

TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN FITOREMEDIASI RUANGAN DALAM (*INDOOR*)
DARI PAJANAN *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE*
(TSP) DAN LOGAM TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN
TANAMAN HIAS DAN PEMANFAATAN-PRAKTIKNYA**

Bilqis Hanifah Inas
03211840000056

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Sarwoko Magkoedihardjo. M.Sc.Es.
NIP. 19540824 198403 1 001

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN FITOREMEDIASI RUANGAN DALAM (INDOOR)
DARI PAJANAN *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE*
(TSP) DAN LOGAM TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN
TANAMAN HIAS DAN PEMANFAATAN-PRAKTIKNYA**

Bilqis Hanifah Inas
03211840000056

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Sarwoko Magkoedihardjo. M.Sc.Es.
NIP. 19540824 198403 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPI, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RE 184804

**STUDY OF INDOOR PHYTOREMEDIATION FROM TOTAL
SUSPENDED PARTICULATE (TSP) AND LEAD (Pb)
EXPOSURE USING ORNAMENTAL PLANTS AND ITS
PRACTICAL UTILIZATION**

Bilqis Hanifah Inas
0321184000056

Advisor
Prof. Dr. Ir. Sarwoko Magkoedihardjo. M.Sc.Es.
NIP. 19540824 198403 1 001

**DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF SIPIL, PLANNING, AND GEO ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



HALAMAN PENGESAHAN



LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN FITOREMEDIASI RUANGAN DALAM (INDOOR) DARI PAJANAN
TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP) DAN LOGAM TIMBAL (Pb)
MENGUNAKAN TANAMAN HIAS DAN PEMANFAATAN-PRAKTIKNYA**

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:
BILQIS HANIFAH INAS
NRP. 0321184000056

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.ScEs.
2. Bieby Voijant Tangahu, ST. MT. PhD.
3. Harmin Sulistyning Titah, ST. MT. PhD.
4. Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

Pembimbing

Pengarah

Pengarah

Pengarah



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PERNYATAAN ORISINALITAS



PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Bilqis Hanifah Inas / 0321184000056

Departemen : Teknik Lingkungan

Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.ScEs. /
NIP.19540824 198403 1 001

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Kajian Fitoremediasi Ruangan Dalam (*indoor*) dari Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah. Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 26 Juli 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing



(Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.ScEs.)
NIP. 19540824 198403 1 001

Mahasiswa



(Bilqis Hanifah Inas)
NRP. 0321184000056

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KAJIAN FITOREMEDIASI RUANGAN DALAM (*INDOOR*) DARI PAJANAN *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE* (TSP) DAN LOGAM TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN TANAMAN HIAS DAN PEMANFAATAN-PRAKTIKNYA

Nama Mahasiswa : Bilqis Hanifah Inas
NRP : 03211840000056
Departemen : Teknik Lingkungan, FTSPK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.ScEs.

ABSTRAK

Individu menghabiskan sekitar 80-90% waktunya di dalam ruangan dan beberapa di dalam kendaraan. Kualitas udara yang dihirup di dalam gedung-gedung merupakan penentu kesehatan manusia itu sendiri. Salah satu kontaminan udara adalah *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb). Sumber dari TSP dan Pb di dalam ruangan adalah masuknya polusi udara dari luar ruangan seperti asap kendaraan bermotor, pembakaran, rokok yang terbawa angin melalui ventilasi alami seperti jendela dan pintu. Paparan TSP dan Pb memiliki berbagai efek kesehatan yang merugikan, seperti infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), asma, enfisema, kanker paru-paru, penyakit kardiovaskular, dan penyakit kronis lainnya. Kontak melalui inhalasi dan sebagian akan masuk ke dalam paru-paru, mengendap di alveoli dan dapat menurunkan fungsi kerja paru. Sehingga dilakukan kajian studi literatur ini dengan tujuan untuk menentukan mekanisme pajanan TSP dan Pb dari udara ke tubuh manusia dan mendapatkan jenis-jenis tanaman hias yang dapat menyerap TSP dan Pb di dalam ruangan.

Metode yang digunakan dalam kajian studi literatur ini yaitu dengan mencari data sekunder dari sumber yang sudah ada dan menganalisa sumber TSP dan Pb, mekanisme pajanan TSP dan Pb ke tubuh manusia, dampak pajanan dan upaya penanganan menggunakan metode fitoremediasi ruangan dalam (*indoor*) di Tempat Kerja dengan pemanfaatan tanaman hias; dengan membahas tentang jenis pencemar dan konsentrasi yang ada pada asap kendaraan bermotor, konsentrasi TSP dan Pb di dalam ruangan, rancang ragam tanaman yang dapat menyerap TSP dan Pb serta operasional dan pemeliharaan tanaman tersebut.

Hasil dari kajian literatur ini adalah tanaman hias yang secara efektif dapat menangani pajanan TSP dan Pb di dalam ruangan sehingga menjadi lebih sehat, diantaranya ada Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*), Sirih Gading (*Epipremnum aereum*), Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*), Puring (*Codiaeum variegatum*), Lili Paris (*Chlorophytum comosum*), Lidah Buaya (*Aloe vera*), Bunga Gerbera (*Gerbera jamesonii*) dan Beringin (*Ficus benjamina*). Kemudian dilakukan studi kasus di Ruang Tunggu, Bengkel Motor dan Cuci Mobil "X" di Malang, didapatkan hasil bahwa untuk mereduksi pajanan TSP dengan konsentrasi 0,257 mg/m³ membutuhkan 1 tanaman *Chlorophytum comosum*, 1 tanaman *Gerbera jamesonii* dan 1 tanaman *Ficus benjamina*. Lalu untuk mereduksi pajanan Pb dengan konsentrasi 0,0752 mg/m³ membutuhkan 1 tanaman *Sansevieria trifasciata*, 1 tanaman *Codiaeum variegatum* dan 1 tanaman *Ficus benjamina*.

Kata Kunci: Pencemaran Udara, Ruangan Dalam (*indoor*), *Total Suspended Particulate*, Logam Timbal, Fitoremediasi, Tanaman Hias.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



“



ABSTRACT



STUDY OF INDOOR PHYTOMEDIATION FROM TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP) AND LEAD (Pb) EXPOSURE USING ORNAMENTAL PLANTS AND ITS PRACTICAL UTILIZATION

Name : Bilqis Hanifah Inas
NRP : 03211840000056
Departement : Teknik Lingkungan, FTSPK-ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.ScEs.

ABSTRACT

Individuals spend about 80-90% of their time indoors and some in vehicles. The quality of the air inhaled in buildings is a determinant of human health itself. One of the air contaminants is Total Suspended Particulate (TSP) and Metal Lead (Pb). The source of TSP and Pb in the room is the entry of air pollution from outside such as motor vehicle fumes, combustion, cigarettes carried by the wind through natural ventilation such as windows and doors. Exposure to TSP and Pb has various adverse health effects, such as acute respiratory infections (ARI), asthma, emphysema, lung cancer, cardiovascular disease, and other chronic diseases. Contact is through inhalation and some will enter the lungs, settle in the alveoli and can reduce lung function. Therefore, this literature study was carried out with the aim of determining the mechanism of exposure to TSP and Pb from the air to the human body and to find types of ornamental plants that can absorb TSP and Pb in the room.

The method used in this literature review is to find secondary data from existing sources and analyze the sources of TSP and Pb, the mechanism of exposure to TSP and Pb to the human body, the impact of exposure and treatment efforts using the indoor phytoremediation method in the workplace. with the use of ornamental plants; by discussing the types of pollutants and concentrations present in motor vehicle fumes, concentrations of TSP and Pb in the room, designing various plants that can absorb TSP and Pb as well as the operation and maintenance of these plants.

The results of this literature review are ornamental plants that can effectively handle TSP and Pb exposure in the room so that they become healthier, including Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*), Sirih Gading (*Epipremnum aereum*), Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*), Puring (*Codiaeum variegatum*), Lili Paris (*Chlorophytum comosum*), Lidah Buaya (*Aloe vera*), Gerbera Flower (*Gerbera jamesonii*) and Beringin (*Ficus benjamina*). Then a case study was carried out in the Waiting Room, Motorcycle Workshop and Car Wash "X" in Malang, the results showed that to reduce TSP exposure with a concentration of 0.257 mg/m³ requires 1 plant *Chlorophytum comosum*, 1 plant *Gerbera jamesonii* and 1 plant *Ficus benjamina*. Then to reduce Pb exposure with a concentration of 0.0752 mg/m³ requires 1 plant *Sansevieria trifasciata*, 1 plant *Codiaeum variegatum* and 1 plant *Ficus benjamina*.

Keywords: Air Pollution, Indoor Area, Total Suspended Particulate, Lead Metal, Phytoremediation, Ornamental Plants.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul “Kajian Fitoremediasi Ruang Dalam (*indoor*) dari Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya” dapat diselesaikan. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi besar Muhammad SAW yang menjadi panutan bagi umat islam termasuk penulis.

Tujuan dari pelaksanaan dan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana S1-Teknik Lingkungan di Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK ITS. Selain itu juga untuk mendalami dan menerapkan keilmuan Teknik Lingkungan di bidang Remediasi. Dengan demikian, diharapkan penulis dapat menjadi pribadi yang bermanfaat. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan semangat, bimbingan dan nasihat dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir, terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M. Sc.Es., selaku dosen pembimbing atas segala bimbingannya, ketersediaan waktunya, pengertiannya kepada penulis dan semua saran bermanfaat yang telah diberikan.
2. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., Ph.D., Ibu Harmin Sulistyaning Titah, ST., MT., Ph.D., dan Bapak Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT. selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Harmin Sulistyaning Titah, ST., MT., Ph.D., selaku Koordinator Tugas Akhir atas segala arahan dan kepeduliannya terhadap pelaksanaan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MPEM., selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK-ITS, atas segala dukungannya yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
5. Ibu Ervin Nurhayati, ST., MT., Ph.D., selaku dosen wali yang selalu memberikan semangat untuk terus belajar.
6. Umik dan abi selaku orang tua serta keluarga besar atas segala doa, kepercayaan, dukungan, pengertian dan bantuannya baik dari segi material dan spiritual.
7. Seluruh pihak lain yang telah ikut mendukung dan membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, baik dari segi teknis maupun isi dari penulisan. Kami berharap adanya saran dan kritik yang bersifat membangun, agar tercipta penulisan yang dapat bermanfaat baik semua pihak.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, 26 Juli 2022

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR ISI



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Ruang Lingkup	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pencemaran Udara di Dalam Ruangan (<i>indoor</i>).....	3
2.2 <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP)	3
2.2.1 Sumber dan Karakteristik <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP).....	4
2.2.2 Mekanisme Paparan <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP).....	5
2.2.3 Paparan <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) ke Tubuh Manusia	6
2.2.4 Bahaya <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) bagi Kesehatan.....	7
2.3 Logam Timbal (Pb).....	7
2.3.1 Sumber dan Karakteristik Logam Timbal (Pb)	8
2.3.2 Mekanisme Paparan Logam Timbal (Pb)	9
2.3.3 Paparan Logam Timbal (Pb) ke Tubuh Manusia.....	9
2.3.4 Bahaya Logam Timbal (Pb) Bagi Kesehatan	10
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Persebaran Polutan	10
2.5 Fitoremediasi Sebagai Upaya Penanganan Paparan TSP dan PB di Ruangan Dalam (<i>indoor</i>)	11
2.6 Tanaman Hias	12
2.7 Contoh Jenis Tanaman Hias yang Dapat Digunakan untuk Fitoremediasi TSP dan Pb di Ruangan Dalam (<i>indoor</i>).....	13
2.7.1 Lidah Mertua (<i>Sansevieria trifasciata</i>).....	15
2.7.2 Sirih Gading (<i>Epipremnum aereum</i>)	16

2.7.3	Sri Rejeki (<i>Aglaonema modestum</i>).....	17
2.7.4	Puring (<i>Codiaeum variegatum</i>).....	18
2.7.5	Lili Paris (<i>Chlorophytum comosum</i>).....	19
2.7.6	Lidah Buaya (<i>Aloe vera</i>).....	20
2.7.7	Bunga Gerbera (<i>Gerbera jamesonii</i>).....	21
2.7.8	Beringin (<i>Ficus benjamina</i>).....	22
2.8	Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Penyakit Akibat Kerja (PAK) pada Bengkel	23
BAB III METODE PENULISAN		25
3.1	Kerangka Studi	25
3.2	Metode Studi.....	26
3.3	Sistematika Penulisan	28
BAB IV STUDI KASUS.....		31
4.1	Lokasi Studi Kasus	31
4.2	Studi Kasus <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP)	31
4.2.1	Konsentrasi TSP di Dalam Ruangan	31
4.2.2	Perbandingan Konsentrasi TSP dengan Regulasi.....	32
4.2.3	Kebutuhan Tanaman Hias.....	33
4.3	Studi Kasus Logam Timbal (Pb)	36
4.3.1	Konsentrasi Pb di Dalam Ruangan	36
4.3.2	Perbandingan Konsentrasi Pb dengan Regulasi.....	37
4.3.3	Kebutuhan Tanaman Hias.....	38
4.4	Rencana Anggaran Biaya dan Pemeliharaan Tanaman Hias.....	41
4.5	Gambaran Desain Penempatan Tanaman Hias di Dalam Ruangan.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51
BIOGRAFI PENULIS.....		59



DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Ambang Batas Debu Maksimal Dalam Ruangan.....	4
Tabel 2. 2 Baku Mutu Logam Timbal (Pb) di Dalam Ruangan	8
Tabel 2. 3 Contoh Tanaman Hias Pereduksi Partikulat dan Timbal (Pb).....	15
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Konsentrasi Partikulat di Hari Kamis	31
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Konsentrasi Partikulat di Hari Sabtu.....	32
Tabel 4. 3 Nilai Ambang Batas Debu Maksimal Dalam Ruangan.....	32
Tabel 4. 4 Efektivitas Removal Tanaman	33
Tabel 4. 5 Hasil Reduksi Tanaman.....	36
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Konsentrasi Timbal di Hari Kamis	36
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Konsentrasi Timbal di Hari Sabtu.....	37
Tabel 4. 8 Baku Mutu Logam Timbal (Pb) di Dalam Ruangan	38
Tabel 4. 9 Efektivitas Removal Tanaman	39
Tabel 4. 10 Hasil Reduksi Tanaman.....	41
Tabel 4. 11 RAB Pengadaan Tanaman.....	41

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Skematik Faktor Konsentrasi Partikulat	6
Gambar 2. 2 Proses Pergantian Udara Oleh Tanaman	15
Gambar 2. 3 Lidah Mertua (<i>Sansevieria trifasciata</i>).....	16
Gambar 2. 4 Sirih Gading (<i>Epipremnum aereum</i>)	17
Gambar 2. 5 Sri Rejeki (<i>Aglaonema modestum</i>)	18
Gambar 2. 6 Puring (<i>Codiaeum variegatum</i>)	19
Gambar 2. 7 Lili Paris (<i>Chlorophytum comosum</i>).....	20
Gambar 2. 8 Lidah Buaya (<i>Aloe vera</i>).....	21
Gambar 2. 9 Bunga Gerbera (<i>Gerbera jamesonii</i>)	22
Gambar 2. 10 Beringin (<i>Ficus benjamina</i>).....	23
Gambar 2. 11 Penggunaan APD.....	24
Gambar 4. 1 Sketsa Denah Bengkel	44
Gambar 4. 2 Area Service Motor.....	44
Gambar 4. 3 Area Pencucian Mobil	45
Gambar 4. 4 Sketsa Ruang Tunggu dan Penempatan Tanaman.....	46
Gambar 4. 5 Detail Rak Tipe 1	47
Gambar 4. 6 Detail Rak Tipe 2.....	47

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 1
PENDAHULUAN



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Individu menghabiskan sekitar 80-90% waktunya di dalam ruangan dan beberapa di dalam kendaraan (Deghani *et al.*, 2019). Banyak aktivitas yang dilakukan di dalam ruangan, baik itu di rumah, kantor, sekolah, fasilitas kesehatan atau tempat publik lainnya. Kualitas udara yang dihirup di dalam gedung-gedung tersebut merupakan penentu dari kesehatan manusia itu sendiri. Paparan pribadi ditentukan oleh lamanya waktu pemaparan dari pola aktivitas di dalam dan di luar ruangan. Studi terbaru menemukan bahwa faktor sosial ekonomi dan demografi juga menjadi penentu paparan pribadi serta gaya hidup (Demirel *et al.*, 2014).

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat merilis enam jenis polutan yang mendominasi udara dan yang paling sering dijumpai adalah ozon (O₃), partikulat (PM), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), dan timbal (Pb) (Sunarsih *et al.*, 2019). Polusi udara yang terjadi di dalam ruang berasal dari kendaraan bermotor yang menghasilkan partikulat yang kemudian masuk melalui pintu, jendela ataupun ventilasi ruangan lainnya. Emisi Pb dari pembakaran mesin menyebabkan jumlah Pb di udara dari asap buangan kendaraan meningkat sesuai meningkatnya jumlah kendaraan. Sumber utama pencemaran Pb berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor yang menempati 90% dari total emisi Pb di atmosfer (Ajeng dan Putri., 2016). Adapun faktor lainnya seperti penggunaan material kendaraan berbahan aluminium yang dapat menghasilkan aerosol bertimbal selama proses pemanasan dalam kendaraan terjadi dan juga faktor usia serta jarak tempuh kendaraan (Baiq dkk., 2016).

Paparan TSP berperan dalam peningkatan resiko penyakit pernapasan dan paru-paru (Aria *et al.*, 2019). Dalam jangka pendek, gas pencemar udara (Pb, NO₂, SO₂, TSP, dan debu) dapat menyebabkan gangguan pernapasan seperti lemas, batuk, sesak napas, bronkopneumonia, edema paru, sianosis, dan methemoglobinemia (Elvi Sunarsih *et al.*, 2019). Partikulat bersama polutan lain seperti ozon, Pb dan sulfur dioksida akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penurunan faal paru, sedangkan partikulat saja tidak menimbulkan gangguan faal paru pada orang normal (Siswati dan Khuliyah., 2017). Logam Pb yang terhirup oleh manusia setiap hari akan diserap, disimpan dan kemudian ditampung dalam darah. Umumnya ciri-ciri keracunan timbal adalah pusing, kehilangan selera, sakit kepala, anemia, sukar tidur, lemah, dan keguguran kandungan. Selain itu timbal berbahaya karena dapat mengakibatkan perubahan bentuk dan ukuran sel darah merah yang mengakibatkan tekanan darah tinggi (Gusnita., 2018).

Dari banyaknya bahaya yang ditimbulkan oleh pajanan TSP dan Pb, maka perlu dilakukan penanganan di dalam ruangan untuk meminimalkannya. Dalam hal ini kami melakukan kajian untuk penanganan dengan metode fitoremediasi dimana dengan memilih tanaman hias paling efektif yang dapat digunakan untuk menyerap pajanan TSP dan Pb di dalam ruangan (*indoor*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diungkapkan pada tugas akhir ini adalah:

1. Perlu dikaji mengenai pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) di dalam ruangan (*indoor*).
2. Perlu ditetapkannya kaitan antara panjanaan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) dengan metode fitoremediasi.

3. Perlu dikaji kasus terkait paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) menggunakan metode fitoremediasi ruangan dalam (*indoor*) di Tempat Kerja dengan pemanfaatan tanaman hias.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Mengidentifikasi sumber dan mekanisme paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) di dalam ruangan (*indoor*).
2. Menganalisa mekanisme fitoremediasi paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) oleh Tanaman.
3. Menganalisa jenis-jenis tanaman hias yang dapat digunakan untuk mereduksi *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) serta mengaplikasikan pemanfaatan tanaman hias melalui studi kasus di Tempat Kerja.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari tugas akhir ini adalah:

1. *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) sebagai sumber pencemaran udara di dalam ruangan (*indoor*).
2. Sumber penghasil *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Berat Timbal (Pb) di dalam ruangan (*indoor*) yang difokuskan pada kendaraan bermotor dari luar ruangan.
3. Upaya penanggulangan yang difokuskan pada metode fitoremediasi menggunakan tanaman hias.
4. Tanaman hias yang dibahas adalah tanaman hias yang dapat digunakan di dalam ruangan (*indoor*).
5. Studi kasus dilakukan dengan mengidentifikasi besarnya paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) di dalam ruangan (*indoor*), menentukan kaitan paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) dengan metode fitoremediasi, serta mengkaji kasus terkait menggunakan metode fitoremediasi ruangan dalam (*indoor*) di Tempat Kerja dengan pemanfaatan tanaman hias.

1.5 Manfaat

Studi literatur ini dapat memberikan solusi alternatif untuk permasalahan paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) di dalam ruangan (*indoor*) dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman hias serta memberikan kontribusi terhadap pengelompokan literatur terkait tanaman hias dan kemampuannya dalam meremediasi paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Berat Timbal (Pb) di dalam ruangan (*indoor*).



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara di Dalam Ruang (*indoor*)

Udara merupakan suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan, komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Kualitas udara penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi, terutama untuk manusia sebagai proses pernapasan (Ikhwan P. dkk., 2020). Udara bersih adalah hak bagi semua manusia. Hubungan antara kesehatan dan kualitas udara telah diakui oleh Hippocrates. Kualitas udara dalam ruangan sangat penting bagi manusia karena kita menghabiskan hingga 90% waktu di dalam ruangan (Joseph *et al.*, 2017).

Udara mengandung oksigen yang dibutuhkan untuk hidup. Namun selain oksigen, terdapat zat lainnya dalam udara seperti karbon monoksida, karbon dioksida, formaldehid, jamur, virus, bakteri, debu dan sebagainya. Oksigen di dalam maupun di luar ruangan dapat terkontaminasi dengan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan. Dalam batasan tertentu kadar zat-zat tersebut masih dapat dinetralisir oleh tubuh, namun jika melampaui batas normal maka dapat mengganggu kesehatan (Jacqueline dkk., 2018). Hasil pemeriksaan *The National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH), menyebutkan ada 5 sumber pencemaran di dalam ruangan yaitu (Aditama., 2016):

- a. Pencemaran di luar gedung meliputi masuknya gas buangan kendaraan bermotor, gas dari cerobong asap atau dapur yang terletak di dekat gedung, dimana semuanya dapat terjadi akibat penempatan lokasi lubang udara yang tidak tepat.
- b. Pencemaran dari alat-alat di dalam gedung seperti asap rokok, pestisida dan bahan-bahan pembersih ruangan.
- c. Pencemaran akibat mikroba dapat berupa bakteri, jamur, protozoa dan produk mikroba lainnya yang dapat ditemukan di saluran udara dan alat pendingin beserta seluruh sistemnya.
- d. Pencemaran akibat bahan bangunan meliputi pencemaran formaldehid, lem, asbes, *fiberglass* dan bahan-bahan lain yang merupakan komponen pembentuk gedung tersebut.
- e. Gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, serta buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara.

Kualitas udara di dalam ruangan juga membawa pengaruh atas kenyamanan lingkungan ruang kerja. Kualitas udara yang buruk akan membawa dampak negatif terhadap pekerja atau karyawan berupa keluhan gangguan kesehatan. Menurut Sun *et al.*, (2015), kualitas udara yang rendah di dalam suatu bangunan lebih kerap terjadinya masalah *Sick Building Syndrome* (SBS) dan *Building Related Illness* (BRI). SBS sendiri didefinisikan sebagai gejala iritasi mata, hidung, tenggorokan dan saluran pernapasan bagian bawah, reaksi kulit, mudah lelah, pusing atau sakit kepala yang dialami oleh orang-orang yang berada di dalam bangunan tertentu. Sedangkan BRI dapat didefinisikan sebagai masalah kesehatan dengan indikasi seperti penyakit legionnaire, asma, dermatitis dan lain-lain (Cincinelli dan Martellini., 2017).

2.2 Total Suspended Particulate (TSP)

Pencemaran udara telah menjadi masalah lingkungan secara global (Wang *et al.*, 2019), serta merupakan penyebab utama penyakit dan kematian (Ayala *et al.*, 2019). Salah satu polutan udara utama yang mempengaruhi kesehatan manusia adalah partikulat (Rodríguez *et al.*, 2021).

Jumlah partikulat tersuspensi (TSP) adalah partikulat kecil di udara seperti debu, *fume*, dan asap dengan diameter kurang dari 100 µm yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi, pembakaran, dan kendaraan. Partikulat ini dapat terdiri dari zat organik dan anorganik. Partikulat organik dapat berupa mikroorganisme seperti virus, spora dan jamur yang melayang di udara (Santiasih *et al.*, 2017). TSP juga mengandung logam berat, seperti timbal (Pb) dan seng (Zn) (Budihardjo *et al.*, 2018). Bentuk TSP dapat berupa tetesan cair atau partikel padat seperti asap, debu, dan kabut (Nuraini *et al.*, 2020). Meningkatnya konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara sekitar disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia seperti pertambangan, transportasi, pembersihan tanah, pembangunan pemukiman, konversi lahan, pembudidayaan lahan, penggundulan hutan, dll (Rochimawati *et al.*, 2016).

Menurut Salim (2015), berdasarkan bentuk dan ukurannya, partikulat dapat diistilahkan menjadi beberapa nama, sebagai berikut:

1. Debu (*dust*), merupakan aerosol padat akibat dari pemecahan mekanik material besar (*crushing* dan *grounding*). Berukuran dari submikrometer hingga visibel.
2. *Fume*, merupakan aerosol padat yang terbetuk dari aktivitas kondensasi uap atau gas hasil pembakaran (ukuran partikel < 1 µm).
3. Asap (*smoke*). merupakan aerosol visibel hasil dari pembakaran yang tidak sempurna (ukuran partikel < 1 µm berupa padatan atau cairan).
4. Kabut (*mist*), merupakan aerosol yang berbentuk cair hasil dari kondensasi atau atomisasi (ukuran partikel submikrometer hingga 20 µm).

Terdapat regulasi mengenai nilai ambang batas maksimal partikulat di dalam ruangan. Ketiga regulasi tersebut dapat dilihat secara lengkap pada **Tabel 2.1** di bawah ini.

Tabel 2. 1 Nilai Ambang Batas Debu Maksimal Dalam Ruangan

Polutan	Konsentrasi	Jangka Waktu Pajanan	Sumber
	(mg/m ³)	(jam)	
Partikulat (TSP)	10	8	KepMenKes RI no.1405 Tahun 2002
	0,07	24	PerMenKes RI no. 1077 Tahun 2011
	0,15	8	PerMenKes RI no. 48 Tahun 2016

2.2.1 Sumber dan Karakteristik *Total Suspended Particulate* (TSP)

Partikulat (PM) adalah padatan berdiameter sangat kecil atau partikulat cairan yang mengandung berbagai komponen inorganik dan organik. Partikulat dapat bersumber dari kegiatan manusia antara lain kegiatan pertanian, pembakaran gas (*flaring*), kegiatan industri, pembangkit listrik, dan transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil (Ite *et al.*, 2017). Selain itu partikulat dapat bersumber dari proses alam antara lain bakteri, virus, jamur, serbuk, erosi tanah dan lain sebagainya (Alias *et al.*, 2017). Sumber partikulat lainnya secara alami berasal dari letusan gunung berapi, kebakaran hutan, badai angin, penyerbukan, dan sebagainya. Partikulat dapat pula terbentuk dari reaksi konversi gas di atmosfer antara polutan gas tertentu yang telah teremisikan sebelumnya (Cooper *et al.*, 2020).

Jumlah jenis kendaraan juga berpengaruh terhadap jumlah TSP yang dihasilkan dan kualitas udara di daerah tersebut, karena setiap jenis kendaraan menghasilkan TSP yang berbeda beratnya. Bus merupakan kendaraan yang paling banyak menghasilkan TSP yaitu

sebesar 2.232 ton/tahun. Kemudian ada kendaraan berpenumpang sebesar 2.134 ton/tahun. Lalu untuk truk menghasilkan sebesar 1.517 ton/tahun dan sepeda motor sebanyak 101 ton/tahun (Iskandar., 2000).

Partikulat di udara secara operasional dapat diklasifikasikan menjadi beberapa fraksi berdasarkan diameter aerodinamis: misalnya, total partikel tersuspensi (TSP: diameter aerodinamis $\leq 100 \mu\text{m}$), PM10 ($\leq 10 \mu\text{m}$), PM2.5 ($\leq 2.5 \mu\text{m}$), dan PM1.0 ($\leq 1.0 \mu\text{m}$) (Dai *et al.*, 2016). TSP umumnya terdiri dari beberapa komponen termasuk partikel tanah tersuspensi, bahan lapuk, abu terbang dan polutan yang dihasilkan kendaraan serta reaksi kimia atmosfer (Cruz-Campas *et al.*, 2019). Partikulat sebagai pencemar udara mempunyai waktu hidup yaitu pada saat partikulat masih melayang-layang sebagai pencemar udara sebelum jatuh ke bumi. Waktu hidup partikulat berkisar sampai beberapa detik hingga beberapa bulan, sedangkan kecepatan pengendapannya tergantung pada karakteristik fisik meliputi ukuran partikulat, masa jenis partikulat serta arah dan kecepatan angin yang bertiup (Wardhana, 2014).

Zhao *et al.* (2015) mengklasifikasikan partikulat berdasarkan ukurannya yaitu:

- a. Debu jatuh (diameter aerodinamis 100-1000 μm).
- b. TSP (diameter aerodinamis $<100 \mu\text{m}$).
- c. PM10 (diameter aerodinamis $<10 \mu\text{m}$).
- d. Partikulat kasar (diameter aerodinamis 2,5-10 μm).
- e. Partikulat halus (PM2,5, dengan diameter aerodinamis $<2,5 \mu\text{m}$).

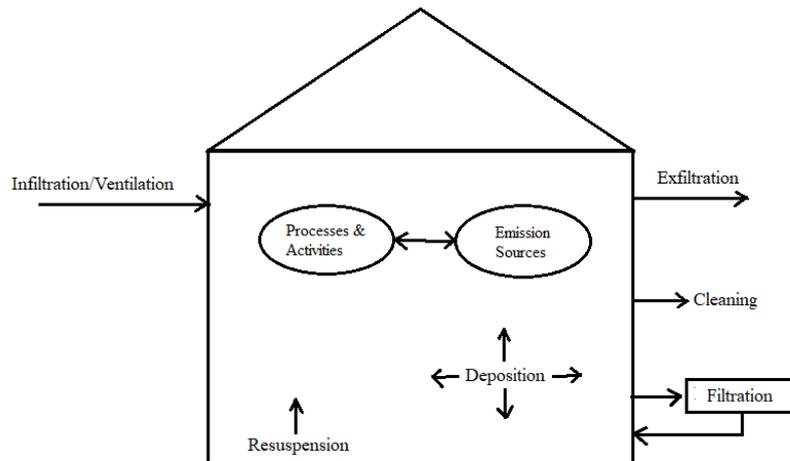
Partikulat dapat tersuspensi dalam waktu yang lama dan berpindah dengan jarak jauh di atmosfer sehingga secara signifikan mempengaruhi perubahan kualitas udara lokal dan regional, kesehatan manusia dan perubahan iklim (Ite *et al.*, 2017). Faktor meteorologi utama yang mempengaruhi penyebaran partikulat adalah kecepatan angin, arah angin, dan turbulensi atau stabilitas atmosfer. Selain itu, pengaruh yang menentukan terhadap penyebaran pencemar juga dipengaruhi oleh karakteristik sumbernya antara lain bentuk daerah emisi, lama pelepasan, dan ketinggian efektif di mana injeksi polutan terjadi (Nuraini *et al.*, 2020).

2.2.2 Mekanisme Paparan Total Suspended Particulate (TSP)

Partikulat merupakan campuran dari fase padatan dan cairan dengan ukuran yang berbeda, asal, dan komposisi kimia. Setelah terjadinya paparan partikulat melalui udara, partikulat akan ada di udara ruangan dalam beberapa periode waktu, mulai dari beberapa jam hingga beberapa minggu dan dapat tetap pada tempat yang sama atau bahkan berpindah ke tempat yang lain (Victoria *et al.*, 2017). Partikulat di dalam ruangan adalah campuran dari partikel ambien yang telah menerobos ke dalam ruangan, partikel yang dipancarkan di dalam ruangan, dan partikel yang terbentuk di dalam ruangan melalui reaksi dari fase gas yang berasal dari dalam ruang maupun luar ruangan (Morawska *et al.*, 2017). Partikulat yang dihasilkan diluar ruangan dapat masuk ke dalam gedung melalui sistem ventilasi atau ventilasi alami, seperti jendela dan pintu (Morawska *et al.*, 2013). Untuk penjelasan skematis, dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.

Pertukaran udara antara *indoor* dan *outdoor* memiliki peran yang besar dalam kontrol polusi udara di dalam ruangan. Laju pertukaran udara (AER) merupakan ukuran dari volume yang ditambahkan atau dihilangkan dari ruang, kemudian dibagi dengan volume ruangan tersebut. Mekanisme pertukaran udara terbentuk karena adanya efek infiltrasi individu atau gabungan melalui *building envelope* dan mekanis atau ventilasi udara alami (ASHRAE, 2013). Berdasarkan mekanisme ini, ketiganya mempengaruhi besarnya kontribusi sumber aerosol ambien secara keseluruhan. Artinya, hampir tidak ada kehilangan aerosol ketika udara bergerak dari ventilasi alami menuju bukaan besar. Melalui infiltrasi dan ventilasi mekanik

udara bergerak melalui celah *building envelope* atau melalui filter lainnya, sehingga kontribusi sumber aerosol dari luar ruangan akan berkurang.



Gambar 2. 1 Diagram Skematik Faktor Konsentrasi Partikulat
 Sumber: Thatcher and Layton (1995)

2.2.3 Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) ke Tubuh Manusia

Manusia terus-menerus terpapar zat alergen dalam bentuk partikulat yang melepaskan zat aktif biologis, yaitu protein dan biomolekul lain yang bersentuhan dengan jaringan mukosa manusia. Selain alergen diluar ruangan, alergen didalam ruangan juga menyebabkan paparan berkelanjutan, yang memiliki implikasi lebih lanjut untuk kesehatan (Anna., 2020). Partikulat akan masuk ke dalam tubuh manusia dengan melalui jalur inhalasi atau pernapasan (George *et al.*, 2020). Sistem pernapasan manusia telah dilengkapi dengan sistem pertahanan yang difungsikan sebagai pencegah partikel-partikel bahaya yang masuk ke dalam tubuh. Keseluruhan saluran pernapasan (hidung hingga bronkiolus terminalis) memiliki pertahanan ini agar tetap terus lembab oleh lapisan mukus (lendir) pada seluruh permukaan. Seluruh permukaan saluran pernapasan dilapisi oleh epitel bersilia (200 silia pada masing-masing sel epitel). Silia ini dapat berfungsi untuk menghentikan zat asing atau berbahaya yang masuk dengan kecepatan 10-20 kali per detik (mengarah ke faring). Pukulan atau penghentian yang secara terus menerus ini akan menyebabkan mukus makin lambat pada kecepatan 1cm/menit ke faring. Kemudian mukus dan partikel-partikel yang dijerat tertelan atau dibatukkan keluar (Robert., 2016).

Partikel-partikel yang mampu masuk ke dalam paru-paru adalah yang berukuran 1-5 μm (berukuran lebih kecil dari sel darah merah). Paru-paru yang berperan sebagai organ yang berhubungan dengan udara pada atmosfer mempunyai mekanisme pertahanan dalam melindungi dari partikel yang membahayakan fungsi kerjanya. Mekanisme pertahanan tubuh untuk melindungi sistem pernapasan yaitu meliputi mekanisme berkaitan dengan faktor fisik, anatomi, dan fisiologis, mekanisme eskalasi mukus, mekanisme fagositik dan mekanisme reaksi imun. Jalur pernapasan udara memiliki struktur yang berkelok sehingga menimbulkan kemungkinan terjadi proses desposisi partikel. Adapun mekanismenya adalah sebagai berikut (Djojodibroto., 2015):

- a. Partikel berukuran $>10 \mu\text{m}$ tertangkap di rongga hidung, partikel berukuran 5-10 μm tertangkap pada bagian bronkus dan percabangannya, sedangkan yang berukuran $<3 \mu\text{m}$ masuk ke dalam bagian alveoli.

- b. Di dalam area yang memiliki aliran udara turbulen, partikel yang berukuran besar akan terlempar keluar dari jalur aslinya sehingga akan menabrak dinding jalan pernapasan dan menempel pada mukus.
- c. Terdapatnya gaya gravitasi dan sedimentasi akan mengakibatkan kecepatan aliran udara menjadi lambat, partikel yang ada di bronkiolus dapat masuk ke dalam alveoli.
- d. Terdapatnya gerakan brown dapat membuat partikel yang masuk ke dalam alveoli menabrak dinding permukaan alveoli dan mengendap.

2.2.4 Bahaya *Total Suspended Particulate* (TSP) bagi Kesehatan

Seperti yang telah dilaporkan oleh WHO *Global Burden of Disease*, konsentrasi PM bertanggung jawab sekitar 5% dari semua kematian yang disebabkan oleh masalah kesehatan seperti kanker paru-paru, trakea dan bronkus. Berdasarkan diameter aerodinamisnya, PM dapat diklasifikasikan menjadi PM_{1.0}, PM_{2.5}, PM₁₀, dan partikel tersuspensi total (TSP), dengan diameter kurang dari 1,0, 2,5, 10 dan 100 μm masing-masingnya (Nuraini *et al.*, 2020). Semua partikulat tersebut bertanggung jawab atas efek kesehatan manusia karena partikulat tersebut dapat menjangkau daerah pernapasan dalam. Partikulat yang terdapat di udara akan masuk pada tubuh manusia melalui inhalasi dan sebagian akan masuk ke dalam paru, mengendap di alveoli dan dapat menurunkan fungsi kerja paru (Siswati dan Khuliyah., 2017). Menurut WHO, seseorang yang terpapar partikulat TSP dapat mengalami infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), asma, enfisema, kanker paru-paru, penyakit kardiovaskular, dan penyakit kronis (Aria *et al.*, 2018).

Debu mengandung partikel zat padat dan cair yang dapat ditemukan di udara dan menimbulkan gangguan saluran pernafasan dan mencemari udara. PM merupakan campuran asap yang kompleks dan heterogen, jelaga, debu, garam, asam dan logam yang mempunyai konsentrasi bervariasi, ukuran, komposisi kimia, luas permukaan dan sumber asalnya (Donno., 2018). Dampak jangka panjang dari pencemaran partikulat adalah meningkatkan risiko penyakit jantung serta penyakit pernafasan yang lebih fatal yang salah satunya adalah kanker paru-paru, serta dapat meningkatkan risiko kematian. Dalam penelitian lainnya dijelaskan bahwa konsentrasi partikulat yang meningkat dapat menurunkan tingkat visibilitas, menurunkan kemampuan kognitif, meningkatkan kecemasan dan berdampak negatif pada psikologis. Secara global, dampak dari pencemaran udara jangka panjang akan menyebabkan setidaknya 3% kematian akibat kardiopulmoner dan 5% kematian akibat kanker paru-paru (Ihsan *et al.*, 2021).

2.3 Logam Timbal (Pb)

Pencemaran udara di daerah perkotaan berasal dari sisa pembakaran kendaraan bermotor dan industri. Kendaraan bermotor dikelompokkan sebagai sumber pencemar yang bergerak, bahan pencemar yang diemisikan oleh kendaraan bermotor memiliki pola penyebaran spasial yang meluas. Bahan pencemar yang terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NO_x), sulfur (SO_x) dan partikulat debu termasuk timbal (Pb) (Baiq dkk., 2016). Timbal termasuk ke dalam kelompok logam berat golongan IVA di dalam sistem periodik unsur kimia. Timbal mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 berbentuk padat pada suhu kamar dan memiliki berat jenis sebesar 11,4/l (Amalia., 2016).

Emisi Pb ke udara dapat berupa gas atau partikel sebagai hasil samping pembakaran yang kurang sempurna dalam mesin kendaraan bermotor. Semakin kurang sempurna proses pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor, maka semakin banyak jumlah Pb

yang akan di emisikan ke udara (Gusnita., 2017). Jumlah senyawa timbal tidak terbakar musnah dalam peristiwa pembakaran pada mesin menyebabkan jumlah timbal yang dibuang ke udara melalui asap buangan kendaraan menjadi sangat tinggi (Ayu and Irwan., 2019). Untuk mempermudah bensin terbakar, titik bakarnya harus diturunkan melalui peningkatan bilangan oktan dengan penambahan timbal (Pb) dalam bentuk *Tetra Ethyl Lead* (TEL). Namun dalam proses pembakaran, timbal (Pb) dilepas kembali bersama-sama sisa pembakaran lainnya ke udara (Baiq dkk., 2016).

Terdapat regulasi mengenai nilai ambang batas maksimal logam timbal di dalam ruangan. Ketiga regulasi tersebut dapat dilihat secara lengkap pada **Tabel 2.2** di bawah ini.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Logam Timbal (Pb) di Dalam Ruangan

Polutan	Konsentrasi	Jangka Waktu Pajanan	Sumber
	(mg/m ³)	(jam)	
Timbal (Pb)	0,1	-	KepMenKes RI no. 1405 Tahun 2002
	0,0015	0,25	PerMenKes RI no. 1077 Tahun 2011
	0,05	8	PerMenKes RI no. 70 Tahun 2016

2.3.1 Sumber dan Karakteristik Logam Timbal (Pb)

Timbal merupakan logam yang mempunyai empat bentuk isotop, berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh pada 327,5°C dan titik didih pada 1740°C di atmosfer. pada suhu 550 - 600°C timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida (Amalia., 2016). Selain dalam bentuk logam murni, timbal dapat ditemukan dalam bentuk senyawa inorganik dan organik. Semua bentuk timbal (Pb) tersebut berpengaruh sama terhadap toksisitas pada manusia (Rosihan dan Husaini., 2017).

Kendaraan berpotensi memancarkan logam seperti Seng (Zn), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dan bahan organik ke lingkungan (Wekpe *et al.*, 2019). Kendaraan bermotor menghasilkan 85% dari seluruh pencemaran udara, salah satunya adalah timbal (Pb) (Baiq dkk., 2016). Timbal atau Pb merupakan hasil sampingan dari pembakaran mesin-mesin kendaraan bermotor yang berfungsi untuk meningkatkan nilai oktan dan sebagai bahan aditif anti ketuk (*anti-knock*) pada mesin-mesin kendaraan. Semakin tinggi nilai oktannya, maka pembakaran bahan bakar akan semakin lambat sehingga tidak meninggalkan residu pada mesin kendaraan (Ayu and Irwan., 2019).

Selain itu hal yang mempengaruhi besar kecilnya emisi adalah usia dan jarak tempuh kendaraan. Jarak tempuh menunjukkan intensitas penggunaan kendaraan dan usia menunjukkan seberapa tua kendaraan tersebut. Di Indonesia, rata-rata jarak tempuh kendaraan berkisar 15.000 – 20.000 kilometer dengan usia kendaraan maksimal 10 tahun. Maka apabila suatu kendaraan telah melebihi batas tersebut, bisa dikatakan bahwa kendaraan tersebut akan menghasilkan emisi dalam jumlah yang lebih besar (Tegar., 2012). Dalam kendaraan bermotor terdapat beberapa material mesin yang terbuat dari logam aluminium (Al) seperti blok mesin, piston (torak) pada motor, kepala silinder, katup, velg pada ban dan lain sebagainya, dimana aluminium tersebut jika terkena panas kendaraan secara terus menerus dapat menghasilkan aerosol yang mengandung timbal (Pb) (Baiq dkk., 2016).

2.3.2 Mekanisme Paparan Logam Timbal (Pb)

Menurut *Environment Project Agency*, sekitar 25% logam timbal (Pb) tetap berada dalam mesin dan 75% lainnya akan mencemari udara sebagai asap knalpot. Emisi Pb dari gas buangan tetap akan menimbulkan pencemaran udara dimanapun kendaraan itu berada, tahapannya adalah sebagai berikut: a) sebanyak 10% akan mencemari lokasi dalam radius kurang dari 100 m, b) sebanyak 5% akan mencemari lokasi dalam radius 20 km, c) dan sebanyak 35% lainnya terbawa atmosfer dalam jarak yang cukup jauh (Surani., 2016).

Hasil pembakaran dari bahan tambahan seperti timbal (Pb) pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi timbal (Pb) organik. Logam timbal yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur dengan oli dan melalui proses di dalam mesin, maka logam timbal tersebut akan keluar dari knalpot bersama dengan gas buang lainnya (Sudarmaji dkk., 2006). Selain itu terdapat material kendaraan berbahan aluminium seperti piston (torak) yang bergerak terus menerus di dalam silinder dan melalui proses kompresi dan pemanasan saat kendaraan dalam kondisi dinyalakan. Proses pemanasan ini semakin lama akan membuat material tersebut semakin terkikis dan aus sehingga menghasilkan aerosol berkeandungan timbal (Pb) yang mencemari udara (Toto., 2004). Timbal sendiri biasanya berupa gas dan partikulat di udara yang bisa masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi seperti jendela dan pintu. Timbal apabila masuk ke dalam tubuh manusia akan menyebabkan penghambatan pertumbuhan, kekebalan tubuh rendah (Falahdina., 2017).

Konsentrasi timbal (Pb) pada kendaraan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, usia kendaraan (semakin tua kendaraan, semakin tinggi emisi timbal yang dihasilkan) dan jarak tempuh kendaraan (semakin jauh jarak yang telah ditempuh, emisi timbal yang dihasilkan juga semakin besar). Hal ini disebabkan karena pada kendaraan tua dan jarak tempuh yang cukup jauh, kondisi kualitas mesin kendaraan akan semakin menurun serta kurangnya perawatan pada kendaraan dapat menurunkan kinerja mesin (Baiq dkk., 2016).

2.3.3 Paparan Logam Timbal (Pb) ke Tubuh Manusia

Dalam bentuk aerosol anorganik, logam Pb dapat masuk ke dalam tubuh melalui udara yang dihirup atau makanan seperti sayuran dan buah-buahan. Logam Pb tersebut dalam jangka waktu panjang dapat terakumulasi dalam tubuh karena proses eliminasinya yang lambat. Timbal yang masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan atau pencernaan menyebar ke berbagai organ melalui sistem peredaran darah. Penimbunan timbal yang terjadi pada ginjal, hati, otak, saraf, dan tulang dapat berlangsung dalam jangka panjang dan dalam konsentrasi tinggi timbal dapat merusak jaringan saraf dan fungsi ginjal. Gejala keracunan kronis akibat timbal bisa menyebabkan hilangnya nafsu makan, konstipasi, sakit kepala, anemia, kelumpuhan anggota badan, kejang dan gangguan penglihatan, lebih lanjut Baiq (2016) menyatakan bahwa timbal (Pb) mengakibatkan sintesis hemoglobin dan kinerja sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

Jalur masuk timbal ke dalam tubuh manusia dapat melalui beberapa jalur yaitu melalui udara, makanan dan minuman serta lapisan kulit. Bentuk-bentuk kimia dari senyawa timbal merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat timbal di dalam tubuh manusia. Senyawa timbal organik akan lebih mudah terserap melalui lapisan kulit, karna senyawa ini memiliki sifat yang mudah terlarut dalam minyak dan lemak (Palar., 2008). Sedangkan senyawa timbal anorganik pada umumnya dapat masuk ke dalam tubuh melalui jalur pernapasan dan saluran pencernaan (Fardiaz., 1992). Sebanyak 30% dari jumlah timbal yang masuk akan diserap oleh tubuh. Namun hanya 15% dari jumlah tersebut yang akan mengendap di jaringan tubuh, sedangkan sisanya akan terbuang keluar bersama bahan sisa metabolisme seperti urin dan feses. Sebagian besar timbal yang terhirup saat bernafas akan masuk ke pembuluh darah pada paru-paru dan berikatan dengan sel darah merah yang nantinya akan diedarkan ke seluruh

tubuh. Tingkat penyerapan timbal sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel dari senyawa timbal tersebut dan volume udara yang terhirup saat bernafas. Semakin kecil ukuran partikel timbal dan semakin besar volume udara yang terhirup saat bernafas, maka akan semakin besar juga konsentrasi timbal yang akan diserap oleh tubuh (Chairunnisa., 2019). Pada timbal yang masuk ke dalam tubuh melalui jalur pencernaan akan ikut pada proses metabolisme tubuh. Tetapi, jumlah timbal yang berada di dalam saluran pencernaan masih dapat ditoleransi oleh lambung. Karena asam lambung yaitu HCl memiliki kemampuan dalam menyerap logam timbal. Meskipun demikian, kenyataannya timbal tetap lebih banyak dikeluarkan melalui feses. Pada jaringan atau organ tubuh akan terjadi penimbunan logam pada tulang sebanyak 90-95% karena bentuk ion Pb^{2+} dapat menggantikan ion Ca^{2+} (kalsium) yang ada pada jaringan tulang. Timbal yang terakumulasi di dalam tulang dapat termobilisasi ke bagian tubuh lain setelah terjadi absorpsi (Palar., 2008).

Timbal merupakan logam pencemar yang sangat berbahaya karena dapat terakumulasi dalam tubuh dan menyerang organ-organ tubuh penting yaitu darah (*hematology*), syaraf (*neurology*), dan ginjal (*renal*) (Ayu and Irwan., 2019). Kadar timbal dalam tubuh manusia dapat teridentifikasi melalui urin dikarenakan dari proses pernafasan kadar timbal dalam PM 2.5 masuk ke dalam paru-paru dan masuk kedalam aliran darah. Dari aliran darah tersebut kemudian masuk ke ginjal dan melewati proses ekskresi. Sehingga kandungan timbal dapat teridentifikasi melalui urin (Falahdina., 2017).

2.3.4 Bahaya Logam Timbal (Pb) Bagi Kesehatan

Debu jalanan adalah salah satu pembawa kontaminan logam berat yang paling besar (Padoan *et al.*, 2017). Pencemaran logam berat seperti Cu, Zn, Cd dan Pb dalam debu jalanan meningkat drastis di lingkungan perkotaan sebagai akibat dari pesatnya urbanisasi dan industrialisasi selama dua dekade terakhir (Jiang *et al.*, 2017).

Pb dapat diserap dari kulit, namun sebagian besar diserap dari sistem pernapasan dan pencernaan. Paparan Pb dapat menyebabkan gangguan neurologis, pernapasan, kemih, dan kardiovaskular karena mekanisme modulasi imun, oksidatif, dan inflamasi. Lebih lanjut, Pb dapat mengganggu keseimbangan sistem oksidan-antioksidan dan menginduksi respon inflamasi di berbagai organ (Balali *et al.*, 2021). Menurut Concettina *et al.*, (2017), paparan timbal pada manusia dapat menyebabkan berbagai efek tergantung pada tingkat dan durasi paparan, seperti efek toksik pada sistem hematologi, kardiovaskular, saraf dan reproduksi. Paparan timbal dikaitkan dengan peningkatan risiko kanker paru-paru, lambung dan kandung kemih pada populasi manusia yang beragam. Kehadiran timbal dalam tubuh manusia menyebabkan kerusakan ke sistem saraf melalui beberapa mekanisme. Efek langsung pada sistem saraf dapat diklasifikasikan sebagai morfologis atau farmakologis. Efek morfologis mengubah perkembangan sistem saraf, khususnya dari masa prenatal sampai masa kanak-kanak (Lisa *et al.*, 2016).

2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Persebaran Polutan

Unsur-unsur struktur lingkungan yang dapat mempengaruhi penyebaran pencemar udara dan menentukan kualitas udara adalah aspek meteorologis dan karakteristik permukaan daerah sumber dan penerima.

- **Curah Hujan**

Curah hujan dapat mempengaruhi polutan, terutama partikulat yang melayang di udara. Polutan dapat terlarut pada air hujan dan menghasilkan hujan asam (Roza *et al.*, 2015). Air hujan sebagai pelarut umum, cenderung melarutkan bahan polutan yang terdapat dalam udara, sehingga konsentrasi pencemar seperti debu dapat berkurang. Partikulat dapat turun ke permukaan bumi oleh curah hujan tetapi kemudian atmosfer

dapat terisi partikel debu kembali. Ketika terjadi hujan akan berpengaruh terhadap menurunnya konsentrasi partikulat karena terserapnya partikulat oleh air sebagai akibat peningkatan kelembaban (Aprianti., 2011).

- **Kecepatan Angin**

Kecepatan angin berperan dalam menentukan jarak dan waktu perpindahan pencemar udara dari sumber ke reseptor. Selain itu kecepatan angin akan menentukan derajat pengenceran polutan searah pergerakan angin. Arah angin merupakan arah darimana angin bertiup, sehingga arah angin mengindikasikan arah perjalanan pencemar udara (Wibowo dan Endang., 2005). Menurut Magidi (2013), polutan di udara menyebar secara horizontal dan vertikal karena pengaruh arah dan kecepatan angin. Kecepatan angin yang besar dapat menyebabkan polutan mengalami pengenceran.

- **Kelembaban**

Kelembaban diartikan sebagai banyaknya uap air yang terkandung dalam udara. Proses pengendapan bahan pencemar dapat dibantu oleh kondisi udara yang lembab, sebab dengan keadaan udara yang lembab maka beberapa bahan pencemar berbentuk partikel misalnya debu akan berikatan dengan air yang ada dalam udara dan membentuk partikel yang berukuran lebih besar sehingga mudah mengendap ke permukaan bumi oleh gaya tarik bumi (Nashihatul., 2019).

- **Suhu dan Tekanan Udara**

Perbedaan suhu pada berbagai daerah di bumi akan mengakibatkan perbedaan tekanan yang menyebabkan terjadinya angin yang akan bertiup dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Secara vertikal akan terjadi perubahan temperatur karena perbedaan ketinggian, yang akan mempengaruhi pergerakan udara di atmosfer, menentukan kestabilan atmosfer dan terbentuknya lapisan inversi (Wibowo dan Endang., 2005).

Peningkatan suhu dapat menjadi katalisator atau membantu mempercepat reaksi kimia perubahan suatu polutan udara. Pada musim kemarau di mana keadaan udara lebih kering dengan suhu udara cenderung tinggi dan kecepatan angin yang dapat terbilang rendah maka polutan di udara pada musim ini juga cenderung tinggi dibandingkan pada saat musim hujan karena pada musim kemarau tidak terjadi pengenceran polutan di udara (Nashihatul., 2019).

2.5 Fitoremediasi Sebagai Upaya Penanganan Paparan TSP dan PB di Ruang Dalam (*indoor*)

Istilah umum fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani yaitu *phyto* (tumbuhan), yang dilekatkan pada akar dan bahasa Latin *remedium* (untuk memperbaiki atau menghilangkan kejahatan) (Pandey *et al.*, 2016). Fitoremediasi merupakan teknologi remediasi in-situ yang memanfaatkan kemampuan yang melekat pada tumbuhan hidup. Ini juga merupakan teknologi pembersihan yang ramah lingkungan dan digerakkan oleh energi matahari, berdasarkan konsep menggunakan alam untuk membersihkan lingkungan (Wang *et al.*, 2017). Fitoremediasi menggunakan tumbuhan untuk membersihkan pencemaran di lingkungan. Tanaman dapat membantu membersihkan berbagai jenis polusi termasuk logam, pestisida, bahan peledak, dan minyak. Tanaman juga membantu mencegah angin, hujan, dan air tanah membawa polutan dari lokasi ke area lain (Antoniadis *et al.*, 2017).

Baru-baru ini, fitoremediasi menggunakan tanaman untuk menyerap racun dari udara, telah diusulkan sebagai cara yang efisien dan hemat biaya untuk meningkatkan kualitas udara di dalam ruangan (Sriprapat & Thiravetyan., 2013). Dibandingkan dengan teknologi remediasi konvensional lainnya, fitoremediasi memiliki keunggulan seperti hemat biaya, mudah dioperasikan di tempat, dan perawatannya yang ramah lingkungan. Fitoremediasi adalah bioteknologi berbasis biologi yang memanfaatkan tanaman, serta untuk

mengakumulasi, menstabilkan, atau menurunkan polutan organik dan anorganik di tanah, air, dan udara. Teknologi remediasi yang muncul ini tidak hanya hemat biaya, tetapi juga dapat meningkatkan nilai estetika dan menghemat energi karena memperoleh energi dari matahari (Lee *et al.*, 2020). Fitoremediasi telah terbukti menjadi bioteknologi nabati yang efektif dan ramah lingkungan untuk mengurangi dan mendetoksifikasi atau menurunkan polutan udara di dalam dan luar ruangan. Tanaman diketahui dapat menyerap sejumlah besar polutan udara dan bahkan sebagian memetabolismenya (Weyens *et al.*, 2015).

2.6 Tanaman Hias

Indonesia memiliki berbagai jenis tumbuhan yang banyak tersebar di seluruh penjuru dan ada sekitar 30.000 tumbuhan, diantaranya 7.000 memiliki khasiat sebagai obat, dan sebanyak 2.500 merupakan tanaman obat (Rizka dkk., 2020). Salah satu bagian dari hortikultura yang berpotensi untuk dikembangkan saat ini adalah tanaman hias. Daerah tropis Indonesia dikenal memiliki keanekaragaman hayati dan kekayaan bumi Indonesia mencakup 27.500 jenis tanaman hias atau 10% dari seluruh jenis tanaman hias di dunia (Shinta, 2019).

Tanaman hias merupakan tanaman yang ditanam di luar atau di dalam ruangan untuk menciptakan kesan keindahan dan daya tarik pada suatu objek serta memiliki berbagai macam jenis, mulai dari tanaman hias berbunga sampai tanaman hias yang berbentuk unik. Bentuk tanaman ini sangat beraneka ragam dan masing-masing tanaman memiliki daya tariknya tersendiri (Supiani dan Sinaini., 2020). Salah satu fungsi tanaman hias adalah sebagai penyejuk dan pelestari lingkungan. Tanaman hias mengeluarkan oksigen (O_2) yang sangat diperlukan oleh manusia untuk pernafasan. Disamping itu tanaman hias juga dapat menyerap karbon dioksida (CO_2) yang tidak dibutuhkan manusia. Tanaman hias juga berperan sebagai paru-paru lingkungan dengan memberikan udara yang bersih serta membersihkan udara yang kotor (Widyastuti., 2018).

Tanaman hias bisa ditempatkan di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Tanaman hias yang biasa ditempatkan di dalam ruangan disebut tanaman hias ruangan (*indoor plant*), sedangkan tanaman hias yang umum ditanam di luar disebut dengan *outdoor plant*. *Indoor plant* biasanya berupa tanaman hias yang dapat tumbuh dengan baik di dalam ruangan di bawah kondisi intensitas cahaya matahari yang rendah dan sirkulasi udara yang kurang, lebih banyak berupa tanaman hias daun walaupun beberapa tanaman bunga juga bisa tumbuh dengan baik sebagai *indoor plant*. Penanaman tanaman hias penyerap polutan baik di halaman maupun di dalam ruangan dapat mengurangi polusi udara. Pencemaran udara tidak hanya mengancam kesehatan saat kita di luar, tapi juga di perkantoran, bahkan di dalam rumah juga bisa ada polusi. Polusi yang ada di lingkungan sekitar dapat berasal dari hembusan asap pabrik, kendaraan bermotor, penggunaan bahan kimia yang berlebihan, dan pembuangan sampah yang tidak teratur. Sedangkan di dalam kantor banyak benda-benda yang mengeluarkan gas beracun, seperti gas beracun formaldehid yang bisa dihasilkan oleh lem, xylen atau toluen dihasilkan oleh mesin printer, kertas tissue, karpet, kardus karton, cat tembok, asap rokok dsb. Meletakkan tanaman hias di dalam rumah diharapkan dapat menyerap polutan dan menjadikan udara lebih bersih (Widyastuti., 2018).

Selain dinikmati keindahannya, tanaman hias juga dapat bernilai secara ekonomi. Hal ini dikarenakan budidaya tanaman hias membutuhkan banyak tenaga kerja, sehingga dapat memberikan lapangan pekerjaan bagi banyak orang. Tanaman hias juga memiliki nilai jual yang tinggi sehingga menjanjikan secara ekonomi. Arti ekonomi juga ditunjukkan dengan adanya beberapa jenis tanaman hias yang menghasilkan devisa bagi negara. Beberapa tanaman hias juga bahkan bisa dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan.

Jenis tanaman hias sangat beraneka ragam, oleh karena itu terdapat pengelompokan khusus untuk tanaman hias. Adanya pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan dalam mengenali setiap jenisnya dan juga menjadi dasar dalam pengelolaannya. Pengelompokan tanaman hias berdasarkan:

- a. Berdasarkan Peletakan Tanaman
 - Tanaman hias halaman (*outdoor*)
 - Tanaman hias ruangan (*indoor*)
- b. Berdasarkan Bagian Tanaman yang Memiliki Nilai Ekonomi
 - Tanaman hias bunga
 - Tanaman hias buah
 - Tanaman hias batang
- c. Berdasarkan Kegunaannya
 - Tanaman hias sebagai pagar
 - Tanaman hias sebagai pergola
 - Tanaman hias sebagai peneduh
 - Tanaman hias sebagai penyerap polutan
 - Tanaman hias sebagai bunga potong
 - Tanaman hias sebagai tanaman obat-obatan
- d. Berdasarkan Morfologi Tanaman
 - Tanaman hias tegak
 - Tanaman hias merambat atau menjalar
- e. Berdasarkan Umur
 - Tanaman hias *annual* atau berumur 1 tahun
 - Tanaman hias *biennial* atau berumur 1 sampai dengan 2 tahun
 - Tanaman hias *perennial* atau berumur lebih dari 2 tahun

(Widyastuti., 2018)

2.7 Contoh Jenis Tanaman Hias yang Dapat Digunakan untuk Fitoremediasi TSP dan Pb di Ruang Dalam (*indoor*)

Konsentrasi PM di dalam ruangan dapat meningkat karna disebabkan oleh aktivitas memasak, membersihkan, dan aktivitas dalam ruangan lainnya, serta ketika udara dari luar masuk ke dalam ruangan. Alternatif untuk mengurangi PM dalam ruangan yaitu dengan mengurangi pembentukan PM di luar ruangan, mengurangi penyebab PM di dalam ruangan, dan juga mencegah masuknya PM dari luar ruangan (Cao *et al.*, 2019). Tumbuhan diketahui dapat menghilangkan logam berat seperti merkuri dan timbal (Pb), sulfur dioksida, senyawa organik yang mudah menguap, dan PM di udara (Liu *et al.*, 2012). Tanaman mengurangi PM dengan cara menyerapnya melalui daun (Shahid *et al.*, 2017).

Kemampuan tanaman untuk mereduksi pencemar sangat bervariasi, tidak hanya bergantung pada kerapatan vegetasi, jenis tanaman, dan tata letak. Tetapi juga karakteristik individu tanaman. Secara khusus, karakteristik daun seperti kekasaran permukaan daun, kerapatan dan ukuran stomata, lapisan lilin, rambut, dan trikoma merupakan faktor kunci yang mengurangi dapat pencemar (Tong *et al.*, 2016). Efisiensi setiap jenis tanaman memiliki penyisihan yang berbeda-beda. Selain itu, adanya kandungan klorofil yang tinggi dapat diindikasikan bahwa kebutuhan sinar matahari telah tercukupi untuk dapat dimanfaatkan. Pengondisian dan pemeliharaan dari penanaman perlu menjadi perhatian untuk dapat mencapai kapasitas tanaman yang maksimal untuk menghilangkan gas pencemar (Samudro dan Mangkoedihardjo, 2020).

Tanaman dapat menyerap polutan melalui bagian permukaan seperti daun, batang dan buah serta mikroorganisme yang berada pada kutikula akar. Namun, bagian tumbuhan yang terbukti lebih efisien dalam menangani udara tercemar adalah stomata pada daun (Fooladi *et al.*, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa dalam mekanisme fitoremediasi oleh tanaman terdiri dari 2 proses, yaitu fitodegradasi dan rhizodegradasi.

Fitodegradasi merupakan proses yang dilakukan tumbuhan untuk mereduksi zat pencemar yang memiliki rantai molekul yang kompleks menjadi lebih sederhana dan tidak berbahaya serta dapat bermanfaat bagi tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat terjadi pada daun, batang dan akar dengan bantuan enzim sitokrom p450 yang dikeluarkan oleh tanaman itu sendiri. enzim ini efektif dalam menguraikan toksikan yang terdapat pada polutan. Sedangkan rhizodegradasi merupakan proses penguraian zat pencemar oleh mikroba yang ada disekitar akar tumbuhan, seperti jamur, ragi dan bakteri (Tangahu *et al.*, 2018). Saat tanaman menyerap karbondioksida yang kemudian diolah menjadi oksigen melalui fotosintesis. Pada saat yang sama, tanaman juga menyerap beberapa partikulat dari udara dalam ruangan. Kemudian mikroorganisme yang terkait dengan tanaman juga akan bertanggung jawab dalam proses pembersihan. Mikroba yang terkait dengan akar mengubah racun di udara menjadi nutrisi dan diserap oleh tanaman agar terus berkembang (Sharma *et al.*, 2018).

Proses awal pada mekanisme fitoremediasi secara fitodegradasi yaitu berupa penyerapan zat pencemar dari udara. Tanaman melakukan penyerapan melalui organ seperti daun, batang dan akar. Partikulat dan timbal akan diadsorpsi tumbuhan melalui kutikula dan stomata pada daun. Namun penyerapan partikulat dan timbal terjadi lebih besar pada stomata daun dari pada kutikula daun. Celah stomata memiliki ukuran panjang 10 mikrometer dan lebar berkisar antara 2-7 mikrometer. Dengan rata-rata ukuran timbal sebesar 0,2 mikrometer, maka partikel dapat masuk ke dalam jaringan daun. Karena timbal tidak larut dalam air, senyawa timbal akan terperangkap pada celah di sekitar stomata. Partikel timbal di udara akan menempel pada permukaan daun dan dapat masuk ke dalam jaringan tumbuhan melalui celah stomata dan selanjutnya akan terakumulasi.

Penyerapan zat pencemar oleh tumbuhan melalui kutikula ataupun stomata daun bergantung pada jenis tumbuhan, jumlah dan komposisi lilin pada kutikula daun serta kondisi pertumbuhan tanaman. Terdapat dua kondisi yang mempengaruhi stomata tumbuhan, dimana sebagian tumbuhan memiliki stomata yang tertutup pada saat kondisi gelap, namun terdapat juga tumbuhan terbuka stomatanya. Tertutup atau terbukanya stomata tumbuhan bergantung terhadap faktor lingkungan, seperti cahaya, suhu dan kelembapan udara. Penyerapan partikulat, timbal ataupun zat pencemar lainnya lebih efektif disaat siang hari dari pada malam hari. Hal ini dipengaruhi oleh adanya fotosintensis di siang hari. Dalam penyerapan partikulat dan timbal, stomata pada daun dianggap sebagai struktur utama dalam penyerapan senyawa ini. Proses pergantian udara di dalam ruangan dengan tanaman dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.

Para peneliti NASA telah menyarankan bahwa pembersih udara ruangan yang efektif dapat dicapai dengan setidaknya ada satu tanaman per 100 kaki persegi dari rumah ataupun ruang kantor. Adapun keunggulan adanya tanaman di dalam suatu ruangan adalah sebagai berikut (Sharma *et al.*, 2018):

- a. Meningkatkan suasana hati dan produktivitas
- b. Meningkatkan konsentrasi dan daya ingat
- c. Mengurangi tekanan/stress dan kelelahan
- d. Mikroba pada akar akan mengubah racun yang ada pada udara menjadi nutrisi yang akan menyuburkan tanaman
- e. Menambah estetika atau nuansa / *feel* ruangan



Gambar 2. 2 Proses Pergantian Udara Oleh Tanaman

Sumber: Sharma *et al.*, 2018

Adapun beberapa contoh jenis tanaman hias yang dapat mereduksi konsentrasi partikulat dan timbal (Pb) di udara dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2. 3 Contoh Tanaman Hias Pereduksi Partikulat dan Timbal (Pb)

No.	Nama Tanaman	Nama Lokal	Polutan yang direduksi	Sumber
1.	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Lidah mertua	Partikulat dan timbal (Pb)	Dede <i>et al.</i> , 2013; Na Ra <i>et al.</i> 2020
2.	<i>Epipremnum aereum</i>	Sirih gading	Partikulat	Samaneh <i>et al.</i> , 2021
3.	<i>Aglaonema modestum</i>	Sri rejeki	Partikulat dan timbal (Pb)	Dede <i>et al.</i> , 2013; Na Ra <i>et al.</i> , 2020
4.	<i>Codiaeum variegatum</i>	Puring	Timbal (Pb)	Dede <i>et al.</i> , 2013
5.	<i>Chlorophytum comosum</i>	Lili paris	Partikulat	Samaneh <i>et al.</i> , 2021
6.	<i>Aloe vera</i>	Lidah buaya	Partikulat	Sharma <i>et al.</i> , 2018
7.	<i>Gerbera jamensonii</i>	Bunga gerbera	Partikulat	Sharma <i>et al.</i> , 2018
8.	<i>Ficus benjamina</i>	Beringin	Partikulat dan Timbal (Pb)	Susi dan Ludivica., 2015

2.7.1 Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*)

Sansevieria merupakan tanaman hias yang mempunyai keanekaragaman warna dan bentuk daun, serta mudah tumbuh di halaman rumah tanpa banyak perawatan (Kumar *et al.*, 2019). *Sansevieria* merupakan tumbuhan herba dengan akar rimpang horizontal berwarna merah kuning dan mempunyai tinggi sekitar 0,4-1,8 meter (Istiqomah dan Karim., 2019). Daun dari tanaman lidah mertua berjumlah 2-6 helai per tanaman, berbentuk garis yang menyempit pada pangkal dengan ujung runcing (Yulianti *et al.*, 2019). Tanaman ini dapat ditemui dari dataran rendah hingga ketinggian 1-1.000 meter di atas permukaan laut.

Sansevieria telah lama dikenal oleh banyak orang sejak beberapa abad yang lalu dan mulai dibudidayakan sebagai tanaman hias mulai abad 19 (Nisa., 2018).

Tanaman *Sansevieria* merupakan tanaman *import* yang berasal dari Afrika, tetapi sudah lama dikembangkan di Indonesia (Nasution., 2020). Jenis-jenis tanaman *Sansevieria* adalah *Sansevieria angolensis*, *Sansevieria trifasciata*, *Sansevieria cylindrica*, *Sansevieria intermedia*, *Sansevieria enherbergii* dan *Sansevieria hyacinthoides* (Ratnawati dan Fatmasari., 2018). Beberapa manfaat *Sansevieria* adalah sebagai tanaman hias di dalam ruangan (*indoor*) dan di pekarangan (*outdoor*), sebagai tanaman obat yang telah teruji secara klinis berefek positif terhadap penyakit diabetes dan ambeien (Batoro *et al.*, 2017). Di Afrika getah *Sansevieria* digunakan sebagai anti racun ular dan serangga. *Sansevieria* dapat membersihkan polutan dari udara. Menurut Haerani., 2016, *Sansevieria* dapat menyerap 107 jenis polutan, diantaranya adalah partikulat dan timbal (Pb) di udara. Tanaman Lidah Mertua dapat mereduksi partikulat sebanyak 13.500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan timbal sebanyak 17.315 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan total luas permukaan daun sepanjang 3.871 cm^2 . Bentuk tanaman Lidah Mertua dapat dilihat pada **Gambar 2.2** dibawah ini.

Klasifikasi Ilmiah

Kingdom: Plantae

Divisi: Spermatophyta

Kelas: Liliopsida

Ordo: Liliales

Famili: Agavaceae

Genus: *Sansevieria*

Spesies: *Sansevieria Trifasciata*



Gambar 2. 3 Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*)

Sumber: Novik., 2013

2.7.2 Sirih Gading (*Epipremnum aureum*)

Sirih gading (*Epipremnum aureum*) adalah tanaman hias yang masuk dalam family *Araceae*. Tanaman ini berasal Australia, Jepang, Indochina, China dan India yang dikenal mampu membersihkan udara dalam ruangan dan menyerap racun yang ada. Tumbuhan ini dikenal memiliki nama ilmiah yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena banyaknya tumbuhan jenis lain yang bermiripan (Situmorang., 2017). Sirih gading (*Epipremnum aureum*) merupakan tumbuhan rambat semi-epifit yang biasa ditanam orang sebagai penghias pekarangan atau ruangan. Tumbuhan anggota suku talas-talasan (*Araceae*) ini

mudah dikenal dari daunnya yang berbentuk hati dan memiliki warna belang kuning cerah hingga kuning pucat (Yuniar dan Yusriani., 2019).

Sirih Gading dapat hidup dengan baik dalam media tanah maupun air. Jika ditanam di tanah, daunnya akan tumbuh besar sehingga menutupi batangnya. Apabila ditanam di dalam pot, daunnya akan mengecil. Tanaman ini banyak digunakan sebagai hiasan ruangan dengan memotong batangnya yang nantinya akan tumbuh akar (Riantika., 2013). Tanaman ini dapat menyerap partikulat di dalam ruangan (Samaneh *et al.*, 2021). Tanaman ini tumbuh menjalar dan merambat di tumbuhan inangnya dikarenakan memiliki batang yang lemah. Ataupun saat ditanam di dalam pot, tumbuhan ini akan menggantung lemas. Sirih gading juga sensitif terhadap sinar matahari. Intensitas cahaya matahari yang terlalu tinggi dapat membuat daunnya terbakar (Situmorang., 2017). Bentuk tanaman Sirih Gading dapat dilihat pada **Gambar 2.3** dibawah ini.

Klasifikasi Ilmiah

Kingdom: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Liliopsida

Ordo: Alismatales

Famili: Araceae

Genus: Epipremnum

Spesies: Epipremnum aureum



Gambar 2. 4 Sirih Gading (*Epipremnum aureum*)

Sumber: Yuniar dan Yusriani., 2019

2.7.3 Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*)

Sri Rejeki merupakan tumbuhan dari keluarga *Araceae* (Kyi., 2020). Tanaman ini berbentuk kecil hingga sedang. Batang tegak, tinggi 20–50 cm, tebal 0,4–2 cm. Panjang tangkai daun 6 – 22 cm, bagian atas rata; helai daun berbentuk bulat telur menjadi sublanceolate, jarang berbentuk elips (Soonthornyatara *et al.*, 2020). Daun tanaman ini berwarna perak dan hijau. Perbungaannya adalah spadix yang mengandung bunga berkelamin tunggal. Tanaman ini mengeluarkan kandungan oksigen yang tinggi, dan memurnikan udara dalam ruangan (Kyi., 2020).

Sri Rejeki dapat menyerap partikulat dan juga logam berat seperti timbal (Pb) di udara. Serapan logam Pb oleh tanaman, salah satunya dipengaruhi oleh faktor fisiologis tanaman yang mempengaruhi kemampuan tanaman untuk menyerap unsur logam berat di

udara (Dede *et al.*, 2013). NASA juga menetapkan tanaman Sri Rejeki menjadi flora yang efektif membasmi partikulat di dalam rumah, termasuk *Total Suspended Particulate* (TSP). Tanaman Sri Rejeki dapat mereduksi partikulat sebanyak $16.300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan timbal sebanyak $15.200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan total luas permukaan daun sepanjang 5.235 cm^2 . Bentuk tanaman Sri Rejeki dapat dilihat pada **Gambar 2.4** dibawah ini.

Klasifikasi Ilmiah

Kingdom: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Liliopsida

Ordo: Alismatales

Famili: Araceae

Genus: Aglaonema

Spesies: *Aglaonema modestum*



Gambar 2. 5 Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*)

Sumber: Na Ra *et al.*, 2020

2.7.4 Puring (*Codiaeum variegatum*)

Tanaman puring (*Codiaeum variegatum*) merupakan salah satu tanaman hias yang dapat digunakan yang memiliki bentuk dan warna daun yang bervariasi. Beragam kultivar telah dikembangkan dengan variasi warna dari hijau, kuning, jingga, merah, ungu, serta campurannya. Bentuk daun pun bermacam-macam: memanjang, oval, tepi bergelombang, helainya "terputus-putus", dan sebagainya (Murti *et al.*, 2016). Tanaman ini mampu mengakumulasi timbal (Pb). Semakin banyak tanaman yang ditanam akan membantu menurunkan emisi logam berat di udara (Kurniawati *et al.*, 2016).

Daun tanaman puring mampu menyerap timbal sekitar $2,05 \text{ mg}/\text{L}$ di udara dibandingkan tanaman lain, seperti Beringin (*Ficus Benjamina*) yang hanya mampu menyerap $1,025 \text{ mg}/\text{L}$ dan Tanjung (*Mimusops Elengi*) dengan daya serap timbal $0.505 \text{ mg}/\text{L}$ (Susi., 2016). Puring dapat mereduksi timbal sebanyak $25.410 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan total luas permukaan daun sepanjang 5.027 cm^2 . Bentuk tanaman Puring dapat dilihat pada **Gambar 2.5** dibawah ini.

Klasifikasi Ilmiah**Kingdom:** Plantae**Divisi:** Tracheophyta**Kelas:** Magnoliopsida**Ordo:** Malpighiales**Famili:** Euphorbiaceae**Genus:** Codiaeum**Spesies:** Codiaeum Variegatum

Gambar 2. 6 Puring (*Codiaeum variegatum*)

Sumber: Susi *et al.*, 2016

2.7.5 Lili Paris (*Chlorophytum comosum*)

Spider plants (*Chlorophytum comosum*) dikenal dengan nama lili paris atau lili siam di Indonesia. Lili paris memiliki kumpulan daun mirip rumput yang melengkung. Namanya berasal dari tunas tanaman yang terbentuk pada batangnya yang menggantung. Tanaman ini merupakan salah satu tanaman rumah yang paling mudah beradaptasi dan mudah ditanam (Rina., 2019). Fitoremediasi adalah metode yang cocok untuk menghilangkan partikulat. Tumbuhan yang digunakan untuk menghilangkan partikulat adalah *Chlorophytum comosum* dan *Epipremnum aureus*. Lili Paris memiliki batang dengan dengan ukuran tinggi berkisar 10 cm dan merupakan salah satu tanaman yang toleran dan berpotensi untuk fitoremediasi dari polutan udara (Wang *et al.*, 2011). Tanaman ini memiliki kemampuan penyerapan partikulat yang tinggi (Samaneh *et al.* 2021). Lili Paris dapat mereduksi partikulat sebanyak 22.500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan total luas permukaan daun sepanjang 2.327 cm^2 (Ersa dkk., 2022). Bentuk tanaman Lili Paris dapat dilihat pada **Gambar 2.6** dibawah ini.

Klasifikasi Ilmiah**Kingdom:** Plantae**Divisi:** Magnoliophyta**Kelas:** Liliopsida**Ordo:** Liliaceae**Famili:** Asparagaceae

Genus: Chlorophytum

Spesies: Chlorophytum comosum



Gambar 2. 7 Lili Paris (*Chlorophytum comosum*)

Sumber: Samaneh *et al.*, 2021

2.7.6 Lidah Buaya (*Aloe vera*)

Aloe vera atau yang lebih dikenal sebagai lidah buaya merupakan tanaman asli dari Afrika Selatan, Madagaskar dan Arabia. Tanaman ini termasuk ke dalam golongan *Liliaceae* (Moghaddasi *et al.*, 2011). Ciri fisik dari tanaman ini adalah daunnya yang berdaging tebal, panjang, mengecil ke bagian ujung, berwarna hijau serta berlendir. Pada bagian massa encer mentah mengandung sekitar 98,5% air dengan kandungan 1,5% mengandung susunan senyawa vitamin, mineral, enzim, polisakarida, senyawa polisakarida dan asam organik yang larut dalam air dan larut dalam lemak (Hamman., 2008).

Tanaman ini mudah tumbuh, menyukai sinar matahari serta dapat membantu membersihkan pajanan debu (Singh., 2017). Di antara biomolekul organiknya yang paling representatif, gel lidah buaya mengandung gula larut, antrakuinon, β -polisakarida, asam amino, vitamin, glikoprotein, dan enzim, dengan berbagai sifat biologis seperti antivirus, antibakteri, antijamur, antikanker, anti radang, serta penyembuhan luka (Cristiano *et al.*, 2016). Bentuk tanaman Lidah Buaya dapat dilihat pada **Gambar 2.7** dibawah ini.

Klasifikasi Ilmiah

Kingdom: Plantae

Divisi: Tracheophyta

Kelas: Angiosperma/Monokotil

Ordo: Asparagales

Famili: Asphodelaceae

Genus: Aloe

Spesies: Vera



Gambar 2. 8 Lidah Buaya (*Aloe vera*)
Sumber: Christiano *et al.*, 2016

2.7.7 Bunga Gerbera (*Gerbera jamesonii*)

Bunga Gerbera merupakan kelompok *Asteraceae* yang merupakan spesies tanaman hias yang sangat populer sebagai tanaman dalam pot. Tanaman ini berasal dari Afrika Selatan dan tumbuh secara luas di seluruh dunia, sehingga menempati peringkat kelima di antara 10 besar bunga potong yang diperdagangkan di pasar global (Talla *et al.*, 2018). Secara konvensional, gerbera dapat diperbanyak secara aseksual untuk menjaga keseragaman dan kemurnian genetik (Son *et al.*, 2011).

Bunga Gerbera merupakan salah satu jenis tanaman hias yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan sangat prospektif untuk dikembangkan secara komersial terutama sebagai produk bunga potong. Tanaman ini berkembang dengan beranekaragam bunga, mulai dari putih, kuning, orange, merah muda, merah dan scarlet menyebabkan bunga potong gerbera menjadi salah satu primadona untuk kebutuhan dekorasi (Yoli dan Rika., 2018). Daunnya memanjang, ramping dan ditutupi bulu rambut di bawahnya, panjangnya mencapai 10 inci dan lebar 4 inci. Bunganya berukuran 5-12 cm secara melintang dan dapat berupa lensa (Khosa *et al.*, 2011). Tanaman ini efektif menyerap pajanan debu melalui daun dengan removal sebesar $32.650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan total luas permukaan daun tanaman sebesar 4.581 cm^2 (Wolverton *et al.*, 1989). Bentuk tanaman Gerbera dapat dilihat pada **Gambar 2.8** dibawah ini.

Klasifikasi Ilmiah

Kingdom: Plantae

Divisi: Eudicots

Kelas: Asterids

Ordo: Asterales

Famili: Asteraceae

Genus: Gerbera

Spesies: Jamensonii



Gambar 2. 9 Bunga Gerbera (*Gerbera jamensoni*)
Sumber: Talla *et al.*, 2018

2.7.8 Beringin (*Ficus benjamina*)

Pohon Beringin merupakan tanaman asli Asia Tenggara termasuk di Indonesia dan sebagian Australia. Tanaman ini banyak ditanam sebagai tanaman dekoratif di fasilitas umum seperti alun-alun, lapangan umum, perindang jalan maupun di halaman kantor atau rumah (Bauer *et al.*, 2012). Pertumbuhan pohon beringin dapat mencapai tinggi 40-50 m dengan diameter batang mencapai 100-190 cm. Veneklaas *et al* (2002) menyatakan bahwa pohon beringin merupakan tanaman yang cepat tumbuh dengan kecepatan pertumbuhan 65 mg⁻¹/hari. Pohon beringin memiliki ciri khas berupa akar gantung yang menjulur dari atas ke bawah dalam jumlah banyak, sehingga tampak seperti garis-garis vertikal yang menopang pohon tersebut (Hemmer *et al.*, 2004).

Pohon beringin ini juga dapat dikembangkan sebagai tanaman hias didalam ruangan dalam pot atau tanaman bonsai. Dalam bentuk tanaman kecil beringin sedikit menghasilkan getah, sehingga mengurangi resiko alergi kulit dan pernafasan akibat terkontaminasi getah pohon beringin (Hemmer *et al.*, 2004). Tanaman ini dapat menyerap timbal (Pb) dan debu yang ada di udara. Menurut beberapa riset penyerapan polutan dipengaruhi antara lain oleh bentuk permukaan daun. Daun yang mempunyai bulu (*pubescent*) atau daun yang permukaannya kesat (berkerut) mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap Pb daripada daun yang mempunyai permukaan lebih licin dan rata (MENLHK., 2021). Beringin dapat mereduksi partikulat sebanyak 35.100 µg/m³ dan timbal sebesar 20.900 µg/m³ dengan total luas permukaan daun sepanjang 3.258 cm². Bentuk tanaman Beringin dapat dilihat pada **Gambar 2.9** dibawah ini.

Klasifikasi Ilmiah

Kingdom: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Magnoliopsida

Ordo: Urticales

Famili: Moraceae

Genus: Ficus

Spesies: Benjamina



Gambar 2. 10 Beringin (*Ficus benjamina*)
Sumber: Hemmer *et al.*, 2004

2.8 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Penyakit Akibat Kerja (PAK) pada Bengkel

Masalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Indonesia secara umum masih sering terabaikan. Hal ini ditunjukkan dengan masih tingginya angka kecelakaan kerja. Pada tahun 2014, terdapat sebanyak 40.694 kasus Penyakit Akibat Kerja (PAK) di Indonesia (Wichaksana., 2012). Keselamatan kerja diartikan sebagai suatu upaya agar pekerja selamat di tempat kerjanya sehingga terhindar dari kecelakaan termasuk juga untuk menyelamatkan peralatan serta produksinya. Sedangkan kesehatan kerja diartikan sebagai suatu upaya untuk menjaga kesehatan pekerjaannya dan mencegah pencemaran di sekitar tempat kerja. Adapun menurut ILO (*International Labour Organization*) tujuan Keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) adalah:

- a) Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatan dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas nasional.
- b) Menjamin keselamatan dan kesehatan orang lain yang berada di tempat dan sekitaran pekerjaan itu.
- c) Menjamin terpeliharanya sumber produksi dan pendaayagunaannya secara aman, efisien dan efektif.
- d) Khusus dari segi kesehatan, mencegah dan membasmi penyakit akibat pekerjaan.

Adapun aspek keselamatan kerja jika dilakukan di bengkel yaitu perlu adanya tanggung jawab moral dan komitmen, kemampuan sumber daya manusia dan tindakan pencegahan (Tarwaka., 2008). Selain produktivitas dalam bekerja, keselamatan dan kesehatan kerja juga harus diperhatikan, seperti kesadaran mekanik dalam memperhatikan berbagai macam peringatan yang ada di bengkel dan selalu memakai Alat Pelindung Diri (APD) di saat melakukan service kendaraan. APD ini dapat berupa *wearpack*, topi pengaman, sarung tangan, masker serta sepatu *safety*. Pihak bengkel juga perlu menyediakan kotak P3K dan juga tabung APAR (Alat Pemadam Api Ringan) untuk penanganan pertama jika terjadi kecalakaan. Selain itu perlunya *Office Boy* (OB) yang bertugas untuk selalu menjaga kebersihan bengkel sehingga dapat mencegah timbulnya kecelakaan kerja (Saputra., 2020).

APD harus dipakai sesuai dengan peraturan dan peruntukannya. Berikut ini merupakan gambar petunjuk penggunaan APD.



Gambar 2. 11 Penggunaan APD
Sumber: Saputra., 2020

Penyakit Akibat Kerja (PAK) dan kecelakaan kerja (KK) di kalangan masyarakat di Indonesia belum tercatat dengan baik. Jika dilihat angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja di beberapa negara maju menunjukkan kecenderungan peningkatan prevalensi. Banyak pekerja yang meremehkan risiko kerja, seperti tidak menggunakan alat-alat pengaman yang sudah tersedia (Riyadina dkk., 2008). Penyakit akibat kerja disebabkan oleh 2 faktor, yaitu lingkungan kerja dan hubungan kerja. Penyakit kerja yang dapat dialami oleh pekerja bengkel diantaranya adalah sakit di tengkuk, bahu, dada, pinggang, perut, punggung, paha, pergelangan tangan, lutut, betis atau pergelangan kaki. Selain itu dapat juga terkena penyakit seperti batuk-batuk, gatal pada kulit dan mata, mata merah dan perih dan demam (Wichaksana., 2012).

Penyakit akibat kerja yang dapat dialami oleh para pekerja bengkel salah satunya adalah dermatitis pada kulit. Gejala dermatitis yang terjadi diakibatkan oleh kontak langsung para pekerja dengan bahan kimia seperti air aki, bensin dan pelumas atau oli. Peralatan bengkel yang digunakan untuk servis terletak pada suatu wadah yang direndam dengan cairan bahan kimia seperti bensin. Peralatan tersebut dapat memapar pekerja bengkel. Selain itu, saat pengisian air aki atau penggantian bahan pelumas atau oli, akibat adanya tetesan atau cipratan bahan kimia tersebut yang dapat memapar tangan pekerja, karena tidak memakai sarung tangan. Gejala dermatitis kontak yang dirasakan yaitu gatal, panas dan kemerahan pada kulit. *Accu zuur* (H_2SO_4 pekat) merupakan salah satu contoh bahan kimia yang dapat menimbulkan dermatitis kontak. Zat kimia inilah yang menyebabkan air aki menjadi penyebab gejala dermatitis timbul semakin cepat dari pada bensin dan oli. Sedangkan bahan kimia yang ada pada bensin dan oli adalah zat aditif antioksidan yang mengandung deterjen untuk menjaga permukaan logam agar bebas dari kotoran (Hardianty dkk., 2015).



BAB 3

METODE PENULISAN



BAB III METODE PENULISAN

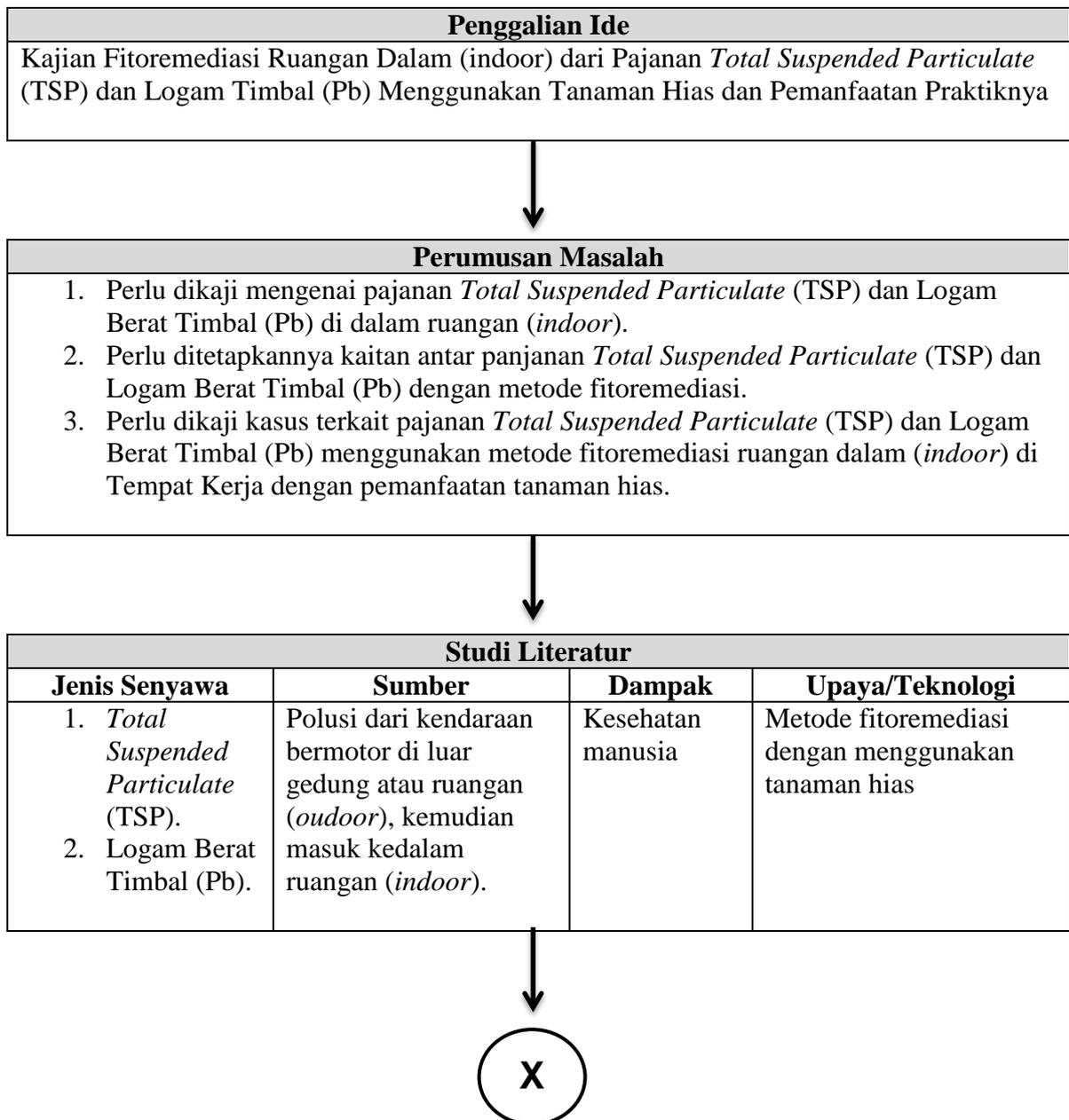
3.1 Kerangka Studi

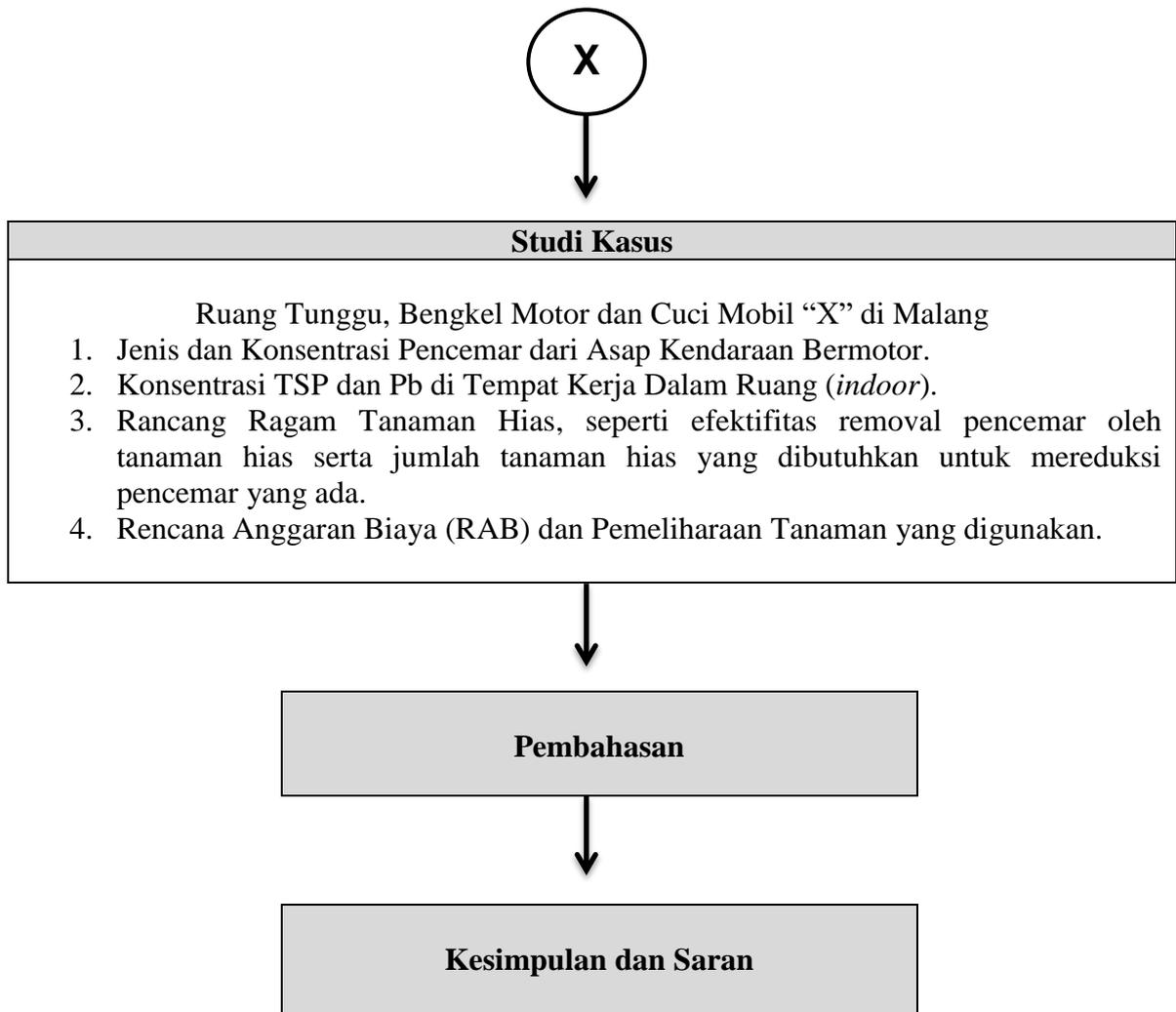
Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah berdasarkan studi literatur yang bersumber dari 100 literatur baik nasional dan internasional yang relevan serta buku teks. Dalam penulisan ini dibahas secara menyeluruh tentang fitoremediasi ruangan dalam (*indoor*) dari pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) menggunakan tanaman hias dan pemanfaatan praktiknya.

Adapun masalah yang akan dibahas pada penulisan ini adalah sebagai berikut:

- Kerangka studi, yang membahas mengenai dasar-dasar pemikiran untuk mencapai tujuan penulisan (Gambar 3.1).
- Metode studi, yang menjelaskan langkah-langkah apa yang dilakukan selama proses penulisan ini.

Bagan Kerangka Studi ini dapat dilihat pada skema di bawah ini:





3.2 Metode Studi

Metode studi berisi langkah-langkah studi yang akan dilakukan hingga mendapatkan kesimpulan. Metode studi dibuat agar pelaksanaan studi terarah dan dapat mencapai kesimpulan. Metode studi yang dilakukan terbagi dalam 2 bagian, yaitu kajian pustaka dan studi kasus. Berikut pekerjaan pokok yang dilakukan pada masing-masing tahap tersebut:

3.2.1 Penggalan Ide

Ide studi yang digunakan dikembangkan dengan mengidentifikasi adanya pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) di dalam ruangan berdasarkan sumbernya. Pada kasus ini, sumber utamanya berasal dari luar ruangan yaitu kendaraan bermotor. Selanjutnya menetapkan kaitan antara pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) dengan metode yang digunakan yaitu metode fitoremediasi untuk melihat besarnya konsentrasi kedua pencemar yang dapat di reduksi, serta mengkaji contoh kasus terkait pencemaran udara akibat pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) di dalam ruangan (*indoor*) pada ruang tunggu pelanggan perbengkelan dengan menggunakan tanaman hias.

3.2.2 Perumusan Masalah

Melalui ide studi yang dipilih, selanjutnya dikembangkan dengan menetapkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya pencemaran udara di dalam ruangan (*indoor*) yang disebabkan oleh pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb), serta

dampak yang ditimbulkan. Kemudian faktor-faktor, dampak dan upaya atau metode penanggulangannya akan dikaji dan dipelajari dalam studi literatur. Hal ini bertujuan agar dapat diperoleh pengetahuan dan pemahaman mengenai pencemaran udara di dalam ruangan (*indoor*) akibat pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb).

3.2.3 Studi Literatur

Studi Literatur bertujuan untuk mendapatkan pengetahuan mengenai pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) di ruangan dalam (*indoor*). Sumber dari studi literatur yang digunakan berasal dari jurnal penelitian nasional maupun internasional, buku teks, laporan penelitian, laporan seminar atau *proceeding*, bulletin, website resmi, disertasi, dan laporan tugas akhir yang berhubungan dengan pengkajian yang dilakukan. Selanjutnya, mengkaji contoh kasus terkait pajanan TSP dan Pb menggunakan metode fitoremediasi ruangan dalam (*indoor*) di ruang tunggu pelanggan perbengkelan dengan pemanfaatan tanaman hias.

3.2.4 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan dilakukan bersamaan selama proses studi literatur, studi kasus dan pembahasan dalam masa pengerjaan. Penulisan laporan ini bertujuan untuk menyusun informasi dan data-data sekunder yang didapatkan selama proses pengerjaan terjadi. Sehingga diharapkan seluruh informasi dan data-data yang didapatkan dapat tersusun secara sistematis.

3.2.5 Studi Kasus

Tujuan dilakukannya studi kasus ini adalah untuk mengaplikasikan teori yang telah dipelajari dalam studi literatur dengan kondisi di lapangan. Lokasi yang dipilih adalah Ruang Tunggu, Bengkel Motor dan Cuci Mobil “X” di Malang, dengan mengarah kepada metode fitoremediasi dengan memanfaatkan tanaman hias agar udara di dalam ruangan menjadi lebih sehat.

3.2.6 Pembahasan

Kasus yang telah dipilih dianalisa dari segala aspek. Analisa awal dilakukan dengan mengidentifikasi ciri-ciri dan sifat dari pencemar *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb), kemudian mekanisme proses pajanan TSP dan Pb dari sumber utama ke udara. Selanjutnya proses pajanan TSP dan Pb dari udara masuk ke tubuh manusia dan tanaman hias yang digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan pemilihan lokasi studi kasus dan menentukan dimensi ruangan yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan penghitungan konsentrasi total dari masing-masing pencemar yaitu TSP dan Pb dari asap kendaraan yang berasal dari luar ruangan tersebut. Dan dilanjutkan dengan merancang ragam tanaman hias seperti jenis tanaman yang dapat digunakan serta jumlah yang dibutuhkan untuk setiap jenisnya dan juga operasional serta pemeliharaan tanaman.

3.2.7 Kesimpulan

Kesimpulan ini berisikan pokok-pokok pikiran hasil studi literatur dan studi kasus yang merupakan jawaban dari permasalahan dan tujuan yang hendak dicapai dengan dilakukannya studi mengenai upaya fitoremediasi pencemaran udara dalam ruang (*indoor*) akibat pajanan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) dengan memanfaatkan tanaman hias.

3.3 Sistematika Penulisan

Outline studi literatur dibuat untuk memudahkan penyusunan tugas akhir. Outline dari Tugas Akhir yang berupa studi literatur ini meliputi lima bab dan dijelaskan dalam sub-bab sub-bab berikut.

BAB I: Pendahuluan

- 1.1 Latar Belakang
- 1.2 Rumusan Masalah
- 1.3 Tujuan
- 1.4 Ruang Lingkup
- 1.5 Manfaat

BAB II: Kajian Pustaka

- 2.1 Pencemaran Udara di Ruang Dalam (*indoor*)
- 2.2 *Total Suspended Particulate* (TSP)
 - 2.2.1 Sumber dan Karakteristik *Total Suspended Particulate* TSP
 - 2.2.2 Mekanisme Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP)
 - 2.2.3 Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) ke Tubuh Manusia
 - 2.2.4 Bahaya Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) bagi Kesehatan
- 2.3 Logam Berat Timbal (Pb)
 - 2.3.1 Sumber dan Karakteristik Logam Timbal (Pb)
 - 2.3.2 Mekanisme Paparan Logam Timbal (Pb)
 - 2.3.3 Paparan Logam Timbal (Pb) ke Tubuh Manusia
 - 2.3.4 Bahaya Paparan Logam Timbal (Pb) bagi Kesehatan
- 2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Persebaran Polutan
- 2.5 Tanaman Hias
- 2.6 Fitoremediasi Sebagai Upaya Penanganan Paparan TSP dan Pb di Ruang Dalam (*indoor*)
- 2.7 Contoh Jenis Tanaman Hias yang Dapat Digunakan untuk Menyerap TSP dan Pb di Ruang Dalam (*indoor*)
 - 2.7.1 Lidah Mertua
 - 2.7.2 Sirih Gading
 - 2.7.3 Sri Rejeki
 - 2.7.4 Puring
 - 2.7.5 Lili Paris
 - 2.7.6 Lidah Buaya
 - 2.7.7 Bunga Gerbera
 - 2.7.8 Beringin
- 2.8 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Penyakit Akibat Kerja (PAK) pada Bengkel

BAB III: Metode Penulisan

- 3.1 Kerangka Studi
- 3.2 Metode Studi
 - 3.2.1 Penggalan Ide
 - 3.2.2 Perumusan Masalah
 - 3.2.3 Studi Literatur
 - 3.2.4 Penyusunan Laporan
 - 3.2.5 Studi Kasus
 - 3.2.6 Pembahasan
 - 3.2.7 Kesimpulan

3.3 Sistematika Penulisan

BAB IV: Pembahasan Studi Kasus

- 4.1 Lokasi Studi Kasus
 - 4.2 Studi Kasus *Total Suspended Particulate* (TSP)
 - 4.2.1 Konsentrasi TSP di Dalam Ruangan
 - 4.2.2 Perbandingan Konsentrasi TSP dengan Regulasi
 - 4.2.3 Kebutuhan Tanaman Hias
 - 4.3 Studi Kasus Logam Timbal (Pb)
 - 4.3.1 Konsentrasi Pb di Dalam Ruangan
 - 4.3.2 Perbandingan Konsentrasi Pb dengan Regulasi
 - 4.3.3 Kebutuhan Tanaman Hias
 - 4.4 Rencana Anggaran Biaya dan Pemeliharaan Tanaman Hias
 - 4.5 Gambaran Desain Penempatan Tanaman Hias di Dalam Ruangan
- BAB V: Penutup
- 5.1 Kesimpulan
 - 5.2 Saran

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 4
STUDI KASUS



BAB IV STUDI KASUS

Kualitas udara di dalam ruangan merupakan campuran dari beberapa polutan, baik dari dalam maupun luar ruangan. Sumber TSP dan Pb di dalam ruangan berasal dari polusi udara di luar ruangan yang terbawa angin dan masuk melalui ventilasi ruangan, seperti jendela dan pintu. Di antara ruangan publik yang biasa dikunjungi, ruang tunggu pada bengkel kendaraan berpotensi tercemar TSP dan Pb dari kendaraan bermotor. Oleh karena itu, dilakukan praktik pemanfaatan tanaman hias dalam mereduksi pajanan TSP dan Pb di dalam ruangan tersebut.

4.1 Lokasi Studi Kasus

Lokasi studi kasus yang digunakan dalam kajian ini adalah Ruang Tunggu, Bengkel Motor dan Cuci Mobil "X" di Kota Malang. Dimana memiliki luas area 4 m x 10 m atau sebesar 40 m² dan apabila tinggi ruangan diasumsikan sebesar 3,5 m, maka volume ruangan tersebut adalah 140 m³.

4.2 Studi Kasus *Total Suspended Particulate* (TSP)

4.2.1 Konsentrasi TSP di Dalam Ruangan

Konsentrasi partikulat yang dipilih pada studi kasus ini adalah ruang tunggu pada bengkel kendaraan bermotor yang tidak memiliki ventilasi yang cukup. Dimana bengkel sendiri merupakan salah satu tempat yang memiliki pencemaran udara cukup tinggi, karena adanya kegiatan seperti menyalakan mesin kendaraan secara terus menerus untuk menguji kondisi mesin dan juga pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna. Kemudian polutan ini dapat masuk ke dalam ruangan melalui jendela dan pintu. Menurut Bin Xu, *et al* (2018), jenis zat pencemar udara yang dihasilkan kendaraan yaitu partikulat, VOCs, SVOCs, CO, CO₂ dan Pb dari asap maupun pemanasan material mesin.

Konsentrasi pencemar yang digunakan dalam studi kasus ini diambil dari penelitian yang dilakukan oleh Andika dkk (2011). Sampel yang didapatkan merupakan hasil pengukuran di ruang tunggu bengkel pada hari Kamis dan Sabtu setiap 1 jam pada pukul 08.00-16.00, tepatnya pada jam kerja bengkel tersebut. Pengukuran konsentrasi partikulat dilakukan dengan Metode Gravimetri menggunakan alat *Personal Dust Sampler* (PDS). Kemudian dianalisis di laboratorium menggunakan neraca analitis. Hasil pengukuran konsentrasi partikulat dapat dilihat pada **Tabel 4.1 - 4.2** di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi Partikulat di Hari Kamis

No.	Jam	Partikulat (mg/m ³)
1.	08.00 – 09.00	0,126
2.	09.00 – 10.00	0,169
3.	10.00 – 11.00	0,220
4.	11.00 – 12.00	0,144
5.	12.00 – 13.00	0,164
6.	13.00 – 14.00	0,172
7.	14.00 – 15.00	0,206
8.	15.00 – 16.00	0,160

(Sumber: Andika, dkk., 2011)

Berdasarkan tabel diatas, hasil pengukuran konsentrasi partikulat di ruang tunggu bengkel pada hari Kamis yang memiliki pajanan tertinggi adalah pada pukul 10.00 – 11.00

yaitu sebesar 0,220 mg/m³. Kemudian dilanjutkan pada pukul 14.00 – 15.00 sebesar 0,206 mg/m³, pukul 13.00 – 14.00 sebesar 0,172 mg/m³, pukul 09.00 – 10.00 sebesar 0,169 mg/m³, pukul 12.00 – 13.00 sebesar 0,164 mg/m³, pukul 15.00 – 16.00 sebesar 0,160 mg/m³, pukul 11.00 – 12.00 sebesar 0,144 mg/m³, dan waktu yang menunjukkan pajanan partikulat paling rendah adalah pukul 08.00 – 09.00 yaitu sebesar 0,126 mg/m³. Kemudian untuk rata-rata pajanan TSP di hari Kamis dalam waktu 8 jam pengukuran yaitu sebesar 0,170 mg/m³.

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Konsentrasi Partikulat di Hari Sabtu

No.	Jam	Partikulat (mg/m ³)
1.	08.00 – 09.00	0,138
2.	09.00 – 10.00	0,168
3.	10.00 – 11.00	0,225
4.	11.00 – 12.00	0,153
5.	12.00 – 13.00	0,197
6.	13.00 – 14.00	0,257
7.	14.00 – 15.00	0,216
8.	15.00 – 16.00	0,170

(Sumber: Andika, dkk., 2011)

Berdasarkan tabel diatas, hasil pengukuran konsentrasi partikulat di ruang tunggu bengkel pada hari Sabtu yang memiliki pajanan tertinggi adalah pada pukul 13.00 – 14.00 yaitu sebesar 0,257 mg/m³. Kemudian dilanjutkan pada pukul 10.00 – 11.00 sebesar 0,225 mg/m³, pukul 14.00 – 15.00 sebesar 0,216 mg/m³, pukul 12.00 – 13.00 sebesar 0,197 mg/m³, pukul 15.00 – 16.00 sebesar 0,170 mg/m³, pukul 09.00 – 10.00 sebesar 0,168 mg/m³, pukul 11.00 – 12.00 sebesar 0,153 mg/m³, dan waktu yang menunjukkan pajanan partikulat paling rendah adalah pukul 08.00 – 09.00 yaitu sebesar 0,138 mg/m³. Kemudian untuk rata-rata pajanan TSP di hari Sabtu dalam waktu 8 jam pengukuran yaitu sebesar 0,190 mg/m³.

Konsentrasi partikulat di hari Sabtu lebih besar dibandingkan hari Kamis dikarenakan lebih besarnya waktu luang individu di akhir pekan.

4.2.2 Perbandingan Konsentrasi TSP dengan Regulasi

Di Indonesia terdapat beberapa regulasi yang berkaitan dengan konsentrasi pajanan partikulat di dalam ruangan, seperti yang telah diatur pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (KepMenKes RI) no. 1405 Tahun 2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri. Terdapat juga regulasi mengenai batas pajanan partikulat di dalam rumah, seperti pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PerMenKes RI) no. 1077 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah. Selain itu juga terdapat regulasi mengenai keselamatan dan kesehatan kerja di ruang kerja perkantoran seperti yang telah diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PerMenKes RI) no. 48 Tahun 2016 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran. Ketiga regulasi tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.3** di bawah ini.

Tabel 4. 3 Nilai Ambang Batas Debu Maksimal Dalam Ruangan

Polutan	Konsentrasi (mg/m ³)	Jangka Waktu Pajanan (jam)	Sumber
Partikulat (TSP)	10	8	KepMenKes RI no.1405 Tahun 2002
	0,07	24	PerMenKes RI no. 1077 Tahun 2011

Polutan	Konsentrasi (mg/m ³)	Jangka Waktu Paparan (jam)	Sumber
	0,15	8	PerMenKes RI no. 48 Tahun 2016

Berdasarkan ketiga regulasi di atas, maka untuk batas konsentrasi paparan partikulat di dalam ruangan yang digunakan dalam studi kasus ini adalah berdasarkan PerMenKes RI no. 48 Tahun 2016, yaitu sebesar 0,15 mg/m³. Hal ini dikarenakan lokasi yang digunakan merupakan ruang kerja dimana paparan maksimum partikulat harus sesuai dengan regulasi K3 di Indonesia. Maka dari itu, seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.1 – 4.2 untuk konsentrasi partikulat di hari Kamis hampir semua melebihi batas maksimum di dalam ruangan, kecuali pada pukul 08.00 – 09.00 sebesar 0,126 mg/m³ dan pukul 11.00 – 12.00 sebesar 0,144 mg/m³. Kemudian untuk pengukuran konsentrasi partikulat di hari Sabtu juga hampir semua melebihi batas maksimum, kecuali pada pukul 08.00 – 09.00 yaitu sebesar 0,138 mg/m³. Kemudian setelah dihitung rata-rata paparan selama 8 jam, didapatkan hasil untuk paparan TSP di hari Kamis sebesar 0,170 mg/m³ dan di hari Sabtu sebesar 0,190 mg/m³, dimana keduanya terbukti melebihi batas baku mutu yang digunakan.

4.2.3 Kebutuhan Tanaman Hias

Rencana:

Diasumsikan dengan mengambil konsentrasi partikulat tertinggi di hari Kamis atau Sabtu. Dengan begitu diharapkan dapat mewakili paparan-paparan di hari lainnya.

Berdasarkan data yang ada, konsentrasi partikulat tertinggi yaitu pada hari Sabtu pukul 13.00 – 14.00 sebesar 0,257 mg/m³.

Oleh karena itu, dipilihlah jenis tanaman beserta kemampuan removalnya masing-masing yaitu Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) sebesar 13.500 µg/m³, Lili paris (*Chlorophytum comosum*) sebesar 22.500 µg/m³, Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*) sebesar 16.300 µg/m³, dan Bunga Gerbera (*Gerbera jamesonii*) sebesar 32.650 µg/m³ dan Beringin (*Ficus benjamina*) sebesar 35.100 µg/m³. Efektifitas removal tanaman dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dibawah ini.

Tabel 4. 4 Efektivitas Removal Tanaman

Jenis Tanaman	Kadar Removal (µg/m ³ . cm ² luas daun)	Total Luas Permukaan Daun Tanaman (cm ²)	Total Removal (µg/m ³)	Total Removal (mg/m ³)
Lidah Mertua (<i>Sansevieria trifasciata</i>)	3,48	3.871	13.500	13,5
Lili paris (<i>Chlorophytum comosum</i>)	9,6	2.327	22.500	22,5
Sri Rejeki (<i>Aglaonema modestum</i>)	3,1	5.235	16.300	16,3

Jenis Tanaman	Kadar Removal ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{cm}^2$ luas daun)	Total Luas Permukaan Daun Tanaman (cm^2)	Total Removal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Total Removal (mg/m^3)
Bunga Gerbera (<i>Gerbera jamesonii</i>)	7,13	4.581	32.650	32,65
Beringin (<i>Ficus benjamina</i>)	10,8	3.258	35.100	35,1

Pemilihan jenis tanaman ini berdasarkan kelebihan yang dimiliki oleh tanaman tersebut dalam mereduksi partikulat di dalam ruangan. Adapun kelebihan dari tanaman terpilih sebagai berikut:

- Memiliki kemampuan removal partikulat yang tinggi
- Dapat tumbuh dengan baik di dalam ruangan (*indoor*)
- Harganya relatif murah
- Mudah didapatkan di Indonesia
- Perawatannya mudah

Untuk mencari jumlah tanaman dapat dihitung menggunakan rumus seperti berikut ini:

$$\text{Jumlah Tanaman} = \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \quad (\text{Maytantri., 2020}).$$

Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*)

$$= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3}$$

$$= \frac{0,257 \text{ mg}/\text{m}^3}{13,5 \text{ mg}/\text{m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$= 2,66 = 3 \text{ pohon}$$

Tanaman Lili paris (*Chlorophytum comosum*)

$$= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3}$$

$$= \frac{0,257 \text{ mg}/\text{m}^3}{22,5 \text{ mg}/\text{m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$= 1,59 = 2 \text{ pohon}$$

Tanaman Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3} \\ &= \frac{0,257 \text{ mg/m}^3}{16,3 \text{ mg/m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \\ &= 2,21 = 3 \text{ pohon} \end{aligned}$$

Tanaman Bunga Gerbera (*Gerbera jamesonii*)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3} \\ &= \frac{0,257 \text{ mg/m}^3}{32,65 \text{ mg/m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \\ &= 1,11 = 2 \text{ pohon} \end{aligned}$$

Tanaman Beringin (*Ficus benjamina*)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3} \\ &= \frac{0,257 \text{ mg/m}^3}{35,1 \text{ mg/m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \\ &= 1,02 = 2 \text{ pohon} \end{aligned}$$

Tanaman Set Campuran

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman Lili Paris+Gerbera+Beringin}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3} \\ &= \frac{0,257 \text{ mg/m}^3}{22,5 \text{ mg/m}^3 + 32,65 \text{ mg/m}^3 + 35,1 \text{ mg/m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \\ &= 0,398 \text{ set} \\ &= 1 \text{ set (1 tanaman Lili Paris, 1 tanaman Bunga Gerbera dan 1 tanaman Beringin)}. \end{aligned}$$

Rancang ragam tanaman yang dipilih untuk Ruang Tunggu yaitu tanaman set campuran. Hal ini dilakukan sebagai upaya pencegahan untuk mengatasi apabila salah satu jenis tanaman tidak tumbuh subur, atau mati dikarenakan faktor suhu, kelembapan udara,

serangan hama atau faktor lainnya. Sehingga lebih hemat biaya untuk penggantian tanaman yang rusak atau mati.

Kemudian dihitung removal tanaman dalam bentuk prosentase untuk setiap jenis tanaman yang digunakan dalam set campuran. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak konsentrasi polutan yang dapat direduksi oleh ketiga jenis tanaman ini. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ removal} = \frac{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}}{\text{Konsentrasi Polutan}} \times 100\%$$

Dengan persamaan diatas, maka didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.5** dibawah ini.

Tabel 4. 5 Hasil Reduksi Tanaman

Tanaman	Removal (%)	Konsentrasi Polutan yang Tereduksi (mg/m ³)
Lili paris (<i>Chlorophytum comosum</i>)	87%	0,223
Bunga Gerbera (<i>Gerbera jamesonii</i>)	>100%	Tereduksi semua
Beringin (<i>Ficus benjamina</i>)	>100%	Tereduksi semua

4.3 Studi Kasus Logam Timbal (Pb)

4.3.1 Konsentrasi Pb di Dalam Ruangan

Konsentrasi partikulat yang dipilih pada studi kasus ini adalah ruang tunggu pada bengkel kendaraan bermotor yang memiliki ventilasi yang cukup. Dimana bengkel sendiri merupakan salah satu tempat yang memiliki pencemaran udara cukup tinggi, karena adanya kegiatan seperti menyalakan mesin kendaraan untuk menguji kondisi mesin dan juga pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna. Kemudian polutan ini dapat masuk ke dalam ruangan melalui jendela dan pintu. Menurut Bin Xu, *et al* (2018), jenis zat pencemar udara yang dihasilkan kendaraan yaitu partikulat, VOCs, SVOCs, CO, CO₂ dan Pb dari asap maupun pemanasan material mesin.

Konsentrasi pencemar yang digunakan dalam studi kasus ini diambil dari penelitian yang dilakukan oleh Andika dkk (2011). Sampel yang didapatkan merupakan hasil pengukuran di ruang tunggu bengkel pada hari Kamis dan Sabtu setiap 1 jam pada pukul 08.00-16.00, tepatnya pada jam kerja bengkel tersebut. Pengukuran konsentrasi timbal dilakukan dengan Metode Destruktif Basah menggunakan alat *Personal Dust Sampler* (PDS). Destruktif basah merupakan perombakan sampel dengan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran, kemudian dioksidasi menggunakan zat oksidator. Kemudian dianalisis di laboratorium menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Hasil pengukuran konsentrasi timbal dapat dilihat pada **Tabel 4.6 - 4.7** dibawah ini.

Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Konsentrasi Timbal di Hari Kamis

No.	Jam	Timbal (mg/m ³)
1.	08.00 – 09.00	0,0321
2.	09.00 – 10.00	0,0612
3.	10.00 – 11.00	0,0723
4.	11.00 – 12.00	0,0543

No.	Jam	Timbal (mg/m ³)
5.	12.00 – 13.00	0,0448
6.	13.00 – 14.00	0,0672
7.	14.00 – 15.00	0,0740
8.	15.00 – 16.00	0,0702

(Sumber: Andika, dkk., 2011)

Berdasarkan tabel diatas, hasil pengukuran konsentrasi timbal di ruang tunggu bengkel pada hari Kamis yang memiliki pajanan tertinggi adalah pada pukul 14.00 – 15.00 yaitu sebesar 0,0740 mg/m³. Kemudian dilanjutkan pada pukul 10.00 – 11.00 sebesar 0,0723 mg/m³, pukul 15.00 – 16.00 sebesar 0,0702 mg/m³, pukul 13.00 – 14.00 sebesar 0,0672 mg/m³, pukul 09.00 – 10.00 sebesar 0,0612 mg/m³, pukul 11.00 – 12.00 sebesar 0,0543 mg/m³, pukul 12.00 – 13.00 sebesar 0,0448 mg/m³, dan waktu yang menunjukkan pajanan logam timbal paling rendah adalah pukul 08.00 – 09.00 yaitu sebesar 0,0321 mg/m³. Kemudian untuk rata-rata pajanan Pb di hari Kamis dalam waktu 8 jam pengukuran yaitu sebesar 0,0595 mg/m³.

Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Konsentrasi Timbal di Hari Sabtu

No.	Jam	Timbal (mg/m ³)
1.	08.00 – 09.00	0,0343
2.	09.00 – 10.00	0,0637
3.	10.00 – 11.00	0,0744
4.	11.00 – 12.00	0,0674
5.	12.00 – 13.00	0,0457
6.	13.00 – 14.00	0,0752
7.	14.00 – 15.00	0,0630
8.	15.00 – 16.00	0,0681

(Sumber: Andika, dkk., 2011)

Berdasarkan tabel diatas, hasil pengukuran konsentrasi timbal di ruang tunggu bengkel pada hari Sabtu yang memiliki pajanan tertinggi adalah pada pukul 13.00 – 14.00 yaitu sebesar 0,0752 mg/m³. Kemudian dilanjutkan pada pukul 10.00 – 11.00 sebesar 0,0744 mg/m³, pukul 15.00 – 16.00 sebesar 0,0681 mg/m³, pukul 11.00 – 12.00 sebesar 0,0674 mg/m³, pukul 09.00 – 10.00 sebesar 0,0637 mg/m³, pukul 14.00 – 15.00 sebesar 0,0630 mg/m³, pukul 12.00 – 13.00 sebesar 0,0457 mg/m³, dan waktu yang menunjukkan pajanan logam timbal paling rendah adalah pukul 08.00 – 09.00 yaitu sebesar 0,0630 mg/m³. Kemudian untuk rata-rata pajanan Pb di hari Sabtu dalam waktu 8 jam pengukuran yaitu sebesar 0,0614 mg/m³

Konsentrasi logam timbal di hari Sabtu lebih besar dibandingkan hari Kamis dikarenakan lebih besarnya waktu luang individu di akhir pekan.

4.3.2 Perbandingan Konsentrasi Pb dengan Regulasi

Di Indonesia terdapat beberapa regulasi yang berkaitan dengan konsentrasi pajanan logam timbal di dalam ruangan, seperti yang telah diatur pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (KepMenKes RI) no. 1405 Tahun 2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri. Terdapat juga regulasi mengenai batas pajanan logam timbal di dalam rumah, seperti pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PerMenKes RI) no. 1077 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang

Rumah. Selain itu juga terdapat regulasi mengenai keselamatan dan kesehatan kerja di ruang kerja industri seperti yang telah diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PerMenKes RI) no. 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri. Ketiga regulasi tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.8** di bawah ini.

Tabel 4. 8 Baku Mutu Logam Timbal (Pb) di Dalam Ruangan

Polutan	Konsentrasi	Jangka Waktu Pajanan	Sumber
	(mg/m ³)	(jam)	
Timbal (Pb)	0,1	-	KepMenKes RI no. 1405 Tahun 2002
	0,0015	0,25	PerMenKes RI no. 1077 Tahun 2011
	0,05	8	PerMenKes RI no. 70 Tahun 2016

Berdasarkan ketiga regulasi di atas, maka untuk batas konsentrasi pajanan logam timbal di dalam ruangan yang digunakan dalam studi kasus ini adalah berdasarkan PerMenKes RI no. 70 Tahun 2016, yaitu sebesar 0,05 mg/m³. Hal ini dikarenakan lokasi yang digunakan merupakan ruang kerja dimana pajanan maksimum timbal harus sesuai dengan regulasi K3 di Indonesia. Maka dari itu, seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.4 – 4.5 untuk konsentrasi logam timbal di hari Kamis hampir semua melebihi batas maksimum di dalam ruangan, kecuali pada pukul 08.00 – 09.00 sebesar 0,0321 mg/m³ dan pukul 12.00 – 13.00 sebesar 0,0448 mg/m³. Kemudian untuk pengukuran konsentrasi logam timbal di hari Sabtu juga hampir semua melebihi batas maksimum, kecuali pada pukul 08.00 – 09.00 sebesar 0,0343 mg/m³ dan pukul 12.00 – 13.00 sebesar 0,0457 mg/m³. Kemudian setelah dihitung rata-rata pajanan selama 8 jam, didapatkan hasil untuk pajanan logam timbal di hari Kamis sebesar 0,0595 mg/m³ dan di hari Sabtu sebesar 0,0614 mg/m³, dimana keduanya terbukti melebihi batas baku mutu yang digunakan.

4.3.3 Kebutuhan Tanaman Hias

Rencana:

Diasumsikan dengan mengambil konsentrasi timbal tertinggi di hari Kamis atau Sabtu. Dengan begitu diharapkan dapat mewakili pajanan-pajanan di hari lainnya.

Berdasarkan data yang ada, konsentrasi timbal tertinggi yaitu pada hari Sabtu pukul 13.00 – 14.00 sebesar 0,0752 mg/m³.

Oleh karena itu, dipilihlah jenis tanaman beserta kemampuan removalnya masing-masing yaitu Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) sebesar 17.315 µg/m³, Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*) sebesar 15.200 µg/m³, Puring (*Codiaeum variegatum*) sebesar 25.410 µg/m³ dan Beringin (*Ficus benjamina*) sebesar 20.900 µg/m³, Efektifitas removal tanaman dapat dilihat pada **Tabel 4.9** dibawah ini.

Tabel 4. 9 Efektivitas Removal Tanaman

Jenis Tanaman	Kadar Removal ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{cm}^2$ luas daun)	Total Luas Permukaan Daun Tanaman (cm^2)	Total Removal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Total Removal (mg/m^3)
Lidah Mertua (<i>Sansevieria trifasciata</i>)	4,47	3.871	17.315	17,3
Sri Rejeki (<i>Aglaonema modestum</i>)	2,9	5.235	15.200	15,2
Puring (<i>Codiaeum variegatum</i>)	5,05	5.027	25.410	25,4
Beringin (<i>Ficus benjamina</i>)	6,3	3.328	20.900	20,9

Pemilihan jenis tanaman ini berdasarkan kelebihan yang dimiliki oleh tanaman tersebut dalam mereduksi timbal di dalam ruangan. Adapun kelebihan dari tanaman terpilih sebagai berikut:

- Memiliki kemampuan removal partikulat yang tinggi
- Dapat tumbuh dengan baik di dalam ruangan (*indoor*)
- Harganya relatif murah
- Mudah didapatkan di Indonesia
- Perawatannya mudah

Untuk mencari jumlah tanaman dapat dihitung menggunakan rumus seperti berikut ini:

$$\text{Jumlah Tanaman} = \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \quad (\text{Maytantri., 2020}).$$

Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*)

$$= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3}$$

$$= \frac{0,0752 \text{ mg}/\text{m}^3}{17,3 \text{ mg}/\text{m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$= 0,6 = 1 \text{ pohon}$$

Tanaman Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*)

$$= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3}$$

$$= \frac{0,0752 \text{ mg/m}^3}{15,2 \text{ mg/m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$= 0,69 = 1 \text{ pohon}$$

Tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*)

$$= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3}$$

$$= \frac{0,0752 \text{ mg/m}^3}{25,4 \text{ mg/m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$= 0,4 = 1 \text{ pohon}$$

Tanaman Beringin (*Gerbera jamesonii*)

$$= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3}$$

$$= \frac{0,0752 \text{ mg/m}^3}{20,9 \text{ mg/m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$= 0,5 = 1 \text{ pohon}$$

Tanaman Set Campuran

$$= \frac{\text{Konsentrasi Polutan}}{\text{Konsentrasi Removal Tanaman Lidah Mertua+Puring+Beringin}} \times \frac{\text{Volume Ruangan}}{1 \text{ m}^3}$$

$$= \frac{0,0752 \text{ mg/m}^3}{17,3 \text{ mg/m}^3 + 25,4 \text{ mg/m}^3 + 20,9 \text{ mg/m}^3} \times \frac{140 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$= 0,165 \text{ set}$$

= 1 set (1 tanaman Lidah Mertua, 1 tanaman Puring dan 1 tanaman Beringin).

Rancang ragam tanaman yang dipilih untuk Ruang Tunggu yaitu tanaman set campuran. Hal ini dilakukan sebagai upaya pencegahan untuk mengatasi apabila salah satu jenis tanaman tidak tumbuh subur, atau mati dikarenakan faktor suhu, kelembapan udara, serangan hama atau faktor lainnya. Sehingga lebih hemat biaya untuk penggantian tanaman yang rusak atau mati.

Kemudian dihitung removal tanaman dalam bentuk prosentase untuk setiap jenis tanaman yang digunakan dalam set campuran. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak konsentrasi polutan yang dapat direduksi oleh ketiga jenis tanaman ini. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\% \text{removal} = \frac{\text{Konsentrasi Removal Tanaman}}{\text{Konsentrasi Polutan}} \times 100\%$$

Dengan persamaan diatas, maka didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.10** dibawah ini.

Tabel 4. 10 Hasil Reduksi Tanaman

Tanaman	Removal (%)	Konsentrasi Polutan yang Tereduksi (mg/m ³)
Lidah Mertua (<i>Sansevieria trifasciata</i>)	>100%	Tereduksi semua
Puring (<i>Codiaeum variegatum</i>)	>100%	Tereduksi semua
Beringin (<i>Ficus benjamina</i>)	>100%	Tereduksi semua

4.4 Rencana Anggaran Biaya dan Pemeliharaan Tanaman Hias

Estimasi pengadaan biaya awal dari perencanaan ini terdiri dari pembelian 1 tanaman Lili paris (*Chlorophytum comosum*), 1 tanaman Bunga Gerbera (*Gerbera jamesonii*), 2 tanaman Beringin (*Ficus benjamina*), 1 tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*), 1 tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*), 1 rak kayu dinding, 2 *standing pot*, 2 pot ukuran kecil (d = 20 cm), 2 pot ukuran sedang (d = 35 cm), 2 pot ukuran besar (d = 40 cm), pupuk NPK untuk memupuk tanaman, gunting tanaman untuk merapikan tanaman dan semprotan air 500 mL untuk menyiram tanaman. Perkiraan anggaran biaya yang diperlukan pada perencanaan ini dapat dilihat pada **Tabel 4.11** dibawah ini.

Tabel 4. 11 RAB Pengadaan Tanaman

No.	Barang	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total
1.	Lili Paris (<i>Chlorophytum comosum</i>)	1	pohon	Rp15.000,00	Rp15.000,00
2.	Bunga Gerbera (<i>Gerbera jamesonii</i>)	1	pohon	Rp25.000,00	Rp25.000,00
3.	Beringin (<i>Ficus benjamina</i>)	2	pohon	Rp30.000,00	Rp60.000,00
4.	Lidah Mertua (<i>Sansevieria trifasciata</i>)	1	pohon	Rp15.000,00	Rp15.000,00
5.	Puring (<i>Codiaeum variegatum</i>)	1	pohon	Rp20.000,00	Rp20.000,00
6.	Tanah	10	kilogram	Rp15.000,00	Rp150.000,00
7.	Rak kayu dinding	1	buah	Rp85.000,00	Rp85.000,00
8.	Rak <i>standing pot</i>	2	buah	Rp30.000,00	Rp60.000,00
9.	Pot ukuran kecil (d = 20 cm)	2	buah	Rp10.000,00	Rp20.000,00

No.	Barang	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total
10.	Pot ukuran sedang (d = 35 cm)	2	buah	Rp20.000,00	Rp40.000,00
11.	Pot berukuran besar (d = 40 cm)	2	buah	Rp35.000,00	Rp70.000,00
12.	Pupuk NPK	150	gram	Rp5.000,00	Rp5.000,00
13.	Gunting tanaman	1	buah	Rp30.000,00	Rp30.000,00
14.	Semprotan air 500 mL	1	buah	Rp9.500,00	Rp9.500,00
15.	Jasa manusia	2	orang	Rp200.000	Rp400.000,00
TOTAL					Rp1.004.500,00

Perkiraan anggaran biaya diatas dapat berubah-ubah tergantung dengan jenis tanaman yang digunakan serta kebutuhan penunjang lainnya. Harga tanaman juga tergantung dengan ukuran masing-masing tanaman. Perkiraan harga tanaman dan peralatan yang direncanakan ini didapatkan dari berbagai macam *e-commerce*.

Cara Pemeliharaan Tanaman Lili Paris (*Chlorophytum comosum*)

- Karena tidak menyukai tanah yang terlalu basah, maka penyiraman sebaiknya dilakukan secukupnya, yakni 1 – 2 hari sekali.
- Pemupukan dilakukan menggunakan pupuk NPK sebanyak 4 gram (1 sendok teh) selama 3 bulan sekali.
- Sebaiknya tanaman lili paris diletakkan pada area yang teduh dengan sinar matahari cerah. Karena sinar matahari yang terlalu panas dapat menyebabkan tanaman mengering.
- Apabila tanaman sudah terlalu lebat dan memenuhi pot, akar-akarnya telah sampai di dinding pot, maka sebaiknya dilakukan pergantian pot agar tidak menghambat pertumbuhan dan perkembangannya (Widyastuti., 2018).

Cara Pemeliharaan Tanaman Bunga Gerbera (*Gerbera jamesonii*)

- Untuk pertumbuhannya yang baik membutuhkan curah hujan 1.900 – 2.800 mm/tahun dengan suhu udara 14 – 30°C dan pH tanah antara 5,5 – 6.
- Kegiatan penyiraman sebaiknya dilakukan rutin 1 – 2 kali setiap hari dengan cara disemprot menyesuaikan kondisi cuaca. Kuncinya keadaan tanah tidak boleh kekeringan dan juga terlalu basah.
- Sebaiknya bunga gerbera diletakkan pada area dengan sinar matahari yang cerah namun tetap teduh. Karena sinar matahari langsung dapat menyebabkan kekeringan.
- Pemupukan dilakukan rutin satu bulan sekali menggunakan pupuk NPK sebanyak 2 – 4 gram per tanaman (Widyastuti., 2018).

Cara Pemeliharaan Tanaman Beringin (*Ficus benjamina*)

- Suhu yang disukai tanaman ini adalah suhu ruang sekitar 21°C. Suhu yang terlalu rendah atau tinggi dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangannya.
- Penyiraman dilakukan secara berkala dua hari sekali pada pagi dan sore hari, dengan menyemprotkan pada bagian daun dan tanah.
- Pemupukan dilakukan selama 3 – 4 bulan sekali sebanyak 4 gram dengan diencerkan menggunakan air.
- Untuk tanaman Beringin dalam pot sebaiknya menggunakan pot berukuran 2x lebih besar agar tanaman dapat tumbuh dengan baik.
- Di dalam ruangan, tanaman ini menyukai setidaknya 5-7 jam sinar matahari tidak langsung yang cerah per hari. Pastikan peletakan *Ficus benjamina* agar tidak terkena hembusan angin secara langsung baik panas maupun dingin (PlantStory.com).

Cara Pemeliharaan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*)

- Penyiraman dilakukan secukupnya, tidak boleh berlebihan di pagi dan sore hari setiap 2 sampai 3 kali sehari. Jika tanaman sudah cukup besar, cukup disiram seminggu sekali menyesuaikan kondisi cuaca.
- Sebaiknya diberi pupuk selama proses pertumbuhan. Bisa menggunakan pupuk NPK (2 – 4 gram dan diencerkan), kompos, maupun pupuk dari daun-daun kering.
- Apabila tanaman masih kecil, tempatnya di tempat yang sejuk tidak langsung terpapar matahari.
- Tanaman lidah mertua dapat beradaptasi dengan baik dalam hampir semua situasi pencahayaan di dalam ruangan. Baik sinar matahari penuh maupun redup, tanaman ini akan menyesuaikan diri (PlantStory.com).

Cara Pemeliharaan Tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*)

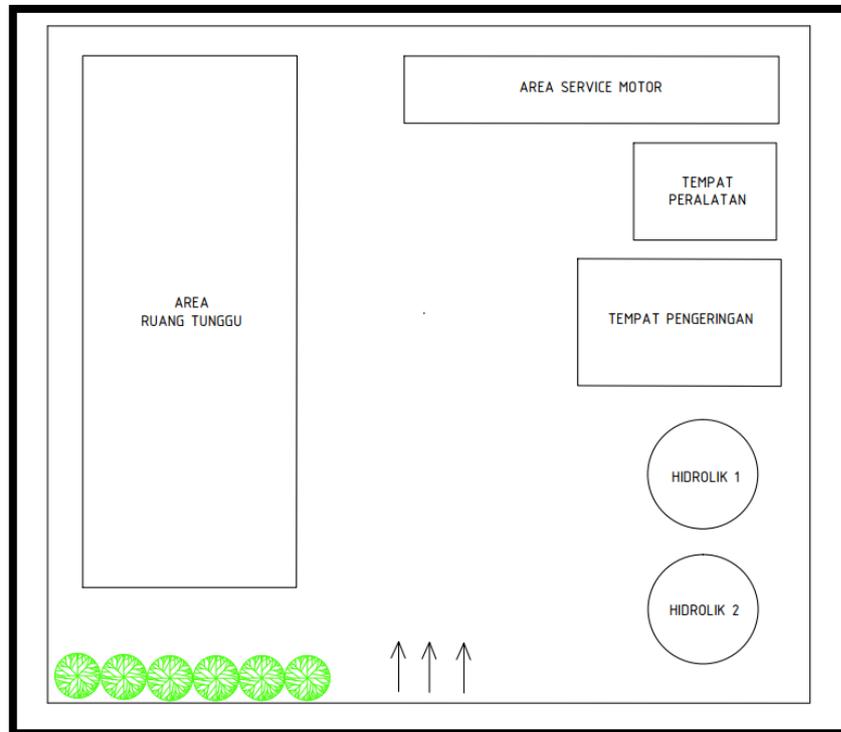
- Penyiraman dilakukan 2 kali sehari di pagi dan sore hari dengan jumlah air yang tidak berlebihan. Karena bila tanah terlalu basah dapat menyebabkan kebusukan pada akar.
- Sebaiknya dilakukan pemangkasan pada tangkai dan daun untuk membantu proses regenerasi dan pertumbuhan tanaman menjadi lebih optimal.
- Pemupukan dapat menggunakan pupuk NPK atau pupuk untuk tanaman hias lainnya. Pemberian pupuk dapat dilakukan 2 atau 3 bulan sekali agar tanaman tetap tumbuh subur dengan takaran cukup sebanyak 2 – 4 gram atau sebanyak 1 sendok teh.
- Tanaman puring merespon dengan baik terhadap sinar matahari yang cerah di dalam ruangan, karena warna daunnya yang cerah secara langsung bergantung pada intensitas cahaya (PlantStory.com).

4.5 Gambaran Desain Penempatan Tanaman Hias di Dalam Ruangan

Sumber pencemar TSP dan Pb berasal dari luar ruangan (*outdoor*), sehingga dibutuhkan sketsa denah bengkel secara keseluruhan untuk mengetahui letak-letak setiap area yang terdapat pada bengkel tersebut. Adapun sketsa denah bengkel secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.

Terdapat 2 area yang dinilai sebagai sumber utama penghasil TSP dan Pb yaitu area servis motor dan juga area pencucian mobil. Hal ini dikarenakan kedua area tersebut merupakan pusat dari kegiatan utama pada bengkel tersebut. Misalnya pemeriksaan dan penggantian oli, karburator, pemeriksaan knalpot, pencucian setiap bagian kendaraan dan sebagainya. Namun pada area servis motor dinilai dapat menjadi sumber penghasil kedua pencemar ini dengan konsentrasi yang lebih besar dari pada area pencucian mobil,

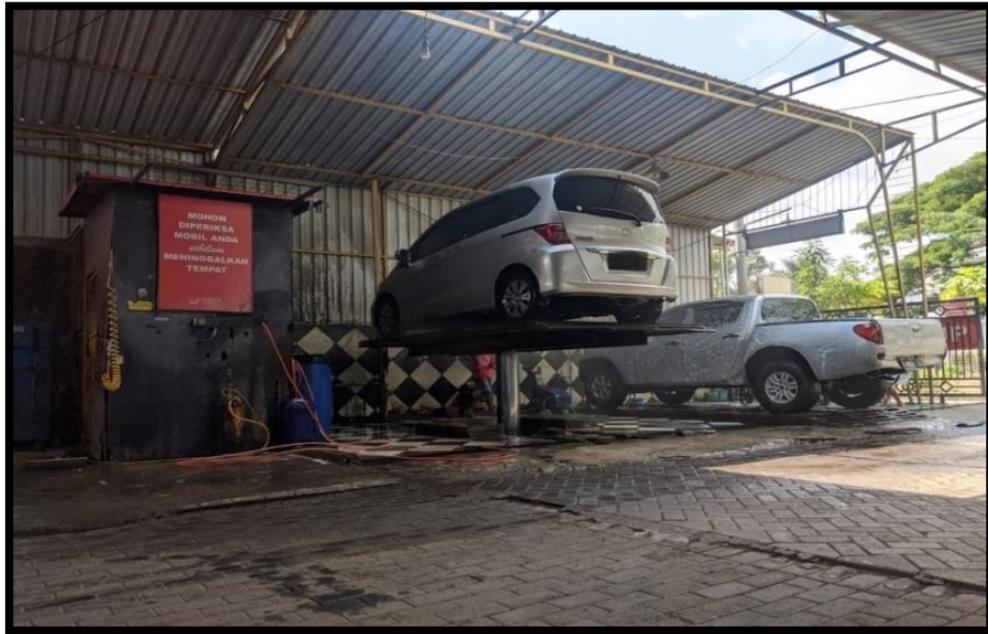
dikarenakan pada area ini kondisi kendaraan sepeda motor yang ada sedang dalam kondisi yang tidak baik atau rusak. Dokumentasi area servis motor dan pencucian mobil dapat dilihat pada **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 1 Sketsa Denah Bengkel

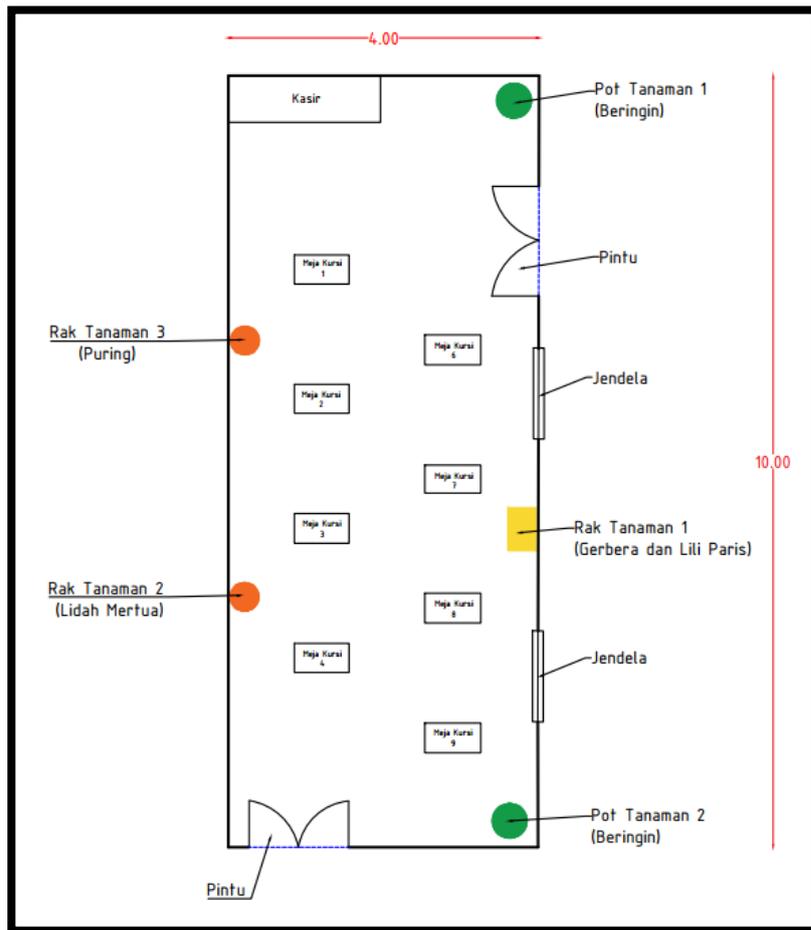


Gambar 4. 2 Area Service Motor
(Sumber: Andika, dkk., 2011)



Gambar 4. 3 Area Pencucian Mobil
(Sumber: Andika, dkk., 2011)

Perencanaan penempatan tanaman dilakukan dengan meletakkan tanaman Bunga Gerbera (*Gerbera jamesonii*) dan Lili Paris (*Chlorophytum comosum*) menjadi satu tempat pada rak tanaman yang menempel pada dinding dan tidak berhadapan langsung dengan pintu ataupun jendela. Tujuan penempatan ini dikarenakan kedua jenis tanaman bunga gerbera dan juga lili paris masih membutuhkan kondisi cahaya matahari yang cerah namun tidak terlalu panas, kurang lebih 25% dari total cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan. Sehingga posisi di tengah ruangan ini akan cocok bagi kedua tanaman tersebut karena cahaya matahari tercukupi namun masih tetap teduh. Kemudian untuk tanaman Beringin (*Ficus benjamina*), keduanya akan diletakkan disudut-sudut ruangan menggunakan pot berukuran besar, karena tanaman ini membutuhkan cahaya matahari yang cerah untuk kebutuhan pertumbuhannya, namun tidak dapat langsung berhadapan dengan pintu ataupun jendela sama seperti jenis tanaman sebelumnya, agar tidak langsung terkena hembusan angin, baik panas maupun dingin karena dapat membuat jenis tanaman beringin mengalami kekeringan. Sedangkan untuk tanaman Lidah Mertua (*Sanseveira trifasciata*) serta Puring (*Codiaeum variegatum*) akan diletakkan pada rak tanaman yaitu *standing pot*. Tidak ada alasan khusus dalam pemilihan posisi penempatan untuk kedua jenis tanaman ini baik di dalam maupun di luar ruangan, karena kedua tanaman lidah mertua dan puring ini memiliki kemampuan mudah beradaptasi pada kondisi cahaya apapun, baik cahaya matahari terang maupun redup yang ada di dalam ruangan. Sehingga tanaman ini dapat diletakkan pada posisi dimana saja saat di dalam ruangan. Untuk sketsa penempatan tanaman dapat dilihat pada **Gambar 4.4** dibawah ini (ukuran gambar dalam satuan meter).

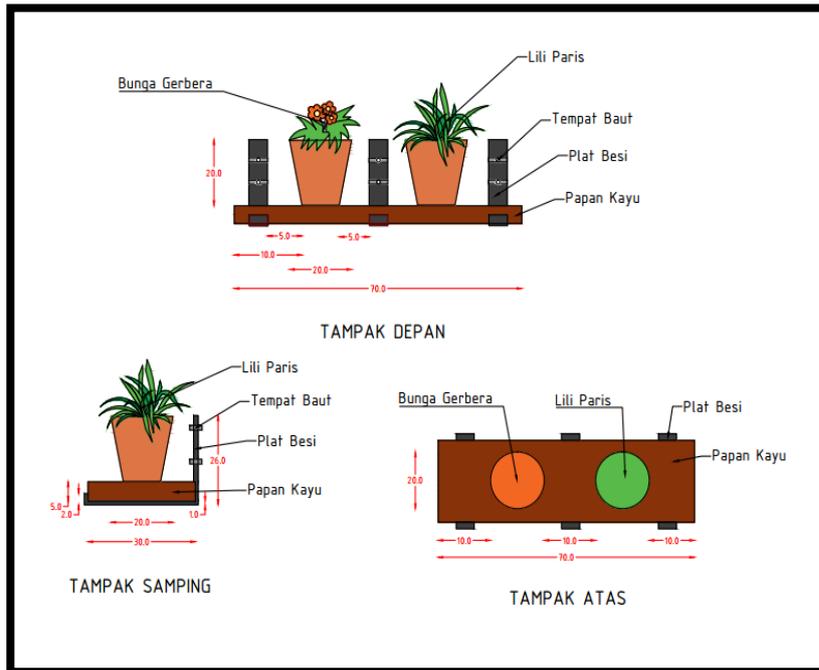


Gambar 4. 4 Sketsa Ruang Tunggu dan Penempatan Tanaman

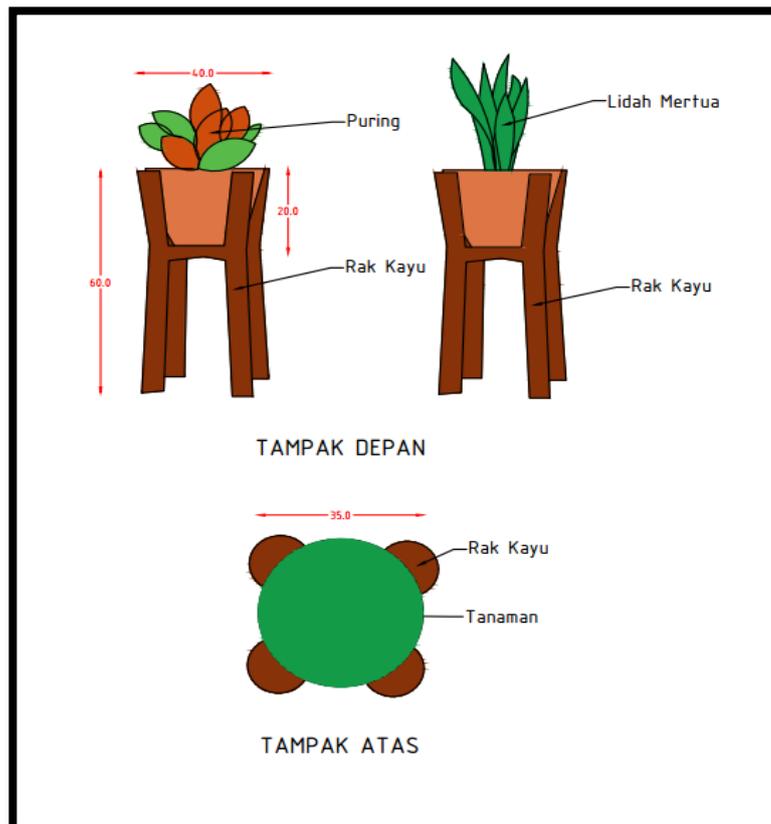
Rak tipe pertama berisi tanaman Bunga Gerbera (*Gerbera jamensonii*) dan Lili paris (*Chlorophytum comosum*) yang terbuat dari papan kayu dan memiliki dimensi ukuran 70 x 30 x 5 cm yang akan dipasang menempel pada dinding. Rak ini dibuat dengan memasang plat besi yang berbentuk siku ke dinding menggunakan baut agar kuat dan tidak mudah roboh. Kemudian papan kayu diletakkan diatas plat besi tersebut. Rak akan dipasang pada ketinggian 1,5 m dari permukaan lantai agar memudahkan dalam perawatan tanaman. Tanaman Bunga Gerbera (*Gerbera jamensonii*) di dalam pot berdiameter 20 cm akan diletakkan pada papan kayu dengan jarak 10 cm dari tanaman Lili Paris (*Chlorophytum comosum*). Hal ini bertujuan agar kedua tanaman tidak terlalu berkerumun dan tidak mengganggu pertumbuhannya. Detail rak ini dapat dilihat pada **Gambar 4.5** (ukuran gambar dalam satuan centimeter).

Kemudian untuk rak tipe kedua, yaitu berupa *standing pot* masing-masing untuk tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) dan Puring (*Codiaeum variegatum*) yang terbuat dari bahan kayu. Rak ini memiliki ukuran tinggi 60 cm dengan diameter 40 cm dan diletakkan di lantai. Rak ini digunakan untuk menata tanaman agar terlihat lebih rapi dan juga memudahkan saat melakukan perawatan tanaman. Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) dan

Puring (*Codiaeum variegatum*) akan ditanaman pada pot berdiameter 35 cm, kemudian diletakkan pada masing-masing rak. Detail rak ini dapat dilihat pada **Gambar 4.6** (ukuran gambar dalam satuan centimeter). Gambar secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4. 5 Detail Rak Tipe 1



Gambar 4. 6 Detail Rak Tipe 2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut ini kesimpulan yang dapat diambil dari kajian literatur ini adalah:

- 5.1.1 TSP dan Pb dapat bersumber dari kegiatan manusia antara lain kegiatan pertanian, pembakaran gas (*flaring*), kegiatan industri, pembangkit listrik, dan transportasi. Penyebaran pajanan TSP dan Pb terjadi melalui udara karena keduanya mudah menguap pada suhu ruangan. Setelah terjadinya pajanan TSP dan Pb di udara, kedua pencemar ini akan berada di udara ruangan dalam beberapa periode waktu, mulai dari beberapa jam hingga beberapa minggu dan dapat menetap pada tempat yang sama atau bahkan berpindah ke tempat yang lain. Partikulat merupakan campuran dari fase padatan dan cairan dengan ukuran yang berbeda, asal, dan komposisi kimia. Partikulat di dalam ruangan adalah campuran dari partikel ambien yang telah menerobos ke dalam ruangan, partikel yang dipancarkan di dalam ruangan, dan partikel yang terbentuk di dalam ruangan melalui reaksi dari fase gas yang berasal dari dalam ruang maupun luar ruangan. TSP dan Pb sendiri biasanya berupa gas dan partikulat di udara yang bisa masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi alami, seperti jendela dan pintu.
- 5.1.2 Tanaman menyerap TSP dan Pb melalui bagian permukaan seperti daun, batang, buah dan mikroorganisme yang berada pada kutikula akar. Mekanisme fitoremediasi pada tanaman terjadi 2 proses yaitu fitodegradasi dan rhizodegradasi. Proses awal pada mekanisme fitoremediasi secara fitodegradasi yaitu berupa penyerapan zat pencemar dari udara. TSP dan Pb akan diadsorpsi tumbuhan melalui kutikula dan stomata pada daun. Namun penyerapan partikulat dan timbal terjadi lebih besar pada stomata daun dari pada kutikula daun. Pada proses fitodegradasi, tumbuhan akan mengubah TSP dan Pb dari molekul yang kompleks menjadi lebih sederhana dan tidak berbahaya serta bermanfaat bagi tumbuhan itu sendiri. Sedangkan pada proses rhizodegradasi, TSP dan Pb akan diuraikan oleh mikroba yang ada disekitar akar tumbuhan seperti jamur, ragi dan bakteri. Saat tumbuhan menyerap karbondioksida yang kemudian diolah menjadi oksigen melalui fotosintesis. Pada saat yang sama, tumbuhan juga menyerap beberapa partikulat dari udara seperti TSP dan Pb di dalam ruangan. Kemudian mikroorganisme yang terkait dengan tanaman akan bertanggung jawab dalam proses pembersihan. Mikroba yang terkait dengan akar akan mengubah TSP dan Pb di udara menjadi nutrisi yang akan diserap oleh tumbuhan untuk terus berkembang.
- 5.1.3 Jenis tanaman hias yang dapat mereduksi TSP dan Pb yaitu Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*), Sirih Gading (*Epipremnum aereum*), Sri Rejeki (*Aglaonema modestum*), Puring (*Codiaeum variegatum*), Lili Paris (*Chlorophytum comosum*), Lidah Buaya (*Aloe vera*), Bunga Gerbera (*Gerbera jamesonii*) dan Beringin (*Ficus benjamina*).

Kemudian dilakukan studi kasus di Ruang Tunggu, Bengkel Motor dan Cuci Mobil “X” di Malang, didapatkan hasil bahwa untuk meremoval pajanan TSP dengan konsentrasi sebesar $0,257 \text{ mg/m}^3$ membutuhkan 1 tanaman Lili paris (*Chlrophytum comosum*), 1 tanaman Gerbera (*Gerbera jamensonii*) dan 1 tanaman Beringin (*Ficus benjamina*). Sedangkan untuk meremoval pajanan Pb dengan konsentrasi sebesar $0,0752 \text{ mg/m}^3$ membutuhkan 1 tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*), 1 tanaman Puring (*Codiaeum variegatum*) dan 1 tanaman Beringin (*Ficus benjamina*).

5.2 Saran

Berikut ini saran yang dapat diberikan untuk kajian literatur selanjutnya adalah:

- 5.2.1 Karena adanya keterbatasan literatur, sehingga jenis tanaman hias yang digunakan dalam kajian ini pun terbatas. Oleh karena itu diperlukan adanya data yang lebih lengkap terkait total removal setiap jenis tanaman dalam mereduksi TSP dan Pb, sehingga dapat menambah jenis tanaman hias yang dapat digunakan.
- 5.2.2 Dari hasil kajian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa jenis tanaman hias yang dapat digunakan dalam mereduksi TSP dan Pb. Namun belum diketahui apakah polutan-polutan ini dapat menimbulkan efek negatif bagi tanaman-tanaman tersebut. Sehingga perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai removal polutan TSP dan Pb di dalam ruangan yang lebih efektif dan tidak merusak tanaman.



DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

- Af'idah, Nashihatul. 2019. Analisis Hubungan Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di Dalam dan di Luar Ruangan dan Faktor-faktor yang Berhubungan (Studi Kasus: PT. Japfa So Good Food Sidoarjo). Skripsi. Surabaya: Teknik Lingkungan UIN Sunan Ampel.
- Alias, M., Hamzah, Z., Kenn, L., S., 2017. *PM10 and Total Suspended Particulates (TSP) Measurements in Various Power Station. The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. Vol. 1: 255-261.
- Antoniadis, V., Levizou, E., Shaheen, S. M., Ok, Y. S., Sebastian, A., Baum, C., Prasad, M. N. V., Wenzel, W. W., & Rinklebe, J. 2017. *Trace elements in the soil-plant interface: Phytoavailability, translocation, and phytoremediation—A review. Earth-Science Reviews*, 171(June), 621–645.
- Aprianti, Dewi. 2011. Analisis Pengaruh Tingkat Volume Lalu Lintas Kendaraan di Pintu Tol terhadap Tingkat Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Pengukuran Konsentrasi Timbal di Udara Ambien (Studi Kasus: Pintu Tol Cililitan 2, Bulan Januari-Februari 2011). Skripsi. Depok: Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- ASHRAE, 2013. *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.*, Volume 62.1.
- Ayu, ajeng dan Putri Elma. 2016. Analisis Kualitas TSP dan Pb Dalam Ruang Pada Perparkiran *Basement* dan *Upper Ground* (Studi Kasus Mall X, Semarang). Jurnal DIPA IPTEKS I (1): 30.
- Bani, Tegar Chalis. 2012. Studi Pengaruh Jarak Tempuh dan Umur Kendaraan Bermotor Roda Empat Terhadap Konsentrasi Emisi Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Oksida (NOx) (Studi Kasus: Toyota Avanza Berbahan Bakar Premium). Jurnal Teknik Mesin. Vol. 4 (1) : 62.
- Batoro J, Siswanto D. 2017. *Ethnomedicinal survey of plants used by local society in Poncokusumo district, Malang, East Java Province, Indonesia. Asian Journal of Medical and Biological Research*. Vol. 3, No. 2 pp. 158-67.
- Bauer G, Speck T. 2012. *Restoration of tensile strength in bark samples of Ficus benjamina due to coagulation of latex during fast self-healing of fissures. Annals of Botany*. 109(4): 807-811.
- Budihardjo, M.A., K. Noveandra and B. P. Samadikun., 2018. *Characteristic of Total Suspended Particulate (TSP) Containing Pb and Zn at Solid Waste Landfill. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1022.
- Cao Y., F. Li, Y. Wang, Y. Yu, Z. Wang, X. Liu, and K. Ding. 2019. *Assisted deposition of PM2.5 from indoor air by ornamental potted plants. Sustainability* 11(9): 2546-2555.
- Cevallos, Victoria M., Valeria Diaz and Cherilyn M. Sirois. 2017. *Particulate matter air pollution from the city of Quito, Ecuador, activates inflammatory signaling pathways in vitro. Innate Immunity* Vol. 23(4) 392–400.
- Chairunnisa, Mutiara Simbolon. 2019. Analisis Kadar Timbal (Pb) di Udara Ambien dan Tanah Areal Pertanian di Tepi Jalan Lubuk Pakam Deli Serdang Tahun 2019. Skripsi. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Cincinelli, A. & Martellini, T., 2017. *Indoor Air Quality and Health. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1286), pp. 1-5.
- Cooper, D., C., Alley, F., C., 2020. *Air Pollution Control a Design Approach. Third edition. Waveland Press, Long Grove.*

- Cristiano, G., Murillo-Amador, B. and De Lucia, B., 2016. *Propagation Techniques and Agronomic Requirements for the Cultivation of Barbados Aloe (Aloe vera (L.) Burm. F.)—A Review*. *Frontiers in Plant Science*, 7.
- Cruz-Campas, M., Ramirez-Leal, R., & Lopez-Perez, N. 2019. *TSP Analysis Performed by SEM-EDS to Air Quality Studies. Microscopy and Microanalysis*, 25(S2), 768–769.
- De Donno A, De Giorgi M, Bagordo F, Grassi T, Idolo A, Serio F, et al. 2018. *Health risk associated with exposure to PM10 and benzene in three Italian towns. Int J Environ Res Public Health*, Vol.15 No. 8 pp. 1-13.
- Dehghani, M., Norouzian Baghani, A., Fazlzadeh, M. and Ghaffari, H., 2019. *Exposure and risk assessment of BTEX in indoor air of gyms in Tehran, Iran. Microchemical Journal*, 150, pp.104-135.
- Demirel, G., Özden, Ö., Döğeroğlu, T. and Gaga, E., 2014. *Personal exposure of primary school children to BTEX, NO2 and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. Science of The Total Environment*, 473-474, pp.537-548.
- Desy Gusnita. 2018. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal. *Berita Dirgantara* Vol. 13, No. 3: 95-101.
- Djojodibroto, 2015. *Respirologi*. Jakarta: EGC
- Dr. drg. Rosihan Adhani, S.Sos., M.S dan Dr. Husaini, SKM., M.Kes. 2017. *Logam Berat disekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press.
- Falahdina, A. (2017). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan PM 2,5 Pada Pedagang Tetap di Terminal kampung Rambutan*. Jakarta : Fakultas Kedokteran san Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara (edisi ke-1)* . Yogyakarta: Kanisius.
- Fenga, Concettina., Silvia Gangemi, Valentina Di Salvatore, Luca Falzone and Massimo Libra. 2017. *Immunological effects of occupational exposure to lead (Review). Molecular Medicine Reports* 15: 3355-3360.
- Fooladi, M., Moogouei, R., Jozi, S., Golbabaee, F. and Tajadod, G., 2019. *Phytoremediation of BTEX from indoor air by Hyrcanian plants. Environmental Health Engineering and Management*, 6(4), pp.233-240.
- Gusti, Aria and Resi Arifa Yurnal. 2019. *Health Risk Assessment of Total Suspended Particulate Exposure to Employee of PT. Semen Padang, Indonesia. Iran J Public Health*, Vol. 48, No. 8, pp. 1535-1536.
- Haerani N, Arayani A, Nurhasanah N, Akhriani N, Naing IR. 2016. *Inovasi Produk Sansevieria Sebagai Pengharum dan Penyerap Asap*. Pena: *Jurnal Kreativitas Ilmiah Mahasiswa Unismuh*. Vol. 3, No. 2 pp. 516-23.
- Hamman J. 2008. *Composition and applications of Aloe vera leaf gel. Molecules*. 13(8):599–616.
- Hardianty, Sabrina., Lina Tarigan dan Umi Salmah. 2015. *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Gejala Dermatitis Kontak pada Pekerja Bengkel di Kelurahan Merdeka Kota Medan. Jurnal. Makara, Kesehatan*, Vol. 11, No. 02: 61-68.
- Hemmer W, Focke M, Götz M, Jarisch R. 2004. *Sensitization to Ficus benjamina: relationship to natural rubber latex allergy and identification of foods implicated in the ficus-fruit syndrome. Clinical and Experimental Allergy*. 34(8): 1251-1258.
- Ihsan, Iif Miftahul, Moh. Yani, Rahmat Hidayat and Tetty Permatasari. 2021. *Fluctuation of Particulate Air Pollutant and Its Risk Level to the Public Health of Bogor City. Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol. 22, No. 1: 038-047.
- Ir. Titiek Widyastuti, M.S. 2018. *Teknologi Budidaya Tanaman Hias Agribisnis*: Yogyakarta.

- Ir. Titiek Widyastuti, M.S. 2018. Teknologi Budidaya Tanaman Hias Agribisnis.bantul, Yogyakarta. CV Mine.
- Istiqamah I, Karim H. 2019. Studi Morfologi Tanaman Sansevieria Di Kota Makassar. *Bionature*. Vol. 19, No. 1.
- Ite, A., E., Ogunkunle, C., O., Obadimu, C., O., Asuaiko, E., R., Ibok., U., J., 2017. *Particulate Matter and Staff Exposure in An Air-conditioned Office in Akwa Ibom State University– Nigeria. Journal of Atmospheric Pollution*. Vol 5 : 24-32.
- Jiang, Y.; Chao, S.; Liu, J.; Yang, Y.; Chen, Y.; Zhang, A.; Cao, H. 2017. *Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. Chemosphere* 2017, 168, 1658–1668.
- Joubert, Anna I., Mark Geppert et al. 2020. *Mechanisms of Particles in Sensitization, Effector Function and Therapy of Allergic Disease. Review: Frontiers in Immunology*, Vol. 11.
- Kumar I, Mondal M, Meyappan V, Sakthivel N. 2019. *Green one-pot synthesis of gold nanoparticles using Sansevieria roxburghiana leaf extract for the catalytic degradation of toxic organic pollutants. Materials Research Bulletin*. Vol. 117 pp.18-27.
- Kyi, L. L., 2020. *Study on Some Oxygen Bomb Plants for Indoor Air Pollution Abatement. 3rd Myanmar Korea Conference Research Journal*, 3(2), pp.395-402.
- L, Kurniawati., Syamsidar HS dan Kurnia Ramadani. 2016. Fitoremediasi Logam Berat Menggunakan Tanaman Puring (*Codiaeum Variegatum*). *Jurnal Al Kimia*: Vol. 4, No. 1.
- L. Morawska, A. Afshari, G. Bae, G. Buonanno, C.Y.H. Chao, O. Hanninen, W. Hofmann, C. Isaxon, E.R. Jayaratne, P. Pasanen. 2013. *Indoor Aerosols From Personal Exposure to Risk Assessment, Indoor Air* 23 (6) pp. 462-487.
- Laumbach, Robert., Qingyu Meng and Howard Kipen. 2016. *What can individuals do to reduce personal health risks from air pollution?. Journal of Thoracic Disease*, Vol. 7, No. 1.
- Lee, B., Hadibarata, T. and Yuniarto, A., 2020. *Phytoremediation Mechanisms in Air Pollution Control: a Review. Water, Air, & Soil Pollution*, 231(8).
- Leikauf, George D., Sang-Heon Kim and An-Soo Jang. *Mechanisms of ultrafine particle-induced respiratory health effects. Review Article: Experimental and Molecular Medicine*, Vol. 52 pp. 329-337.
- Librawati, T.P, 2015. Analisis Cemaran Pb pada Bawang Daun (*Allium fistulosum L.*) di daerah Dieng Wonosobo, Skripsi, Fakultas Biologi Unsoed Purwokerto.
- Lifia, Yoli Okta dan RIkaHariance. 2018. Bauran Pemasaran Bunga Gerbera (*Gerbera Jamensonii*) di Kelompok Tani Bumi Nursery Jawa Barat. *Journal of Agribusiness and Community Empowerment*. 1 (1) : 38-43.
- Liu, L., D. Guan, and M.R. Peart. 2012. *The morphological structure of leaves and the dust-retaining capability of afforested plants in urban Guangzhou, South China. Environ. Sci. Pollut. Res.* 19(8):3440–3449.
- Longoria-Rodríguez, F. E., González, L. T., Mancilla, Y., Acuña-Askar, K., ArizpeZapata, J. A., González, J., Kharissova, O. v., & Mendoza, A. (2021). *Sequential SEM-EDS, PLM, and MRS microanalysis of individual atmospheric particles: A useful tool for assigning emission sources. Toxics*, 9(2), 1–22.
- López-Ayala, O., González-Hernández, L. T., Alcantar-Rosales, V. M., Elizarragaz-de la Rosa, D., Heras-Ramírez, M. E., SilvaVidaurre, L. G., Alfaro-Barbosa, J. M., & Gaspar-Ramírez, O. (2019). *Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particulate matter in a highly urbanized and industrialized region in northeastern Mexico. Atmospheric Pollution Research*, 10(5), 1655–1662.

- Magidi, S., 2013. *Determining the Atmospheric Stability Classes for Mazoe in Northern Zimbabwe. International Journal of Engineering Research and Application.*
- Mason, Lisa H., Jordan P. Harp. And Dong Y. Han. 2016. *Review Article. Pb Neurotoxicity: Neuropsychological Effects of Lead Toxicity. Hindawi Publishing Corporation: BioMed Research International.*
- Mirawati, Baiq., Muhlis dan Prapti S., 2016. Efektivitas Beberapa Tanaman Hias Dalam Menyerap Timbal (Pb) di Udara. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, Vol. 2 No. 1.
- Moghaddasi S dan Verma S. 2011. *Aloe vera their chemical composition and applications. Int J Biol Med Res.* 2 (1) : 466-471.
- Mood, Mahdi Balali., Korba Naseri, Zoya Tahergorabi, Mohammad Reza Khazdair and Mahmood Sadeghi. 2021. *Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. Frontiers in Pharmacology*, Vol. 12.
- Morawska, L. *et al.*, 2017. *Airborne particles in indoor environment of homes, schools, offices and aged care facilities: The main routes of exposure. Environment International*, Volume 108, pp. 75-83.
- Muhammad F, Toto Trianto. 2004. Studi Pengkajian Pemanasan Piston Sepeda Motor dengan Menggunakan Air yang diberi Batu Gamping. *Jurnal Teknik*. Vol. 3 (2).
- Murti, Rudi Hari., Purwantoro dkk. 2016. Keragaman Molekuler Puring (*Codiaeum Variegatum*). *Vegetalika*: Vol. 4, No. 2, pp. 90-99.
- Nasution AS. 2020. Upaya Promotif dan Preventif untuk Mengurangi Risiko yang Ditimbulkan oleh Rokok di Kelurahan Rancamaya. *Logista Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. Vol. 4, No. 1 pp. 57-62.
- Nisa U. 2018. Pembuatan komposit material peredam akustik berbahan dasar dari serat sabut kelapa, pelepah pisang, lidah mertua dan epoxy resin: UIN Walisongo Semarang.
- Nuraini, Tri A., Ratna Satyaningsih, Donaldi S. Permana, Rian Anggraeni and Edvin Aldrian. 2020. *Comparison of Total Suspended Particulate (TSP) Measurement in Urban and Suburban Areas of Bali During Nyepi Day 2015. Forum Geografi: Indonesian Journal of Spatial and Regional Analysis*, Vol. 33, No. 2: 173-183.
- Nurfadilah, Ayu R and Irwan., 2019. *Analysis on Air Lead Exposure and Lead Concentration in Blood Associated with Blood Pressure and Hemoglobin (Hb) of Attendants of Petrol Station. Journal Health & Science: Gorontalo Journal Health and Science Community.*
- Oktaviani, Esti. 2018. Paparan *Particulate Matter (PM₁₀) dan Total Suspended Particulate (TSP)* di Trotoar Beberapa Jalan Kota Surabaya. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Padoan, E., Romè, C., Ajmone-Marsan, F., 2017. *Bioaccessibility and size distribution of metals in road dust and roadside soils along a peri-urban transect. Sci. Total Environ.* 601-602, 89–98.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat (edisi ke-4)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pandey, V. C., Bajpai, O., & Singh, N. 2016. *Energy crops in sustainable phytoremediation. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 58–73.
- Plant Story.com. Cara Merawat Tumbuhan Beringin (*Ficus Benjamina*). 2022. <https://plantstory.com/glossary/beringin-putih-ficus-benjamina>. Diakses pada 8 Mei 2022.
- Plant Story.com. Cara Merawat Tumbuhan Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*). 2022. <https://plantstory.com/glossary/lidah-mertua-sansevieria-trifasciata>. Diakses pada 8 Mei 2022.

- Plant Story.com. Cara Merawat Tumbuhan Puring (*Codiaeum Variegatum*). 2022. <https://plantstory.com/glossary/puring-codiaeum-variegatum>. Diakses pada 8 Mei 2022.
- Pratiwi, Rina H., 2019. Studi adaptasi tumbuhan secara anatomi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education, Prodi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Ahmad Dahlan.
- Prayoga, Ikhwan., Dedi Triyanto dan Suhardi. 2020. Sistem Monitoring Kualitas Udara Secara *Realtime* Dengan Peringatan Bahaya Kualitas Udara Tidak Sehat Menggunakan *Push Notification*. Coding: Jurnal Komputer dan Aplikasi, Vol. 08, No. 22: 91-102.
- Putri Aripriatama, Kirana. 2021. Fitoremediasi Ruangan Dalam (*indoor*) dari Paparan Formaldehid dan Partikulat Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putrianingsih, Yuniar dan Yusriani Sapta Dewi. 2019. Pengaruh Tanaman Sirih Gading (*Epipremnum aureum*) Terhadap Polutan Udara Dalam Ruangan. Jurnal TechLINK. Vol. 3, No. 1.
- Ratnawati R, Fatmasari RD. 2018. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) dan Jengger Ayam (*Celosia plumosa*). Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 3, No. 2 pp. 62-9.
- Riantika, F. 2013. Kemampuan Tanaman Sirih Gading (*Epipremnum Aureum*) Sebagai Absorben Logam Berat Pb di Udara. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Rochimawati, N., R., Yuwono., A., S., Saptomo, S., K., 2016. *Prediction and Modeling of Total Suspended Particulate Generation on Ultisol and Andisol Soil*. ARPN *Journal of Science and Technology*. Vol. 4 : 329-333.
- Roza, V., Ilza, M., Anita, S., 2015. Korelasi Konsentrasi Particulate Matter (PM10) di Udara dan Kandungan Timbal (Pb) dalam rambut petugas SPBU di Kota Pekanbaru. *Dinamika Lingkungan Indonesia*. Vol. 2 (1) : 52-60.
- Samudro, H. & Mangkoedihardjo, S., 2020. *Indoor Phytoremediation Using Decorative Plants: An Overview of Application Principles*. *Journal of Phytology*, Volume 13, pp. 028-032.
- Santiasih, Indri dan Joni Hermana. 2017. *A Review: The Physicochemical Characteristics of Indoor Particulate Matters in Relation to Human Health*. ARPN *Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 12, No. 06.
- Saputra, Bimo Eko. 2020. Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Produktivitas Kerja Mekanik di Bengkel UMC Suzuki Madiun. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, Vol. 09, No.03: 1-10.
- Seguel, Joseph M., MD, Richard Merrill *et al.* 2017. *Themed Review: Indoor Air Quality*. *American Journal of Lifestyle Medicine*. Vol. 11, No. 04.
- Shahid, M., C. Dumat, S. Khalid, E. Schreck, T. Xiong, and N.K. Niazi. 2017. *Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake*. *J. Hazard. Mater.* 325:36–58.
- Sharma, S. D., Jain, P. K. & Sharma, V., 2018. *Cleanest, Greenest Solution for Maintaining Indoor Air Quality in Urban Areas : Plants*. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*, 2(2), pp. 1442-1450.
- Shinta, A.L.F. 2019. Pengelolaan Resort Pattunuang Karaenta dalam Perspektif Etnoekologi di Kabupaten Maros. *LaGeografia*, 16(3), 137–143.
- Singh, R. B., 2017. *Clean up the Air in Your Home*. *Science Reporter*, pp.26-29.

- Siswati dan Khuliyah Candraning D., 2017. Analisis Risiko Paparan Debu (*Total Suspended Particulate*) di Unit Packer PT. X. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 9 No. 1.
- Situmorang, Charles. 2017. Pengaruh Tanaman Sirih Gading (*Epipremnum Aureum*) Terhadap CO dalam Ruangan. *TechLink Jurnal Ilmiah Lingkungan*. Vol. 2, No. 2.
- Son NV, Mokashi AN, Hegde RV, Patil VS, Lingaraju S.2011. *Response of Gerbera (Gerbera jamesonii Bolus) varieties to micropropagation*. *Kar. J Agricult Sci*. 24:354–357.
- Soonthornyatara, S., Kladmook, M., Taywiya, P., Wiboonkhiao, M., 2020. *Evaluation of Genetic Diversity of Wan Khanmak Herb Using AFLP Marker*. *Chiang Mai J. Sci.*, 47(1), pp.83-97.
- Sriprapat, W. and Thiravetyan, P., 2013. *Phytoremediation of BTEX from Indoor Air by Zamioculcas zamiifolia*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(3).
- Sulistiana, Susi dan Ludivica Endang S. 2016. Akumulasi Timbal (Pb) dan Struktur Stomata Daun Puring (*Codiaeum Variegatum*). *Prosiding Seminar Nasional MIPA*.
- Sulistiana, Susi dan Ludivica ES. 2015. Kemampuan Penyerapan Timbal (Pb) pada Beberapa Kultivar Tanaman Puring (*Codiaeum Variegatum*). *Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi*. 16 (1) : 10-17.
- Sun, Y. *et al.*, 2015. *Indoor Air Pollution and Human Perception in Public Buildings*. *Procedia Engineering*, pp. 552-557.
- Sunarsih, Elvi., Suheryanto., Rini Mutahar., and Rahmi Garmini. 2019. *Risk Assessment of Air Pollution (NO₂, SO₂, Total Suspended Particulate and Particulate Matter 10 Micron) and Smoking Habits on The Lung Function of Bus Drivers in Palembang City*. *Kesmas: National Public Health Journal*, 13 (4): 202-206.
- Supiani dan La Sinaini. 2020. Analisis Pendapatan Usaha Tanaman Hias (Studi Kasus UD. Rahma Nurseri di Desa Bangunsari Kabupaten Muna). *Paradigma Agribisnis*. Vol. 3 (1), 1-6.
- Surani, R., 2016. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta., *Kesehatan Lingkungan*, Gadjah Mada University Press, Jakarta.
- Talla, S., Madam, E., Manga, S., Aileni, M. and Mamidala, P., 2018. *Efficient TDZ-induced regeneration from capitulum explants of Gerbera jamesonii Bolus ex Hooker F. - an ornamental plant with high aesthetic value*. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 153(5), pp.679-685.
- Tangahu, B. V., Titah, H. S., Mangkoedihardjo, S. 2018. *Teknologi Remediasi Lingkungan*. Yogyakarta: Mobius.
- Tarwaka. 2008. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja*. Surakarta: Harapan Press.
- Tiasmalomo, Rizka., Didi Rukamana dan Mahyuddin. 2020. Analisis *Positioning* Pelaku Usaha Tanaman Hias di Makassar. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. Vol. 5, No. 6.
- Tong, Z., T.H. Whitlow, A. Landers, and B. Flanner. 2016. *A case study of air quality above an urban roof top vegetable farm*. *Environ. Pollut.* 208:256–260.
- Veneklaas EJ, Santos-silva MPRM, den Ouden F. 2002. *Determinants of growth rate in Ficus benjamina L. compared to related faster-growing woody and herbaceous species*. *Scientia Horticulturae*. 93(1): 75-85.
- W. Riyadina, Suharyanto F.X dan Tana L. 2008. Keluhan Nyeri Muskuloskeletal pada Pekerja Industri di Kawasan Industri Pulo Gadung Jakarta. *Majalah Kedokteran Indonesia*, Vol. 58, No. 01.
- Wang, L., Ji, B., Hu, Y., Liu, R., & Sun, W. 2017. *A review on in situ phytoremediation of mine tailings*. *Chemosphere*, 184, 594–600.

- Wang, T., Rovira, J., Sierra, J., Chen, S. J., Mai, B. X., Schuhmacher, M., & Domingo, J. L. (2019). *Characterization and risk assessment of total suspended particles (TSP) and fine particles (PM_{2.5}) in a rural transformational e-waste recycling region of Southern China*. *Science of the Total Environment*, 692, 432–440.
- Wardhana, W., A., 2014. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi : Yogyakarta.
- Wekpe, V. O., G. O. Chukwu-Okeah and Godspower Kinikanwo. 2019. *Road Construction and Trace Heavy Metals in Roadside Soils along a Major Traffic Corridor in an Expanding Metropolis*. *Asian Research Journal of Arts & Social Sciences*, Vol. 8, No. 3: 1-10.
- Weyens, N., Thijs, S., Popek, R., Witters, N., Przybysz, A., Espenshade, J., Gawronska, H., Vangronsveld, J. and Gawronski, S., 2015. *The Role of Plant–Microbe Interactions and Their Exploitation for Phytoremediation of Air Pollutants*. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10), pp.25576-25604.
- Wibowo dan Endang Kwartiningsih. 2005. Studi Tingkat Pencemaran Udara karena Asap Kendaraan Bermotor di Beberapa Wilayah Padat Surakarta. *Mekanika*. Vol. 3 (1).
- Wichaksana A. 2012. Penyakit Akibat Kerja (PAK) di Rumah Sakit dan Pencegahannya. *Cermin Dunia Kedokteran*: 134.
- Wolverton, B., Jhonson, A., Bounds, K., 1989. *Interior landscape plants for indoor air pollution abatement*. National Aeronautics and Space Administration, NASA, pp 1–30.
- Yulianti D, Purnama AA, Brahmana EM. 2019. Keanekaragaman Tanaman Pekarangan di Desa Tambusai Timur Kecamatan Tambusai Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 10, No. 1 pp. 13-9.
- Yuwitas Sari, Vanila. 2021. Fitoremediasi Ruangan Dalam (*indoor*) dari Paparan BTEX Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Zhao, Y., Di, 2015. *Analysis of Total Suspended Particulates Pollution along Shanghai-Nanjing Expressway*. *Journal of Air Pollution*. Vol. 1 : 31-36.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BIOGRAFI PENULIS



BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Bilqis Hanifah Inas dan akrab dipanggil Inas. Ia lahir pada tanggal 21 Agustus 1999 di Bojonegoro, Jawa Timur. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di *Higazimozu Shogako*, Osaka, Japan (2006-2007), kemudian melanjutkan di SDN Sobontoro I, Bojonegoro (2007-2009), lalu pindah dan melanjutkan kembali sekolah di SD Al Muttaqien, Surabaya (2009-2012). Kemudian melanjutkan sekolah menengah di SMP Putri Luqman Al Hakim, Surabaya (2012-2015), SMA IT Al Uswah, Surabaya (2015-2018) dan resmi melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dengan NRP 03211840000056 pada tahun 2018 melalui seleksi SBMPTN. Selama kuliah penulis aktif dalam kegiatan UKM Korp Sukarela (KSR) Palang Merah Indonesia (PMI) ITS sebagai Staff di tahun 2019 dalam Bidang Pengembangan Sumber Daya Relawan (PSDR) dan Bidang Pengembangan Sumber Daya Anggota (PSDA) di tahun 2020. Selain itu ia juga aktif dalam kegiatan Jamaah Masjid Manarul Ilmi (JMMI) ITS sebagai Staff Bidang Syiar pada Divisi Forum Silaturahmi Lembaga Dakwah Kampus (FSLDK) di tahun 2018-2019 dan melanjutkan sebagai Staff Middle di tahun 2019-2020 di bidang yang sama. Untuk kegiatan himpunan di departemen sendiri, penulis pernah menjadi Staff di Bidang Syiar dalam Tim Al Kaun Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) di tahun 2020. Selain itu, penulis juga aktif dalam mengikuti beberapa kegiatan kepanitiaan di dalam maupun luar departemen. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan pengembangan diri, seperti LKMM pra Tingkat Dasar (TD). Segala bentuk komunikasi yang ingin disampaikan mengenai Tugas Akhir ini, penulis berharap dapat dikomunikasikan langsung melalui e-mail penulis yaitu blqisinas.sby21@gmail.com.

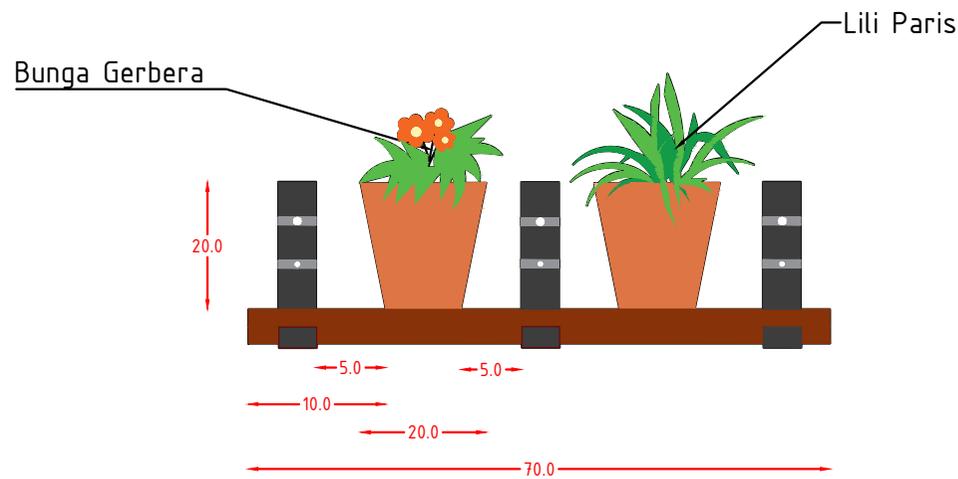
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



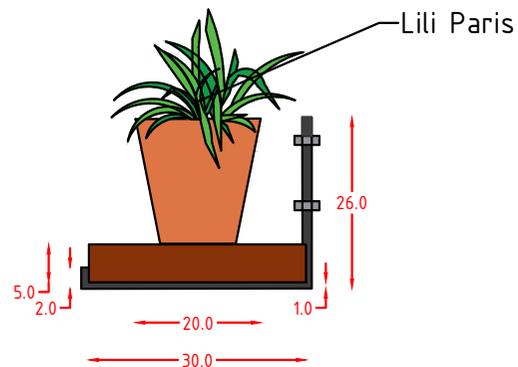
LAMPIRAN



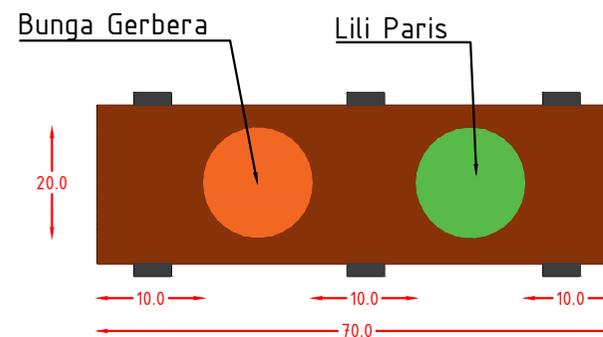
-  Plat Besi
-  Tempat Baut
-  Papan Kayu



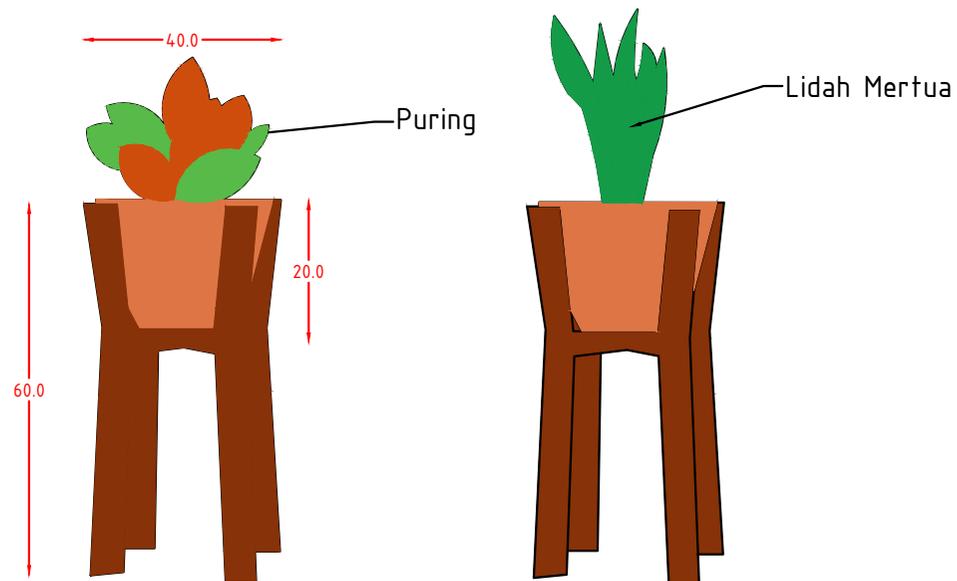
TAMPAK DEPAN
SKALA 1:100



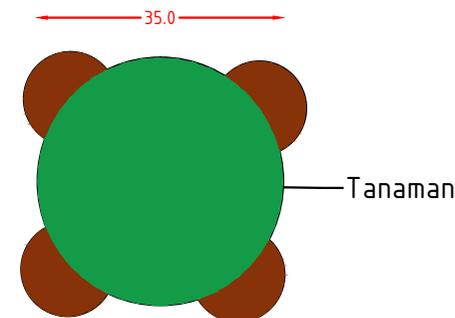
TAMPAK SAMPING
SKALA 1:100



TAMPAK ATAS
SKALA 1:100



TAMPAK DEPAN
SKALA 1:100



TAMPAK ATAS
SKALA 1:100



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

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

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 11.45 - 13.00 WIB
Lokasi : TL-105
Judul : Kajian Fitoremediasi Ruangan Dalam (*indoor*) dari Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya
Nama : Bilqis Hanifah Inas
NRP. : 03211840000056
Topik : Studi Literatur

Nilai TOEFL 74 (ERP)

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<i>Sesbata mengahnti. acaban penguji.</i>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.Sc.Es.



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

Periode: Genap 2021/2022

No. Revisi: 01

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

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022

Pukul : 11.45 - 13.00 WIB

Lokasi : TL-105

Judul : Kajian Fitoremediasi Ruangan Dalam (*indoor*) dari Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya

Nama : Bilqis Hanifah Inas

NRP. : 03211840000056

Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
32	<p>- lihat catatan dan laporan ta - perhit keb. tumbuhan berdasarkan konsentrasi total pencemar - susunan tumbuhan yg digunakan & dlm wayan dibekalkan pd bagian mana → - perhit data dilakukan perhitungan ulang setelah ditentukan jenis & tumbuhan yg yg digunakan - desain tumbuhan peletakkan tumbuhan harus berdasar kan pertimbangan iklim</p>

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 Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, Ph.D.

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.Sc.Ee.



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 : 11.45 - 13.00 WIB
Lokasi : TL-105
Judul : Kajian Fitoremediasi Ruang Dalam (*Indoor*) dari Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya
Nama : Bilqis Hanifah Inas
NRP. : 03211840000056
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Pertbaiki penulisan → lihat di buku Laporan TA.
2.	Cele salah kehi
3.	Penulisan sumber pustaka.
4.	Tambahkan K3LK dan PAK akibat kerja di bengkel.

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 Sulistiyaning Titah, ST, MT, Ph.D.

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Garwoko Mangkoedihardjo, M.Sc.Es.



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 : 11.45 - 13.00 WIB
Lokasi : TL-105
Judul : Kajian Fitoremediasi Ruang Dalam (*Indoor*) dari Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya
Nama : Bilqis Hanifah Inas
NRP. : 03211840000056
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
	

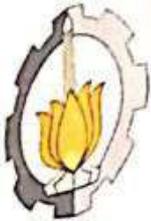
Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat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

Dosen Penguji Dr. Ir. Irwan Bagyo S, MT.

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Darwoko Mangkoedihardjo, M.Sc.Es.



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



FORM FTA-03

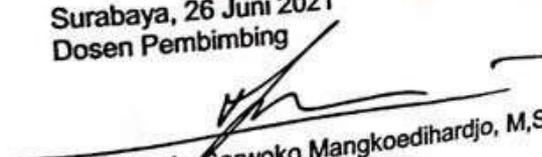
KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama
NRP
Judul

- : Bilqis Hanifah Inas
- : 03211840000056
- : Kajian Fitoremediasi Ruangan Dalam (*indoor*) dari Paparan *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Hias dan Pemanfaatan Praktiknya

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	30-12-21	Asistensi judul proposal	
2	31-12-21	Asistensi lokasi studi kasus	
3	04-02-22	Asistensi lokasi baru untuk studi kasus	
4	16-02-22	Asistensi keseluruhan revisi proposal	
5	06-04-22	Asistensi baku mutu pencemar	
6	11-05-22	Asistensi pembuatan denah lokasi studi kasus	
7	15-06-22	Asistensi sumber timbal dari kendaraan	
8	17-06-22	Asistensi keseluruhan laporan	

Surabaya, 26 Juni 2021
Dosen Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M,ScEs.