



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**STUDI KASUS ANALISIS BIAYA DAMPAK PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA  
PADA PABRIK MAKANAN**

**NISA HUDANI NABILA  
0321174000044**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei., ST., MEPM**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh November  
Surabaya 2022**



**TUGAS AKHIR – RE 141581**

**STUDI KASUS ANALISIS BIAYA DAMPAK PENGENDALIAN  
PENCEMARAN UDARA PADA PABRIK MAKANAN**

**NISA HUDANI NABILA  
0321174000044**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei., ST., MEPM**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh November  
Surabaya 2022**



**TUGAS AKHIR – RE 141581**

**CASE STUDY COST ANALYSIS OF THE IMPACT OF AIR POLLUTION  
CONTROL ON FOOD FACTORIES**

**NISA HUDANI NABILA  
0321174000044**

**Supervisor  
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei., ST., MEPM**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh November  
Surabaya 2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI KASUS ANALISIS BIAYA DAMPAK PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA PADA PABRIK MAKANAN

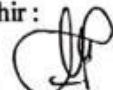
#### PROPOSAL TUGAS AKHIR

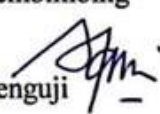
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik  
Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan,  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

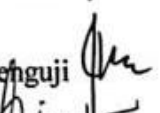
Oleh : Nisa Hudani Nabila  
NRP. 0321174000044

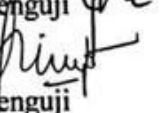
Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir :

1. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei., ST., MEPM  
NIP. 19820119 200501 1 001
2. Harmin Sulistyaning Titah, ST., MT., Phd  
NIP. 19750523 200212 2 001
3. Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Phd  
NIP. 19711114 200312 2 001
4. Ir. Rr. Atiek Moesriati M. Kes.  
NIP. 19570602 198903 2 002

  
Pembimbing

  
Penguji

  
Penguji

  
Penguji



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Nisa Hudani Nabila / 0321174000044

Departemen : Teknik Lingkungan

Dosen Pembimbing / NIP : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei., ST., MEPM/ 19820119 200501 1 001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “ Studi Kasus Analisis Biaya Dampak Pengendalian Pencemaran Udara Pada Pabrik Makanan “ adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

**Mengetahui**

**Dosen Pembimbing**



**Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei., ST., MEPM**  
**NIP. 19820119 200501 1 001**

**Surabaya, 25 Juli 2022**

**Mahasiswa,**



**Nisa Hudani Nabila**  
**NRP. 0321174000044**

## **STUDI KASUS ANALISIS BIAYA DAMPAK PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA PADA PABRIK MAKANAN**

Nama Mahasiswa : Nisa Hudani Nabila  
NRP : 03211740000044  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM

### **ABSTRAK**

Perkembangan perekonomian suatu daerah terhadap kondisi lingkungan di daerah tersebut tidak lepas dari pengamatan publik. Masyarakat mulai menyadari bahwa aktivitas perekonomian dapat memberikan dampak pada kondisi lingkungan, sehingga akan mempengaruhi kualitas lingkungan. Pencemaran udara merupakan hal yang harus cepat diatasi dikarenakan udara merupakan hal yang dibutuhkan oleh manusia untuk menjalani kegiatan sehari-hari. Kualitas udara di lingkungan semakin menurun. Aktivitas manusia merupakan faktor utama penyebab menurunnya kualitas udara di lingkungan. Sedangkan pada negara berkembang, industri sangat penting untuk memperluas landasan pembangunan dan memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Pabrik-pabrik industri yang ada di Indonesia saat ini kurang memperhatikan filter pada cerobong asap pabriknya, sehingga asap hasil pembakaran yang keluar dari cerobong asap pabrik tidak tersaring dengan baik. Hal ini dapat membahayakan udara disekitar pabrik, karena zat-zat dan kandungan logam berbahaya yang ada pada asap ikut mencemari udara. Jika cerobong asap pabrik tidak memiliki filter yang baik, maka asap akan mengeluarkan banyak debu serta bau yang tidak sedap. Partikel adalah salah satu jenis pencemaran udara begitu juga tentang kebisingan. Karena tingkat kebisingan rata-rata dan jumlah sumber kebisingan telah meningkat, pemerintah telah mengambil berbagai langkah untuk membuat soundscapes berkelanjutan. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara selanjutnya mendefinisikan sumber pencemar sebagai setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Sumber-sumber pencemar udara dapat bersifat alami maupun

antropogenik (aktivitas manusia). Chandra (2006) selanjutnya mendefinisikan pencemaran udara yang terjadidipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu 1. Temperatur Pergerakan mendadak lapisan udara dingin ke suatu kawasan industri dapat menimbulkan inversi atmosfer. Inversi merupakan kondisi dimana udara. Beberapa senyawa yang terkandung adalah  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ .  $\text{SO}_2$  terkonversi di udara sebagai pencemar udara seperti aerosol sulfat. Aerosol yang dihasilkan oleh  $\text{SO}_2$  menjadi pencemar sekunder dimana unsur tersebut mempunyai ukuran yang sangat halus. Oleh karena itu, dapat terhirup oleh sistem pernapasan dan menyebabkan berbagai macam penyakit saluran pernapasan. Sedangkan, Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sedangkan nitrogen dioksida memiliki warna cokelat kemerahan dan bau yang tajam. Nitrogen oksida berbahaya karena merupakan penyusun asap fotokimia dan jika kena mata bisaperih dan terhirup menyebabkan sesak nafas.

Biasanya pabrik akan mengeluarkan biaya pengeluaran untuk pengelolaan pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh pabrik tersebut. Dihitung biaya lingkungan untuk mengidentifikasi kewajiban material keuangan perusahaan terhadap lingkungan. Tujuan adanya biaya lingkungan yaitu biaya lingkungan dipergunakan sebagai alat manajemen lingkungan dan sebagai sarana komunikasi dengan masyarakat. Biaya lingkungan juga dapat digunakan untuk menilai tingkat keluaran dan capaian limbah perusahaan tiap tahun untuk menjamin perbaikan kinerja lingkungan. Adapula biaya kesehatan yang harus dikeluarkan karena beberapa masyarakat sekitar mengalami sakit akibat dari pencemaran yang terjadi. Dampak dari pencemaran udara terhadap kesehatan pada akhirnya akan menimbulkan beban ekonomi (economic burden) yang harus ditanggung oleh masyarakat. Kementerian Kesehatan telah menetapkan Permenkes nomor 69 tahun 2013 tentang Standar Tarif Pelayanan Kesehatan pada Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama dan Fasilitas Kesehatan Tingkat Lanjutan. Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan akan membayar kepada fasilitas kesehatan tingkat pertama dengan sistem kapitasi dan untuk fasilitas kesehatan rujukan tingkat lanjutan dengan sistem paket Indonesia Case Based Groups (INA- CBG's).

Adapula hal lain yang ditimbulkan oleh pabrik yaitu kebisingan. Kebisingan yang ditimbulkan oleh pabrik juga mengganggu masyarakat dan bisa sampai mempengaruhi kesehatan pendengaran masyarakat sekitar. Dengan dipasangkan tanaman barrier di area pabrik dapat mengurangi kebisingan sekaligus bisa mengurangi kadar  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  yang ada di area pabrik

**Kata kunci:** pencemaran udara, biaya lingkungan, kualitas udara, kebisingan, biaya kesehatan, tanaman barrier

## **STUDI KASUS ANALISIS BIAYA DAMPAK PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA PADA PABRIK MAKANAN**

Name of Student : Nisa Hudani Nabila  
NRP : 03211740000044  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM

### **ABSTRACT**

The economic development of a region on environmental conditions in the area cannot be separated from public observation. People are starting to realize that economic activity can have an impact on environmental conditions, so that it will affect the quality of the environment. Air pollution is something that must be addressed quickly because air is something that humans need to carry out their daily activities. Air quality in the environment is decreasing. Human activities are the main factor causing the decline in air quality in the environment. Meanwhile, in developing countries, industry is very important to broaden the foundation of development and meet the increasing needs of society. Industrial factories in Indonesia currently pay less attention to the filters in their factory chimneys, so the combustion smoke that comes out of the factory chimneys is not filtered properly. This can harm the air around the factory because harmful substances and metal content in the smoke also pollutes the air. If the factory chimney does not have a good filter, the smoke will emit a lot of dust and an unpleasant odor. Particles are one type of pollutant in the air as well as noise. As average noise levels and the number of noise sources have increased, the government has taken various steps to make soundscapes sustainable.

Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 41 of 1999 concerning Air Pollution Control further defines a pollutant source as any business and/or activity that releases pollutant materials into the air which causes the air to not function properly. Sources of air pollutants can be natural or anthropogenic (human activities). Chandra (2006) further defines air pollution that occurs is influenced by several factors, namely 1. Temperature The sudden movement of a layer of cold air into an industrial area can cause an atmospheric inversion. Inversion is a condition in which the air Some of the compounds contained are SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>. SO<sub>2</sub> is converted in the air as air pollutants such as sulfate aerosols. The aerosol produced by SO<sub>2</sub> becomes a secondary pollutant where the element has a very fine size. Therefore, it can be inhaled by the respiratory system and cause various respiratory tract diseases. Meanwhile, nitrogen monoxide is a colorless and odorless gas while nitrogen dioxide has a reddish-brown color and a sharp odor. Nitrogen oxide is dangerous because it is a constituent of photochemical fumes and if it comes into contact with the eyes, it can sting and be inhaled causing shortness of breath.

Usually, the factory will incur expenses for the management of environmental pollution caused by the factory. Environmental costs are calculated to identify the company's material financial obligations to the environment. The purpose of the existence of environmental costs is that environmental costs are used as a tool for environmental management and as a means of communication with the community. Environmental costs can also be used to assess the level of output and output of the company's waste each year to ensure improvements in environmental performance. There are also health costs that must be incurred because some of the surrounding communities are sick as a result of the pollution. The impact of air pollution on health will



ultimately lead to an economic burden that must be borne by the community. The Ministry of Health has stipulated Permenkes number 69 of 2013 concerning Standard Tariffs for Health Services at First Level Health Facilities and Advanced Health Facilities. The Health Social Security Administering Body will pay to first-level health facilities with a capitation system and for advanced-level referral health facilities with the Indonesia Case Based Groups (INA-CBG's) package system.

There is also another thing caused by the factory, namely noise. The noise generated by the factory also disturbs the community and can affect the hearing health of the surrounding community. By installing barrier plants in the factory area, it can reduce noise while reducing SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> levels in the factory area

**Keywords:** air pollution, environmental costs, air quality, noise, health costs, plant barrier

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia kenikmatan, kemudahan, petunjuk, dan berkah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini berjudul **“STUDI KASUS ANALISIS BIAYA DAMPAK PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA PADA PABRIK MAKANAN”**

Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu tidak terlepas dari peran serta berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST atas segala bimbingan dan nasihatnya selama kegiatan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir.
2. Ibu Harmin Sulistyaning Titah, ST., MT., Ph.D dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Phd atas arahan yang diberikan untuk kegiatan penelitian ini.
3. Bapak Arseto Yekti Bagastyo S.T. M.T., M.Phill, atas bimbingan selama menjalani kegiatan perkuliahan di Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS.
4. Ayah, Bunda, dan Adik serta keluarga besar atas segala dukungan materi, doa, dan moral demi kelancaran tugas akhir.
5. Teman-teman rekan bimbingan tugas akhir atas kerjasama dan bantuannya selama pengerjaan tugas akhir.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS 2017, khususnya anggota Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim, atas segala bantuan dan dukungannya selama pengerjaan tugas akhir.

Penulis memohon saran, kritik, dan penyempurnaan dari pembaca terkait dengan tugas akhir ini. Terima kasih.

Surabaya, 23 Juli 2022

Penulis

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>I</b>
<b>LEMBAR ORISINILITAS</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>VII</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>IX</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>XI</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>XIII</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH .....	2
1.3 TUJUAN .....	2
1.4 MANFAAT PENELITIAN .....	2
1.5 RUANG LINGKUP.....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 PENCEMARAN UDARA GAS BUANG CEROBONG ASAP INDUSTRI .....	5
2.2 SUMBER PENCEMAR .....	5
2.3 FAKTOR – FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PENCEMARAN UDARA.....	7
2.4 SUMBER PENCEMARAN UDARA GAS BUANG CEROBONG ASAP.....	7
2.4.1 <i>Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)</i> .....	7
2.4.2 <i>Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)</i> .....	9
2.5 DAMPAK PENCEMARAN UDARA GAS BUANG CEROBONG ASAP.....	10
2.6 BIAYA LINGKUNGAN.....	10
2.6.1 <i>Menghitung Biaya Lingkungan</i> .....	11
2.6.2 <i>Pendekatan Biaya Pengobatan</i> .....	12
2.7 BAKU MUTU UDARA NASIONAL .....	13
2.8 BOILER .....	14
2.8.1 <i>Dust Collector</i> .....	16
2.8.2 <i>Water Spoons Filter</i> .....	17
2.8.3 <i>Cyclone</i> .....	17
2.8.4 <i>Wet Scrubber</i> .....	18
2.9 KEBISINGAN PADA INDUSTRI.....	20
2.9.1 <i>Pengendali Kebisingan</i> .....	21
2.10 TANAMAN BARRIER .....	24
2.10.1 <i>Mekanisme Penyerapan Tanaman pada Sumber Pencemar</i> .....	26
<b>BAB 3 METODE PENULISAN</b> .....	<b>29</b>
3.1 DESKRIPSI LOKASI .....	29
3.2 KERANGKA PENELITIAN .....	29
3.3 METODE STUDI .....	30
3.3.1 <i>Kajian Pustaka</i> .....	30

3.3.2	<i>Studi Kasus</i> .....	31
3.4	SISTEMATIKA PENULISAN .....	31
<b>BAB 4</b>	<b>STUDI KASUS</b> .....	<b>33</b>
4.1	STUDI KASUS MENGGUNAKAN METODE DUST COLLECTOR.....	33
4.1.1	<i>Laporan Biaya Lingkungan Industri A</i> .....	33
4.1.2	<i>Emisi Udara</i> .....	33
4.1.3	<i>Analisis Biaya Lingkungan</i> .....	35
4.1.4	<i>Analisis Efektivitas Biaya Lingkungan dalam Upaya Meminimalkan Pencemaran Lingkungan</i> .....	35
4.1.5	<i>Efektivitas Biaya Lingkungan Industri A</i> .....	36
4.2	RATIO ECO PROFIT.....	37
4.3	TANAMAN BARRIER .....	38
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>41</b>
5.1	KESIMPULAN.....	41
5.2	SARAN.....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>43</b>
<b>BIODATA PENULIS</b>	.....	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh SO <sub>2</sub> Terhadap Manusia .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.2 Dampak Senyawa NO <sub>2</sub> Terhadap Kesehatan Manusia Berdasarkan Tingkatannya..	9
Tabel 2.3 Baku Mutu Udara Nasional .....	13
Tabel 2.4 Tabel Kelebihan dan Kekurangan Alat Pengendali.....	19
Tabel 2.5 Tabel Data Tingkat Kebisingan Industri A.....	23
Tabel 4.1 Laporan Biaya Lingkungan Industri A.....	33
Tabel 4.2 Emisi Gas Buang Cerobong Industri A .....	34
Tabel 4.3 Klasifikasi Biaya Lingkungan Industri A .....	35
Tabel 4.4 Rencana dan Upaya Pengelolaan Lingkungan Industri A .....	35
Tabel 4.5 Rencana dan Upaya Pemantauan Lingkungan Industri A .....	36
Tabel 4.6 Efektivitas Biaya Lingkungan untuk Pengendalian Emisi Udara .....	36
Tabel 4.7 Emisi Gas Buang Cerobong Industri A Setelah Dipasang Tanaman Barrier .....	37

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penderita Pneumonia ditangani di Kabupaten Mojokerto Tahun 2008 - 2012 ....	10
Gambar 2.2 Sistem Boiler.....	15
Gambar 2.3 Gambaran Umum Dust Collector .....	17
Gambar 2.4 Gambar Cyclone.....	18
Gambar 2.5 Gambar Wet Scrubber.....	19
Gambar 2.6 Pohon Mahoni (Swietenia Mahoni).....	25
Gambar 2.7 Bambu Jepang (Pseudosasa Japonica).....	25
Gambar 2.8 Dolar (Ficus Pumila).....	26
Gambar 2.9 Potongan Melintang Daun.....	27
Gambar 3.1 Peta Lokasi Industri A.....	29
Gambar 4.1 Denah Lokasi Industri A.....	34
Gambar 4.2 Bambu Jepang (Pseudosasa Japonica).....	39
Gambar 4.3 Contoh Gambar Rencana Peletakan Tanaman Barrier.....	39



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Udara adalah campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan tidak berbau (seperti oksigen dan nitrogen) yang memenuhi ruang di atas bumi seperti yang dihirup makhluk hidup apabila bernapas (KBBI, 2012). Udara dibedakan menjadi udara emisi dan udara ambien. Udara emisi (pencemaran udara) yaitu udara yang dikeluarkan oleh sumber emisi (pencemaran udara) seperti knalpot kendaraan bermotor dan cerobong gas buang industri. Sedangkan udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi yang sehari-hari dihirup oleh makhluk hidup (PP No.41 Tahun 1999). Pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan. Salah satu pencemaran udara yang cukup besar dampaknya berasal dari industri. Pencemaran udara yang dihasilkan dari sisa pembuangan industri adalah pencemaran udara gas buang cerobong industri.

Cerobong asap merupakan suatu elemen bangunan berbentuk bulat atau persegi untuk mengalirkan udara, gas, asap pada bangunan yang berfungsi sebagai ventilasi pembuangan panas gas buang atau asap yang dihasilkan dari kompor, boiler, tungku, atau bahkan perapian ke luar menuju atmosfer. Cerobong asap biasanya tersusun secara vertikal atau mendekati vertikal, dalam arti sangat mendekati vertikal. Adapun fungsi dari cerobong asap sendiri adalah untuk menarik keluar udara dari proses pembakaran serta menguraikan polutan yang terkandung dalam gas buang menuju wilayah yang lebih luas. Dengan demikian dapat menurunkan kadar konsentrasi polutan yang ada. Dizaman sekarang ini industri menempati pusat dalam ekonomi masyarakat modern dan merupakan penggerak paling dasar dalam meningkatkan kemakmuran, terutama pada negaranegara maju. Sedangkan pada negara berkembang, industri sangat penting untuk memperluas landasan pembangunan dan memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Pabrik-pabrik industri yang ada di Indonesia saat ini kurang memperhatikan filter pada cerobong asap pabriknya, sehingga asap hasil pembakaran yang keluar dari cerobong asap pabrik tidak tersaring dengan baik. Hal ini dapat membahayakan udara disekitar pabrik, karena zat-zat dan kandungan logam berbahaya yang ada pada asap ikut mencemari udara. Jika cerobong asap pabrik tidak memiliki filter yang baik, maka asap akan mengeluarkan banyak debu serta bau yang tidak sedap. Logam-logam berat yang dimuntahkan oleh cerobong asap pabrik dalam bentuk partikel perlu mendapat perhatian. Bahan-bahan kimia metalik ini sangat berbahaya bagi kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan (Sumardjo, 2009). Di Indonesia kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung, Surabaya, Medan dan kota besar lainnya juga memiliki industri-industri besar yang mampu menyerap tenaga kerja dalam jumlah yang cukup banyak dan memiliki dampak positif maupun negatif.

Pengelolaan lingkungan membutuhkan alokasi dana dari perusahaan yang disebut biaya lingkungan. Purwanti dan Prawironegoro (2013:187) menjelaskan biaya lingkungan yaitu biaya yang digunakan untuk menjaga kelestarian lingkungan perusahaan. Lingkungan yang dimaksud adalah lingkungan hidup yang sangat penting untuk diperhatikan oleh perusahaan. Salah satu perusahaan yang telah menggunakan biaya lingkungan dalam akuntansinya adalah Industri A.

Industri A adalah salah satu pabrik gula di bawah naungan PTPN X. Industri A mempunyai kapasitas produksi terbesar dalam lingkup perusahaan gula di PTPN X. Kapasitas produksi Industri A yaitu sebesar 6500 ton tebu per hari. Kapasitas produksi yang besar tersebut dapat berpotensi menghasilkan limbah yang besar. Industri A telah efisien. Penilaian dari sudut pandang lingkungan digunakan untuk mengetahui apakah pengalokasian biaya lingkungan Industri A telah sesuai dengan tujuan perusahaan. Tujuan yang dimaksud adalah limbah Industri A tidak melampaui baku mutu yang telah ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup. Apabila limbah Industri A memenuhi baku mutu dari pemerintah maka dapat dikatakan biaya lingkungan Industri A efektif.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berikut adalah rumusan masalah yang diangkat di dalam tugas akhir ini :

- a. Perlunya identifikasi apa saja sumber zat pencemar dan dampak apa saja yang ditimbulkan oleh pencemaran udara pada gas buang cerobong asap pabrik makanan Industri A.
- b. Perlunya kajian analisis biaya lingkungan yang harus dikeluarkan oleh pabrik makanan akibat dari pencemaran gas buang cerobong asap.
- c. Perlunya kajian tentang pengendalian dan pengelolaan yang dilakukan oleh pabrik makanan Industri A dan tanaman barrier apa yang bisa digunakan untuk meredam kebisingan.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dilakukan studi kasus ini, yaitu:

- a. Mengidentifikasi apa saja sumber zat pencemar dan bagaimana dampak dari pencemaran udara gas buang pada pabrik makanan Industri A.
- b. Mendapatkan berapa biaya lingkungan yang harus dikeluarkan oleh pabrik makanan Industri A akibat dari pencemaran udara gas buang cerobong asap.
- c. Mampu merencanakan pengaplikasian alat yang dapat digunakan untuk pengendalian pencemaran udara dan mendapatkan beberapa tanaman barrier yang dapat digunakan untuk mengurangi kebisingan

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Menyediakan data untuk para peneliti studi terkait pengaruh biaya kesehatan yang diakibatkan oleh pencemaran udara.
- b. Dapat menentukan nilai biaya lingkungan dari suatu dampak pengendalian pencemaran udara.
- c. Dapat menghitung biaya pengelolaan dan pemantauan pencemaran udara.
- d. Dapat digunakan sebagai acuan dalam mengetahui kelayakan udara pada lingkungan serta biaya yang akan diakumulasikan untuk pengelolaannya.
- e. Dapat digunakan sebagai referensi proyek sejenis.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang Lingkup penulisan dalam Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut :

- a. Pencemaran udara di area pabrik oleh  $\text{SO}_2$  ,  $\text{NO}_2$ .
- b. Biaya pengelolaan, pemantauan dan biaya kesehatan pada cerobong asap industry
- c. Studi pustaka mengenai efektifitas pengendalian terhadap  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ .

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Udara Gas Buang Cerobong Asap Industr**

Pengertian pencemaran udara berdasarkan Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 pasal 1 ayat 12 mengenai Pencemaran Lingkungan yaitu pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran yang berasal dari pabrik, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, sisa pertanian, dan peristiwa alam seperti kebakaran hutan, letusan gunung api yang mengeluarkan debu, gas, dan awan panas. .Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup R.I No. KEP03/MENKLH/II/1991). Selain itu, pencemaran udara dapat pula diartikan adanya bahan-bahan atau zat asing di dalam udara yang menyebabkan terjadinya perubahan komposisi udara dari susunan atau keadaan normalnya.

Asap adalah suspensi partikel kecil di udara (aerosol) yang berasal dari pembakaran tak sempurna dari suatu bahan bakar. Cerobong asap adalah struktur untuk ventilasi panas gas buang atau asap dari boiler, kompor, tungku atau perapian ke luar atmosfer. Cerobong asap biasanya vertikal, atau sedekat mungkin ke vertikal, untuk memastikan bahwa aliran gas lancar.

Cerobong asap pabrik yang mengeluarkan asap hitam tebal, banyak mengandung partikel-partikel halus butiran-butiran yang begitu kecil sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Sebagian besar partikel halus ini terbentuk dengan polutan lain, terutama sulfur dioksida dan oksida nitrogen, dan secara kimiawi berubah dan membentuk zat-zat nitrat dan sulfat.

#### **2.2 Sumber Pencemar**

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara selanjutnya mendefinisikan sumber pencemar sebagai setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Sumber-sumber pencemar udara dapat bersifat alami maupun antropogenik (aktivitas manusia). Menurut Sugiarti (2009), terdapat dua sumber pencemar udara, yaitu :

1. Faktor internal (secara alamiah), contoh :
  - a. Debu yang berterbangan akibat tiupan angin.
  - b. Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas- gas vulkanik.
  - c. Proses pembusukan sampah organik, dan lain-lain.
2. Faktor eksternal (antropogenik), contoh :
  - a. Hasil pembakaran bahan bakar fosil.
  - b. Debu atau serbuk dari kegiatan industri.
  - c. Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

Kemudian, menurut Vallero (2008), sumber pencemar udara dibagi menjadi 2, yaitu sumber alam dan sumber buatan.

a. Sumber alam

1. Sumber yang tidak disebabkan oleh kegiatan manusia. Erupsi gunung berapi yang mengeluarkan emisi partikel dan gas seperti SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan metan.
2. Kebakaran pada hutan dan padang rumput. Hal ini diklasifikasikan sebagai sumber alami meskipun mungkin awalnya disebabkan oleh aktivitas manusia. Api dari kebakaran hutan mengeluarkan emisi polutan dalam bentuk asap, hidrokarbon, karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida dan abu.
3. Badai debu merupakan sumber alami yang mengeluarkan emisi partikel dalam jumlah besar. Bahkan badai yang relatif kecil menimbulkan kandungan partikulat dua kali atau lebih di atas kualitas udara ambien.
4. Lautan juga merupakan sumber alami pencemar. Laut terus memancarkan aerosol ke atmosfer dalam bentuk partikel garam yang merusak logam.
5. Sumber alami yang memiliki luasan paling luas adalah pepohonan yang ada di bumi. Tanaman memiliki peranan yang besar dalam konversi karbon dioksida menjadi oksigen melalui fotosintesis. Akan tetapi, tanaman merupakan sumber utama hidrokarbon di bumi ini. Gas H<sub>2</sub>S dari mata air panas juga termasuk dalam kategori sumber alam karena mengeluarkan bau yang sangat menyengat.

b. Sumber buatan (Anthropogenic)

1. Sumber Industri

Industri yang paling banyak mengeluarkan polutan udara adalah industri manufaktur dari bahan baku, contohnya adalah bijih besi dan baja. Industri yang juga mengeluarkan emisi adalah industri yang merubah suatu produk menjadi produk lain contohnya badan mobil dari steel.

2. Utilitas

Utilitas di masyarakat modern sangat banyak. Sebuah pembangkit listrik menghasilkan panas dan cahaya untuk rumah. Selain itu pembangkit listrik juga memberikan daya untuk komputer pribadi, televisi, kulkas, ponsel dan lain-lain. Utilitas, mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Sebagai contoh, sebuah pembangkit uap besar dengan kapasitas produksi 2000 MW yang membutuhkan satu juta kilogram batubara per jam. Dimana dari setiap pembakaran yang dilakukan, 4% menjadi abu batubara. Bila dihitung akan didapatkan bahwa abu yang harus dibuang sebesar 40.000 kg abu per jam. Kemudian abu tersebut akan dihilangkan menggunakan furnace dengan sistem ash-handling, tetapi beberapa akan naik bersama gas buang. Jika 50% dari abu memasuki stack dan efisiensi sistem pengumpulan fly ash adalah 99%, maka 200 kg abu per jam akan dipancarkan ke atmosfer.

3. Sumber personal

Pelepasan energi dan emisi polusi udara dari sumber personal lebih besar dari sumber industri dan utilitas. Contoh dari sumber personal adalah mobil, pembakaran untuk sampah kebun dan lain-lain

### **2.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Udara**

Chandra (2006) selanjutnya mendefinisikan pencemaran udara yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

#### **a. Meteorologi dan Iklim**

1. Temperatur Pergerakan mendadak lapisan udara dingin ke suatu kawasan industri dapat menimbulkan inversi atmosfer. Inversi merupakan kondisi dimana udara dingin akan terperangkap dan tidak dapat keluar dari kawasan tersebut. Keadaan ini, akan menahan polutan tetap berada di permukaan bumi sehingga konsentrasinya semakin lama semakin meningkat. Pada keadaan tersebut, di permukaan bumi dapat dikatakan tidak ada pertukaran udara sama sekali. Kondisi tersebut dapat bertahan hingga beberapa hari atau beberapa minggu, maka udara yang berada dekat dengan permukaan bumi akan penuh akan polutan sehingga dapat menimbulkan keadaan yang kritis bagi kesehatan.
2. Arah dan kecepatan angin Kecepatan angin yang kuat dapat membawa polutan kemanapun sesuai arahnya sehingga dapat mencemari daerah lain pada jarak yang jauh. Sebaliknya, dengan kecepatan angin yang lemah, polutan akan menetap dan semakin bertambah di kawasan sumber pencemarnya.
3. Hujan Air hujan sebagai pelarut umum akan melarutkan bahan polutan yang terdapat di udara. Kawasan industri yang menggunakan batubara akan menghasilkan gas sulfur dioksida. Apabila gas tersebut bercampur dengan air hujan akan terbentuk asam sulfat sehingga air hujan bersifat asam yang biasa dikenal dengan hujan asam.

#### **b. Topografi**

1. Dataran rendah Di dataran rendah, angin cenderung membawa polutan terbang ke seluruh penjuru daerahnya dan dapat melewati batas negara sehingga mencemari udara di negara lain.
2. Dataran tinggi Di dataran tinggi sering terjadi inversi atmosfer. Hal ini menyebabkan polutan hanya berada di kawasan tersebut.
3. Lembah Di daerah lembah, aliran angin sedikit sekali dan tidak bertiup ke segala arah. Keadaan ini akan menahan polutan yang ada di permukaan bumi.

### **2.4 Sumber Pencemaran Udara Gas Buang Cerobong Asap**

Jenis zat kimia pencemar udara yang berbahaya diantaranya adalah karbon dioksida, sulfur dioksida, nitrogen oksida dan lain-lain.

#### **2.4.1 Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)**

Sulfur dioksida berasal dari dua sumber yaitu sumber alamiah dan sumber buatan. Sumber-sumber SO<sub>2</sub> alamiah adalah gunung berapi, pembusukkan bahan organik oleh mikroba dan reduksi sulfat secara biologis. Sumber-sumber SO<sub>2</sub> buatan adalah pembakaran bahan bakar minyak, gas, dan batubara yang mengandung sulfur tinggi (Slamet, 2009).

SO<sub>2</sub> terkonversi di udara sebagai pencemar udara seperti aerosol sulfat. Aerosol yang dihasilkan oleh SO<sub>2</sub> menjadi pencemar sekunder dimana unsur tersebut mempunyai ukuran yang sangat halus. Oleh karena itu, dapat terhirup oleh sistem pernapasan dan menyebabkan berbagai macam penyakit saluran pernapasan. Aerosol sulfat dapat menyebabkan dampak buruk pada kesehatan manusia yang lebih berat dibandingkan dengan partikel-partikel karena memiliki sifat korosif dan karsinogen. Zat karsinogen dapat mengakibatkan kanker dengan



mengganggu dan merusak sistem metabolisme dan merusak DNA secara langsung, serta dapat mengakibatkan mutasi sel yang akan mengganggu sistem proses biologis normal yang terjadi dalam tubuh. SO<sub>2</sub> berpotensi untuk menghasilkan aerosol sulfat sebagai zat pencemar sekunder, yang mengakibatkan peningkatan kasus kematian dikarenakan kegagalan pernapasan terutama pada lansia dan anak-anak berhubungan dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> dan partikulat yang bersamaan (Harrop, 2002).

Di daerah perkotaan, yang menjadi sumber utama sulfur adalah pembangkit tenaga listrik, terutama yang menggunakan batu bara ataupun minyak diesel sebagai bahan bakarnya, juga gas buang dari kendaraan yang menggunakan diesel dan industri-industri yang menggunakan bahan bakar batu bara dan minyak mentah (Dwiputra, 2013).

#### 2.4.1.1 Dampak SO<sub>2</sub> Bagi Kesehatan Manusia

Adapun rute pajanan SO<sub>2</sub> yaitu melalui pernapasan, kulit, dan kontak mata. Efek kesehatan dan toksisitas dari SO<sub>2</sub> adalah rinorea, sakit tenggorokan, kesulitan bernafas, dan bronkokonstriksi (Amoatey et al., 2019). Paparan kurang dari satu jam terhadap SO<sub>2</sub> pada tingkat di atas 10 ppm di udara dapat menyebabkan iritasi pada hidung dan tenggorokan, terkadang menyebabkan sensasi tersedak yang diikuti oleh keluarnya cairan dari hidung, bersin, batuk, dan peningkatan sekresi mukus. Cederaparah pada mata manusia karena sulfur dioksida hanya dihasilkandalam bentuk cair. Paparan minimal yang mematikan pada manusia adalah konsentrasi di udara 400 ppm selama 1 menit. Bau atau rasa terlihat pada konsentrasi di udara 3 sampai 5 ppm, iritasi tenggorokan dan konjungtiva dan lakrimasi mulai dari 8 sampai 12 ppm, dan gejala menjadi parah pada 50 ppm. Konsentrasi mematikan sulfur dioksida minimum lainnya yang dilaporkan termasuk 3000 ppm selama 5 menit dan 1000 ppm selama 10 menit. Pasien lansia dengan asma mungkin lebih sensitif. Seorang wanita 76 tahun dengan asma meninggal setelah terpapar dengan pernafasan sekitar 150 ppm selama beberapamenit. Efek kesehatan yang disebabkan oleh pajanan tingkat tinggi SO<sub>x</sub> termasuk masalah pernapasan, penyakit pernapasan, perubahan pertahanan paru-paru, dan memburuknya penyakit pernapasan dan kardiovaskular. Orang dengan asma atau paru- paru kronis atau penyakit jantung adalah yang paling banyak sensitif terhadap SO<sub>x</sub> (Chapd, 2010). Pengaruh pajanan SO<sub>2</sub> terhadap manusia selengkapnya terdapat pada tabel :

Tabel 2.1 Pengaruh SO<sub>2</sub> Terhadap Manusia 1

Konsentrasi(ppm)	Pengaruh
3 - 5	Jumlah terkecil yang dapat dideteksi daribaunya
8 - 12	Jumlah terkecil yang segeramengakibatkan iritasi tenggorokan
2	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi mata
	Jumlah terkecil yang segeramengakibatkan batuk
	Maksimum yang diperbolehkan untukkontak dalam waktu yang lama
50 – 100	Maksimum yang diperbolehkan untukkontak dalam waktu singkat sekitar 30 menit
400 - 500	Berbahaya walaupun kontak secarasingkat

Sumber: (Fardiaz, 1992)

## 2.4.2 Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)

Berdasarkan Fardiaz (1992), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Selain kedua zat tersebut, masih ada bentuk nitrogen oksida lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Sifat dari NO ialah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya NO<sub>2</sub> berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Jumlah NO di udara lebih besar daripada NO<sub>2</sub>. Pembentukan NO dan NO<sub>2</sub> merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO<sub>2</sub>. Berdasarkan Flagan dan Seinfeld (1988), nitrit oksida adalah produk sampingan utama dari proses pembakaran, yang timbul dari reaksi suhu tinggi antara N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> di udara. Selain itu, bisa berasal dari oksidasi nitrogen terikat secara organik pada bahan bakar tertentu seperti batubara dan minyak. Oksidasi N<sub>2</sub> oleh O<sub>2</sub> di udara terjadi terutama melalui dua reaksi yang dikenal sebagai mekanisme Zeldovich.



### 2.4.2.1 Dampak NO<sub>2</sub> Bagi Kesehatan Manusia.

NO<sub>2</sub> memiliki rute pajanan melalui pernapasan, tertelan, dan kontak mata. Efek kesehatan dan toksisitas dari NO<sub>2</sub> adalah bronkitis kronis, dispnea, edema paru, dan nyeri dada (Amoatey et al., 2019) Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) bertindak sebagai iritan terhadap mukosa mata, hidung, tenggorokan, dan saluran pernapasan. Adapun dampak kesehatan berdasar besar pajanan NO<sub>x</sub> yang diterima adalah sebagaimana. Berikut adalah tabel dampak NO<sub>2</sub> tingkat tinggi terhadap kesehatan manusia.

Tabel 2.1 Dampak Senyawa NO<sub>2</sub> Terhadap Kesehatan Manusia Berdasarkan Tingkatannya

<b>Tingkat Rendah</b>	<b>Tingkat Tinggi</b>	<b>Tingkat SangatTinggi</b>
1. Peningkatan reaktivitas bronkial pada beberapa penderita asma 2. Penurunan fungsi paru pada penderita kronis penyakit paru obstruktif 3. Peningkatan infeksi saluran pernapasan (terutama pada anak kecil)	1. Perkembangan bronkitis akut atau kronis	1. Edema paru dan cedera paru difus.

Berikut adalah data penderita penyakit Pneumonia yang terjadi di Kecamatan Gedeg Mojokerto pada Tahun 2009 – 2013. Pada gambar dibawah ini terlihat kenaikan angka penderita penyakit pneumonia pada tahun 2013.



Gambar 2.1 Penderita Pneumonia ditangani di Kabupaten Mojokerto Tahun 2008 - 2012

## 2.5 Dampak Pencemaran Udara Gas Buang Cerobong Asap.

Bagi masyarakat yang rumahnya dekat di lokasi pabrik sangat merugikan, sebab asap yang dikeluarkan dari cerobongnya bisa mengotori lingkungan sekitar, udara menjadi kotor dan paru-paru menjadi tidak sehat karena menghisap udara tersebut. Apalagi asap tersebut berwarna hitam pekat hasil dari limbah produksi. Beberapa penyakit yang ditimbulkan oleh asap pabrik adalah Asma, Iritasi ringan terhadap mata, Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK), pernapasan akut penyakit termasuk pneumonia, prematur timbulnya dan penurunan dipercepat pada fungsi paru-paru, Semua gejala utama pernapasan pada orang dewasa, termasuk batuk, berdehak, bersin dan dyspnoea. Dampak terhadap tanaman adalah tanaman yang tumbuh di daerah dengan tingkat pencemaran udara tinggi dapat terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit, antara lain klorosis, nekrosis, dan bintik hitam. Partikulat yang terdeposisi di permukaan tanaman dapat menghambat proses fotosintesis. Tugas tanaman adalah memberikan oksigen hasil dari fotosintesis untuk mengurangi kadar karbondioksida dan kadar karbon monoksida. Tetapi, jika pemecaran tersebut semakin banyak dan jumlah tanaman seperti pohon besar berkurang, maka tak terlalu banyak berpengaruh.

## 2.6 Biaya Lingkungan

Biaya lingkungan digunakan untuk mengidentifikasi kewajiban material keuangan perusahaan terhadap lingkungan. Kewajiban material keuangan dilakukan dengan cara memasukkan anggaran lingkungan pada laporan keuangan dan pertanggungjawaban perusahaan. Tujuan adanya biaya lingkungan yaitu biaya lingkungan dipergunakan sebagai alat manajemen lingkungan dan sebagai sarana komunikasi dengan masyarakat. Alat manajemen lingkungan yang dimaksud adalah perhitungan akuntansi lingkungan dipergunakan dalam menilai keefektifan biaya lingkungan. Biaya lingkungan juga dapat digunakan untuk menilai tingkat keluaran dan capaian limbah perusahaan tiap tahun untuk menjamin perbaikan kinerja lingkungan. Sarana komunikasi dengan masyarakat yang dimaksud adalah biaya lingkungan dipergunakan dalam penyampaian dampak negatif lingkungan.

Biaya lingkungan adalah keseluruhan biaya-biaya yang dipergunakan dalam mengukur ketidakpastian seperti limbah buangan (Irawan 2016). Biaya lingkungan berhubungan dengan biaya proses, sistem, dan fasilitas penting dengan tujuan agar pengambilan keputusan

manajemen baik. Hansen dan Mowen (2009:413-414) mengklasifikasikan biaya lingkungan menjadi empat kategori yaitu biaya pencegahan lingkungan, biaya deteksi, biaya kegagalan internal, dan biaya kegagalan eksternal.

### 2.6.1 Menghitung Biaya Lingkungan

Keuntungan lingkungan adalah keuntungan terhadap laba perusahaan sebagai suatu hasil dari kemajuan kegiatan konservasi lingkungan. Pada keuntungan lingkungan menjadi 2 yaitu pendapatan dan biaya penghematan (saving). Pendapatan dari keuntungan lingkungan berasal dari penjualan daur ulang limbah perusahaan. Biaya penghematan berasal dari penghematan biaya produksi seperti bahan baku, energi, dan air. Penilaian biaya lingkungan dilakukan dengan konsep efisiensi dan efektivitas. Efisiensi biaya lingkungan dihitung melalui rasio eco profit yaitu membagi keuntungan lingkungan dengan biaya lingkungan. Apabila koefisien rasio sama dengan atau lebih dari satu maka dapat dikatakan biaya lingkungan telah efisien.

Efektivitas biaya lingkungan dinilai dengan melihat apakah tujuan dari alokasi biaya lingkungan telah tercapai. Tujuan alokasi biaya lingkungan yaitu pemenuhan baku mutu atau aturan dari pemerintah. Apabila limbah perusahaan telah memenuhi baku mutu maka dapat dikatakan biaya lingkungan efektif. Biaya lingkungan dapat dibagi menjadi 4 (empat) kategori yaitu :

#### 2.6.1.1 Environmental cost.

Diklasifikasikan dalam penggabungan biaya pencegahan dan deteksi lingkungan, penggabungan biaya kegagalan eksternal dan biaya kegagalan eksternal lingkungan seperti yang telah diklasifikasikan dan diidentifikasi menurut model penelitian (Hansen dan Mowen 2005) sehingga dapat diketahui aktivitas lingkungan dan total biaya terkait lingkungan pada perusahaan yang diteliti.

Biaya Lingkungan meliputi biaya-biaya dari langkah yang diambil, atau yang harus diambil untuk mengatur dampak-dampak lingkungan sebagai aktivitas perusahaan dalam cara pertanggungjawaban lingkungan, seperti halnya biaya lain yang dipicu untuk tujuan-tujuan lingkungan dan keinginan perusahaan.

Biaya-biaya lingkungan meliputi biaya internal dan eksternal dan berhubungan terhadap seluruh biaya-biaya yang terjadi dalam hubungannya dengan kerusakan lingkungan dan perlindungan. Biaya-biaya lingkungan adalah pemakaian sumber daya disebabkan atau dipandu dengan usaha-usaha untuk mencegah atau mengurangi barang sisa dan pencemaran, mematuhi regulasi lingkungan dan kebijakan perusahaan, kegagalan memenuhi regulasi dan kebijakan lingkungan.

Mengukur efisiensi biaya lingkungan menggunakan rumus :

$$\text{Ratio Eco Profit} = \frac{\text{Biaya Deteksi Lingkungan} + \text{Biaya Kesehatan}}{\text{Biaya Konservasi Lingkungan}}$$

Sumber: (Sendroiu dan Roman, 2007)

Hansen dan Mowen (2005:72) mengklasifikasikan biaya lingkungan menjadi empat kategori : biaya pencegahan (prevention cost), biaya deteksi (detection cost), biaya kegagalan internal (internal failure cost), dan biaya kegagalan eksternal (eksternal failure cost).

- 1) Biaya pencegahan lingkungan adalah biaya-biaya untuk aktivitas yang dilakukan untuk mencegah diproduksinya limbah dan atau sampah yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan.
- 2) Biaya deteksi lingkungan adalah biaya-biaya untuk aktivitas yang dilakukan untuk menentukan apakah produk, proses dan aktivitas lainnya di perusahaan telah memenuhi standar lingkungan berlaku atau tidak.
- 3) Biaya kegagalan internal lingkungan adalah biaya-biaya untuk aktivitas yang dilakukan karena diproduksinya limbah dan sampah, tetapi dibuang ke lingkungan luar.
- 4) Biaya kegagalan eksternal lingkungan adalah biaya-biaya untuk aktivitas yang dilakukan setelah melepas limbah atau sampah ke dalam lingkungan.

### **2.6.2 Pendekatan Biaya Pengobatan**

Dampak perubahan kualitas lingkungan dapat berakibat negatif pada kesehatan, yaitu menyebabkan sekelompok masyarakat menjadi sakit.

Tahapan pelaksanaannya:

- Mengetahui bahwa telah terjadi gangguan kesehatan yang berakibat perlunya biaya pengobatan dan atau kerugian akibat penurunan produktifitas kerja.
- Mengetahui biaya pengobatan yang dibutuhkan sampai sembuh.
- Mengetahui kerugian akibat penurunan produktifitas kerja, misal dengan pendekatan tingkat upah atau harga produk yang dihasilkan.
- Menghitung total biaya pengobatan dan penurunan produktifitas kerja.
- Apabila dampak perubahan kualitas lingkungan menyebabkan kematian manusia, maka nilai kematian dapat dihitung dengan pendekatan nilai ganti rugi sebagaimana yang dihitung oleh lembaga asuransi.

#### **2.6.2.1 Biaya Kesehatan**

Dampak dari pencemaran udara terhadap kesehatan pada akhirnya akan menimbulkan beban ekonomi (economic burden) yang harus ditanggung oleh masyarakat. Beban ekonomi dari suatu penyakit meliputi tiga komponen biaya, yaitu: biaya langsung (direct cost), biaya tidak langsung (indirect cost), dan biaya yang bersifat tidak nyata (intangibile cost). Biaya langsung berupa penggunaan sumberdaya untuk merawat dan mengobati sakit, yang dibedakan ke dalam dua jenis, yaitu biaya kesehatan (medical cost), seperti biaya berobat dan jasa konsultasi medis serta biaya non- kesehatan (non-medical cost) seperti transportasi menuju dan akomodasi selama di tempat berobat.(Sangkey,2011) Kementerian Kesehatan telah menetapkan Permenkes nomor 69 tahun 2013 tentang Standar Tarif Pelayanan Kesehatan pada Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama dan

Fasilitas Kesehatan Tingkat Lanjutan. Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan akan membayar kepada fasilitas kesehatan tingkat pertama dengan sistemkapitasi dan untuk fasilitas kesehatan rujukan tingkat lanjutan dengan sistem paket Indonesia Case Based Groups

(INA- CBG's). Penerapan tarif paket INA-CBGs ini menuntut manajemen rumah sakit untuk mampu mengefisiensi biaya dan mengoptimalkan pengelolaan keuangan rumah sakit, serta melakukan kendali mutu, kendali biaya dan akses melalui penghitungan biaya pelayanan (Cost Of Care) berdasarkan perhitungan unit cost yang dimiliki rumah sakit (Kemenkes, 2013).

Penyakit infeksi pernafasan akut, Tuberkulosis dan dyspepsia dengan masing-masing kode ICD-10 J06.9A16.2 dan K.30 adalah 3 dari 10 penyakit rawat jalan terbanyak di RS Awal Bros Bekasi tahun 2014 yang berpeluang untuk dirujuk oleh fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama (FKTP) seperti, puskesmas dan klinik, ke Fasilitas Kesehatan Tingkat Lanjut. (Hadiningsih H., 2015). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa dari 270 sampel, rata-rata biaya obat adalah sebesar Rp. 235.974. Besaran biaya obat rata-rata untuk pasien dengan kode ICDK.30 rata-ratanya adalah Rp 321.242,41, pasien dengan kode ICD J06.9 adalah Rp 253.660,55, sedangkan pasien dengan kode ICD A16.2 adalah Rp 214.491,55. (Hadiningsih H., 2015).

## 2.7 Baku Mutu Udara Nasional

Menurut PP No. 22 Tahun 2021, 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 daerah ditetapkan sebagai batas maksimum kualitas udara ambien daerah yang diperbolehkan dan berlaku diseluruh wilayah udara diatas batas administrasi daerah.

Tabel 2.2 Baku Mutu Udara Nasional

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO <sub>2</sub> (Sulfur Dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	900 µg/Nm <sup>3</sup> 365 µg/Nm <sup>3</sup> 60 µg/Nm <sup>3</sup>	Pararosanilin	Spektrofotometer
2	CO (Karbon monoksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	30000 µg/Nm <sup>3</sup> 10000 µg/Nm <sup>3</sup>	NDIR	NDIR Analyzer
3	NO <sub>2</sub> (Nitrogen dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	400 µg/Nm <sup>3</sup> 150µg/Nm <sup>3</sup> 100 µg/Nm <sup>3</sup>	Saltzman	Spektrofotometer
4	O <sub>3</sub> (Oksidan)	1 jam 1 tahun	235 µg/Nm <sup>3</sup> 50 µg/Nm <sup>3</sup>	Chemiluminescent	Spektrofotometer
5	HC (Hidrokarbon)	3 jam	160 µg/Nm <sup>3</sup>	Flame Ionization	Gas Chromatografi
6	PM <sub>10</sub> (Partikel 10 mm) PM <sub>2,5</sub> (Partikel 2,5 mm)	24 jam 24 jam 1 tahun	150 µg/Nm <sup>3</sup> 65 µg/Nm <sup>3</sup> 15 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric Gravimetric	Hi-VolHi-Vol
7	TSP (Debu)	24 jam 1 tahun	230 µg/Nm <sup>3</sup> 90 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi-Vol
8	Pb (Timah Hitam)	24 jam	2 µg/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi-VolAAS

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
		1 tahun	1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		
9	Dustfall (Debu Jatuh)	30 hari	10 ton/km <sup>2</sup> /bulan (pemukiman) 20 ton/km <sup>2</sup> /bulan (industri)	Gravimetric Ekstraktif Pengabuan	Cannister
10	Total Fluorides (asF)	24 jam 90 hari	3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 0,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Impinge r atau Countin ous Analyze r
11	Fluor Indeks	30 hari	40 $\mu\text{g}/ 100\text{Nm}^3$ dari kertas limed filter		LimedFilter Paper
12	Khlorine & Khlorine Dioksida	24 jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Spesific Ion Electrode Colourimetric	Impinge r atau Countin ous Analyzer Lead

## 2.8 Boiler

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumenya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik.

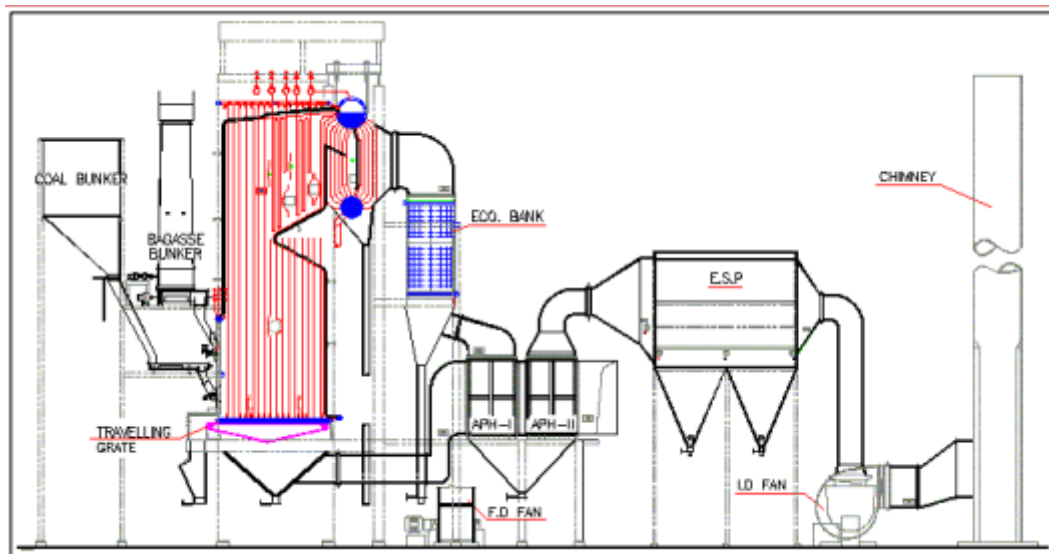
Boiler menjadi sumber penghasil uap (steam) yang digunakan untuk menggerakkan turbin uap dan mesin gilingan. Uap (steam) sisa dari turbin dan gilingan masih bisa dipakai untuk memasak gula. Uap (steam) diperoleh dengan memanaskan air yang berada didalam bejana dengan bahan bakar. Boiler mengubah energi kimia menjadi energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Ketel uap dirancang untuk memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, yang biasanya berupa pembakaran bahan bakar.

Sedangkan definisi lainnya, boiler merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan uap/steam untuk berbagai keperluan. Jenis air dan uap air sangat dipengaruhi oleh tingkat efisiensi boiler itu sendiri. Pada mesin boiler, jenis air yang digunakan harus dilakukan demineralisasi terlebih dahulu untuk mensterilkan air yang digunakan, sehingga pengaplikasian untuk dijadikan uap air dapat dimaksimalkan dengan baik. (Djokosetyardj M.J, 1990).

Uap (steam) yang dihasilkan dari boiler digunakan untuk berbagai proses dalam aplikasi industri, seperti penggerak, pemanas, dan lain-lain. Pengoperasian Boiler harus sesuai dengan standar operasi yang telah ditentukan oleh pengguna boiler maupun standar pabrik pembuat boiler itu sendiri. Standar yang dibuat akan menjamin keamanan dalam pengoperasian, sehingga akan meningkatkan efisiensi ketel uap sekaligus menekan biaya operasional (Sugiharto, 56). Komponen boiler adalah seperangkat alat atau unit proses yang merupakan bagian dari boiler. Setiap komponen memiliki fungsinya yang berbeda dan terhubung dengan komponen lainnya sesuai alur prosesnya. Komponen – komponen utama dari boiler :

1. Drum Ketel, berfungsi sebagai tempat penampungan air panas serta tempat terbentuknya uap. Drum ini menampung jenuh (saturated steam) beserta air dengan perbandingan antara 50% air dan 50% uap.
2. Superheater, merupakan tempat pengeringan steam, dikarenakan uap yang berasal dari drum ketel masih dalam keadaan basah sehingga belum dapat digunakan. Proses pemanasan lanjutan menggunakan superheater pipe yang dipanaskan dengan suhu 260°C sampai 350°C. Dengan suhu tersebut, uap akan menjadi kering dan dapat digunakan untuk menggerakkan turbin maupun untuk keperluan peralatan lain.
3. Economizer, berfungsi menyerap panas dari gas hasil pembakaran setelah melewati superheater. Pemanasan air ini dilakukan agar perbedaan temperatur antara air pengisi dengan air yang ada dalam drum ketel tidak terlalu tinggi, sehingga tidak terjadi thermal stress (tegangan yang terjadi karena adanya pemanasan) di dalam main drum. Selain itu, dengan memanfaatkan gas sisa pembakaran, maka akan meningkatkan efisiensi dari boiler dan proses pembentukan uap lebih cepat.

Steam Air Heater, Komponen ini merupakan alat yang berfungsi untuk memanaskan udara yang digunakan untuk menghembus/meniup bahan bakar agar dapat terbakar sempurna. Udara yang akan dihembuskan, sebelum melewati air heater memiliki suhu yang sama dengan suhu udara normal, yaitu 38°C. Namun, setelah melalui air heater, suhu udara tersebut akan meningkat menjadi 230°C.



Gambar 2.2 Sistem Boiler

Sistem kerja boiler terdiri dari sistem air umpan/air pengisi boiler, sistem uap, sistem bahan bakar serta sistem udara pembakaran dan gas buang. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Sistem uap berfungsi untuk mengumpulkan dan mengontrol produksi uap dalam boiler. Sistem bahan bakar merupakan semua peralatan yang digunakan dalam menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan energi panas yang dibutuhkan, seperti coal handling system pada berbahan batu bakar, oil handling system pada berbahan minyak, dan natural gas system pada boiler berbahan bakar natural gas. Sistem udara pembakaran dan gas buang merupakan semua peralatan yang digunakan dalam menyediakan udara sebagai suplai untuk pembakaran serta membuang dan mengontrol gas hasil pembakaran ke atmosfer.



### 2.8.1 *Dust Collector*

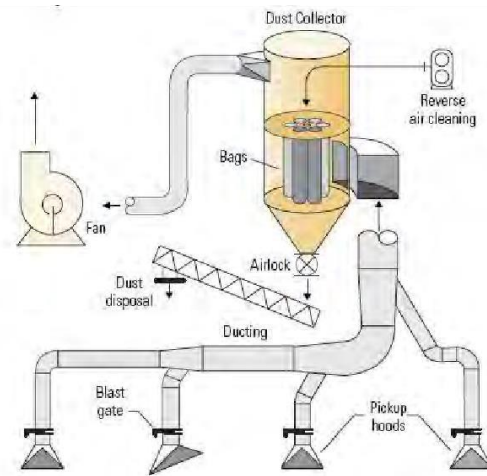
*Dust collector* merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk memperbaiki kualitas udara yang dihasilkan dari industri dan proses secara komersial dengan cara mengumpulkan debu dan kotoran lainnya dari udara atau gas lainnya. Prinsip kerja alat ini adalah dengan menurunkan tekanan pada sisi isap di bawah tekanan atmosfer (udara bebas). Udara yang ada di sekitar lubang isap ini akan masuk ke dalam lubang isap yang mengakibatkan debu yang terkandung di udara sekitar lubang isap akan ikut masuk ke dalam lubang isap. Udara yang masuk kemudian disaring menggunakan filter untuk menyaring debu sehingga udara yang keluar sistem *Dust Collector* benar-benar bersih. *Dust collector* terdiri atas sejumlah komponen, antara lain : blower (kipas), dust filter (saringan debu), filter-cleaning system (sistem pembersih saringan), dan hopper atau dust removal system (wadah pengumpul debu atau sistem pembuang debu). Dengan adanya sistem pembersihan filter secara otomatis, filter yang terdapat dalam sistem tidak perlu dibuang (disposable filter) ketika permukaan filter telah jenuh oleh debu.

*Dust collector* digunakan dalam proses pemisahan debu hasil produksi industri dari udara untuk menjamin kualitas udara yang baik ketika udara dibuang ke lingkungan. Setelah debu terkumpul, terdapat 2 pilihan perlakuan yang umumnya dilakukan terhadap debu tersebut, pertama adalah dengan memberlakukan proses kimia lanjutan untuk mengurangi kadar polutan berbahaya dari debu tersebut sebelum dibuang sebagai limbah, kedua adalah dengan melakukan proses daur-ulang terhadap debu tersebut agar dapat digunakan kembali sebagai bahan produksi. *Dust collector* dapat berupa unit konstruksi tunggal ataupun gabungan sejumlah komponen yang digunakan untuk memisahkan kandungan partikel tertentu dari udara proses.

Parameter penting dalam kinerja dust collector antara lain :

- a. kecepatan aliran udara pada saluran udara
- b. system power, yakni power dari sistem motor, biasanya dinyatakan dalam horsepower (HP) ataupun kilo Watt (kW)
- c. rugi tekanan dalam sistem
- d. kinerja pengumpulan debu

Parameter lain yang terkadang diperhitungkan antara lain temperatur, moisture content dan kemungkinan daya ledak dari partikel debu (misalnya debu mesiu) yang akan diproses. Gambar berikut ini menunjukkan skema umum sistem *Dust Collector* tipe baghouse filter berikut letak komponen-komponen utamanya dalam sistem.



Gambar 2.3 Gambaran Umum Dust Collector

### 2.8.2 Water Spoons Filter

Cerobong ini terdiri dari rangkaian cerobong yang berbentuk silinder seperti knalpot dan dilengkapi dengan filter berupa spons yang dikontakkan dengan air kapur. Sehingga dengan penambahan cerobong diharapkan dapat mendispersikan gas SO<sub>2</sub> ke udara bebas sesuai fungsi cerobong (Musril, 1992). Spons yang digunakan sebagai filter adalah glass boll dengan ketebalan 4 cm yang dilapisi oleh kawat kasa untuk melindungi spons dari panas. Spons (glass boll) merupakan bahan yang berongga dan berpori yang mempunyai kemampuan untuk menyerap (Cowd, 1991). Secara fisik glass boll mempunyai kerapatan yang cukup tinggi dan pori-porinya cukup memudahkan penyaringan udara keluar. Biasanya glass boll ini digunakan untuk menyaring uap knalpot.

Prinsip kerja dari cerobong asap model “*Water Spoons Filter*” sangat sederhana yaitu dengan adanya tumbukan antara gas SO<sub>2</sub> dengan benda keras (seng) dari tekanan tinggi ke tekanan rendah akan menyebabkan terjadinya pengurangan energi. Dengan dilewatkan melalui filter berupa spons yang dikontakkan dengan air kapur secara kontinyu dengan debit aliran 0,6 liter/menit mampu menurunkan kadar SO<sub>2</sub> emisi yang dihasilkan oleh industri.

### 2.8.3 Cyclone

Prinsip kerja cyclone adalah memisahkan dan mengumpulkan debu kering dari aliran gas dengan menggunakan gaya sentrifugal. Sebuah cyclone mempunyai satu inlet tangensial menuju badan silinder, yang menyebabkan aliran gas menjadi berputar-putar. Partikel – partikel kemudian terlempar menuju dinding pada badan cyclone. Ketika partikel mencapai lapisan batas yang stagnan pada dinding, kemudian partikel – partikel tersebut meninggalkan arus aliran gas dan akhirnya jatuh dari dinding. Seiring dengan kehilangan energi pada gas di pusat pusaran, gas mulai berputar di dalam vortex dan menuju ke bagian atas, dan partikel halus yang masih terikut tersangkut di vortex finder sementara aliran udara bersihnya terikut tarikan ID Fan keluar menuju cerobong.



Gambar 2.4 Gambar Cyclone

#### 2.8.4 Wet Scrubber

Wet scrubber adalah salah satu scrubber yang paling banyak digunakan di dalam dunia industri. Pada mekanisme dasarnya, air akan ditampung pada sebuah wadah. Lalu gas yang terkontaminasi akan melewati air tersebut, dan air akan menyerap gas. Cairan lain juga bisa digunakan untuk membersihkan gas-gas yang terkontaminasi. Cairan-cairan itu harus memiliki muatan dan komposisi kimia yang telah ditentukan. Gas yang keluar dari scrubber akan menjadi lebih bersih. Wet scrubber mampu meningkatkan efektivitas dalam mengurangi polusi udara. Wet scrubber juga berbeda dengan jenis scrubber yang lain karena dengan menggunakan cairan dalam mekanismenya. Cairan tersebut mampu meningkatkan kelembaban gas, sehingga gas yang keluar akan menjadi lebih bersih.

Prinsip kerja wet scrubber yaitu gas akan masuk ke dalam venturi. Dalam venturi terdapat shower yang berfungsi untuk menyemprotkan air ke gas. Dengan semakin kecilnya venturi pada bagian tengah, menyebabkan aliran gas semakin cepat, sehingga air shower yang terkena udara dengan kecepatan tinggi akan membentuk butiran-butiran air yang sangat kecil dalam jumlah yang sangat banyak. Pada bagian ini (terutama pada bagian leher yang paling kecil diameternya = throat) sebagian besar partikel polutan ditangkap. Setelah melalui venturi, udara mengalir ke cyclone separator. Prinsip kerjanya sama seperti cyclone dengan menggunakan gaya sentrifugal. Air dan partikel yang tertangkap akan terlempar ke dinding dan jatuh ke bawah membentuk sludge dan di tampung di dalam bak akan melewati saringan. Air yang sudah disaring akan di pompa menuju ke venturi kembali sebagai supply air untuk shower. Sedangkan untuk partikel yang tersisihkan dibuang ke TPS B3 yang akan di ambil oleh pihak ketiga.



Gambar 2.5 Wet Scrubber

Tabel 2.4 Tabel Kelebihan dan Kekurangan Alat Pengendali

Alat Pengendali	Kelebihan	Kekurangan
Dust Collector	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya pemakaian rendah.</li> <li>• Lebih efektif dalam menyerap debu.</li> <li>• Menjernihkan dan membersihkan udara dengan menyerap udara kotor dan menggantinya dengan udara bersih.</li> <li>• Membantu menghilangkan dan mensinkronasikan suhu udara agar tetap stabil saat pekerjaan</li> <li>• Membantu meringankan udara panas yang mengendap di dalam ruangan saat pekerjaan sedang dilakukan.</li> <li>• Memberikan kenyamanan saat bekerja, terutama pada industri pabrik yang pada umumnya memiliki banyak resiko yang membahayakan.</li> </ul>	

Cyclone	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya instalasi rendah.</li> <li>• Dapat dioperasikan pada temperatur tinggi.</li> <li>• Sedikit memerlukan pemeliharaan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi penyisihan (h) tinggi hanya pada partikel berukuran besar.</li> <li>• Tingginya biaya operasional akibat kehilangan tekanan (pressure drop) yang relatif besar. Oleh karena itu, sering dipakai sebagai unit pengolahan pendahuluan, dan multicyclones digunakan untuk meningkatkan nilai h.</li> </ul>
Wet Scrubber	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyediakan absorpsi gas dan pengumpulan debu pada satu unit.</li> <li>• Dapat mengendalikan kabut. Dapat mendinginkan gas panas.</li> <li>• Efisiensi pengumpulan dapat divariasikan.</li> <li>• Korosi gas dan debu dapat divariasikan.</li> <li>• Dapat menangani debu yang dapat terbakar dan meledak dengan resiko yang kecil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berpotensi tinggi terhadap korosi.</li> <li>• Cairan keluar dapat menyebabkan masalah pencemaran air.</li> <li>• Partikel terkumpul dapat terkontaminasi dan dapat tidak bisa digunakan kembali</li> </ul>

## 2.9 Kebisingan Pada Industri

Kebisingan adalah bunyi yang tidak di inginkan karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan dan kesehatan manusia. Bunyi yang menimbulkan kebisingan disebabkan oleh sumber suara yang bergetar. Getaran sumber suara ini mengganggu keseimbangan molekul-molekul udara di sekitarnya sehingga molekul-molekul udara ikut bergetar. Getaran sumber ini menyebabkan terjadinya gelombang rambat energi mekanis dalam medium udara menurut pola rambat longitudinal. Rambatan gelombang di udara ini dikenal sebagai suara atau bunyi (Sasongko dkk., 2000).

Laju rambat gelombang suara di udara sangat bergantung terhadap suhu sekitarnya. Pada suhu 20°C laju rambat suara sekitar 344 m/dt. Setiap kenaikan 10°C maka laju rambat suara di udara bertambah sekitar 0,61 m/dt. Dalam pengendalian kebisingan diasumsikan

bahwa laju rambat suara di udara tidak bergantung pada frekuensi dan kelembaban udara (Sasongko dkk., 2000). Suara yang merambat melalui medium udara berlangsung melalui pola mampatan-regangan molekul udara yang dilalui. Banyaknya mampatan renggangan yang terjadi dalam suatu interval waktu tertentu disebut frekuensi suara. Satuannya dinyatakan dalam hertz (Hz) jika interval waktu kejadian dinyatakan dalam detik (Sasongko dkk., 2000).

Pada umumnya dalam dunia industri, sumber bunyi merupakan gabungan dari beberapa komponen sumber suara, yaitu antara lain (Quadrant Utama, 2002) :

- a. Fluid turbulence, bising yang terbentuk oleh getaran yang diakibatkan benturan antar partikel dalam fluida, misalnya terjadi pada pipa, valve, gas exhaust.
- b. Moving and vibration part, bising terjadi oleh getaran yang disebabkan oleh gesekan, benturan atau ketidakseimbangan gerakan bagian. mesin / peralatan seperti bearing pada kompresor, turbin, pompa, blower .
- c. Temperature Difference, bising yang terbentuk oleh pemuaian dan penyusutan fluida, misalnya terjadi pada mesin jet pesawat.
- d. Eletrical equipment, bising yang disebabkan efek perubahan fluks elektromagnetik pada bagian inti yang terbuat dari logam, misalnya generator, motor listrik, transformator.

Kebisingan merupakan suara yang tidak diinginkan yang bersumber dari alat produksi dan atau alat yang pada tingkat tertentu akan menimbulkan gangguan pendengaran. Kebisingan (Noise) dapat juga diartikan sebagai sebuah bentuk getaran yang dapat berpindah melalui medium padat, cair dan gas. (Harris, 1991). Kebisingan adalah produk samping yang tidak diinginkan dari sebuah lingkungan perindustrian yang tidak hanya mempengaruhi operator mesin dan kendaraan, tetapi juga penghuni lain tempat dalam gedung tempat mesin tersebut beroperasi, para penumpang dalam kendaraan dan terutama komunitas tempat mesin, pabrik, dan kendaraan tersebut dioperasikan.

Peningkatan tingkat kebisingan yang terus-menerus dari berbagai aktivitas manusia pada lingkungan industri dapat berujung kepada gangguan kebisingan. Efek yang ditimbulkan kebisingan adalah (Sasongko dkk., 2000) :

1. Efek psikologis pada manusia (kebisingan dapat membuat kaget, mengganggu, mengacaukan konsentrasi);
2. Menginterferensi komunikasi dalam percakapan dan lebih jauh lagi akan menginterferensi hasil pekerjaan dan keselamatan bekerja.
3. Efek fisis (kebisingan dapat mengakibatkan penurunan kemampuan pendengaran dan rasa sakit pada tingkat yang sangat tinggi)

### **2.9.1 Pengendali Kebisingan**

Upaya pengendalian kebisingan dilakukan melalui pengurangan dan pengendalian tingkat kebisingan sumber, pelemahan intensitas dengan memperhatikan faktor alamiah (jarak, sifat media, meknisme rambatan dan vegetasi) serta upaya rekayasa (reduksi atau isolasi getaran sumber, pemasangan penghalang, desain struktur dan pemilihan bahan peredam). Secara teknis pengendalian kebisingan terbagi menjadi 3 aspek yaitu pengendalian kebisingan pada sumber

kebisingan, pengendalian kebisingan pada medium propogasi, dan pengendalian kebisingan pada manusia (Sasongko dkk., 2000).

Industri yang menimbulkan kebisingan harus memperhatikan kapan kebisingan terjadi pada tingkat tertinggi, siang atau malam. Juga bandingkan kebisingan lingkungan yang terjadi pada saat mesin dijalankan dan dimatikan. Kebisingan terjadi karena ada sumber bising, media pengantar (berbentuk materi atau udara), manusia yang terkena dampak. Pengendalian kebisingan dapat dilakukan terhadap salah satu bagian di atas atau ketiga-tiganya (Imansyah dan Achmad, 2006).

Pengaruh bising pada manusia mempunyai rentang yang cukup lebar, dari efek yang paling ringan (dissatisfaction = ketidak nyamanan) sampai yang berbahaya (hearing damage = kerusakan pendengaran) tergantung dari intensitas bising yang terjadi secara konseptual. Pengendalian bising bisa dilakukan pada 3 (tiga) sektor penting yaitu:

1. Pengendalian pada sumber bising, yaitu melakukan upaya agar tingkat bising yang dihasilkan oleh sumber dapat dikurangi atau dihilangkan sama sekali. Beberapa usaha yang sering dilakukan antara lain menciptakan mesin-mesin dengan tingkat bising yang rendah, menempatkan sumber bising jauh dari penerima (manusia atau daerah hunian), menutup sumber bising (acoustic enclosure).
2. Pengendalian pada medium, yaitu melakukan upaya penghalangan bising pada jejak atau jalur propogasinya. Dalam bagian ini dikenal 2 (dua) jalur propogasi bising yaitu propogasi melalui udara (airbone noise) dan melalui struktur bangunan (structure borne noise). Gejala yang terjadi pada structure borne noise lebih kompleks dibandingkan dengan airbone noise karena adanya gejala propogasi getaran selain suara. Beberapa usaha pengendalian bising pada jejak propogasi ini antara lain merancang penghalang akustik (accoustic barrier), dinding insulasi (insulation walls) atau memutus jalur getaran melalui struktur dengan memasang vibration absorber.
3. Pengendalian pada Penerima, yaitu melakukan upaya perlindungan pada pendengar (manusia) yang terkena paparan bising (noise exposure) dengan intensitas tinggi dan waktu yang cukup lama. Biasanya pengendalian bising ini diperlukan pada lingkungan industri atau pabrik bagi para pekerja yang berhadapan dengan mesin – mesin. Pengendalian bising disini dimaksudkan untuk melindungi para pekerja dari kemungkinan kerusakan pendengarannya sebagai akibat dari dosis bising (noise dose) yang diterimanya setiap hari kerja. Sesuai dengan peraturan Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Indonesia dipersyaratkan bahwa untuk tempat kerja dengan tingkat bising  $\geq 85$  dBA, maka pekerja diharuskan untuk memakai pelindung telinga (ear protector) seperti misalnya ear plug, ear muff atau kombinasi dari keduanya, selain mengatur waktu kerja untuk mengurangi dosis bising yang diterimanya setiap hari.

Pengendalian Bising di Industri (Industrial Noise Control), dilakukan untuk menanggulangi bising mesin-mesin dan usaha melindungi para pekerja dari efek buruk paparan bising dengan intensitas tinggi. Beberapa teknik pengendalian yang sering digunakan antara lain menutup sumber bising (accoustic enclosure, parsial atau full), Penghalang akustik

(accoustic barrier), penahan bising (noise shielding), Peredam Bising (noise lagging) (Quadrant Utama, 2002).

Tabel 2.5 Tabel Data Tingkat Kebisingan Industri A

No TitikUkur	Cerobong Genset (dBA)	Cerobong Cheng Cen (dBA)	Cerobong Yoshimine 1 (dBA)	Cerobong Yoshimine 2 (dBA)
1	96,82	95,46	90,84	92,15
2	97,59	94,41	90,57	91,63
3	98,31	95,39	91,15	90,01
4	99,58	97,26	93,86	89,59
5	95,79	98,22	96,58	90,75
6	95,09	93,33	98,13	92,47
7	94,55	97,59	96,72	91,11
8	96,53	103,30	98,71	90,29
9	92,58	103,29	96,50	87,86
10	97,46	104,35	93,29	89,52
11	98,50	98,86	96,72	92,60
12	102,95	99,19	100,53	93,50
13	106,40	101,14	97,17	94,83
14	104,50	103,90	97,47	93,44
15	101,25	95,57	94,17	92,45
16	97,57	96,28	92,29	92,72
17	95,89	95,83	92,44	90,92
18	95,50	97,83	94,58	91,05
19	95,57	97,61	91,57	90,39
20	96,33	98,96	93,51	93,00
21	96,07	96,04	94,72	93,54
22	100,96	95,33	98,26	93,68
23	100,51	95,83	98,34	92,57
24	99,94	98,22	101,48	92,85
25	96,07	96,97	98,29	90,10
26	98,51	99,10	98,30	88,96
27	96,58	96,69	98,39	88,76
28	96,83	97,57	99,82	88,76
29	96,07	96,21	98,68	89,71
30	99,54	94,97	97,17	89,12
31	97,92	95,42	97,97	90,56
32	98,07	96,80	94,47	90,16
33	97,80	-	96,09	93,74
34	97,53	-	93,82	94,38
35	97,90	-	-	94,45
36	95,07	-	-	94,02
37	96,45	-	-	93,32
38	96,22	-	-	93,55

Sumber : Irawan A, 2016

Ambang batas keamanan yang direkomendasikan oleh Occupational Safety and Health Admistration (OSHA) dan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan mengacu pada Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999, tentang baku mutu tingkat kebisingan, yaitu intensitas bising rata-rata tidak lebih dari 85 dB selama 8 jam per hari atau 40 jam per minggu,



serta getaran alat kerja yang kontak langsung maupun tidak langsung pada lengan dan tangan tenaga kerja ditetapkan sebesar 4 meter per detik kuadrat. (m/det<sup>2</sup>)

## 2.10 Tanaman Barrier

Serapan polutan oleh tanaman dapat menurunkan konsentrasi polutan di udara sehingga meningkatkan kualitas udara di sekitar area pabrik. Selain itu, pada tanaman terjadi proses fotosintesis dimana tanaman mengubah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), cahaya, dan air menjadi energi dan melepaskan oksigen (O<sub>2</sub>) sebagai produk hasil. Oksigen sangat penting bagi organisme lain untuk berkembang, proses ini membentuk karbon bumi dan siklus oksigen. Ion udara negatif (NAI/Negative Air Ions) yang dihasilkan selama fotosintesis juga baik untuk kesehatan manusia. Sehingga dari proses tanaman yang mampu menyerap polutan ozon, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>x</sub> untuk kemudian dimetabolisme menjadi nutrisi dan sekaligus kemampuan tanaman mengurangi CO<sub>2</sub> dan melepaskan O<sub>2</sub> dari proses fotosintesis dan adanya NAI (Negative Air Ions) yang dihasilkan selama fotosintesis, maka semua hal tersebut mampu meningkatkan kesehatan manusia dan meningkatkan kualitas lingkungan di area pabrik.

Menurut Gallagher et al. (2015), penghalang (barrier) dapat dibedakan menjadi 2 jenis. Penghalang tersebut adalah penghalang berpori (batang pohon dan batang vegetasi) dan penghalang padat (penghalang kebisingan, dinding batas rendah, dan aktivitas pabrik). Kedua tipe penghalang ini dapat memperbaiki kualitas udara. Ciri fisik pada pohon terbagi menjadi dua fungsi, yaitu fungsi menyerap polusi udara dan fungsi menjerap partikel. Ciri fisik pohon dalam menyerap polusi diantaranya adalah tingkat kepadatan tajuk pohon, kombinasi pohon dengan tanaman semak, perdu, dan tanaman penutup tanah, tingkat ketipisan daun, jumlah daun banyak, dan jarak tanam rapat. Sedangkan ciri fisik pohon dalam menjerap partikel diantaranya adalah struktur permukaan daun kasar, daun lebar atau daun jarum, tingkat kepadatan tajuk, tekstur permukaan kulit batang kasar, dan tingkat kepadatan ranting. Vegetasi atau komunitas tumbuhan yang tersedia di alam, merupakan solusi yang paling menjanjikan untuk mengatasi pencemaran udara. Oleh karena itu, melakukan aksi penghijauan harus segera dilakukan agar pencemaran udara tidak semakin parah.

Namun selain berhijau daun, pemilihan jenis tanaman penghijauan sejatinya juga mempertimbangkan fungsinya sebagai peneduh yang dapat memperbaiki iklim mikro, dan juga dapat berfungsi sebagai barrier/penahan terhadap penyebaran polusi udara dari kendaraan. Tanaman peneduh merupakan tanaman yang ditanam sebagai tanaman penghijauan. Adapun tanaman peneduh yang ditanam di pinggir jalan raya selain berfungsi sebagai penyerap unsur pencemar secara kimiawi, juga berfungsi sebagai peredam suara baik kualitatif maupun kuantitatif (Anatari dan Sundra, 2002). Hal lain yang penting untuk dipertimbangkan dalam memilih jenis tanaman adalah penahan dan penyaring partikel padat dari udara. Fungsi ini dilakukan oleh tajuk pohon melalui proses jerapan dan serapan, sehingga partikel padat di udara akan berkurang. Hal ini terjadi karena partikel padat akan terjerap (menempel) pada permukaan daun, khususnya daun yang berbulu dan permukaannya kasar. Sebagian partikel yang lain akan terserap masuk ke dalam ruang stomata daun. Ngabekti (2004) melaporkan bahwa keberadaan tanaman peneduh jalan dapat menurunkan kadar debu (TSP) dari 448,76 µg/m<sup>3</sup> di area tanpa tanaman menjadi 64,11 448,76 µg/m<sup>3</sup> di area dengan tanaman. Manfaat lain dari tajuk tanaman

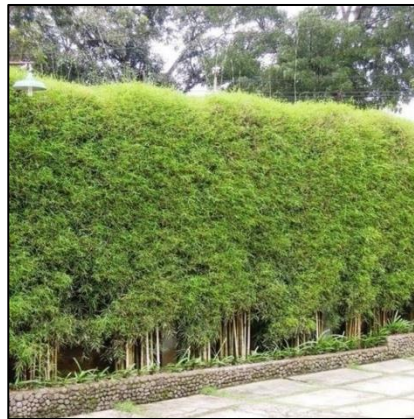
adalah menjadikan udara lebih bersih dan sehat karena daun melakukan proses fotosintesis. Kemudian menurut Patra et al. (2004), dua belas tanaman yang berpotensi menyerap NO<sub>2</sub> dari serapan tertinggi hingga terendah adalah jati putih, jati super, asam jawa, kol banda, akalipa merah, dadap kuning, saga, mahoni, gayam, cemara angin, palaquinium dan tusam. Pada studi kasus kali ini direncanakan menggunakan pohon mahoni yang memiliki daya reduksi sebesar 0,1998%. Berikut adalah contoh gambar pohon mahoni:



Gambar 2.6 Pohon Mahoni (Swietenia Mahoni)

Adapun berikut beberapa tanaman yang mampu membantu meredam kebisingan :

1. Bambu Jepang (Pseudosasa Japonica)



Gambar 2.7 Bambu Jepang (Pseudosasa Japonica)

Karakteristiknya :

- Termasuk kedalam kategori tanaman semak yang tumbuhnya tegap.
- Mempunyai bentuk pohon yang berbatang kecil.
- Bunga-bunga melati jepang terdapat pada satu tangkai yang bulat dan panjangnya sekitar 20 cm.

Fungsi :

Barrier/peredam kebisingan, tanaman ini juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri kosmetika, minyak wangi, tekstil, dan penyedap teh.

## 2. Dolar (Ficus Pumila)



Gambar 2.8 Dolar (Ficus Pumila)

### Karakteristik :

- Perakaran serabut .Merupakan tanaman semak .
- Dapat tumbuh 2,5 hingga 4 meter.
- Daun berbentuk simetris, tebal karena mengandung banyak air, daun berwarna hijau tua mengkilap.
- Daun tumbuh sejajar di sepanjang batangnya dengan jarak yang agak jauh dari satu daun ke daun lainnya. Ini salah satu alasan mengapa disebut dengan pohon dollar.
- Mampu hidup di wilayah tropis hingga sub tropis .

### Fungsi :

Barrier/peredam kebisingan, tanaman ini juga dapat difungsikan sebagai estetika.

## 3. Pohon Cemara (Casuarinaceae)

### Karakteristik :

- Adalah jenis pohon evergreen, artinya daun -daunnya jarang mengering dan berubah warna ataupun rontok di musim gugur .
- Daunnya berbentuk ramping dan runcing yang berguna untuk mengurangi penguapan.
- Warna daun pohon cemara biasanya hijau gelap, tetapi ada beberapa spesies yang berwarna hijau terang.
- Pohon cemara tidak menghasilkan buah melainkan pinecone atau runjung cemara.
- Kulit kayu pohon cemara dewasa terbilang tebal dan warnanya coklat gelap dan biasanya terdapat retakan-retakan di sekujur pohon cemara.

### Fungsi :

Barrier/peredam kebisingan, juga bisa berfungsi sebagai peneduh dan penghias halaman rumah sebab .

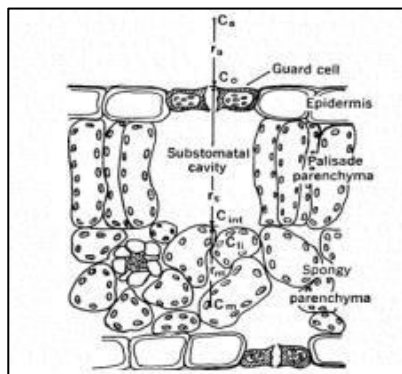
### **2.10.1 Mekanisme Penyerapan Tanaman pada Sumber Pencemar**

Terkait dengan masalah polusi udara, Nasrullah (2001) dalam Hanafri (2011), menyebutkan bahwa untuk mengurangi jumlah polutan yang telah terlepas pada lingkungan dapat dikurangi

dengan adanya vegetasi. Berikut merupakan mekanisme tanaman dalam mereduksi polutan, yaitu:

1. Difusi, pemencaran polutan ke atmosfer yang lebih luas. Tajuk pohon yang tinggi dapat membelokkan hembusan angin ke atmosfer yang lebih luas, sehingga konsentrasi polutan menurun.
2. Absorpsi, penyerapan polutan gas melalui stomata polutan gas masuk ke dalam jaringan daun.
3. Adsorpsi, penyerapan polutan partikel oleh permukaan daun, batang, ranting yang menyerap partikel debu dan logam yang terkandung di dalam udara.
4. Deposisi partikel besar oleh daun dan bagian tanaman lainnya.

Berdasarkan O'Dell et al. (1977), tanaman terdiri dari daun yang mampu menyerap polutan udara. Daun adalah lokasi dari stomata yang dapat membuka dan biasanya merupakan jalur utama untuk penyerapan gas oleh tanaman. Sel penjaga yang berada pada bukaan stomata berada di bagian terluar lapisan daun diantara sel-sel epidermis. Stomata adalah jaringan yang berbentuk bulat atau elip didistribusikan di bagian atas, bawah, atau kedua sisi daun. Ukuran stomata berkisar dari 2-10  $\mu\text{m}$  dengan lebar celah berkisar hingga 10  $\mu\text{m}$ . Stomata dapat berjumlah ribuan per milimeter persegi. Jaringan palisade dan jaringan mesofil/parenkim (spons) mengandung banyak kloroplas yang berfungsi sebagai penyerap untuk berbagai polutan. Potongan melintang daun bisa dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.9 Potongan Melintang Daun

Berdasarkan Omasa, et al. (2000), polutan atmosfer seperti  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  sangat efektif diserap oleh daun tanaman melalui stomata. Penyerapan stomata pada polutan udara memiliki urutan sebagai berikut :

1. Gas masuk dalam daun dengan fase difusi melalui stomata
2. Gas yang masuk ke udara ruang di dalam daun larut dalam air di permukaan sel tumbuhan.
3. Gas dalam fase cair berdifusi ke dalam sel tumbuhan sesuai dengan gradien konsentrasinya.
4. Gas yang sudah berdifusi akan dimetabolisme atau didekomposisi untuk mempertahankan gradien konsentrasi antara bagian dalam tumbuhan dan atmosfer.

Berdasarkan Stoke dan Seager dalam Damayasa (2013), dengan pemaparan  $\text{NO}_2$  sebesar 1 ppm akan menimbulkan bintik bintik pada daun. Sementara itu, untuk pemaparan yang lebih tinggi yaitu 3,5 ppm atau lebih dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan tenunan tanaman. Sementara itu, berdasarkan Bidwell dan Bebee (1974), hanya ditemukan sedikit efek di mana

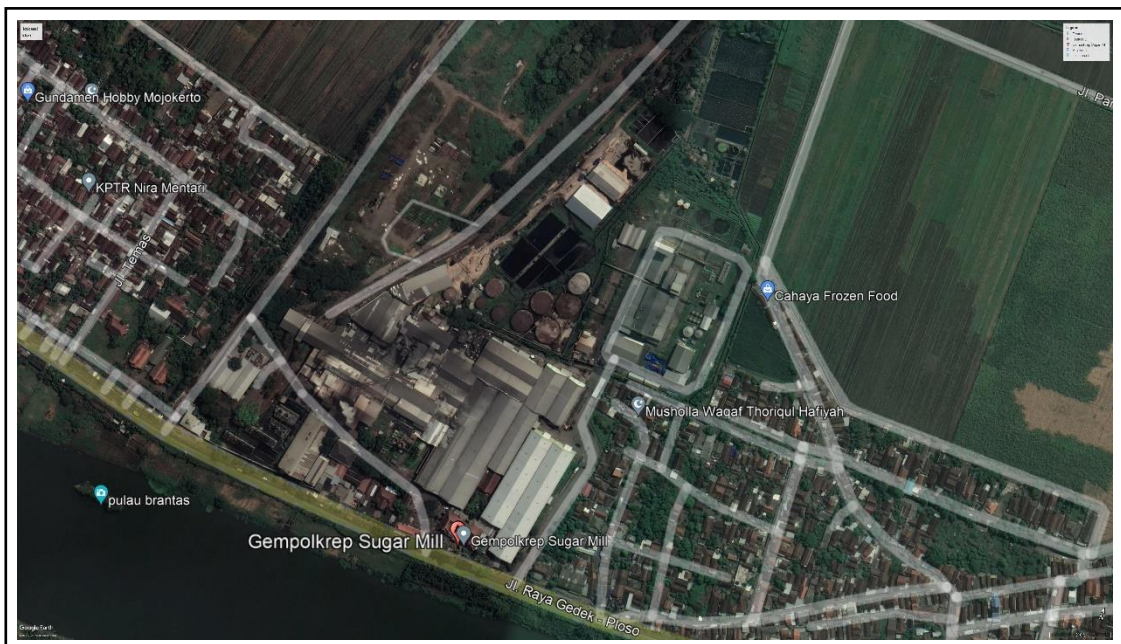
efek tersebut tidak berpengaruh buruk dalam proses fotosintesis pada rentang konsentrasi CO yang biasanya ditemukan atau di lokasi yang tercemar CO dalam jumlah besar.

## BAB 3

### METODE PENULISAN

#### 3.1 Deskripsi Lokasi

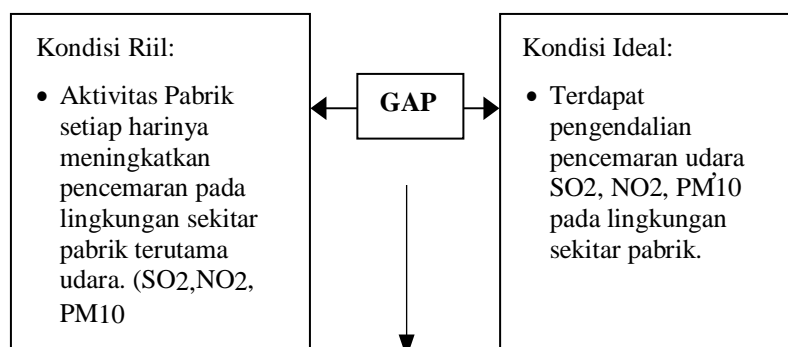
Industri A merupakan salah satu pabrik gula yang terletak di Mojokerto, Jawa Timur. Besarnya kapasitas produksi yang ada di Industri A dapat meningkatkan produksi gula, namun juga dapat berdampak pada limbah yang semakin meningkat. Emisi udara pada Industri A berasal dari pembakaran ketel dan boiler.

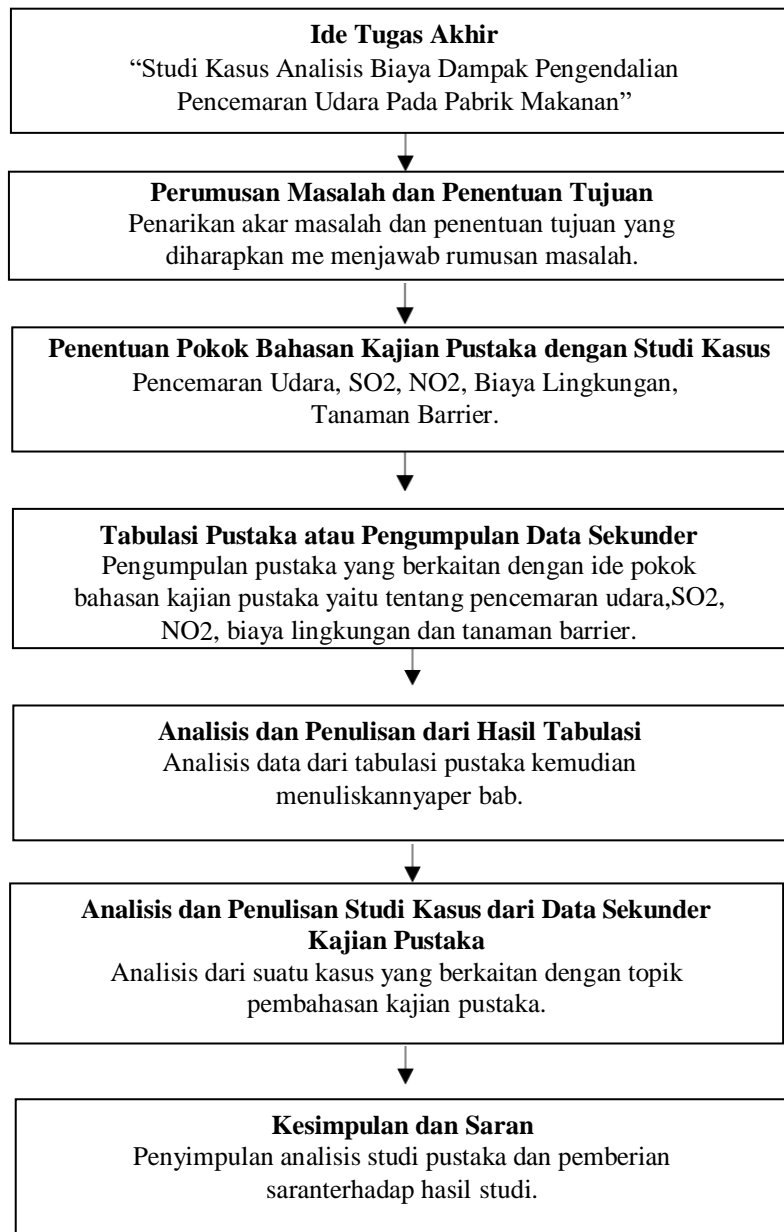


Gambar 3.1 Peta Lokasi Industri A.

#### 3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka kajian pustaka dengan studi kasus merupakan rancangan alur proses pelaksanaan Tugas Akhir. Penyusunan alur ditujukan untuk mempermudah proses pelaksanaan sebagai acuan dalam menjalankan kajian pustaka. Berikut ini adalah kerangka kajian pustaka pada Tugas Akhir, dapat dilihat pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Kerangka Kajian Pustaka

### 3.3 Metode Studi

Metode studi merupakan tahapan pokok yang dilakukan pada Tugas Akhir ini sehingga akan menjawab tujuan. Adapun tahapanpokok yang dilakukan pada studi literature ini yaitu kajian pustakadan studi kasus

#### 3.3.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan dengan mempelajari dari berbagaireferensi yang berkaitan dengan pencemaran udara oleh pabrik berupa senyawa SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, lalu analisis biaya lingkungan dan juga kajian-kajian tentang pengendalian pencemaran lingkungan menggunakan tanaman barrier. Adapun kajian pustaka akan dilakukan dari minimal 100 pustaka yang terdiri dari :

- a. Buku Teks
- b. Jurnal
- c. Laporan Penelitian
- d. Buletin

Dari hasil penelusuran ini, informasi yang didapat disusun kembali menggunakan bahasa dari penulis sendiri..

### **3.3.2 Studi Kasus**

Studi kasus yang dipilih yaitu biaya lingkungan, pencemar udara berupa senyawa SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan pengendalian pencemaran udara pada lingkungan pabrik menggunakan tanaman barrier . Pada Tugas Akhir ini studi kasus yang dipilih adalah lingkungan sekitar pabrik Industri A. Data yang didapatkan untuk kasus analisis biaya terhadap pengendalian pencemaran udara adalah data sekunder yang didapat dari:

- a. Buku Teks
- b. Jurnal
- c. Laporan Penelitian
- d. Buletin

Biaya lingkungan berupa biaya pengendalian dan biaya kesehatan akan dicari di wilayah Indonesia, apabila tidak ditemukan maka meluas. Makadari itu, literature yang dicari merupakan skala nasional apabila tidak ditemukan atau informasi dirasa kurang maka meluas ke skala international.

## **3.4 Sistematika Penulisan**

Penulisan dari studi literature ini disusun berdasarkan sistematika penulisan Tugas Akhir di bawah ini:

Bab 1 : Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan alasan yang melatarbelakangi pembuatan dari Tugas Akhir ini, kemudian perumusan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai, ruang lingkup penulisan, dan manfaat yang didapat dari penulisan ini.

Bab 2 : Metode Penelitian

Pada bab ini dijabarkan kerangka studi dan metode studi untuk kajian pustaka dan studi kasus, kemudian sistematika penulisan Tugas Akhir.

Bab 3 : Studi Pustaka

### **3.1. Pencemaran Udara Gas Buang Cerobong Asap Industri**

Pada sub bab ini menjelaskan tentang gambaran apa itu pencemaran udara gas buang dan penjelasan tentang cerobong asap pada industri.

### **3.2. Sumber Pencemar Udara Gas Buang Cerobong Asap Industri** Pada sub bab ini kemudian dibagi menjadi 3 bagian :

#### **3.2.1. Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)**

Pada bagian ini dibahas mengenai pengertian, asal, fungsi dan dampak dari pembentukan SO<sub>2</sub> pada udara.

#### **3.2.2. Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)**



Pada bagian ini dibahas mengenai pengertian, asal, fungsi dan dampak dari pembentukan NO<sub>2</sub> di udara.

### 3.3. Dampak Pencemaran Udara Gas Buang Cerobong Asap

Pada sub bab ini menjelaskan tentang dampak apa saja yang ditimbulkan oleh pencemaran udara gas buang pada cerobong asap seperti bagaimana pengaruhnya terhadap kesehatan dan lingkungan sekitarnya.

### 3.4. Biaya Lingkungan

Pada sub bab ini menjelaskan tentang apa yang dimaksud dengan biaya lingkungan dan apa tujuan dari adanya biaya lingkungan.

#### 3.4.1. Menghitung Biaya Lingkungan

Pada bagian ini dibahas tentang bagaimana cara menghitung biaya lingkungan, bagaimana cara menentukan efektivitas biaya untuk lingkungan.

#### 3.4.2. Pendekatan Biaya Kesehatan

Pada bagian ini dibahas tentang bagaimana cara mengetahui pengaruh pencemar dan berapa biaya pengobatan yang dikeluarkan akibat dari dampak pencemaran udara.

### 3.5. Baku Mutu Udara Nasional

Pada sub bab ini menjelaskan tentang berapa kadar zat yang diperbolehkan untuk ada di udara ambien.

### 3.6. Dust Collector

Pada sub bab ini menjelaskan apa itu Dust Collector dan bagaimana proses pemakaiannya,

### 3.7. Tanaman Barrier

Pada sub bab ini menjelaskan tentang apa itu tanaman barrier dan jenis tanaman apa saja yang bisa dijadikan sebagai tanaman barrier untuk mengurangi kebisingan yang ditimbulkan dari pabrik.

## Bab 4 : Studi Kasus

Pada bab ini adalah untuk mengaplikasikan teori yang telah dipelajari dalam studi literature dengan kondisi lapangan. Studi kasus akan disajikan identifikasi besarnya senyawa pencemar seperti SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, yang dihasilkan oleh cerobong asap pabrik Industri A . Kemudian dilakukan peninjauan alat yang digunakan sebagai solusi pengendalian pencemaran udara yaitu menggunakan Dust Collector dan Tanaman Barrier sebagai cara untuk mengurangi kadar SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pabrik makanan Industri A serta sekaligus dapat mengurangi kebisingan.

## Bab 5 : Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisi jawaban atas permasalahan dan tujuan sesuai dari studi pustaka yang telah dicari. Tugas Akhir yang hendak dicapai dan diambil berdasarkan hasil analisis dan pembahasan. Kemudian, diberikan saran sebagai rekomendasi dari pemecahan masalah studi kasus yang dipilih untuk selanjutnya dapat diaplikasikan atau sebagai rujukan

## BAB 4

### STUDI KASUS

#### 4.1 Studi Kasus Menggunakan Metode Dust Collector

*Dust collector* digunakan dalam proses pemisahan debu hasil produksi industri dari udara untuk menjamin kualitas udara yang baik ketika udara dibuang ke lingkungan. Setelah debu terkumpul, terdapat 2 pilihan perlakuan yang umumnya dilakukan terhadap debu tersebut, pertama adalah dengan memberlakukan proses kimia lanjutan untuk mengurangi kadar polutan berbahaya dari debu tersebut sebelum dibuang sebagai limbah, kedua adalah dengan melakukan proses daur-ulang terhadap debu tersebut agar dapat digunakan kembali sebagai bahan produksi.

##### 4.1.1 Laporan Biaya Lingkungan Industri A

Pada studi kasus ini, data sekunder yang didapatkan bersumber dari penelitian terkait yang dilakukan oleh Irawan, M, 2016. Biaya lingkungan adalah biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk menandai kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan aktifitas lingkungan hidup. Aktifitas tersebut seperti pengendalian limbah yang berasal dari kegiatan operasional perusahaan. Berikut adalah laporan biaya lingkungan periode 2013 sampai 2015

Tabel 4.1 Laporan Biaya Lingkungan Industri A

No	Biaya Lingkungan	Jumlah Realisasai (dalam Satuan Rpiah)		
		2013	2014	2015
1	Pengukuran Cerobong Asap Emisi Udaradan Ambien	990.993.226	580.332.955	1.853.001.668
2	Pembuangan Abu Ketel	560.499.000	575.833.489	542.005.939

Sumber : Irawan A. 2016

Biaya pengukuran emisi udara dan ambien digunakan untuk memantau tingkat kadar pencemaran dari semua cerobong yang ada dalam pabrik. Selain itu, alokasi biaya untuk pembersihan dan perawatan Dust Collector juga dimasukkan dalam biaya pengukuran emisi udara dan ambien. Analisis biaya pembuangan abu ketel dan blotong yang dimaksud adalah biaya pengangkutan limbah tersebut.

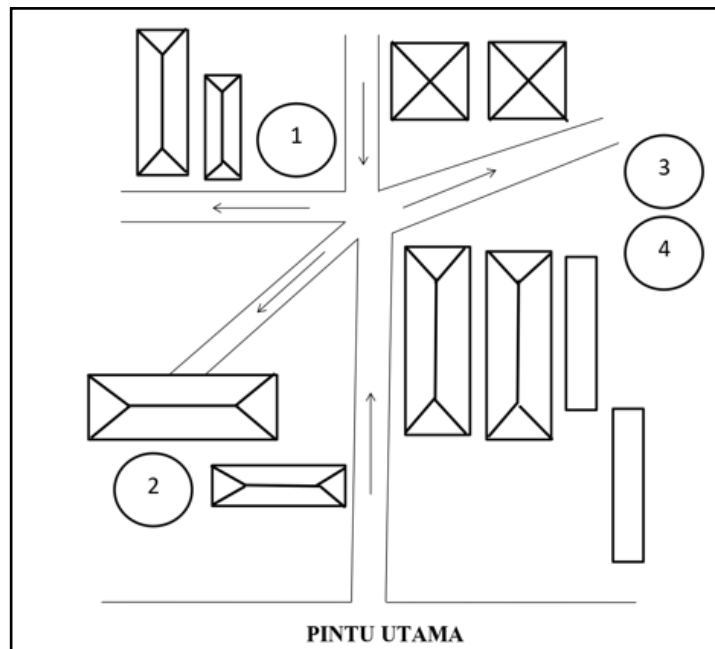
##### 4.1.2 Emisi Udara

Industri A memiliki 4 cerobong yang menjadi sumber dari emisi udara. 4 Cerobong yang dimiliki oleh Industri A yaitu cerobong Cheng Chen, Yoshimine 1, Yoshimine 2, dan Genset. Cerobong Cheng Chen, Yoshimine 1 dan Yoshimine 2 adalah ketel yang digunakan untuk proses produksi gula Industri A. Sedangkan cerobong genset adalah cerobong yang digunakan untuk produksi listrik. Berikut ini adalah kadar pencemaran dari setiap cerobong :

Tabel 4.2 Emisi Gas Buang Cerobong Industri A

Tahun	Cerobong	Kadar Pencemaran Emisi Udara (Mg/Nm <sup>3</sup> )		
		NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
2013	Genset	74,6	0,64	24,5
	Cheng Chen	38,41	3,71	144,25
	Yoshimine 1	28,77	2,51	211,5
	Yoshimine 2	34,32	3,4	203
2014	Genset	110	6,15	48,71
	Cheng Chen	14,04	2,33	169
	Yoshimine 1	14,97	2,02	208
	Yoshimine 2	16,9	3,08	188
2015	Genset	160	1,6	80,9
	Cheng Chen	70,8	4,25	110,8
	Yoshimine 1	53,55	15,25	137
	Yoshimine 2	52,15	3,16	124,4

Sumber : Data Industri A dalam Irawan A (2016)



Gambar. 4.1 Denah Industri A

Keterangan :

1. Cerobong Cheng Chen
2. Cerobong Genset
3. Cerobong Yoshimine 1
4. Cerobong Yoshimine 2

Menurut gambar denah Industri A diatas terdapat 4 cerobong yang 3 cerobongnya dipasangkan Dust Collector cerobong Cheng Chen, cerobong Yoshimine 1 dan cerobong Yoshimine 2 yang merupakan cerobong produksi.

### 4.1.3 Analisis Biaya Lingkungan

Klasifikasi biaya lingkungan digunakan untuk mempermudah pemakaian laporan biaya lingkungan di Industri A. Berikut adalah klasifikasi biaya lingkungan di Industri A:

Tabel 4.3 Klasifikasi Biaya Lingkungan Industri A

No.	Biaya Lingkungan	Jumlah Realisasi (dalam Satuan Rupiah)		
		2013	2014	2015
<b>Biaya Deteksi Lingkungan</b>				
1.	Pengukuran Cerobong Asap Emisi Udara dan Ambien	990.993.226	580.332.955	1.853.001.668
<b>Biaya Konservasi Lingkungan</b>				
1.	Pembuangan Abu Ketel	560.499.000	575.833.489	542.005.939
<b>Total Biaya</b>		1.551.492.226	1.156.166.444	2.395.007.607

Sumber : Irawan A, 2016.

Menurut tabel diatas terdapat dua biaya yang harus dikeluarkan oleh pabrik yaitu meliputi biaya deteksi lingkungan dan biaya konservasi lingkungan. Biaya deteksi lingkungan yaitu biaya yang dikeluarkan untuk mendeteksi pengelolaan lingkungan yang telah dilakukan oleh pabrik. Pendeteksian tersebut berguna untuk melihat sejauh mana keberhasilan pengelolaan lingkungan industry. Selanjutnya ada biaya konservasi lingkungan yaitu terkait dengan biaya-biaya yang dikeluarkan sebagai salah satu upaya dalam melestarikan lingkungan.

### 4.1.4 Analisis Efektivitas Biaya Lingkungan dalam Upaya Meminimalkan Pencemaran Lingkungan

#### 4.1.4.1 RKL dan RPL Industri A

Industri A telah menerapkan rencana pengelola lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan. Secara umum RKL dan RPL Industri A sama setiap tahun karena Industri A sudah membuat acuan RKL dan RPL sejak dahulu. Berikut adalah rencana dan upaya pengelolaan lingkungan yang diterapkan di Industri A :

Tabel 4.4 Rencana dan Upaya Pengelolaan Lingkungan Industri A

Jenis Dampak	RKL	RPL
Emisi Udara	Menggunakan <i>Dust Collector</i> secara optimal	1. Melakukan pembersihan <i>dust collection</i> dengan maksimal. 2. Melakukan pembersihan pipa <i>spray</i> dan input <i>airscrubber</i> .

Sumber : Data Industri A dalam Irawan A (2016)

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa pengendalian pencemaran emisi udara dilakukan dengan menggunakan Dust Collector. Dust Collector dipasang di dalam cerobong ketel yang ada di ketel keluar, nozzle air yang terdapat dalam dust collector menyiramkan air sehingga debu yang ada di ketel jatuh di bak penampung.

Tabel 4.5 Rencana dan Upaya Pemantauan Lingkungan Industri A

Jenis Dampak	RKL	RPL
EmisiUdara	Pemantauan di sekitar lokasi kegiatan yang menghasilkan kadar debu emisi terutama pada boiler	Pengukuran langsung di lapangan dan selanjutnya dilakukan analisa

Sumber : Data Industri A dalam Irawan A (2016).

Berdasarkan tabel diatas pemantauan pencemaran emisi udara yang dilakukan di lokasi yang menghasilkan kadar debu emisi seperti cerobong Cheng Chen, Yoshimine 1, Yoshimine 2. Cerobong ketel digunakan untuk produksi uap yang berasal dari ampas debu.

Pemantauan di cerobong genset dilakukan untuk mengetahui emisi udara genset yang berbahan bakar minyak. Cerobong genset digunakan untuk menambah energi listrik Industri A. Pemantauan emisi udara Industri dilaksanakan oleh Unit Pelaksana Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja (UPT K3). UPT K3 merupakan badan yang ditunjuk oleh Kementerian Lingkungan Hidup untuk mengukur kualitas emisi udara di Industri A.

#### 4.1.5 Efektivitas Biaya Lingkungan Industri A

Penelitian efektivitas biaya lingkungan untuk pengendalian emisi udara dapat dilihat dari hasil rata-rata kadar pencemaran emisi udara dari setiap cerobong. Rata-rata kadar pencemaran dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Apabila sesuai atau dibawah baku mutu maka dapat dikatakan biaya pengendalian emisi udara Industri A efektif. Efektivitas terjadi karena tujuan dari pengalokasian biaya pengendalian emisi udara adalah memenuhi baku mutu emisi udara yang ditetapkan pemerintah dan meminimalkan pencemaran lingkungan dari kegiatan operasional Industri A :

Tabel 4.6 Efektivitas Biaya Lingkungan untuk Pengendalian Emisi Udara

RKL & RPL	Biaya RKL & RPL	Parameter	Rata-rata Kadar Pencemaran (Mg/Nm <sup>3</sup> )		
			2013	2014	2015
RKL : Pengoperasian dan maintenance dust collector	2013 = Rp 990.993.226	NO2	(CC)	(CC)	(CC)
			38,41	14,04	70,8
			(Y1)	(Y1)	(Y1)
			28,77	14,97	53,55
			(Y2)	(Y2)	(Y2)
			34,34	16,9	52,15
RPL : Memantau 4	2014 = Rp		(G)	(G) 110	(G)

sumber emisi udara yaitu cerobong Cheng Chen, Yoshimine 1, Yoshimine 2, dan Genset.	580.332.955    2015= 1.853.001.668	Rp	SO2	74,6  (CC) 3,71 (Y1) 2,51 (Y2) 3,4	(CC) 2,33 (Y1) 2,02 (Y2) 3,08	160  (CC) 4,25 (Y1) 15,25 (Y2) 3,16
---	---	----	-----	---	--	--

Sumber : Irawan A, 2016

Keterangan :

CC : Cerobong Cheng Chen

Y1 : Cerobong Yoshimine 1

Y2 : Cerobong Yoshimine 2

G : Cerobong Genset

#### 4.2 Ratio Eco Profit

Ratio Eco Profit digunakan untuk mengukur efisiensi biaya lingkungan dengan menggunakan elemen keuntungan lingkungan. Penggunaan ratio eco profit ini dapat menunjukkan seberapa rasionalnya aktivitas perlindungan lingkungan dari perspektif ekonominya. Apabila koefisien rasio eco profit lebih tinggi atau sama dengan satu maka dapat dikatakan biaya lingkungan yang dikeluarkan Industri A telah efisien dan dapat melakukan aktivitas lingkungan secara berkelanjutan. Berikut adalah efektivitas biaya lingkungan untuk pengendalian emisi udara Industri A:

$$\text{Ratio Eco Profit} = \frac{\text{Biaya Deteksi Lingkungan} + \text{Biaya Kesehatan}}{\text{Biaya Konservasi Lingkungan}}$$

Sumber : Sendrou dan Roman (2007)

- $\text{Ratio Eco Profit Industri A 2013} = \frac{\text{Rp } 990.993.226 + \text{Rp } 92.585.900}{\text{Rp } 560.499.000}$

$$\text{Ratio Eco Profit Industri A 2013} = 1,933$$

- $\text{Ratio Eco Profit Industri A 2014} = \frac{\text{Rp } 580.332.955 + \text{Rp } 92.585.900}{\text{Rp } 575.833.489}$

$$\text{Ratio Eco Profit Industri A 2014} = 2,615$$

- $\text{Ratio Eco Profit Industri A 2015} = \frac{\text{Rp } 1.853.001.668 + \text{Rp } 92.585.900}{\text{Rp } 542.005.939}$

$$\text{Ratio Eco Profit Industri A 2015} = 3,589$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa rasio eco profit Industri A tahun 2013 sebesar 1,933, tahun 2014 sebesar 2,615 dan tahun 2015 sebesar 3,589. Semua ratio bernilai lebih dari satu sehingga dapat dikatakan Industri A sudah mencapai efisiensi biaya lingkungan dalam perspektif ekonomi pada tahun 2013 hingga tahun 2015.

### 4.3 Tanaman Barrier

Tanaman barrier ini memiliki beberapa fungsi yaitu ada yang bisa untuk mengurangi kebisingan yang disebabkan oleh pabrik dan bisa juga sebagai tanaman barrier dalam mengurangi pencemaran udara yang ditimbulkan oleh pabrik. Beberapa tanaman ini dinilai mampu mereduksi senyawa SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> yang ada di udara. Pada studi kasus kali ini direncanakan menggunakan pohon mahoni yang memiliki daya reduksi sebesar 0,1998%.

Tabel 4.7 Emisi Gas Buang Cerobong Industri A Setelah Dipasang Tanaman Barrier

Tahun	Cerobong	Kadar Pencemaran Emisi Udara (Mg/Nm <sup>3</sup> )	
		NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
2013	Genset	70,9	0,61
	Cheng Chen	36,5	3,53
	Yoshimine 1	27,3	2,22
	Yoshimine 2	32,6	3,2
2014	Genset	104	5,56
	Cheng Chen	13,3	2,22
	Yoshimine 1	13,4	1,92
	Yoshimine 2	16	3,03
2015	Genset	152	1,5
	Cheng Chen	67,3	4,04
	Yoshimine 1	50,9	14,49
	Yoshimine 2	49,55	3,01

Berdasarkan table diatas dapat dilihat bahwa pemasangan tanaman barrier pada area pabrik mampu mereduksi kadar pencemar emisi udara NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> yang ada di area pabrik. Pada tahun 2013 cerobong genset awalnya mengeluarkan emisi NO<sub>2</sub> sebanyak 74,6 Mg/Nm<sup>3</sup> berkurang menjadi 70,9 Mg/Nm<sup>3</sup>, cerobong Cheng Chen awalnya mengeluarkan emisi NO<sub>2</sub> sebanyak 38,41 Mg/Nm<sup>3</sup> berkurang menjadi 36,5 Mg/Nm<sup>3</sup>, cerobong Y1 awalnya mengeluarkan emisi NO<sub>2</sub> sebanyak 28,77 Mg/Nm<sup>3</sup> berkurang menjadi 27,3 Mg/Nm<sup>3</sup> dan yang terakhir cerobong Y2 awalnya mengeluarkan emisi sebanyak 34,34 Mg/Nm<sup>3</sup> berkurang menjadi 32,6 Mg/Nm<sup>3</sup>. Lalu, pada tahun 2014 cerobong genset awalnya mengeluarkan emisi SO<sub>2</sub> sebanyak 0,64 Mg/Nm<sup>3</sup> berkurang menjadi 0,61 Mg/Nm<sup>3</sup>, cerobong Cheng Chen awalnya mengeluarkan emisi SO<sub>2</sub> sebanyak 3,71 Mg/Nm<sup>3</sup> berkurang menjadi 3,53 Mg/Nm<sup>3</sup>, cerobong Y1 awalnya mengeluarkan emisi SO<sub>2</sub> sebanyak 2,51 Mg/Nm<sup>3</sup> berkurang menjadi 2,22 Mg/Nm<sup>3</sup> dan yang terakhir cerobong Y2 awalnya mengeluarkan emisi sebanyak 3,4 Mg/Nm<sup>3</sup> berkurang menjadi 3,2 Mg/Nm<sup>3</sup> Sehingga dapat disimpulkan pemasangan tanaman barrier di area pabrik ini mampu membantu untuk mengurangi pengeluaran yang di akibatkan oleh pencemaran udara gas cerobong industry A karena semakin berkurangnya pencemaran udara yang ada di area pabrik.

Adapun berikut beberapa tanaman yang mampu membantu meredam kebisingan yang akan digunakan adalah Bambu Jepang. Bambu Jepang ini akan diletakan di sekitar area pabrik yang berdekatan dengan cerobong asap. Akan diletakkan sebanyak 100 tanaman pada setiap titik pointnya.

Adapun berikut beberapa tanaman yang mampu membantu meredam kebisingan :

1. Bambu Jepang (Pseudosasa Japonica)



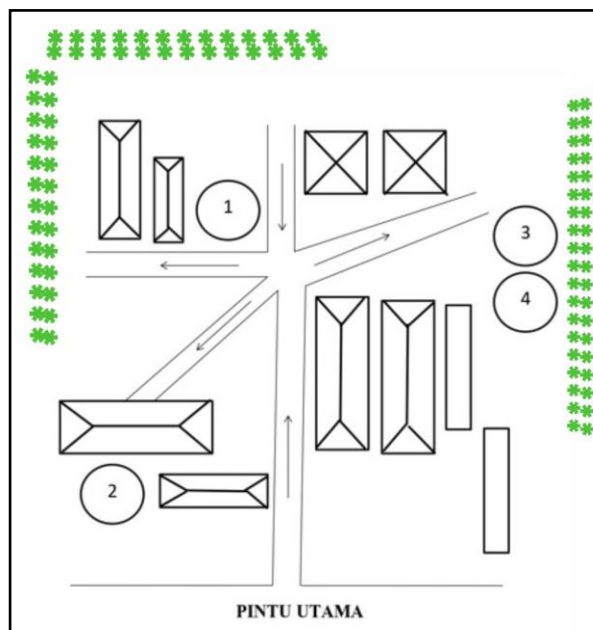
Gambar 4.2 Bambu Jepang (Pseudosasa Japonica)

Karakteristiknya :

- Termasuk kedalam kategori tanaman semak yang tumbuhnya tegap.
- Mempunyai bentuk pohon yang berbatang kecil.
- Bunga-bunga melati jepang terdapat pada satu tangkai yang bulat dan panjangnya sekitar 20 cm.

Fungsi :

Barrier/peredam kebisingan, tanaman ini juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri kosmetika, minyak wangi, tekstil, dan penyedap teh.



Gambar 4.2. Contoh Gambar Rencana Peletakan Tanaman Barrier.



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari berbagai literature yang didapatkan berikut yang dapat disimpulkan :

1. Sumber zat pencemar yang dihasilkan dari gas buang cerobong asap pabrik makanan Industri A adalah senyawa SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> yang memberi dampak terhadap kesehatan masyarakat seperti penyakit pernafasan hingga penyakit kulit.
2. Biaya yang harus dikeluarkan untuk penerapan pemakaian alat Dust Collector di sekitaran pabrik makanan Industri A menunjukkan hasil yang signifikan yaitu penurunan biaya pengeluaran yang harus dikeluarkan oleh pabrik tersebut.
3. Jenis tanaman barrier yang terdapat pada literature beberapa mampu dalam mengurangi kandungan SO<sub>2</sub> , NO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh pabrik sekaligus dapat mengurangi kebisingan yang ditimbulkan juga oleh pabrik

#### **5.2 Saran**

1. Untuk peneliti selanjutnya dengan penelitian terkait sebaiknya melakukan penelitian dengan masa periode minimal 5 taun atau lebih untuk mendapatkan data yang lebih akurat.
2. Untuk penelitian terkait disarankan menggunakan variabel parameter yang lebih signifikan, seperti kondisi lapangan secara langsung

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah HRP, M. 2018. "Hubungan Antara Kualitas Udara Ambien (O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan PM<sub>10</sub>) Dengan Kejadian ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut) di Kota Pekanbaru Tahun 2014- 2017. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Amoatey, P., Omidvarborna, H., Baawain, M. S., & Al-Mamun, A. (2019). Emissions and exposure assessments of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10/2.5</sub> and trace metals from oilindustries: A review study (2000–2018). ScienceDirect.
- Annie, Yusuf. 2000 "Bising Bisa Timbulkan Tinnitus dan Tuli", Intisari, Jakarta
- Anonimus, 1996. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor:KEP-48/MENLH/11/1996. "Baku Tingkat kebisingan", Jakarta.
- Anthika, Syech, R., Sugianto. 2012. Pengaruh suhu, Kelembaban Udara dan Kecepatan Angin terhadap Akumulasi Nitrogen Monoksida dan Nitrogen Dioksida. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Riau, Pekanbaru
- Badan Pusat Statistik. 2017. Kota Sidoarjo dalam Angka 2017. BPS Kota Surabaya. Bamahry, C. F. 2012. Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Besarnya Konsentrasi SO<sub>2</sub> (Studi Kasus Gerbang Tol Pasteur Bandung). Bandung : Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan ITB.
- Budiyono, A. 2001. Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. Peneliti Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara. Berita Dirgantara, 2 (1), hal. 21-27
- Chandra, B. 2006. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Edisi pertama. EGC, Jakarta
- Chapd, H. (2010). Sulphur dioxide, Incident management. Health protectionagencyUK., <https://www.hpa.org.uk/Topics/ChemicalsAndPoisons/CompendiumOfChemicalHazard/s/SulphurDioxide/>
- Endes dan Dahlan 2014. Identifikasi Kemampuan Pohon dalam Menyerap Gas SO<sub>x</sub>. Institut Pertanian Bogor.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2013. Sulfur Dioxide, Basic Information, <https://www.epa.gov/Sulfurdioxide/basic.html> (diunduh pada 16 Oktober 2016).
- ESC, E. S. (n.d.). How is NO<sub>x</sub> Formed. Boiler Technologies, diakses pada 25 Mei 2021 di <http://cleanboiler.org/workshop/how-is-nox-formed/>.
- Fardiaz, S. (1992). Polusi Air dan Udara. Yogyakarta: Kanisius.
- Fitri, Dwi Rini Kurnia. 2018. "Valuasi Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan." Proceeding IAIN Batusangkar 1.1 125 - 134.

- Gallagher, J., Baldauf, R., Fuller, C.H., Kumar, P., Gill, L.W., McNabola, A. 2015. "Passive Methods for Improving Air Quality in the Built Environment: A Review of Porous and Solid Barriers". *Atmosphere and Environment*. Vol. 120 : 61-70.
- Gravitiani, Evi. 2003. "Valuasi Ekonomi Gas Buang Kendaraan Bermotor Terhadap Kesehatan Masyarakat di Kota Yogyakarta." Diss. Tesis.
- Hanafri, K.S., 2011. Analisis Manfaat Kanopi Pohon dalam Mereduksi Polutan. . Diakses pada 30 Januari 2018
- Hankey, S., Marshall, J.D., Brauer, M. 2012 . Health Impacts of the Built Environment: within-urban variability in physical inactivity, air pollution, and ischemic heart disease mortality. *Environmental Health Perspect Journal*, 120, hal. 247.
- Imansyah, B, S, Achmad R.D, 2006, "Bising Ancam Pendengaran", Pikiran-Rakyat, Bandung
- Istantinova, D.B., Hadiwidodo, M., Handayani, D.S. 2012. Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban dan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) dalam Udara Ambien di Sekitar PT. Inti General Yaja Steel Semarang. Tugas Akhir untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro.
- Liu, irene. 2000. *Environmental Engineers' Handbook*. New Jersey: CRC Press LLC.
- Marfitra, R.2015. KELEBIHAN DAN KEKURANGAN TEKNOLOGI PENGENDALIANPENCEMARAN UDARA. Poltekkes Kesehatan Kemenkes Tanjungpinang.
- Mukono, H. J. 1997. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Airlangga University Press: Surabaya.
- Ojeda, Monica Ilija, Alex S. Mayer, and Barry D. Solomon. 2008. "Economic Valuation of Environmental Services Sustained by Water Flows in The Yaqui River Delta." *Ecological Economics* 65.1 155 - 166.
- Patra, A.S., Nasrullah, N., Sisworo, E.L., 2004. Kemampuan Berbagai Jenis Tanaman Menyerap Gas Pencemar Udara (NO<sub>2</sub>). Risalah Seminar Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rosminiati, Rosminiati, Sofyan Syahnur, and Abubakar Hamzah. 2019. "Faktor-Faktor Permintaan Dan Kesiediaan Membayar Wisatawan Terhadap Objek Wisata Berdasarkan Travel Cost Method." *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik Indonesia* 6.1 50 - 67.
- Sasongko D.P, A. Hadiarto, Sudharto P Hadi, Nasio A.H, A. Subagyo, 2000, *Kebisingan Lingkungan*, Badan Penerbit Universitas Diponogoro, Semarang.
- Schnelle, K. B and Brown, C. A. *Air Pollution Control Technology*

- Sendroiu, Cleopatra & Roman Aureliana Geta. 2007. The Environmental Accounting an Instrumental for Promoting the Environmental Management. *Journal Theoretical and Applied Economics*, 8 (513) : 45-48
- Stull, R.B. 2000. *Meteorology fo Scientist and Engineers*. Brooks/Cole: USA.
- Sugiarti. 2009. “Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya bagi Kesehatan Manusia : Air Pollutan Gasses and the Influence of Human Health”. *Jurnal Chemical*. Vol. 10(1) : 50-58
- Suhadi, Dollaris R. 2008. *Penyusunan Petunjuk Teknis Perkiraan Beban Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor Di Indonesia*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia dan Swiss contact-Clean Air Project.
- Triwastuti, Ria. 2011. *Analisis Perlakuan Biaya dan Keuntungan (Pelestarian Lingkungan Hidup serta Evaluasi Efektivitas Akuntansi Lingkungan (Studi pada PT. Kertas Leces (Persero Probolinggo)*). Skripsi. Malang : Fakultas Ilmu Administrasi Universitas Brawijaya.
- Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Vallero, D.A., 2008. *Fundamental of Air Pollution*. Fourth Edistion. Elsevier, U.K. Wardhana, W., A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Andi: Yogyakarta.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BIODATA PENULIS

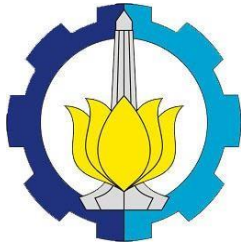


Penulis merupakan putri Yogyakarta yang lahir 23 tahun yang lalu. Penulis mengenyam Pendidikan Sekolah Dasar di SDN Klampis Ngasem 1 Surabaya pada tahun 2007-2011. Lalu melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 23 Surabaya pada tahun 2011-2014. Sedangkan Pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 20 Surabaya dari tahun 2014-2017. Penulis kemudian melanjutkan Pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, ITS, Surabaya pada tahun 2017 dan terdaftar dengan NRP 03211740000044.

Selama perkuliahan penulis aktif di dalam kegiatan pantia di berbagai kegiatan di HMTL. Penulis juga aktif dalam komunitas berbasis Pencinta Alam dan Pemerhati Lingkungan yang mencoba agar mahasiswa Teknik Lingkungan lebih peka dan berkontribusi untuk lingkungan sekitar di kehidupan sehari-hari. Berbagai pelatihan dan seminar nasional bidang Teknik Lingkungan telah juga diikuti dalam bentuk pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email [nisahudaninabila28@gmail.com](mailto:nisahudaninabila28@gmail.com)



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FORM FTA-03

**KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

**Nama** : Nisa Hudani Nabila  
**NRP** : 0321174000044  
**Judul** : Studi Kasus Analisa Biaya Dampak Pengendalian Pencemaran Udara Pada Pabrik Makanan

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	5 Juni 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengubah Topik menjadi studi literatur</li><li>• Menjelaskan data yang didapat</li></ul>	
2	9 Juni 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Menjelaskan Jurnal</li></ul>	
3	23 Juni 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Membedah rumus ratio eco profit</li></ul>	
4	27 Juni 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Membahas jurnal, data dan rumus yang didapat.</li></ul>	
5	28 Juni 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Membahas sumber biaya kesehatan</li><li>• Membahas angka pada rumus</li></ul>	
6	3 Juli 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengkoreksi penulisan pada laporan</li><li>• Membahas penjelasan pada rumus</li></ul>	
7	4 Juli 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Penulisan laporan</li></ul>	
8			

Surabaya, 25 Juli 2022

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM

**FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03**  
**Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji**  
**Ujian Tugas Akhir**

**Hari, tanggal** Selasa, 12 Juli 2022  
**Pukul** 14.45 -16.00 WIB  
**Lokasi** TL-104  
**Judul** Studi Kasus Analisis Biaya Dampak Pengendalian Pencemaran Udara Pada Pabrik Makanan  
  
**Nama** Nisa Hudani Nabila  
**NRP.** ~~321174112~~ 03211740000044  
**Topik** Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Perbaiki → lihat di buku Laporan TA.
2.	Biodata belum ada?
3.	Kesimpulan diperbaiki.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
 Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
 Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji  
 Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Harmin Sulistyanying Titah, ST.,MT., PhD

(  )

Dosen Pembimbing Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i ST.,MEPM

( )



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal Selasa, 12 Juli 2022  
Pukul 14.45 - 16.00 WIB  
Lokasi TL-104  
Judul Studi Kasus Analisa Biaya Dampak Pengendalian Pencemaran Udara Pada Pabrik Makanan

Nama Nisa Hudani Nabila  
NRP. ~~321174000044~~ 0321174000044  
Topik Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
①	Penulisan → cek & buku
②	Tambahkan pustaka y alat selain dust collector y menurunkan emisi
③	tambahkan pustaka y tanaman juga
④	tambahkan cara y menentukan alat & tanaman yg dipilih

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji

Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD

(  )

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'l ST, MEPM

( )



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal Selasa, 12 Juli 2022  
Pukul 14.45 -16.00 WIB  
Lokasi TL-104  
Judul Studi Kasus Analisis Biaya Dampak Pengendalian Pencemaran Udara Pada Pabrik Makanan

Nama Nisa Hudani Nabila  
NRP. ~~321174412~~ 032117000044  
Topik Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
-	Abstrak 3 alinea ; Daftar isi disesuaikan & abstrak yg ada.
-	Tambahkan ft Tujuan pustaka → tujuan barier.
-	Daftar isi.
-	Cek perhitungan Ratio Eco Profit

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Ir. Atiek Moesriati, Mkes.

Dosen Pembimbing Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i ST.,MEPM

(  )

( ( ) )