

TESIS

**MODEL SEBARAN POLUTAN PARTIKULAT DEBU (TSP) PADA
CEROBONG ASAP PT. SEMEN BOSOWA MAROS DAN DAMPAKNYA
TERHADAP KLOOROFIL DAUN JATI**



**SITI AINUNNISA ASIS
P032191013**

**PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021**

**MODEL SEBARAN POLUTAN PARTIKULAT DEBU (TSP) PADA
CEROBONG ASAP PT. SEMEN BOSOWA MAROS DAN DAMPAKNYA
TERHADAP KLOROFIL DAUN JATI**

*Total Suspended Particulate (TSP) Distribution Model at PT. Semen
Bosowa Maros and Its Effect on Teak Wood Chlorophyll Paper*

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister prodi
Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Disusun dan diajukan oleh :

SITI AINUNNISA ASIS

P032191013

**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

MODEL SEBARAN POLUTAN PARTIKULAT DEBU (TSP) PADA CEROBONG
ASAP PT. SEMEN BOSOWA MAROS DAN DAMPAKNYA TERHADAP
KLOROFIL DAUN JATI

Disusun dan diajukan oleh

SITI AINUNNISA ASIS

P032191013

Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Pengelolaan Lingkungan
Hidup Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin

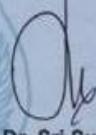
Pada tanggal 08 Juni 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

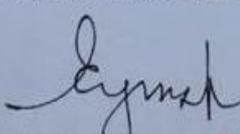
Menyetujui,

Ketua

Anggota


Dr. M. Alimuddin H Assagaf, M.Eng
NIP : 19670929 199303 1 003


Prof. Dr. Sri Suryani, D.E.A
NIP : 19580508 198312 2 001


Ketua Program Studi
Pengelolaan Lingkungan Hidup

Dr. Ir. Eymal Bahsar Demmalino, M.Si
NIP : 19640815 199202 1 001


Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin


Prof. Dr. Jamaluddin Jompa, M.Sc
NIP : 19670308 199003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : SITI AINUNNISA ASIS

Nomor Mahasiswa : P032191013

Program Studi : Pengelolaan Lingkungan Hidup
Teknologi Lingkungan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, JUNI 2021



Yang Menyatakan

SITI AINUNNISA ASIS

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah 'Azza wa Jalla, yang hanya Dia semata yang berhak disembah, atas berkah, nikmat iman dan Islam serta rahmat-Nya sehingga Tesis dengan judul "***Model Sebaran Polutan Partikulat Debu (TSP) Pada Cerobong Asap PT. Semen Bosowa Maros dan Dampaknya Terhadap Klorofil Daun Jati***" dapat terselesaikan sebagaimana mestinya. Penulisan tesis ini diajukan sebagai salah satu persyaratan guna mencapai derajat Magister Lingkungan pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup, minat studi Teknologi Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.

Dalam pelaksanaan studi ini penulis banyak mendapatkan bantuan baik dari perorangan maupun instansi/lembaga baik pemerintah maupun swasta. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. M. Alimuddin H Assagaf, M.Eng sebagai ketua komisi penasihat dan Ibu Prof. Dr. Sri Suryani, D.E.A selaku anggota penasihat yang telah membimbing, memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Eymal Bahsar Demmallino, M.Si., Bapak Dr. Maming, M.Si., dan Bapak Dr. Fahrudin, S.Si, M.Si., sebagai anggota komisi penasihat yang telah banyak memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan tesis ini.
3. Bapak dan Ibu dosen pengampu mata kuliah pada program S2 Pengelolaan Lingkungan Hidup atas ilmu yang diberikan.
4. Staf akademik Sekolah Pascasarjana UNHAS yang telah membantu kelancaran administratif selama perkuliahan.

5. Pegawai, Staf dan Jajaran Direksi, Khususnya Pabrik Semen PT. Semen Bosowa Maros yang telah membantu dalam memberikan data dan informasi dalam penyelesaian studi.
6. Kedua Orang tuaku terkasih Abdul Asis Rahman dan Hamsinah serta ke tiga adikku Siti Nurafifah Asis, Syifa Muthmainna Asis dan Siti Alya Fadhilah Asis atas segala doa, motivasi dan kasih sayangnya yang tak hentinya diberikan.
7. Sahabat-sahabat PLH khususnya angkatan 2019.1 yang telah banyak memberikan bantuan dan kerja sama dalam penyelesaian studi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya yang turut membantu kelancaran dalam penyelesaian studi ini.

Harapan penulis, semoga Tesis ini membantu menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca, sehingga penulis dapat memperbaiki bentuk maupun isi tulisan ini sehingga kedepannya dapat lebih baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan karena kesempurnaan hanyalah milik Allah 'Azza Wa Jalla. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan.

Makassar, 11 Juni 2021

Siti Ainunnisa Asis

ABSTRAK

SITI AINUNNISA ASIS. *Model Sebaran Polutan Partikulat Debu (TSP) Pada Cerobong Asap PT. Semen Bosowa Maros dan Dampaknya Terhadap Klorofil Daun Jati* (dibimbing oleh Alimuddin Hamzah Assagaf, dan Sri Suryani).

AERMOD merupakan model Steady State yang mengasumsikan penyebaran emisi dalam arah horizontal dan vertikal dengan menggunakan distribusi konsentrasi *Gaussian*. Penelitian ini bertujuan membuat model sebaran partikel debu dengan memperhatikan kondisi topografi dari Pabrik PT. Semen Bosowa Maros, mendeteksi adanya pengaruh antara model sebaran partikel debu cerobong pabrik PT. Semen Bosowa Maros terhadap kadar klorofil daun jati dan menghitung dampak ekonomi terhadap daun jati yang terkena debu cerobong pabrik PT. Semen Bosowa Maros. Jenis penelitian ini adalah survei dengan menggunakan metode deksriptif kuantitatif berupa pengumpulan data menggunakan penelitian lapangan, pengolahan data lapangan, dan metode pemetaan untuk melihat pola sebaran emisi gas debu pabrik semen dan dampaknya terhadap tanaman pada lokasi penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola sebaran emisi dominan mengarah ke arah timur laut. Tingkat konsentrasi partikulat debu (TSP) tertinggi pada rata-rata 1 jam stasiun 1: 10, 997 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan stasiun 2: 16,657 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai konsentrasi pada setiap stasiun mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu. Hasil konsentrasi partikulat debu (TSP) pada setiap stasiun masih di bawah baku mutu sesuai dengan Pergub Sul-Sel No. 69 Tahun 2010 lampiran IIIA tentang Baku Mutu Udara Ambien sebesar 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan hasil analisis klorofil daun jati didapatkan pada stasiun 1 untuk tajuk atas 83,909 mg/mL; tajuk tengah 84,084 mg/mL; tajuk bawah 84,211 mg/mL dengan rata-rata klorofil 84,068 mg/mL dan untuk stasiun 2 memiliki nilai klorofil untuk tajuk atas 82,192 mg/mL; tajuk tengah 82,068 mg/mL; tajuk bawah 81,993 mg/mL dengan rata-rata klorofil 82,084 mg/mL. Adapun, untuk nilai klorofil daun jati yang berada di dalam kawasan pabrik yaitu untuk tajuk atas: 78,212 mg/mL; tajuk tengah 67,787 mg/mL; tajuk bawah 46,642 mg/mL dengan rata-rata klorofil 64,097 mg/mL. Perbedaan nilai klorofil tersebut belum menimbulkan dampak yang negatif terhadap daun jati, baik yang berada pada stasiun 1, stasiun 2 maupun yang berada di dalam kawasan pabrik. Nilai klorofil tersebut tidak memberikan dampak dari segi ekonomi kepada masyarakat yang berada di sekitar pabrik semen PT. Semen Bosowa Maros.

Kata kunci. Aermod, model sebaran, daun jati

ABSTRACT

SITI AINUNNISA ASIS. *Total Suspended Particulate (TSP) Distribution Model at PT. Semen Bosowa Maros and Its Effect on Teak Wood Chlorophyll Paper* (supervised by Alimuddin Hamzah Assagaf and Sri Suryani)

AERMOD is a Steady State model that assumes emission distribution in horizontal and vertical directions using a Gaussian concentration distribution. The aim of this study is to determine the distribution of dust particles by paving at topographic conditions, and the effect of dust particle distribution model in factory chimneys on the chlorophyll of teak leaves and to determine the economic impact on teak leaves exposed to chimney dust of PT. Semen Bosowa Maros. This type of research was a survey using quantitative descriptive method in the form of field data collection, field data processing, and mapping method to find out the distribution of dust gas emissions from cement plants and their impact on the plants at the research site. The results show that the predominant emission distribution pattern leads to the northeast. The highest level of molecular dust concentration is one hour on average at Station 1: 10,997 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and Station 2: 16,657 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The concentration value at each station decreases over time. The results of concentration of particulate dust (TSP) at each station are still below the quality standard according to Government Regulation No. 69 Year 2010 Appendix III.A regarding ambient air quality standard of 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The results of chlorophyll analysis of teak leaves obtained at station 1 indicate upper canopy 83,909 mg/mL, middle canopy 84,084 mg/mL, and bottom canopy 84,211 mg/mL with an average chlorophyll of 84,068 mg/mL, and the chlorophyll value of station 2 indicates upper canopy 82,192 mg/mL, middle canopy 82,068 mg/mL, and bottom canopy 81,933 mg/mL with an average chlorophyll of 82,084 mg/mL. Meanwhile, the chlorophyll value of teak leaves within the plant area indicates upper canopy 78,212 mg/mL, middle canopy 67,787 mg/mL, and bottom canopy 46,642 mg/mL with an average chlorophyll of 64,097 mg/mL. The differences of the chlorophyll values do not have a negative effect on the teak leaves in station 1, station 2, and in the plant area. The chlorophyll value has an economic impact on the communities surrounding the cement plant of PT. Semen Bosowa Maros.

Key words. AERMOD, distribution form, teak leaves

DAFTAR ISI

	Hal
SAMPUL DALAM	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
BUKTI KEASLIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	6
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Pencemaran Udara.....	7
B. Sumber Pencemaran Udara Industri Semen.....	8
C. Karakteristik Partikel Debu (TSP).....	9
D. Dampak Partikulat Terhadap Tanaman.....	10

E. Aermod.....	11
F. Dampak Sebaran Emisi Cerobong Terhadap Tanaman.....	14
G. Pengertian Klorofil.....	15
H. Jenis-Jenis Klorofil.....	17
I. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Klorofil.....	17
J. Peran Klorofil Pada Proses Fotosintesis.....	18
K. Cara Menentukan Kadar Klorofil.....	19
L. Respon Klorofil Terhadap Pencemaran Udara.....	20
M. Mekanisme Pohon Menjerap Partikel Debu.....	22
N. Penurunan Kadar Klorofil Akibat Pencemaran Partikel Debu.	23
O. Tanaman Jati (<i>Tectona grandis</i>).....	23
P. Kerangka Pikir.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
A. Rancangan Penelitian.....	27
B. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	27
C. Alat dan Bahan.....	28
D. Teknik Pengumpulan Data.....	29
E. Prosedur Penelitian.....	30
F. Alur Penelitian.....	34
G. Teknik Pengolahan dan Analisis Data.....	36
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	38
A. Hasil Penelitian.....	38

B. PT. Semen Bosowa Maros.....	39
1. Spesifikasi Cerobong PT. Semen Bosowa.....	39
2. Hasil Pemantauan Partikulat Cerobong PT. Semen Bosowa Maros	39
C. Windrose.....	40
D. Pemodelan Menggunakan AERMOD.....	43
1. Hasil Pemodelan Sebaran Partikulat.....	43
2. Pengukuran Udara Ambien Sekitar Pabrik Semen Bosowa Maros	51
E. Pengaruh Partikulat Terhadap Perbedaan Konsentrasi Klorofil	53
F. Dampak Ekonomi Yang Ditimbulkan Oleh Debu.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
A. Kesimpulan.....	58
B. Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
Lampiran 1 Windrose.....	64
Lampiran 2. Model Sebaran Partikulat.....	70
Lampiran 3. Foto Hasil Penelitian.....	77
Lampiran 4. Specrum Data Print Report.....	79

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Model Penyebaran Polutan dar Sumber Titik Berdasar Sebaran Gauss.....	13
Gambar 2. Spektrum respon biologis tanaman terhadap pencemaran udara.....	15
Gambar 3. Struktur klorofil daun.....	16
Gambar 4. Kerangka fikir.....	26
Gambar 5. Lokasi penelitian.....	28
Gambar 6. Skema penetapan lokasi pemantauan kualitas udara ambien.....	31
Gambar 7. Penempatan Lokasi Pemantauan Kondisi Meteorologis.....	32
Gambar 8. Alur Penelitian.....	35
Gambar 9. Windrose PT. Semen Bosowa Maros.....	42
Gambar 10. Peta Kontur Kawasan PT. Semen Bosowa Maros.....	44
Gambar 11. Hasil Pemodelan Sebaran Partikulat PT. Semen Bosowa Maros	47
Gambar 12. Pola Sebaran Partikulat Rata-Rata Tertinggi 1 Jam...	49
Gambar 13. Grafik Hubungan Konsentrasi Partikulat Terhadap Jarak Pada Stasiun 1.....	49
Gambar 14. Grafik Hubungan Konsentrasi Partikulat Terhadap Jarak Pada Stasiun 2.....	49

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Perbandingan pigmen klorofil a dan klorofil b.....	17
Tabel 2. Spesifikasi Cerobong PT. Semen Bosowa Maros	39
Tabel 3. Hasil Pemantauan Partikulat Cerobong PT. Semen Bosowa Maros	40
Tabel 4. Data Distribusi Angin PT. Semen Bosowa Maros	42
Tabel 5. Hasil Perhitungan Konsentrasi Maksimum Partikulat.....	47
Tabel 6. Hasil Pengukuran langsung udara ambien bersama petugas BBHIP.....	52
Tabel 7 Klorofil Daun Jati Stasiun 1.....	53
Tabel 8 Klorofil Daun Jati Stasiun 2.....	53
Tabel 9 Klorofil Daun Jati Kawasan Pabrik.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran udara merupakan masuknya atau dimasukkannya zat, energi dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP No. 41 Tahun 1999).

Salah satu sektor yang melepaskan polutan ke udara adalah aktivitas sektor industri. Perkembangan teknologi dan industri yang terus meningkat ternyata membawa dampak bagi kehidupan manusia, baik dampak positif maupun dampak negatif. Dampak positif diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidup. Namun dampak negatif yang tidak diharapkan yaitu peningkatan kadar polutan di udara baik dalam bentuk gas maupun partikulat sehingga berpotensi menurunkan kualitas udara ambien. Industri semen merupakan salah satu industri yang menggunakan pemanasan suhu tinggi dalam proses produksi, dengan bahan bakar utama yaitu batu bara dan bahan baku utama berupa batu kapur (Rahmadani, 2017).

PT. Semen Bosowa Maros merupakan perusahaan Swasta Nasional (PMDN) yang didirikan pada tanggal 25 Januari 1991. Terletak di Kabupaten Maros, Kecamatan Bantimurung, Desa Baruga ,Dusun Balang,

berjarak kurang lebih 50 km arah utara Kota Makassar. PT. Semen Bosowa Maros merupakan salah satu produsen Semen jenis *Portland Composit Cement* (PCC) dan *Ordinary Portland Cement* (OPC) dengan kapasitas produksi terpasang 4,3 juta ton per tahun dengan cakupan wilayah kegiatan meliputi wilayah Indonesia dan ekspor ke berbagai Negara Asia, Eropa dan Afrika dengan Konsesi penambangan meliputi luas kurang lebih 1.100 ha, yang mencakup Desa Tukamasea dan Desa Baruga, Kecamatan Bantimurung yang terdiri dari wilayah pengambilan bahan baku (batu kapur dan tanah liat) seluas 1.000 ha, serta lokasi pabrik 60 ha dan perumahan karyawan seluas 40 ha. Dalam menjalankan aktivitasnya, PT. Semen Bosowa Maros berinduk kepada kebijakan perusahaan secara keseluruhan namun dalam menjalankan roda perusahaan ketersediaan produk semen yang dimiliki disesuaikan dengan karakteristik daerah dan potensi daerah setempat (PT. Semen Bosowa Maros, 2020).

Berdasarkan hasil laporan RKL/RPL PT. Semen Bosowa Maros (2019), Produk semen yang dikelola dan di produksi PT. Semen Bosowa Maros adalah Semen Portland Type 1 dan Semen Pozolan. Adapun jenis bahan baku yang digunakan adalah batu kapur (*limestone*), tanah liat (*clay*), pasir silica, pasir besi (*Iron ore/Stell Slug/Cooper Slag*), trass (khusus untuk pembuatan semen PPC, gypsum (untuk bahan retarder cement).

Pada proses kegiatannya, pabrik ini menghasilkan debu yang mengandung silika yang teremisikan ke udara. Debu yang hanya beberapa mikron ukurannya beterbangan, mempengaruhi lingkungan atmosfer. Partikel debu ini menyebabkan gangguan kesehatan manusia dan berpotensi menyebabkan penyakit silikosis (Hasibuan dkk., 2014). Debu yang keluar dari cerobong atau *stack*, mempengaruhi kualitas udara ambien. Polutan yang diemisikan oleh industri akan mengalami penyebaran di atmosfer yang dipengaruhi oleh dinamika atmosfer seperti arah angin, suhu udara dan kestabilan atmosfer (Dewi, 2018).

Vegetasi dipergunakan oleh manusia untuk menanggulangi pencemaran udara. Di dalam penanggulangan cemaran udara oleh vegetasi ada dua proses yaitu penyerapan (*absorption*) dan penjerapan (*adsorption* atau *entraption*) (Grey dan Deneke, 1986). Menurut Fendeli (2000) khusus untuk cemaran debu proses penjerapan yang paling banyak adalah debu menempel pada daun, ranting dan cabang tanaman di sekitar pabrik. Penjerapan debu ini menghilangkan estetika dan menutup helaian daun dan stomatanya. Dalam waktu panjang penutupan helaian daun oleh debu akan mengganggu proses fotosintesis dari tanaman. Oleh karena itu, diperlukan analisis sebaran polutan pencemar udara.

Analisis sebaran polutan pencemar udara dari sumber diperlukan sebagai upaya mengantisipasi dampak yang mungkin terjadi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu menggunakan model sebaran

pencemar udara. Proses model *plume* Gauss, cocok untuk mengidentifikasi hubungan input dan output dari data yang diuji. Salah satu model Gaussian *plume* yang dapat digunakan adalah Model AERMOD. AERMOD merupakan model Stady State yang mengasumsikan distribusi konsentrasi Gaussian. Hasil prediksi pola dapat menggambarkan nilai konsentrasi polutan hingga beberapa kilometer dari sumber emisi berdasarkan kondisi klimatologi wilayah tersebut (Sabin dkk., 2000).

Polutan udara di atas ambang batas menyebabkan kerusakan klorofil pada daun yang dapat menyebabkan perubahan fisiologi tanaman sehingga dapat menghambat proses pertumbuhan suatu tanaman pada proses fotosintesis (A'yuningsih, 2017). Terjadinya kerusakan pada klorofil akibat polutan SO₂ juga menyebabkan penurunan kadar Mg²⁺ karena menurunnya pH pada sehingga memicu terjadinya konversi klorofil menjadi feofitin (Rachmani, 2003). Feofitin atau terbentuknya senyawa turunan lain ditandai dengan perubahan warna pada daun yang semula berwarna hijau alami menjadi warna coklat karena terjadinya proses ketidakstabilan pada klorofil akibat terjadinya pelepasan gugus fitol (Indrasti, 2019).

Berdasarkan hal-hal di atas, diperlukan suatu studi pemodelan sebaran polutan dari cerobong asap PT. Semen Bosowa Maros terhadap kualitas udara ambien sehingga dapat diketahui arahan sebaran serta konsentrasi cemarannya di suatu wilayah tertentu. Prediksi pola sebaran

polutan tersebut perlu diketahui untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan khususnya pada tanaman jati yang ada di sekitar PT. Semen Bosowa Maros.

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang yang dikemukakan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah :

1. Bagaimana sebaran polutan partikel debu (TSP) dengan memperhatikan kondisi topografi dari Pabrik PT. Semen Bosowa Maros?
2. Bagaimanakah hubungan Model sebaran polutan partikel debu (TSP) cerobong pabrik PT. Semen Bosowa Maros terhadap kadar klorofil daun jati (*Tectona Grandis*) ?
3. Bagaimana dampak ekonomi terhadap daun jati yang terkena polutan partikel debu (TSP) cerobong pabrik PT. Semen Bosowa Maros?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat model sebaran partikel debu dengan memperhatikan kondisi topografi dari Pabrik PT. Semen Bosowa Maros.
2. Mendeteksi adanya pengaruh antara model sebaran partikel debu cerobong pabrik PT. Semen Bosowa Maros terhadap kadar klorofil daun jati.

3. Menghitung dampak ekonomi terhadap daun jati yang terkena debu cerobong pabrik PT. Semen Bosowa Maros.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan

1. Memberikan informasi tentang sebaran partikel debu cerobong terhadap kandungan klorofil daun jati di sekitar Pabrik semen kepada instansi–instansi terkait seperti Dinas Kesehatan Kota Maros dan Badan Lingkungan Hidup Daerah.
2. Memberikan informasi kepada perusahaan PT. Semen Bosowa Maros tentang pengaruh sebaran partikel debu Cerobong terhadap kandungan klorofil daun dalam upaya pencegahan dampak yang ditimbulkan terhadap tanaman jati yang hidup di lingkungan industri
3. Sebagai bahan informasi bagi masyarakat yang bermukim di sekitar lokasi industri tentang dampak dari konsentrasi polutan di udara.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Batasan dalam penelitian ini terdiri dari: sampling udara ambien yang diukur adalah parameter partikel debu. Daun jati yang digunakan dalam menyerap partikel diambil di sekitar industri semen dengan radius 2 km². Penelitian ini dibatasi pada hubungan antara konsentrasi emisi partikel terhadap kandungan klorofil daun jati. Penelitian ini tidak mengambil sumber pencemaran udara lain selain emisi cerobong pabrik semen dan tidak mengambil sampel daun dari jenis tanaman yang lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara

Udara adalah 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 H₂O dan Karbondioksida (CO₂). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu. Apabila komposisi udara mengalami perubahan karena berkurang atau bertambahnya konsentrasi suatu gas, atau ada penambahan gas lain dengan kadar tertentu sehingga mengganggu keseimbangan komposisi udara, atau adanya partikel debu atau asap yang dapat mengotori udara, maka udara sudah dikatakan tercemar. Dengan kata lain kualitas udara sudah menurun (Fardiaz, 1992).

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP Nomor 41 Tahun 1999 dalam Suharto, 2011).

Pencemaran udara di Indonesia telah menjadi permasalahan yang selalu hadir dalam isu lingkungan dalam beberapa kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya Semarang, Bandung dan Medan, maupun pada pusat-

pusat pertumbuhan Industri. Hasil pemantauan beberapa parameter pencemaran udara (debu, SO₂, NO_x, CO, HC, dan Pb) menunjukkan kualitas udara ambien di lokasi-lokasi tertentu di kota-kota besar cukup memprihatinkan. Berkaitan dengan isu lingkungan global, Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk nomor empat di dunia juga menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang dapat menyebabkan pemanasan global. Namun dengan adanya hutan tropis yang luas, GRK tersebut banyak diserap kembali (Daud, 2011).

B. Sumber Pencemaran Udara Industri Semen

Semen merupakan produk industri yang terbuat dari paduan bahan baku berupa batu kapur, tanah liat dan bahan tambahan lainnya dengan hasil akhir berupa bubuk. Batu kapur adalah bahan alam yang mengandung kalsium oksida (CaO), sedangkan tanah liat/lempung adalah bahan alam yang mengandung senyawa silika oksida (SiO), aluminium oksida (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃) dan magnesium oksida (MgO). Dalam proses pembuatan semen, bahan baku tersebut harus dibakar sampai meleleh, sebagian akan membentuk clinker yang kemudian dihancurkan serta ditambah gips (*gypsum*) dalam jumlah yang disesuaikan (Mengkid, 2006). Pada umumnya partikulat yang berasal dari pabrik semen memiliki komponen yang berbeda. Komponen utama bahan baku debu semen yang dihasilkan dari proses penggilingan pertama adalah CaO (41,77%), SiO₂ (11,72%) CaO (41,77%), SiO₂ (11,72%), Al₂O₃ (3,45%), dan Fe₂O₃

(1,47%), sedangkan debu klinker semen yang dihasilkan dari penggilingan kedua. Proses ini terutama terdiri dari CaO (48,09-65,50%), SiO₂ (14,02-21,56%), Al₂O₃ (2,86-3,76%), dan Fe₂O₃ (1,77-2,66%) (Anh dkk., 2004). Pada proses distribusi dan produksi dihasilkan emisi dominan adalah partikel debu dan gas buangan ke udara seperti Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), Timah hitam (Pb) dan Ozon (O₃) (Suryani dkk., 2010).

Debu yang keluar dari cerobong atau *stack*, mempengaruhi kualitas udara ambien atau lingkungan. Cemaran atau polutan berupa butiran debu ini, sebelum teremisikan ke udara dicegah oleh *Electrostatic Precipitator* (EP) yang dipasang dalam cerobong. Namun EP tidak berkemampuan untuk menangkap seluruh butiran debu. Sebagian kecil dari partikel debu semen ini masih lepas dari EP dan teremisikan ke atmosfer sehingga mencemari lingkungan (Septianda, 2016).

C. Karakteristik Partikel Debu / *Total Suspended Particulate* (TSP)

Partikulat menurut Godish (1991) adalah istilah yang umum digunakan untuk mendeskripsikan partikel padat maupun cair yang sangat kecil. Debu merupakan partikulat padat yang berukuran antara 1 mikron sampai dengan 100 mikron. Debu didefinisikan sebagai suatu sistem *disperse* (aerosol) dari partikulat padat yang dihasilkan secara mekanik seperti *crushing* (penghancuran), *handling* (penghalusan) atau *grinding* (penggerindaan).

Karakteristik fisik partikulat yang paling utama adalah ukuran dan distribusinya. Secara umum partikulat berdasarkan ukurannya dibedakan atas dua kelompok, yaitu partikel halus (*fine particles*, ukuran kurang dari 2,5 μm) dan partikel kasar (*coarse particles*, ukuran lebih dari 2,5 μm). Perbedaan antara partikel halus dan partikel kasar terletak pada sumber, asal pembentukan, mekanisme penyisihan, sifat optiknya, dan komposisi kimianya. Partikel halus dan partikel kasar ini dikelompokkan ke dalam partikel tersuspensi yang dikenal dengan *Total Suspended Particulate* (TSP) yaitu partikel dengan ukuran partikel kurang dari 100 μm (Ruslinda, 2012).

D. Dampak Partikulat Terhadap Tanaman

Pengaruh partikulat terhadap tanaman terutama adalah dalam bentuk debunya, debu tersebut jika bergabung dengan uap air atau air hujan gerimis akan membentuk kerak yang tebal pada permukaan daun, dan tidak dapat tercuci dengan air hujan kecuali dengan menggosoknya. Lapisan kerak tersebut mengganggu proses fotosintesis pada tanaman, karena menghambat masuknya sinar matahari dan mencegah pertukaran CO_2 dengan atmosfer. Akibatnya pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Bahaya lain yang ditimbulkan dari pengumpulan partikulat pada tanaman adalah kemungkinan bahwa partikulat tersebut mengandung komponen kimia yang berbahaya bagi hewan yang memakan makanan tersebut (Ratnani, 2008).

E. AERMOD

AERMOD merupakan model penyebaran dengan pendekatan Gaussian yang dikembangkan oleh AERMIC (American Meteorological Society {AMS}/ United States Environmental Protection Agency {EPA} Regulatory Model Improvement Committee). AERMOD merupakan sistem permodelan dispersi atmosferik yang terdiri dari tiga modul yang terintegrasi yaitu model dispersi untuk kondisi tunak, pra pengolah data meteorologi dan pra pengolah data permukaan bumi. AERMOD menggunakan pendekatan Gaussian dan bi-Gaussian dalam model dispersinya, yang menghasilkan konsentrasi polutan di udara ambien dalam periode harian, bulanan maupun tahunan. AERMOD dapat digunakan untuk area perkotaan dan pedesaan, permukaan bumi yang rata atau berelevasi, emisi gas yang dikeluarkan oleh banyak sumber (termasuk sumber titik, area atau volume).

AERMOD merupakan model gaussian jangka pendek (kurang dari 50 km) untuk mensimulasikan penyebaran emisi cerobong dari aktivitas industri. Model ini telah dikalibrasi dan diadopsi oleh US.EPA sejak tahun 2005 untuk menggantikan model ISC3. AERMOD menggunakan teori similaritas Planetary Boundary Layer (PBL) untuk memperhitungkan dispersi yang dipengaruhi oleh pemanasan permukaan dan gesekan. Model ini membutuhkan informasi permukaan berupa panjang kekasaran, kelembaban, dan reflektifitas. Selain itu, informasi atmosfer atas yang lengkap diperlukan untuk menentukan kedalaman lapisan pencampuran

(*mixing height*), dan membangun penetrasi plume parsial sepanjang bagian atas lapisan pencampuran (Assegaf dan Jayadipraja, 2005).

AERMET menggunakan data meteorologi dan karakteristik permukaan untuk menghitung parameter lapisan batas (misalnya tinggi pencampuran, kecepatan gesekan dan lain-lain) yang dibutuhkan oleh AERMOD. Data ini, apakah diukur di luar lokasi atau di lokasi, harus mewakili meteorologi dalam domain pemodelan. AERMAP menggunakan data terrain kisi-kisi untuk area pemodelan untuk menghitung ketinggian pengaruh medan yang representatif yang terkait dengan setiap lokasi reseptor. Data kisi-kisi diberikan ke AERMAP dalam format data Digital Elevation Model (DEM) (USGS 1994). Preprocessor terrain juga dapat digunakan untuk menghitung ketinggian untuk reseptor terpisah dan kisi reseptor (Cimorelli, 2004).

Nauli (2002) menjelaskan bahwa model dispersi Gauss dapat menyatakan secara sederhana penyimpangan partikel di udara terhadap waktu. Banyaknya polutan yang dikeluarkan secara tetap dari cerobong asap (Q) akan terbawa angin dengan kecepatan u dalam arah horizontal (x) dengan kecepatan massa Q/u . Untuk polutan yang tidak bereaksi, massa polutan yang terkandung dalam setiap jarak akan sama harganya. Akan tetapi kadarnya akan berkurang sesuai dengan bertambahnya jarak, karena turbulensi atmosfer cenderung menyebarkan material ke arah horizontal dan vertikal. Kadar rata-rata polutan pada suatu titik akan

berbanding terbalik terhadap lebar sebaran dan kecepatan angin. Model Gauss diekspresikan dalam persamaan di bawah ini :

$$C = \frac{Q}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) \times \left\{ \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z-H_e)^2}{\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z+H_e)^2}{\sigma_z^2}\right) \right\} \quad (1)$$

Keterangan :

C = Konsentrasi polutan udara dalam massa per volume (mg/m^3)

Q = Laju emisi polutan dalam massa per waktu (mg/s)

U_s = Kecepatan angin di titik sumber (m/s)

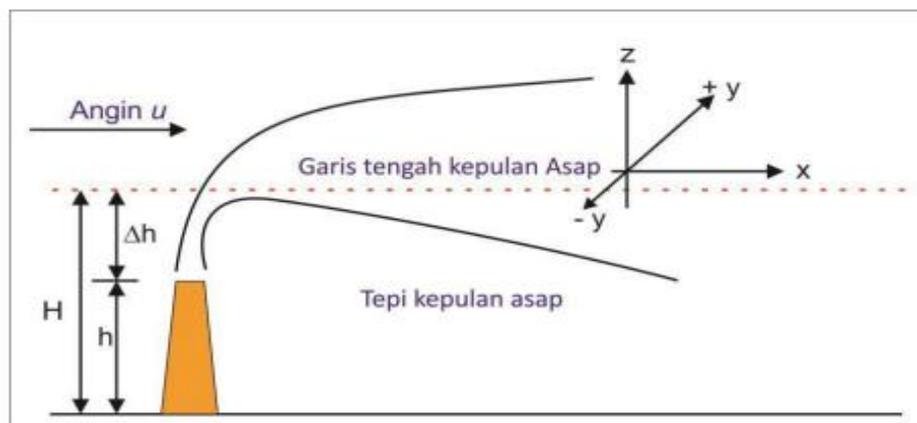
σ_x = Koefisien dispersi secara horizontal (m)

σ_y = Koefisien dispersi secara vertikal (m)

π = Konstanta matematika (3,14)

H_e = Tinggi efektif stack (cerobong) di pusat kepulan (m)

Y = Jarak pengamatan sejajar dengan sumbu-y dari sumber emisi (m)



Gambar 1. Model Penyebaran Polutan dari Sumber Titik Berdasar Sebaran Gauss (Rahmadani, 2017)

Gambar 1. menggambarkan ilustrasi tentang pemodelan dispersi polutan dengan model Gaussian plume. Polutan bergerak searah dengan

arah angin pada sumbu-x. Sumbu-y adalah tegak lurus horizontal dengan sumbu-x dan sumbu-z adalah vertikal dengan permukaan tanah. Difusi polutan terjadi dalam tiga dimensi karena molekul-molekul polutan berdifusi pada sumbu-x, sumbu-y dan sumbu-z. Selain proses difusi, terjadi proses adveksi atau transportasi polutan yang diakibatkan oleh angin pada sumbu-x.

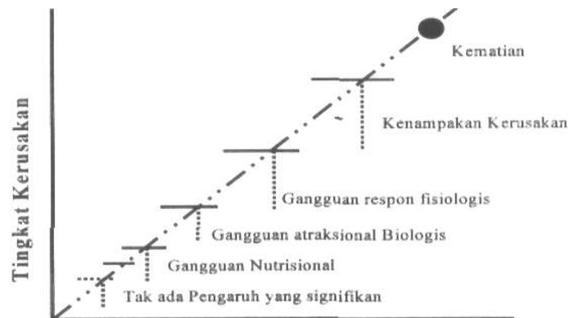
Untuk menjalankan AERMOD View membutuhkan data laju emisi. Laju emisi diekspresikan sebagai satuan massa polutan yang dilepaskan per satuan waktu dimana satuan laju emisi yang digunakan adalah dalam g/s. Untuk mendapatkan satuan tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Laju emisi} = \text{Faktor emisi} \times \text{laju udara pada cerbong} \quad (2)$$

$$\text{Laju udara pada cerobong} = \text{Stack exit volocity} \times \text{Luas permukaan stack} \quad (3)$$

F. Dampak Sebaran Emisi Cerobong Terhadap Tanaman

Tumbuhan memiliki reaksi yang besar dalam menerima pengaruh perubahan atau gangguan akibat polusi udara dan perubahan lingkungan. Hal ini terjadi karena banyak faktor yang berpengaruh, diantaranya spesies tanaman, umur, keseimbangan nutrisi, kondisi tanaman, suhu, kelembaban dan penyinaran. Penambahan konsentrasi pencemar ke udara dapat secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan tingkat kerusakan yang berbeda-beda (Budyono, 2001).



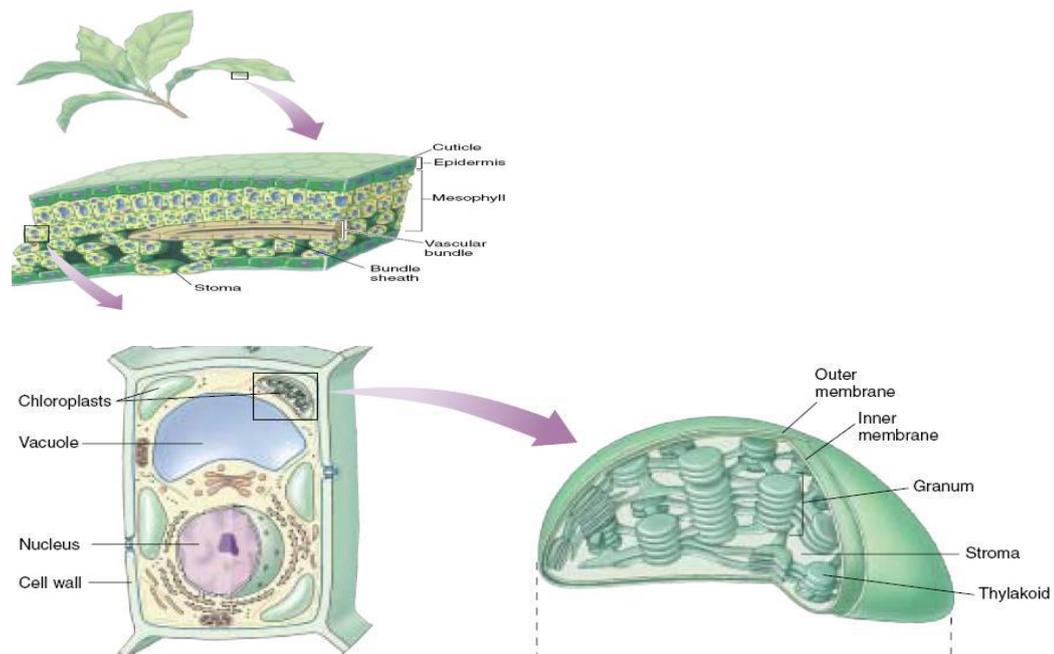
Gambar 2. Spektrum respon biologis tanaman terhadap pencemaran udara (Arthur C. Stern dkk., 1984)

Pengaruh partikulat terhadap tanaman terutama adalah dalam bentuk debunya, dimana debu tersebut jika bergabung dengan uap air atau air hujan gerimis akan membentuk kerak yang tebal pada permukaan daun, dan tidak dapat tercuci dengan air hujan kecuali dengan menggosoknya. Lapisan kerak tersebut mengganggu proses fotosintesis pada tanaman karena menghambat masuknya sinar matahari dan mencegah pertukaran CO₂ dengan atmosfer. Akibatnya pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Bahaya lain yang ditimbulkan dari pengumpulan partikulat pada tanaman adalah kemungkinan bahwa partikulat tersebut mengandung komponen kimia yang berbahaya bagi hewan yang memakan makanan tersebut (Ratnani, 2008).

G. Pengertian Klorofil

Klorofil adalah pigmen yang berperan penting dalam proses fotosintesis. Klorofil merupakan zat hijau daun yang terdapat pada semua tumbuhan hijau yang berfotosintesis (Rahmi, 2017). Sifat fisik klorofil adalah menerima dan atau memantulkan cahaya dengan gelombang yang

berlainan. Klorofil banyak menyerap sinar dengan panjang gelombang antara 400-700 nm, terutama sinar merah dan biru. Salah satu sifat kimia klorofil adalah tidak larut dalam air, melainkan larut dalam pelarut organik yang lebih polar, seperti ethanol (Dwidjoseputro, 1994).



Gambar 3. Struktur klorofil daun (Johnson, 2002)

Pigmen utama yang terdapat di dalam membran tilakoid adalah klorofil a dan klorofil b. Membran tilakoid inilah yang menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi kimia dalam bentuk ATP melalui serangkaian proses yang melibatkan ekstasi elektron (Gardner, 1991).

H. Jenis-Jenis Klorofil

Tanaman tingkat tinggi mempunyai dua macam klorofil yaitu klorofil a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) yang berwarna hijau tua dan klorofil b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) yang berwarna hijau muda. Klorofil a dan klorofil b paling kuat menyerap cahaya di bagian merah (600-700 nm), dan paling sedikit menyerap cahaya hijau (500-600 nm). Perbandingan kedua macam klorofil ini dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Perbandingan pigmen klorofil a dan klorofil b

Aspek	Klorofil a	Klorofil b
Rumus kimia	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
Gugus pengikat	-CH ₃ (metil)	HC=O
Cahaya yang diserap	Biru-violet dan merah	Biru dan oranye
Absorpsi maksimum	Pada λ 390-700 nm	Pada λ 400-670 nm

Sumber : Oktavia, 2009.

Kadar klorofil total dihitung dengan rumus **Wintermans and de Mots**:

$$\text{Klorofil a (mg/L)} = (13,7 \times \text{OD } 665) - (5,76 \times \text{OD } 649)$$

$$\text{Klorofil b (mg/L)} = (25,8 \times \text{OD } 649) - (7,7 \times \text{OD } 665)$$

$$\text{Total Klorofil (mg/L)} = 20 (\text{OD } 649) + 6,1 (\text{OD } 665) \quad (4)$$

Keterangan: OD (*optical density*) atau nilai absorbansi klorofil.

I. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Klorofil

Pembentukan klorofil dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut ini :

1. Klorofil dapat terbentuk dengan adanya sinar matahari yang mengenai langsung ke tanaman

2. Tanaman yang tidak mendapat oksigen meskipun diberikan sinar matahari maka tanaman tidak dapat membentuk klorofil
3. Karbohidrat ternyata dapat membantu pembentukan klorofil dalam klorofil dalam daun-daun yang mengalami pertumbuhan. Tanpa adanya karbohidrat, maka daun-daun tersebut tidak akan menghasilkan klorofil.
4. Nitrogen, Magnesium, dan Besi merupakan suatu keharusan dalam pembentukan klorofil, jika kekurangan salah satu dari zat-zat tersebut akan mengakibatkan klorosis pada tumbuhan.
5. Unsur Mn, Cu dan Zn meskipun jumlah yang dibutuhkan hanya sedikit dalam pembentukan klorofil. Namun, jika tidak ada unsur-unsur tersebut maka tanaman mengalami klorosis juga.
6. Kekurangan air pada tumbuhan mengakibatkan desintegrasi dari klorofil seperti terjadi pada rumput dan pohon-pohon dimusim kering.
7. Suhu 30-40°C merupakan suatu kondisi yang baik untuk pembentukan klorofil pada kebanyakan tanaman, akan tetapi yang paling baik adalah suhu antara 26-30°C (Dwidjoseputro, 1981).

J. Peran Klorofil pada Proses Fotosintesis

Fotosintesis merupakan suatu proses metabolisme dalam tanaman untuk membentuk karbohidrat yang menggunakan CO₂ dari udara bebas dan air dari dalam tanah dengan bantuan cahaya matahari dan klorofil

(Jumin, 1989). Proses fotosintesis akan terjadi jika ada cahaya dan pigmen perantara yaitu klorofil.

K. Cara Menentukan Kadar Klorofil

Salah satu cara untuk menentukan kadar klorofil daun dengan metode atau alat *spektrofotometer Uv-Vis*. *Spektrofotometer Uv-Vis* termasuk dalam analisa kuantitatif yang didasarkan pada sifat warna larutan yang terjadi. Metoda ini dapat digunakan apabila, sample yang diukur harus berwarna, kestabilan warna cukup lama, intensitas warna terjadi cukup tajam, warna larutan harus bebas dari gangguan. Warna larutan yang terjadi berbanding lurus dengan kadar klorofil daun (Khopkar, 2008).

Metode Spektrofotometri Ultra-Violet dan Sinar Tampak telah banyak diterapkan untuk penetapan senyawa-senyawa organik yang umumnya digunakan untuk penentuan senyawa dalam jumlah yang sangat kecil (Skoog dan West, 1971).

Menurut Asis (2020) Sampel daun yang diambil dari lokasi silo pabrik semen, yang memiliki debu pada permukaan daun. Diasumsikan bahwa debu pada permukaan hanya berasal dari semen yang diemisikan dari cerobong. Sebagai perbandingan, sampel daun juga diambil dari pinggir jalan menuju lokasi jalan utama. Seharusnya menjadi sumber debu polutan adalah aktivitas lalu lintas. Sampel ketiga adalah kontrol, dan pabrik ini terletak di area peternakan yang jauh dari jalan raya atau pabrik

semen. Sampel daun kemudian dibawa ke laboratorium untuk karakterisasi menggunakan Fluoresensi sinar-X (XRF) untuk memntukan kandungan mineral, dan spektrofotometer UV-tampak digunakan untuk menghitung Konsentrasi klorofil total. Konsentrasi klorofil total dihitung dengan menggunakan Persamaan Wintermans dan Mots adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Klorofil (mg/L)} = (20,0 \times A_{649}) + (6,10 \times A_{665})$$

L. Respon Klorofil Terhadap Pencemaran Udara

Unsur partikel debu yang dikeluarkan oleh stack pabrik semen teremisikan ke udara dengan ukuran besar lebih dari 10 mikron merupakan sedimented dust. Sementara partikel debu berukuran kurang dari 10 mikron menjadi suspended dust yang melayang layang di udara. Sebagian dari debu ini mengendap di atas permukaan tanah dan sebagian menempel pada bangunan atau vegetasi. Debu yang menempel pada vegetasi dapat menutup stomata daun yang sedang menutup atau terbuka. Pada tengah hari yang sangat panas stomata daun menutup untuk mengurangi penguapan (Rosenberg, 1974). Apalagi bila daun tertutup debu dalam waktu panjang. Di dalam waktu yang panjang penutupan debu pada daun menyebabkan terganggu proses fisiologis daun. Terganggunya daun dapat diindikasikan dengan jelas apabila dilakukan pengamatan secara morfologis, anatomis maupun analisis unsur yang terdapat pada daun dengan analisis abu (*ash analysis*). Salah

satu parameter yang dapat diperoleh dari analisis debu di laboratorium, yaitu kandungan klorofil yang menurun dalam daun oleh terganggunya unsur nitrat (*nitrate reductase*) atau nitrat reduktase, padahal nitrat reduktase ini paling penting dalam proses fotosintesis (Derlin, 1982).

Tanaman akan menunjukkan penurunan kadar klorofil pada kondisi udara yang tercemar. Hal ini disebabkan rusaknya kloroplas. Pembentukan kloroplas dipengaruhi oleh H₂O dan O₂. Zat pencemar udara yang masuk melalui celah daun akan menetap pada jaringan mesofil daun yang di dalamnya terdapat banyak kloroplas. Ruang antar sel merupakan tempat pertukaran H₂O, O₂, dan CO₂ yang berada di sekitar jaringan mesofil. Zat pencemar akan masuk ke ruang antar sel yang menghambat pembentukan kloroplas sehingga mengakibatkan penurunan laju fotosintesis sehingga akan mempengaruhi laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Triyati, 1985).

Pengaruh polutan pencemar udara terhadap klorofil sangat besar. Jika konsentrasi pencemar udara tinggi maka molekul klorofil terdegrasi menjadi *paheophitin* dan Mg²⁺. Molekul Mg²⁺ dalam molekul klorofil diganti oleh dua atom hidrogen yang berakibat perubahannya karakteristik spektrum cahaya dari molekul klorofil, bahkan dalam waktu pemaparan yang lama akan menyebabkan hilangnya klorofil (Siregar, 2005).

Selain menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia paparan gas SO₂ , NO_x dan debu dapat menyebabkan gangguan pada beberapa jenis tanaman karena dapat merusak susunan klorofil pada tumbuhan

(Knabe, 1976). Menurut (Kovacs dalam Widowati, 2011) menambahkan bahwa masuknya polutan secara berlebihan akan mengurangi asupan Mg sehingga menyebabkan perubahan pada volume dan jumlah kloroplas. Proses rusaknya struktur kloroplas berawal dari pembentukan struktur kloroplas yang sangat dipengaruhi oleh unsur Mg. Unsur Mg termasuk unsur hara makro merupakan penyusun molekul klorofil. Oleh karena itu dengan serapan polutan dalam jumlah kecil sudah dapat menggantikan Mg dalam klorofil yang dapat merusak struktur kloroplas sebagai bahan warna hijau pada batang dan daun, sehingga berakibat menurunnya warna hijau, akhirnya terjadi klorosis (Widowati, 2011). Menurut (Kozlowski dan Mudds dalam Dwiputri, 2015) menyatakan bahwa adanya pencemaran udara dapat menimbulkan nekrosis dan klorosis yang melibatkan mekanisme kerusakan klorofil, masuknya polutan pada daun dapat mengakibatkan rusaknya kutikula sehingga respirasi terhambat dan proses fotosintesis juga terhambat.

M. Mekanisme Pohon Menjerap Partikel Debu

Tanaman memiliki kemampuan mengurangi polutan partikel debu. Penggunaan vegetasi dalam menyaring debu, jelaga dan partikulat dari atmosfer telah lama diketahui dan dipraktekkan secara umum di banyak negara. Pada umumnya proses penangkapan (*entrapped*) debu oleh daun, cabang dan ranting pohon dilakukan melalui dua proses yaitu penyerapan dan penjerapan. Besarnya debu yang diserap maupun dijerap

oleh pohon tergantung dari luas permukaan bidang penangkap debu. Pohon berdaun lebar, rimbun dengan ranting dan cabang yang banyak secara intensif dapat menangkap partikel lebih banyak dibanding pohon berdaun sempit dan jarang (Lin, 1976, Sharmar dan Roy, 1997, Brack, 2002).

N. Penurunan Kadar Klorofil Akibat Pencemaran Partikel Debu

Tanaman memiliki kadar klorofil tertentu yang terbentuk dari berbagai faktor. Oleh karena itu, kandungan klorofil sering dijadikan indikator terhadap pencemaran udara (Karliansyah, 1997). Menurut (Derlin, 1982) Pencemaran udara oleh debu menurunkan kandungan klorofil dalam daun oleh terganggunya unsur nitrat (*nitrate reductase*) atau nitrat reduktase, padahal nitrat reduktase ini penting dalam proses fotosintesis. Penurunan kadar klorofil diawali oleh hilangnya atom magnesium dari molekul pusat atau hilangnya rantai ekor fitol. Ketika molekul terdegradasi maka molekul turunannya akan membentuk *pheopytins*, *chlorophyllides*, dan *phaeophorbides* yang tergantung pada molekul induknya (Clarson dalam Arrohmah, 2007).

O. Tanaman Jati (*Tectona grandis*)

Secara morfologi, tanaman jati memiliki memiliki tinggi yang dapat mencapai sekitar 30-45 m, dengan pemangkasan, batang yang bebas cabang dapat mencapai antara 15-20 m. Diameter batang dapat

mencapai 220 cm. Kulit kayu berwarna kecoklatan atau abu-abu yang mudah terkelupas. Pangkal batang berakar papan pendek dan bercabang sekitar empat.

Daun berbentuk *opposite* (bentuk jantung membulat dengan ujung meruncing), berukuran panjang 20-50 cm dan lebar 15-40 cm, permukaanya berbulu. Daun muda (*petiola*) berwarna hijau kecoklatan, sedangkan daun tua berwarna hijau tua keabu-abuan (Sumarna, 2011).

Menurut Yahya (2011) Jati tumbuh dengan baik pada kawasan hutan dataran rendah dengan kandungan hara optimal sebagai berikut:

1. Curah hujan antara 750-1500 mm/tahun
2. Suhu udara antara 34-42°C, dan
3. Kelembapan sekitar 70%.

P. Kerangka Pikir

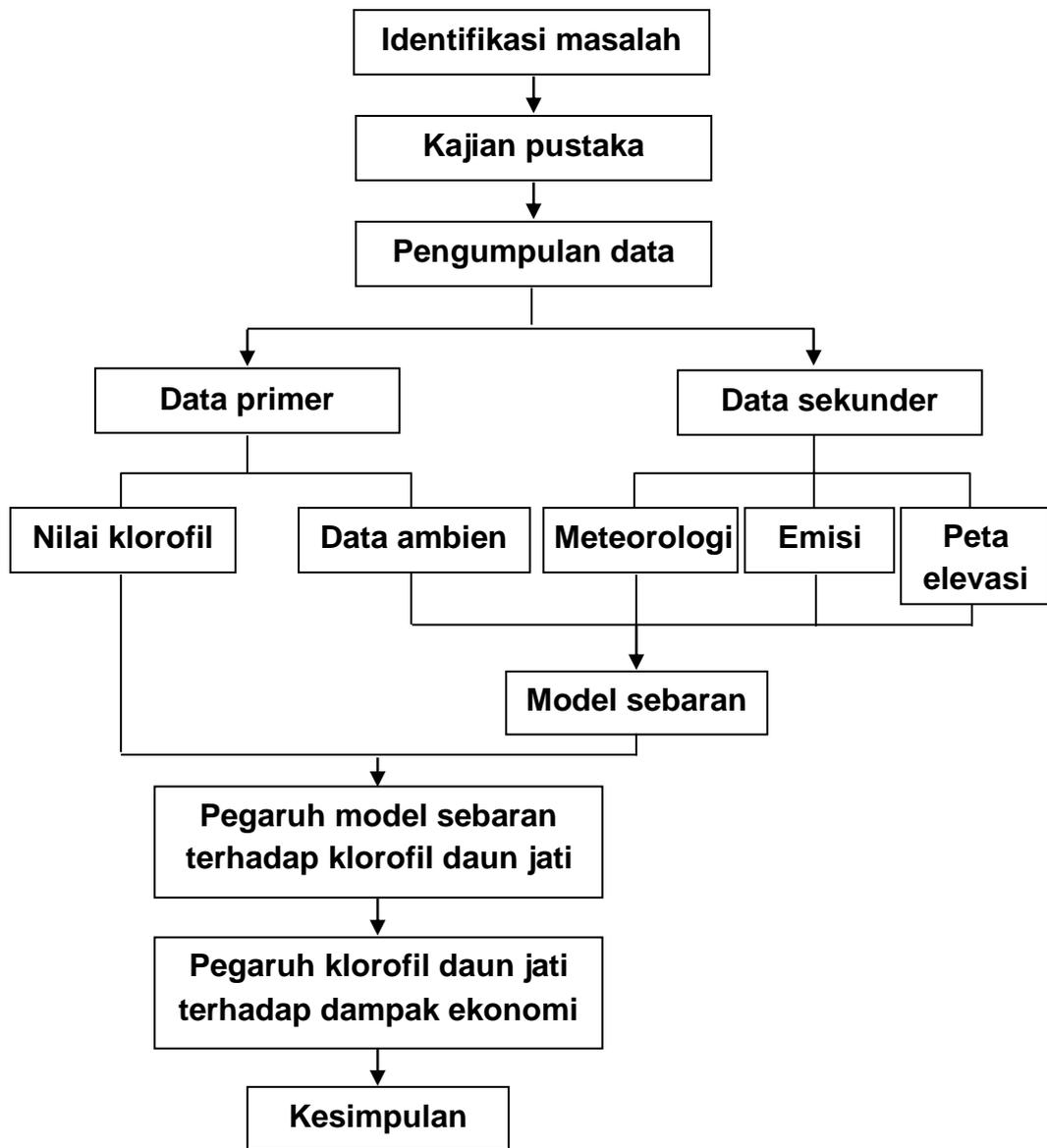
Sebaran partikel debu di udara ambien yang diemisikan dari *stack* pabrik PT. Semen Bosowa Maros akan mengalami sebaran sesuai dengan kondisi meteorologi dan topografi. Konsentrasinya dapat diperkirakan untuk berbagai arah dan jarak sebaran dengan menggunakan model AERMOD. Pada model tersebut beberapa parameter input bagi kondisi emisi yaitu : tinggi cerobong, diameter mulut cerobong, suhu emisi dan laju emisi.

Pada diagram alir sistem pencemaran udara yang ditampilkan dalam gambar 4 menunjukkan keterkaitan antara sumber pencemar udara serta

proses penyebarannya hingga ke penerima (*receptor*) serta upaya pemantauan dan pengendaliannya untuk melindungi vegetasi atau tumbuhan dari dampak negatif yang timbul.

Sistem pencemaran udara berawal dari bermacam-macam jenis emisi yang langsung ke udara dari sumbernya, yang pada dasarnya ditentukan oleh faktor-faktor meteorologi. Bersamaan dengan itu, terjadi pula proses-proses transformasi secara fisika-kimia. Pencemar-pencemar ini dapat tersisihkan dari atmosfer kembali ke permukaan bumi yang dapat memberikan dampak terhadap penerima (*receptor*), salah satunya pada tanaman.

Tanaman yang terkena dampak pencemaran akan mengakibatkan menurunnya pertumbuhan tanaman dan tingkat produktivitas tanaman yang diikuti pula dengan beberapa gejala yang tampak. Untuk itu dilakukan model komputerisasi yang akan digunakan untuk meramalkan konsentrasi pencemar udara dari sumber tunggal (*Model Kepulan/Plume Model*) dengan menggunakan Model AERMOD. Model-model yang telah divalidasikan dengan hasil pengamatan lapangan, akan dijadikan sebagai suatu instrumen yang sangat berguna dalam merumuskan strategi pengendalian yang tepat dan sesuai.



Gambar 4. Kerangka pikir