
<i>Porpidia sp.</i>	1	1	0,016	0,016	1	Langka	0,143	0,016	0,002		0,012	-4,394	-0,054	
<b>TOTAL</b>	<b>81</b>	<b>18</b>	<b>0,286</b>	<b>1,778</b>	<b>2</b>	<b>Sangat jarang</b>	<b>11,571</b>	<b>0,286</b>	<b>0,973</b>					

d. Tabel Perhitungan Data Biotik *Lichen* di Stasiun 3

Spesies	Data Biotik							Index of Atmospheric Purify			Indeks Keanekaragaman			
	Jumlah koloni	Jumlah plot	Frekuensi (F)	Penutupan (%)	Indeks Skala Penutupan (C)	Keterangan Indeks Skala Penutupan	indeks ekologis (Q)	f (FxC)	f*Q	IAP ( $\sum_{i=1}^n (Q_i \times f_i)$ )	pi	ln pi	Pi ln pi	H' (- $\sum pi \ln pi$ )
<i>Diniraria apolanata</i>	118	7	0,111	2,032	2	Sangat jarang	16,857	0,222	3,746	<b>12,231</b> Level A = Polusi sangat tinggi	0,368	-1,001	-0,368	<b>1,327</b> (Keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap spesies sedang dan kestabilan komunitas sedang)
<i>Lepraria lobificans</i>	71	7	0,111	0,571	1	Langka	10,143	0,111	1,127		0,221	-1,509	-0,334	
<i>Pyxine Coccoes</i>	106	15	0,238	2,341	2	Sangat jarang,	15,143	0,476	7,211		0,330	-1,108	-0,366	
<i>Flavoparmelia caperata</i>	13	2	0,032	0,079	1	Langka	1,857	0,032	0,059		0,040	-3,206	-0,130	
<i>Cryptothecia scripta</i>	13	3	0,048	0,079	1	Langka	1,857	0,048	0,088		0,040	-3,206	-0,130	
<i>Porpidia sp.</i>	0	0	0,000	0,000	1	Langka	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	
<b>TOTAL</b>	<b>321</b>	<b>34</b>	<b>0,540</b>	<b>5,103</b>	<b>2</b>	Sangat jarang,	<b>45,857</b>	<b>0,889</b>	<b>12,231</b>					

Keterangan :

F = Jumlah plot/seluruh plot

Q = jumlah koloni tiap spesies / jumlah pohon (7 pohon/stasiun)

f (Frekuensi penutupan) = frekuensi x indek skala penutupan

IAP = jumlah total Q x f tiap spesies

Pi = jumlah koloni tiap spesies/jumlah koloni seluruh spesies

H' = indeks keanekaragaman

## Lampiran F. Hasil Pengukuran Udara Ambien (Konsentrasi Polutan)

- a. Hasil Pengukuran Udara Ambien di Stasiun 1 Dusun Trebung Desa Kalibagor pada Area Pemukiman



LABORATORY TEST RESULT					
JOB NUMBER: ENV-2180944				Date : June 04, 2018	
Customer : DINAS LINGKUNGAN HIDUP KAB. SITUBONDO				Attention: Mr. Toni Wahyudi	
Customer Sample ID.	: Area Sekitar Pemukiman Dsn. Trebung, Desa Kalibagor	Laboratory Sample ID.	: 2180944-3		
Location Coordinate	: S:07°45'34.3" E :114°0'13.4"	Date Received	: 18/05/2018		
Date Sampled	: 16/05/2018	Time Received	: 08:00		
Time Sampled	: 13:20	Interval Analysis	: 18 - 30 May		
Sample Matrix	: Air & Dust				
NO	TEST DESCRIPTION	SAMPLE RESULT	REGULATORY LIMIT *	UNIT	METHOD
1	Ambient Air Quality:				
1	Sulfur Dioxide, SO <sub>2</sub>	< 0.4	262	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.7-2005
2	Carbon Monoxide, CO	< 1150	22600	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.087 (CO Meter)
3	Nitrogen Dioxide, NO <sub>2</sub>	< 16	92.5	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.2-2005
4	Oxidant, O <sub>3</sub>	< 18	200	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.8-2005
5	Dust**	0.093	-	mg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.3-2005
6	Lead, Pb**	< 0.0004	-	mg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.4-2005
7	Hydrogen Sulfide, H <sub>2</sub> S	< 0.07	42	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.059 (Spektrofotometri)
8	Ammonia, NH <sub>3</sub>	< 17	1360	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.1-2005
9	Hydrocarbon, HC	28.8	160	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.079 (Sensor)
10	Noise	51.2	-	dBA	EI 36.137 (Sound Level Meter)
* Governor of East Java Regulatory No. 10/2009 for Ambient Air Standard Quality					
** Based on sampling duration 60 minutes					
Meteorology Data					
1	Temperature	34.9			°C
2	Relative Humidity	55.6			%
3	Wind Direction (to)	South			-
4	Wind Speed	0.5 - 1.3			m/s
5	Weather	Clear			-
6	Air Pressure	749			mmHg

b. Hasil Pengukuran Udara Ambien di Stasiun 2 Dusun Krajan Desa Kalibagor pada Area Sekitar Industri Genteng



LABORATORY TEST RESULT					
JOB NUMBER: ENV-2180944			Date : June 04, 2018		
Customer : DINAS LINGKUNGAN HIDUP KAB. SITUBONDO			Attention: Mr. Toni Wahyudi		
Customer Sample ID.		: Area Industri Genteng Dsn. Krajan, Desa Kalibagor			
Location Coordinate		: S:07°45'56.0" E :113°60'10.6"		Laboratory Sample ID. : 2180944-1	
Date Sampled		: 16/05/2018		Date Received : 18/05/2018	
Time Sampled		: 11:00		Time Received : 08:00	
Sample Matrix		: Air & Dust		Interval Analysis : 18 - 30 May	
NO	TEST DESCRIPTION	SAMPLE RESULT	REGULATORY LIMIT *	UNIT	METHOD
<b>Ambient Air Quality:</b>					
1	Sulfur Dioxide, SO <sub>2</sub>	0.68	262	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.7-2005
2	Carbon Monoxide, CO	< 1150	22600	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.087 (CO Meter)
3	Nitrogen Dioxide, NO <sub>2</sub>	< 16	92.5	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.2-2005
4	Oxidant, O <sub>3</sub>	< 18	200	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.8-2005
5	Dust**	0.184	-	mg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.3-2005
6	Lead, Pb**	< 0.0004	-	mg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.4-2005
7	Hydrogen Sulfide, H <sub>2</sub> S	< 0.07	42	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.059 (Spektrofotometri)
8	Ammonia, NH <sub>3</sub>	50.9	1360	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.1-2005
9	Hydrocarbon, HC	30.2	160	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.079 (Sensor)
10	Noise	50.9	-	dBA	EI 36.137 (Sound Level Meter)

\* Governor of East Java Regulatory No. 10/2009 for Ambient Air Standard Quality

\*\* Based on sampling duration 60 minutes

Meteorology Data			
1	Temperature	34.8	°C
2	Relative Humidity	60.1	%
3	Wind Direction (to)	South	-
4	Wind Speed	0.1 - 0.7	m/s
5	Weather	Clear	-
6	Air Pressure	749	mmHg

c. Hasil Pengukuran Udara Ambien di Stasiun 3 Dusun Trebung Desa Kalibagor pada Area Sekitar Persawahan



LABORATORY TEST RESULT					
JOB NUMBER: ENV-2180944				Date : June 04, 2018	
Customer : DINAS LINGKUNGAN HIDUP KAB. SITUBONDO				Attention: Mr. Toni Wahyudi	
Customer Sample ID.	: Area Sekitar Persawahan Dsn. Bandungan, Desa Kalibagor			Laboratory Sample ID.	: 2180944-2
Location Coordinate	: S:07°46'08.1" E :113°59'57.2"			Date Received	: 18/05/2018
Date Sampled	: 16/05/2018			Time Received	: 08:00
Time Sampled	: 12:15			Interval Analysis	: 18 - 30 May
Sample Matrix	: Air & Dust				
NO	TEST DESCRIPTION	SAMPLE RESULT	REGULATORY LIMIT *	UNIT	METHOD
1	Ambient Air Quality:				
2	Sulfur Dioxide, SO <sub>2</sub>	0.53	262	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.7-2005
3	Carbon Monoxide, CO	< 1150	22600	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.087 (CO Meter)
4	Nitrogen Dioxide, NO <sub>2</sub>	< 16	92.5	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.2-2005
5	Oxidant, O <sub>3</sub>	< 18	200	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.8-2005
6	Dust**	0.058	-	mg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.3-2005
7	Lead, Pb**	< 0.0004	-	mg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.4-2005
8	Hydrogen Sulfide, H <sub>2</sub> S	< 0.07	42	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.059 (Spektrofotometri)
9	Ammonia, NH <sub>3</sub>	< 17	1360	µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 19-7119.1-2005
10	Hydrocarbon, HC	28.2	160	µg/Nm <sup>3</sup>	EI 36.079 (Sensor)
	Noise	53.2	-	dBA	EI 36.137 (Sound Level Meter)

\* Governor of East Java Regulatory No. 10/2009 for Ambient Air Standard Quality  
 \*\* Based on sampling duration 60 minutes

Meteorology Data			
1	Temperature	35.3	°C
2	Relative Humidity	57.2	%
3	Wind Direction (to)	South	-
4	Wind Speed	0.5 - 1.8	m/s
5	Weather	Clear	-
6	Air Pressure	749	mmHg

Lampiran G. Hasil Pemeriksaan Faal Paru pada Masyarakat Sekitar Kawasan Industri Genteng



REKAP GLOBAL SPIROMETRY  
PENELITIAN MAHASISWA

NO	NAMA	UMUR	JK	TB	BB	LUNG AGE	KESIMPULAN
1	Tn. HAMID	60	L	164	46	>82	FVC 64%, SVC 59%, FEV1 66%, FEV1/FVC 82% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
2	Ny. EMI	38	P	156	70	38	Faal paru dalam batas normal
3	Ny. LASMANI	39	P	147	58	82	FVC 65%, SVC 72%, FEV1 59%, FEV1/FVC 78% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
4	Tn. ARBASIN	38	L	164	76	38	Faal paru dalam batas normal
5	Ny. RINI	35	P	155	39	66	FVC 66%, SVC 76%, FEV1 74%, FEV1/FVC 98% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
6	Tn. BAHRYQ	38	L	167	53	38	Faal paru dalam batas normal
7	Tn. SUPRI	38	L	157	57	64	FVC 67%, SVC 65%, FEV1 81%, FEV1/FVC 100% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
8	Ny. ATIKA	31	P	149	45	71	FVC 61%, SVC 66%, FEV1 68%, FEV1/FVC 99% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
9	Ny. SAFITRI	38	P	146	48	69	FVC 76%, SVC 62%, FEV1 75%, FEV1/FVC 85% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
10	Ny. ASTUTI	69	P	153	57	69	Faal paru dalam batas normal
11	Tn. IRVAN	34	L	163	54	39	Faal paru dalam batas normal
12	Ny. TIWANI	52	P	153	51	78	FVC 75%, SVC 79%, FEV1 69%, FEV1/FVC 78% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
13	Tn. EKO	34	L	160	62	65	Faal paru dalam batas normal
14	Tn. UBAY	38	L	157	55	54	Faal paru dalam batas normal
15	Ny. IRMA	33	P	150	36	>92	FVC 41%, SVC 50%, FEV1 42%, FEV1/FVC 90% Restriksi berat, tidak ada obstruksi
16	Ny. DEA	33	P	155	60	33	Faal paru dalam batas normal
17	Tn. ANDRI	31	L	170	69	65	FVC 73%, SVC 75%, FEV1 73%, FEV1/FVC 84% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
18	Ny. MUYATI	48	P	147	56	>93	FVC 36%, SVC 28%, FEV1 42%, FEV1/FVC 100% Restriksi berat, tidak ada obstruksi
19	Ny. SIAH	68	P	155	56	77	FVC 71%, SVC 77%, FEV1 85%, FEV1/FVC 98% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
20	Ny. WINDA	36	P	155	45	54	Faal paru dalam batas normal
21	Ny. ROYANI	48	P	145	69	59	Faal paru dalam batas normal
22	Ny. YONA	42	P	141	49	67	Faal paru dalam batas normal
23	Ny. SUDIATI	58	P	144	64	64	Faal paru dalam batas normal
24	Tn. YOHANES	38	L	157	58	38	Faal paru dalam batas normal
25	Tn. RODI	36	L	147	51	38	Faal paru dalam batas normal
26	Ny. DEWI	33	P	139	53	79	FVC 94%, SVC 94%, FEV1 74%, FEV1/FVC 64% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
27	Tn. SURIP	53	L	156	91	81	FVC 70%, SVC 66%, FEV1 65%, FEV1/FVC 75% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
28	Ny. HERLINA	34	P	156	53	71	FVC 75%, SVC 65%, FEV1 72%, FEV1/FVC 81% Tidak ada restriksi, Kelainan obstruksi ringan
29	Ny. SAUNA	58	P	150	58	76	Faal paru dalam batas normal
30	Ny. RUMIK	34	P	161	75	36	Faal paru dalam batas normal
31	Tn. MUHAMMAD	58	L	158	60	58	Faal paru dalam batas normal

www.simalab.co.id



Kantor Pusat : Jl. Tangkubanprahu 14 Malang ♦ Telp. 0341 - 326060, 321253, 321254 ♦ Fax 0341 - 323846  
Kantor Cabang : Jl. Pahlawan Kusuma Bangsa 45 Kediri ♦ Telp. 0354 - 689992, 685902 ♦ Fax. 0354 - 685699  
Jl. Ciliwung 51 Malang ♦ Telp. 0341 - 486629, 486630 ♦ Fax. 0341 - 486627

email : simamalang@simalab.co.id  
email : simakediri@simalab.co.id  
email : simamalang@simalab.co.id

32	Ny. VINA	35	P	159	63	49	FVC 78%, SVC 78%, FEV1 89%, FEV1/FVC 100% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
33	Ny. TINAH	63	P	159	56	63	Faal paru dalam batas normal
34	Tn. SUTIK	58	P	158	59	>80	FVC 74%, SVC 80%, FEV1 71%, FEV1/FVC 77% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
35	Ny. TIWUK	53	P	155	59	69	Faal paru dalam batas normal
36	Ny. JIAN	57	P	159	58	60	Faal paru dalam batas normal
37	Ny. SUINI	57	P	160	60	70	Faal paru dalam batas normal
38	Tn. RETNO	33	L	162	70	33	Faal paru dalam batas normal
39	Ny. HALIMAH	58	P	156	56	58	Faal paru dalam batas normal
40	Ny. SUMIATI	58	P	144	49	70	Faal paru dalam batas normal
41	Tn. KIKI	43	L	170	99	74	FVC 53%, SVC 70%, FEV1 66%, FEV1/FVC 100% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
42	Tn. JUMAI	59	L	160	62	75	FVC 62%, SVC 62%, FEV1 78%, FEV1/FVC 100% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
43	Tn. DODI	30	L	174	86	54	FVC 77%, SVC 68%, FEV1 82%, FEV1/FVC 89% Restriksi ringan, tidak ada obstruksi
44	Ny. UTIK	58	P	160	69	69	Faal paru dalam batas normal

KETERANGAN :

KELAS	DERAJAT KERUSAKAN	RESTRIKSI		OBSTRUKSI	
		VC %	FEV1/FVC	VC %	FEV1/FVC
O	NORMAL	>80	>75	>80	>75
I	RINGAN	60-80	>75	>80	60-75
II	SEDANG	50-60	>75	>80	40-60
III	BERAT	35-50	>75	>80	<40

Jember, 11 Juni 2018

dr. RETNA PURNAMA SARI Sp.P

www.simalab.co.id



Kantor Pusat : Jl. Tangkubanprahu 14 Malang ♦ Telp. 0341 - 326060, 321253, 321254 ♦ Fax. 0341 - 323846  
Kantor Cabang : Jl. Pahlawan Kusuma Bangsa 45 Kediri ♦ Telp. 0354 - 689992, 685902 ♦ Fax. 0354 - 685699  
Jl. Cilwung 51 Malang ♦ Telp. 0341 - 486629, 486630 ♦ Fax. 0341 - 486627

email : simamalang@simalab.co  
email : simakediri@simalab.co  
email : simamalang@simalab.co

## Lampiran H. Ijin Penelitian



**PEMERINTAH KABUPATEN SITUBONDO**  
**BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK**  
 JL. PB. SUDIRMAN KEL. PATOKAN TELP/FAX ( 0338 ) 671 927  
 SITUBONDO 68312

---

Situbondo, 28 Mei 2018

Nomor : 070/ 273 /431.305.2.2/2018  
 Sifat : Penting  
 Lampiran : 1 (satu) lembar  
 Perihal : Penelitian/Survey/Research

Kepada Yth :  
 Sdr. Kepala Desa Kalibagor Kec. Situbondo  
 Kabupaten Situbondo  
 di - SITUBONDO

Menunjuk surat : Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember  
 Nomor : 2451/UN25.1.12/SP/2018  
 Tanggal : 16 Mei 2018  
**Bersama ini memberikan Rekomendasi kepada :**  
 Nama : ANIS TRISIA RINDIANI / NIM. 142110101031  
 Alamat/HP : Jl. Basuki Rahmat No. 221 RT 03 RW 04 Curah Jeru / HP. 081 615 254 627  
 Pekerjaan : Mahasiswa  
 Instansi/Organisasi : Universitas Jember  
 Kebangsaan : Indonesia  
**bermaksud mengadakan penelitian/survey/research :**  
 Judul/Tema : Tingkat Pencemaran Udara Menggunakan Bioindikator Lichen dan Konsentrasi Polutan serta Gangguan Faal Paru Pada Masyarakat di Kawasan Industri Genteng ( Studi di Kawasan Industri Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo ).  
 Tujuan : Tugas Akhir Skripsi  
 Bidang : Kesehatan Lingkungan & Kesehatan Masyarakat  
 Penanggungjawab : Dr. Isa Ma'rufi, S.KM.,M.Kes.  
 Anggota : -  
 Waktu : 28 Mei s/d 30 Juli 2018  
 Lokasi : Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo.

Schubungan dengan hal tersebut, diharapkan dukungan dan kerjasama pihak terkait untuk memberikan bantuan yang diperlukan. Adapun kepada peneliti agar memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Berkewajiban menghormati dan mentaati peraturan dan tata tertib yang berlaku di daerah setempat;
2. Pelaksanaan penelitian/survey/research agar tidak disalahgunakan untuk tujuan tertentu yang dapat mengganggu kestabilan keamanan dan ketertiban di daerah setempat;
3. Melaporkan hasil penelitian dan sejenisnya kepada Bakesbangpol Kabupaten Situbondo.

Demikian untuk menjadi maklum.

An. KEPALA BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK  
 KABUPATEN SITUBONDO  
**Kabid Hubungan Antar Lembaga**



**SUYONO, SE.**  
 Penata Tk. I  
 NIP. 19700127 199303 1 004

**Tembusan disampaikan kepada Yth :**

1. Sdr. Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Sdr. Yang Bersangkutan;
3. Arsip.

## Lampiran I. Dokumentasi

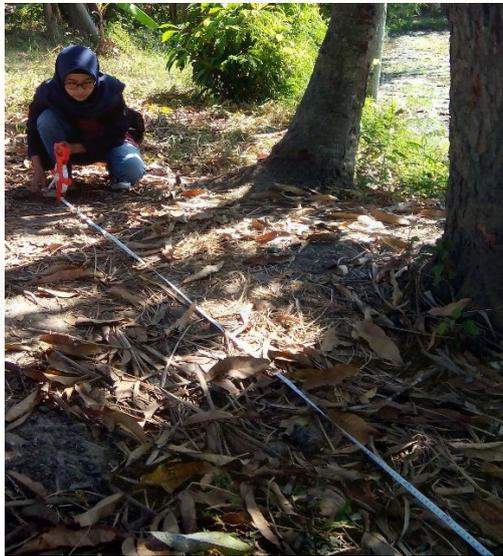
## a. Lokasi Penelitian



Gambar 1. Kawasan industri genteng di pinggir jalan Desa Kalibagor



Gambar 2. Industri genteng yang melakukan proses pembakaran

b. Pengamatan dan Pengambilan Sampel *Lichen*

Gambar 3. Pengukuran plot sampling 10x10m



Gambar 4. Pengukuran suhu dan kelembaban



Gambar 5. *Plotting* sampel *lichen*



Gambar 6. Pengamatan dan pengambilan data biotik *lichen*



Gambar 7. Pengambilan sampel *lichen* dari pohon inang



Gambar 8. Salah satu spesimen *lichen*

c. Pengukuran Spirometri dan Wawancara pada Masyarakat Kawasan Industri  
Genteng Desa Kalibagor Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo



Gambar 9. Pengukuran tinggi badan



Gambar 10. Pengukuran berat badan



Gambar 11. Wawancara dengan masyarakat



Gambar 12. Pengukuran faal paru pada masyarakat

## d. Pengambilan Sampel Udara Ambien



Gambar 13. Pengambilan sampel udara ambien di stasiun 1 Dusun Trebung pada area pemukiman



Gambar 14. Pengambilan sampel udara ambien di stasiun 2 Dusun Krajan pada area sekitar industri



Gambar 15. Pengambilan sampel udara ambien di Stasiun 3 Dusun Bandungan pada area sekitar persawahan