

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Ada beberapa penelitian yang menjadi acuan dalam penelitian yang dilakukan ini.

Penelitian-penelitian tersebut dirangkum dalam Tabel 2.1

**Tabel 2.1. Daftar Penelitian Terdahulu**

No	Judul	Penulis dan Tahun Terbit	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Kajian Pengembangan Wisata Hutan Bambu Terhadap Kehidupan Sosial Dan Ekonomi Masyarakat Desa Subermujur Kecamatan Candipuro Kabupaten Lumajang	Freya Bayu K 2019	Deskriptif Kuantitatif Uji t dengan SPSS	Terdapat perbedaan pendapatan sebelum dan sesudah adanya wisata
2	Kajian Dampak Perubahan Fungsi Kawasan Hutan Terhadap Masyarakat Sekitar	Sylviani 2008	Kuantitatif menggunakan analisis regresi sederhana	Masyarakat ada yang merasakan dampak ada yang tidak
3	Pengaruh Rehabilitasi Mangrove terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Pesisir Kota Rembang	Diah Auliayani 2013	Kualitatif Deskriptif	Rehabilitasi mangrove memberikan pengaruh terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat pesisir kota Rembang
4	Dampak Keberadaan Dusun Bambu Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Di Desa Kertawang Kecamatan Cisarua	Situarani 2017	Deskriptif Kuantitatif Uji t dengan SPSS	Terdapat perbedaan kondisi sosial ekonomi sebelum dan sesudah adanya dusun bambu
5	Hutan desa dan pembangunan sosial ekonomi masyarakat desa di Kabupaten Bantaeng	Supratman 2013	Kuantitatif dengan menggunakan analisis regresi sederhana	Ada perubahan yang terjadi pada masyarakat desa dengan dikembangkannya hutan desa

## 2.2 Definisi Pencemaran Udara

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KEPMEN KLH) No. Kep.02/Men-KLH/1988, yang dimaksudkan dengan pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke udara dan atau berubahnya tatanan udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun hingga ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Wardhana (1995), udara bersih yang dihirup hewan dan manusia merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Meskipun demikian, udara yang benar-benar bersih sulit didapatkan terutama di kota besar yang banyak terdapat industri dan lalu lintas yang padat. Udara yang mengandung zat pencemar dalam hal ini disebut udara tercemar. Udara yang tercemar tersebut dapat merusak lingkungan dan kehidupan manusia. Kerusakan lingkungan berarti berkurangnya daya dukung alam terhadap kehidupan yang pada gilirannya akan mengurangi kualitas hidup manusia secara keseluruhan.

Pencemaran udara disebabkan dan berdampak kepada manusia, karena pencemaran udara terjadi akibat perbuatan manusia. Dengan kata lain manusia yang mencemari udara, manusia pula yang merasakan dampak buruknya. Pencemaran udara merupakan salah satu kerusakan lingkungan, berupa penurunan kualitas udara karena masuknya unsur-unsur berbahaya ke dalam udara atau atmosfer bumi. Unsur-unsur berbahaya yang masuk ke dalam atmosfer tersebut bisa berupa *karbonmonoksida* (CO), *nitrogendioksida* (NO<sub>2</sub>), *chlorofluorocarbon*

(CFC), *sulfur dioksida* (SO<sub>2</sub>), *hidrokarbon* (HC), partikulat, timah (Pb), dan *karbondioksida* (CO<sub>2</sub>). Unsur-unsur tersebut bisa disebut juga sebagai polutan atau jenis-jenis bahan pencemar udara. Masuknya polutan ke dalam atmosfer yang menjadikan terjadinya pencemaran udara bisa disebabkan dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Penyebab pencemaran udara dari faktor alam contohnya adalah aktifitas gunung berapi yang mengeluarkan abu dan gas *vulkanik*, kebakaran hutan, dan kegiatan *mikroorganisme*. Polutan yang dihasilkan biasanya berupa asap, debu, dan gas.

Pencemaran mempunyai kepentingan ekonomi, informasi yang tepat mengenai tingkat gas fitotoksik dalam atmosfer yang tercemar masih kurang (Fitter dan Hay, 1994). Pada suatu tempat tertentu, konsentrasi akan tergantung atas sejumlah besar faktor - faktor lingkungan termasuk jarak dari sumber pencemar, topografi, altitude (ketinggian dari permukaan laut), pencemar udara, hujan, radiasi matahari, serta arah dan kecepatan angin.

### **2.3 Sumber Pencemaran Udara**

Sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari transportasi terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar, 60% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon (Fardiaz, 1992). Sumber-sumber pencemar lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain.

Pada beberapa daerah perkotaan, kendaraan bermotor menghasilkan 85% dari seluruh pencemaran udara yang terjadi. Kendaraan bermotor ini merupakan

pencemar bergerak yang menghasilkan pencemar CO, hidrokarbon yang tidak terbakar sempurna, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> dan partikel. Pencemar udara yang lazim dijumpai dalam jumlah yang dapat diamati pada berbagai tempat khususnya di kota-kota besar menurut Hasketh dan Ahmad dalam Purnomohadi (1995) antara lain adalah:

### **1. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)**

Adalah senyawa jenis gas yang terdapat di udara bebas, sebagian besar berupa gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>) serta berbagai jenis oksida dalam jumlah yang lebih sedikit. Gas NO tidak berwarna dan tidak berbau, sedangkan gas NO<sub>2</sub> berwarna coklat kemerahan, berbau tidak sedap dan cukup menyengat. Berbagai jenis NO<sub>x</sub> dapat dihasilkan dari proses pembakaran Bahan Bakar Minyak (BBM) dan bahan bakar (BB) fosil lainnya pada suhu tinggi, yang dibuang ke lingkungan melalui cerobong asap pabrik-pabrik di kawasan industri. Gas NO<sub>x</sub> inipun berbahaya bagi kesehatan dan ternak, dan di kawasan pertanian dapat merusak hasil panen.

Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas di atmosfer, yang banyak di jumpai sebagai pencemar udara adalah gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), disamping bentuk nitrogen oksida lainnya. NO<sub>x</sub> dapat dihasilkan dari proses alami, seperti pencahayaan (lighting), kebakaran hutan dan aktifitas mikroorganisme. Di daerah perkotaan, emisi NO<sub>x</sub> terutama berasal dari hasil pembakaran bahan bakar dan bahan organik lainnya. Baik sumber static maupun sumber bergerak.

Penyebaran dan konsentrasi berbagai jenis gas NO<sub>x</sub> di lingkungan perkotaan pada prinsipnya dipengaruhi oleh: (1) Topografi lokal, khususnya

adanya canyon gedung-gedung tinggi; yang dapat meningkatkan kadar  $\text{NO}_2$  secara lokal, khususnya pada sisi jalan; (2) Keadaan meteorologi, misalnya inversi suhu yang terjadi di atas kota dapat mengurangi mixing height sehingga akan meningkatkan kadar  $\text{NO}_2$ .

Sebagian  $\text{NO}$  di atmosfer akan diubah menjadi  $\text{NO}_2$  melalui proses-proses lain yang tidak merupakan reaksi langsung kadar  $\text{O}_2$ . Proses ini disebut sebagai daur fotolitik  $\text{NO}_2$  yang merupakan akibat langsung dari interaksinya terhadap cahaya matahari. Secara ringkas tahap-tahap reaksi dapat diuraikan sebagai berikut; (1)  $\text{NO}_2$  menyerap energi sinar matahari dari komponen gelombang pendek yaitu sinar ultraviolet; (2) Energi yang diserap tersebut memecah molekul-molekul  $\text{NO}_2$  dan atom-atom oksigen ( $\text{O}$ ) yang bersifat sangat reaktif; (3) Atom-atom oksigen tersebut beraksi dengan oksigen bebas di udara ( $\text{O}_2$ ), membentuk ozon ( $\text{O}_3$ ) yang merupakan pencemar udara sekunder; (4) Ozon akan bereaksi dengan  $\text{NO}$  membentuk  $\text{NO}_2$  dan  $\text{O}_2$  sehingga reaksi menjadi lengkap berlangsung secara sinambung dan teratur.

Daur tersebut tidak berpengaruh apapun bila tidak terdapat reaktan lain, sehingga konsentrasi  $\text{NO}$  dan  $\text{NO}_2$  tidak berubah karena  $\text{O}_3$  dan  $\text{NO}$  yang berbentuk akan hilang dengan jumlah yang setimbang.  $\text{NO}$  akan sangat cepat diubah menjadi  $\text{NO}_2$  dibandingkan kecepatan disosiasi  $\text{NO}_2$  menjadi  $\text{NO}$  dan  $\text{O}$ . inilah yang menyebabkan ozon ( $\text{O}_3$ ) terakumulasi di atmosfer. Karena itu gas-gas  $\text{NO}_x$  (khususnya  $\text{NO}_2$ ) dianggap sebagai pencemar udara penting bagi unsur/senyawa oksidasi lain (seperti  $\text{O}_3$  tersebut).

Konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara berubah-ubah sepanjang waktu tergantung pada sinar matahari dan sumber pencemarnya. Fardiaz (1992) mengkaji perubahan konsentrasi NO<sub>x</sub> sebagai berikut; (1) Konsentrasi NO dan NO<sub>2</sub> stabil dan pada dini hari sedikit lebih daripada konsentrasi minimum sehari-hari; (2) Antara pukul 06.00 s/d 08.00 segera kegiatan manusia meningkat misalnya konsentrasi NO meningkat karena lalu lintas dan pabrik mulai beroperasi samapai dengan nilai tertinggi dapat mencapai 2 ppm; (3) Dengan terbitnya matahari yang memancarkan sinar ultraviolet, NO primer manjadi NO<sub>2</sub> sekunder dan konsentrasinya dapat meningkat hingga mencapai 0,5 ppm; (4) Dengan menurunnya konsentrasi NO, maka konsentrasi O<sub>3</sub> meningkat hingga kurang dari 0,1 ppm; (5) Pada saat intensitas energi matahari menurun (antara pukul 17.00 s/d 20.00), konsentrasi NO meningkat lagi; (6) O<sub>3</sub> yang terakumulasi sepanjang hari akan bereaksi dengan NO meskipun energi matahari tidak tersedia untuk mengubah NO menjadi NO<sub>2</sub>, sehingga konsentrasi NO tersebut meningkat sedangkan konsentrasi O<sub>3</sub> menurun.

Lama waktu tinggal rata-rata NO<sub>2</sub> diatmosfer kira-kira tiga hari dan NO rata-rata empat hari, berdasarkan perhitungan kecepatan emisi NO<sub>x</sub>. Lamanya waktunya tinggal menyebabkan reaksi fotokimia menghilangkan NO<sub>x</sub> tersebut. Hasil akhir pencemaran NO<sub>x</sub> dapat berupa asam nitrat (HNO<sub>3</sub>), yang terintersepsi oleh lingkungan sebagai garam-garam nitrat di dalam air hujan (menyebabkan hujan debu) dan debu.

Proses biologis berbagai jenis bakteri menghasilkan NO yang relatif banyak, namun tidak menjadi masalah karena tersebar merata secara regional maupun

global, sehingga konsentrasinya menjadi kecil. Yang menjadi masalah adalah emisi NO<sub>x</sub> hasil kegiatan manusia yang didispersikan ke udara hanya pada wilayah yang sangat terbatas sehingga dapat mengakibatkan konsentrasi ambien terbentuk menjadi lebih tinggi.

## **2. Belerang Oksida (SO<sub>x</sub>)**

Khususnya belerang dioksida (SO<sub>2</sub>) dan belerang tri-oksida (SO<sub>3</sub>) adalah senyawa gas berbau tak sedap, yang banyak dijumpai di kawasan industri yang menggunakan batubara dan kerkas sebagai BB dan sumber energi utamanya. Belerang oksida juga merupakan salah bentuk gas hasil kegiatan vulkanik, erupsi gunung merapi, sumber gas belerang alami (sulfatar), sumber air panas dan uap panas alami (fumarol). Oksida-oksida ini merupakan penyebab utama karat karena ia sangat reaktif terhadap berbagai jenis logam (membentuk senyawa logam sulfida). Ia juga mengganggu kesehatan, khususnya indra penglihatan dan selaput lendir sekitar saluran pernapasan (hidung, kerongkongan dan lambung). Di kawasan pertanian, gas-gas belerang oksida ini dapat merusak hasil panen.

Belerang oksida terutama disebabkan oleh dua jenis gas belerang yang tidak berwarna, yaitu gas SO<sub>2</sub> yang berbau sangat tajam dan tidak dapat terbakar di udara dengan SO<sub>3</sub> yang tidak reaktif. Kedua jenis tersebut merupakan sumber pencemar yang melibatkan kegiatan manusia, yaitu dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung belerang, termasuk bahan bakar minyak yang ditambang dari daerah-daerah vulkanik, batubara.

Terdapat dua faktor yang terlibat dalam reaksi pembentukan SO<sub>2</sub> yang menyebabkan jumlahnya sedikit, yaitu: (1) Kecepatan reaksi yang terjadi

berlangsung sangat lambat pada suhu yang relatif rendah (misalnya pada suhu 20°C), tapi meningkat sejalan dengan peningkatan suhu. Sebaliknya reaksi setimbang akan lebih tinggi apabila berlangsung pada suhu rendah akan lebih banyak menghasilkan SO<sub>3</sub>, dibandingkan pada suhu tinggi; (2) Konsentrasi SO<sub>3</sub> didalam campuran setimbang akan lebih tinggi apabila reaksi setimbang pada suhu rendah dibandingkan dengan konsentrasi SO<sub>3</sub> dalam reaksi setimbang pada suhu yang tinggi.

Kedua faktor yang saling terkait tersebut saling menghambat satu terhadap yang lain selama proses berlangsung. Bila konsentrasi uap air tinggi, maka SO<sub>3</sub> dan air akan segera bereaksi membentuk asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Di daerah dengan kelembaban udara tinggi seperti di Indonesia, komponen pencemaran belerang terdapat dalam bentuk H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang dihasilkan dari reaksi emisi SO<sub>3</sub> dengan air tersebut. Karena itu setiap pengukuran atau pemantauan SO<sub>x</sub> (khususnya SO<sub>2</sub>) hendaknya dilakukan juga terhadap H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, terlebih karena sifat iritasinya yang lebih kuat.

Perbandingan keberadaan konsentrasi SO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> di udara ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: jumlah uap air, waktu dan lama keberadaan cemaran belerang, jumlah partikel/unsur katalik, intensitas cahaya matahari, dan jumlah emisi total SO<sub>x</sub> dari semua sumbernya. Konsekuensinya lebih lanjut dari senyawa-senyawa belerang di udara (dalam bentuk SO<sub>x</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ) antara lain berupa: (1) Diatas kawasan yang tercemar oleh senyawa-senyawa belerang akan terbentuk hujan asam yang lebih asam; (2) Keberadaan senyawa-senyawa belerang baik berupa hujan asam ataupun bukan, tetap akan

menyebabkan proses korosi pada logam dan atau proses pemburaman permukaan bangunan yang mengandung kapur/marmer; (3) Karena sifat afinitas belerang terhadap logam-logam berat relatif lebih tinggi, maka campuran cemaran senyawa belerang dengan cemaran logam berat (misalnya Pb) akan membentuk logam sulfida (PbS). Oleh karena itu, cemaran logam berat tersebut mudah mengendap dan terintersepsi oleh berbagai jenis permukaan.

### **3. Partikulat**

Dapat berasal dari asap (terutama hasil pembakaran kayu, sampah, batubara, kokas dan bahan bakar minyak yang membentuk jelaga) dan dapat pula berupa partikel-partikel debu halus dan agak kasar yang berasal dari berbagai kegiatan alami dan manusia. Sifat terpenting partikulat/partikel ini adalah ukurannya, yang berkisar antara 0,0002 mikron hingga 500 mikron. Pada kisaran ukuran ini partikel-partikel tersebut dapat berbentuk partikel tersangga (*suspended particulate*) yang keberadaannya di udara berkisar antara beberapa detik hingga beberapa bulan, tergantung pula pada keadaan dinamika atmosfer.

Partikel adalah setiap benda padat/cair yang dari suatu masa melalui proses dispersal dalam media gas/udara dengan hampir tidak memiliki kecepatan jatuh. Partikel atau debu berdasarkan susunan kimianya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu partikel atau debu mineral dan organis (Ryadi, 1982).

Sumber pencemaran partikel berasal dari aktifitas industri, pembakaran bahan bakar fosil kendaraan bermotor, badai pasir, pembakaran hutan serta gunung berapi (alami). Ukuran diameter yang ada di udara berkisar antara 0.0005

- 500 dm dimana partikel terkecil akan hilang karena perpaduan gerak brown dan partikel yang besar akan jatuh akibat pengaruh gravitasi (Smith,1981).

Pencemaran oleh partikel dapat menimbulkan beberapa permasalahan antara lain adalah sebagai berikut;1) Mengganggu kesehatan manusia dan lingkungan; 2) Mempunyai daya pencemar udara yang luas penyebarannya dan tinggi seperti Be, Pb, Cr, Hg, Ni dan Mn; 3)Partikal dapat menyerap gas sehingga dapat mempertinggi efek bahaya dari komponen tersebut.

Partikel tersuspensi di udara ambien mempunyai beragam ukuran, dikelompokkan menjadi TSP (Total Suspended Particel) berukuran hingga 100 mikron, PM10 (partikel dengan ukuran < 10 mikron) dan PM2,5 (partikel dengan ukuran < 2,5 mikron). PM10 dapat masuk dan menyebabkan iritasi dan kerusakan pada sistem pernafasan (Lestari, 2016). PM2.5 sangat berbahaya karena dapat leluasa masuk ke dalam saluran pernafasan dan mengendap *dialveoli* paru-paru.

Berbagai material yang terkandung di dalam PM2.5 dapat menyebabkan berbagai gangguan saluran pernafasan seperti infeksi saluran pernafasan akut (ISPA), kanker paru, penyakit *kardiovaskuler*, kematian dini, Penyakit paru-paru *obstruktif kronis*. Gangguan tersebut disebabkan oleh pembengkakan dan luka oleh pajanan PM2.5 yang masuk kedalam saluran pernafasan dan mengendap *dialveoli* paru-paru. Para ilmuwan di Kanada dan AS menemukan bahwa paparan jangka panjang terhadap PM2.5 tidak hanya secara signifikan meningkat risiko penyakit kardiopul moner tetapi juga kematian kanker paru-paru. Penelitian yang dilakukan selama 7 tahun (dari tahun 2000- 2007) di AS menunjukkan bahwa

rentang hidup rata-rata diperpanjang 0,35 tahun untuk setiap penurunan 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM2.5 (Correia; *et al.*, 2013).

#### **4. Logam Berat Timbal (Pb)**

Bahan tambahan bertimbal pada premium dan fremix terdiri atas cairan anti letupan (*anti knocking agent*) yang mengandung *scavenger* kimiawi, yang dimaksudkan untuk dapat mengurangi letupan selama proses pemampatan dan pembakaran di dalam mesin. Bahan tersebut yang lazim dipakai adalah tetrametil Pb atau  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ , tetrametil Pb atau kombinasi/campurannya. Umumnya etilen dibromida ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ ) dan diklorida ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ ) ditambahkan agar dapat bereaksi dengan sisa senyawa Pb yang tertinggal di dalam mesin sebagai akibat dari pembakaran bahan anti letupan tersebut. Campuran/komposisi yang lazim ditambahkan terdiri atas 62% tetratetil Pb 18% etilen bromida, 18% etilen diklorida, dan 2% bahan-bahan lainnya. Dari berbagai senyawa buangan bertimbal yang mengandung gugus halogen tersebut, emisi senyawa-senyawa  $\text{PbBrCl}$  dan  $\text{PbBrCl}_2\text{PbO}$  adalah yang terbanyak, (32,0% dan 31,4% dari total Pb yang dimisikikan sesaat setelah mesin kendaraan bermotor dihidupkan, dan 12,0% dan 1,6% dari total Pb pada 18 jam setelah mesin dihidupkan).

Penelitian pencemaran udara oleh Kozak (1993) mendapatkan dugaan emisi Pb pada tahun 1991 sebesar 73.154.42 ton; dengan sebaran menurut sumbernya sebagai berikut; transportasi 98,61% dan industri 1,39 %, sedangkan bagi rumah tangga dan pemusnahan sampah dianggap tidak menghasilkan emisi timbal. Smith (1981) menyebutkan bahwa sejumlah besar logam berat dapat terasosiasi dengan tumbuhan tinggi. Diantaranya ada yang dibutuhkan sebagai

unsur mikro (Fe, Mn dan Zn) dan logam berat lainnya yang belum diketahui fungsinya dalam metabolisme tumbuhan (Pb, Cd, Ti dan lain-lain). Semua logam berat tersebut dapat potensial mencemari tumbuhan. Smith (1981) juga menerangkan gejala akibat pencemaran logam berat, yakni klorosis, nekrosis, pada ujung dan sisi daun serta busuk daun yang lebih awal.

Jumlah Pb di udara dipengaruhi oleh volume atau kepadatan lalu lintas, jarak dari jalan raya dan daerah industri, percepatan mesin dan arah angin. Sedangkan tingginya kandungan Pb pada tumbuhan juga dipengaruhi oleh sedimentasi. Tumbuhan tingkat tinggi relatif lebih tahan terhadap partikel Pb daripada algae tapi dapat rusak dengan konsentrasi yang rendah dan membentuk nekrosis (kerusakan jaringan). Dalam hal ini, sebagai contoh adalah tumbuhan *Vicia faba* yang sangat sensitif terhadap pencemar udara setelah 24 jam.

#### **2.4. Bentuk Pencemaran Udara**

Menurut Kozak dan Sudarmo dalam Purnomohadi (1995), ada dua bentuk emisi dari dua unsur atau senyawa pencemar udara yaitu: 1) Pencemar Udara Primer (*Primary Air Pollution*), yaitu emisi unsur-unsur pencemar udara langsung ke atmosfer dari sumber-sumber diam maupun bergerak. Pencemar udara primer ini mempunyai waktu paruh di atmosfer yang tinggi pula, misalnya CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CFC, partikel debu, dsb; 2) Pencemar Udara Sekunder (*Secondary Air Pollution*), yaitu emisi pencemar udara dari hasil proses fisik dan kimia di atmosfer dalam bentuk fotokimia (*photochemistry*) yang umumnya bersifat reaktif dan mengalami transformasi fisik-kimia menjadi unsur atau senyawa. Bentuknya

pun berbeda/berubah dari saat diemisikan hingga setelah ada di atmosfer, misalnya ozon (O<sub>3</sub>), aldehida, hujan asam, dan sebagainya.

Berdasarkan sebaran ruang, sumber pencemar udara dapat dikelompokkan menjadi sumber titik, sumber wilayah, dan sumber garis. Sementara menurut sumber pencemarannya, emisi pencemar udara dapat dibedakan menjadi sumber diam dan sumber bergerak. Sumber diam biasanya berupa kegiatan industri dan rumah tangga (pemukiman), tetapi sementara pakar menganggap permukiman sebagai pencemar udara non titik (*non-point sources*). Sumber bergerak terutama berupa kendaraan bermotor, yang berkaitan dengan transportasi.

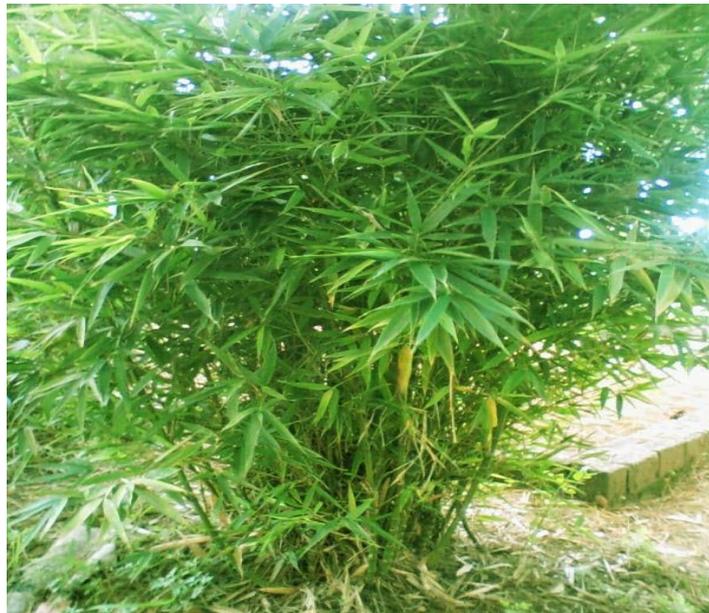
Senyawa pencemar udara berdasarkan sifatnya menjadi tiga kelompok seperti yang dikemukakan oleh Meetham (1981) yaitu; (1) Senyawa yang bersifat reaktif; (2) Partikel-partikel halus yang tersangka di atmosfer dalam jangka waktu yang lama; (3) Partikel-partikel kasar yang segera jatuh ke permukaan tanah. Senyawa-senyawa pencemar udara tersebut antara lain adalah SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CO, ammonia (NH<sub>3</sub>), asam hidroklorit, senyawaflour dan unsur-unsur radioaktif. Partikelpartikel halus terutama berbentuk kabut yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar secara tak sempurna; sedangkan partikel-partikel kasar terutama berbentuk senyawa organik. Senyawa SO<sub>2</sub>, asap dan debu dapat berfungsi sebagai prototype senyawa pencemar udara yang lain.

## **2.5. Tanaman Bambu Sebagai *Green Barrier***

Langkah bijaksana yang dapat diambil dalam jangka pendek oleh manajemen perusahaan terutama untuk melindungi area packer dan lingkungannya adalah dengan membuat *green barrier* yang menggunakan bambu

sebagai tanaman konservasi utamanya. Jenis tanaman bambu yang dipakai untuk green barrier tersebut termasuk tanaman bambu hias, bambu jenis ini sering disebut juga sebagai bambu China. Bambu ini memiliki kesamaan dengan kerabatnya yaitu *Bambusa tulda*, atau bambu kayu India, dianggap sebagai salah satu spesies bambu yang paling berguna. Ini asli ke anak benua India, Indocina, Tibet, dan Yunnan, dan dinaturalisasi di Irak, Puerto Riko, dan bagian dari Amerika Selatan.

Di habitat aslinya, rumpun bambu china ini tumbuh secara berderet dan sangat rapat. Meski habitat aslinya berada di china, tanaman bambu ini juga cukup mudah ditemukan di berbagai wilayah Asia lainnya. Bentuk yang kokoh membuatnya sering dijadikan sebagai pagar rumah. Selain itu, tidak jarang juga, jenis bambu hias ini dijadikan sebagai bahan baku kerajinan tangan untuk memmbuat tongkat, rak buku, tangkai payung, dan lain-lain.



**Gambar 2.1. Bambu China**

Selain memiliki keunggulan untuk memperbaiki sumber tangkapan air yang sangat baik, sehingga mampu meningkatkan *water storage* (cadangan air bawah tanah) secara nyata, maka pertimbangan menggunakan bambu ini sebagai tanaman konservasi adalah karena bambu merupakan tanaman yang mudah ditanam serta memiliki pertumbuhan yang sangat cepat, tidak membutuhkan perawatan khusus, dapat tumbuh pada semua jenis tanah, tidak membutuhkan investasi besar, sudah dewasa pada umur 3 – 5 tahun dan dapat dipanen setiap tahun tanpa merusak rumpun serta memiliki toleransi tinggi terhadap gangguan alam dan kebakaran. Di samping itu, bambu juga memiliki kemampuan peredam suara yang baik dan menghasilkan banyak oksigen sehingga dapat ditanam di daerah-daerah yang berbatasan dengan pemukiman penduduk maupun di tepi lokasi pabrik.



**Gambar 2.2. Green Barrier di area packer I**

Tanaman bambu mempunyai sistem perakaran serabut dengan akar rimpang yang sangat kuat, meskipun berakar serabut pohon bambu sangat tahan terhadap terpaan angin kencang. Perakarannya tumbuh sangat rapat dan menyebar ke

segala arah, serta memiliki struktur yang unik karena terkait secara horizontal dan vertikal, sehingga tidak mudah putus dan mampu berdiri kokoh untuk menahan erosi dan tanah longsor di sekitarnya, disamping itu lahan di bawah tegakan bambu menjadi sangat stabil dan mudah meresapkan air. Dengan karakteristik perakaran seperti itu, memungkinkan tanaman ini menjaga sistem hidrologis yang menjaga ekosistem tanah dan air, sehingga dapat dipergunakan sebagai tanaman konservasi.



**Gambar 2.3. Penanaman bambu sebagai green barrier**

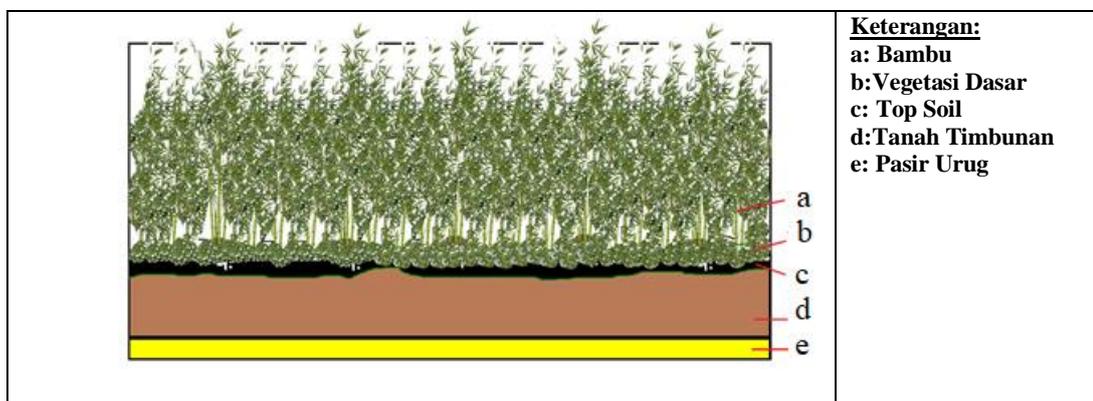
Bambu juga tahan kekeringan dan bisa tumbuh baik di lahan curam, sehingga bambu mempunyai potensi untuk menahan longsor. Walaupun kadang-kadang dijumpai banjir atau tanah longsor yang menghanyutkan rumpun bambu. Itu bisa terjadi pada rumpun bambu yang tumbuh soliter (rumpun tersendiri). Kalau bambu ditanam berderet menyerupai teras (barrier) pada sebuah lereng dan membentuk sabuk gunung, dimana akar bambu akan saling terkait dan mengikat antar rumpun, maka kekuatannya sangat luar biasa. Rumpun bambu berikut serasah di bawahnya juga mampu menahan *top soil* hingga tidak hanyut

tergerus *run off* air hujan. Sehingga kemampuan tanaman bambu untuk mencegah erosi maupun longsor dapat diandalkan.

Bambu merupakan salah satu jenis tanaman perintis, sehingga untuk tumbuh tidak membutuhkan persyaratan tumbuh yang teramat rumit sebagaimana tanaman lain. Adapun syarat tumbuh yang baik untuk pertumbuhan bambu adalah sebagai berikut : (1) pada semua jenis tanah terutama jenis tanah dengan tekstur berpasir sampai berlempung, berdrainase baik, pH tanah yang dikehendaki antara 5,6 – 6,5; (2) pada dataran rendah maupun dataran tinggi hingga ketinggian 1.500 m dpl; (3) dengan iklim tipe A hingga C (Schmidt – Ferguson) dengan suhu udara 27° – 36° C dan kelembaban udara  $\pm$  80 %, walaupun demikian bambu dapat tumbuh di lahan sangat kering dengan tipe iklim D.

Perbanyakan tanaman bambu yang biasa dilakukan adalah dengan cara vegetatif melalui stek batang atau stek rhizome (akar). Adapun untuk mendapatkan bibit secara massal dalam waktu relatif singkat dengan cara mudah dan biaya murah adalah dengan menggunakan metoda perbanyakan cangkokan cabang/ranting. Bahan untuk mencangkok berupa kantong plastik bening ukuran 0,5 kg dengan media sabut kelapa. Sabut direndam air, lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik, setelah dipadatkan dan ujungnya diikat, kantong berisi media disayat sebagian. Pangkal cabang yang akan dicangkok dimasukkan ke bagian yang tersayat lalu diikat erat-erat. Dalam waktu kurang dari satu bulan akar sudah tumbuh, dan cabang baru bisa diambil setelah akar yang kelihatan pada bungkus plastik itu berwarna coklat, ujung cabang dipotong tinggal 1,5 meter sebelum disemai di *polybag*.

Penyelamatan sumber daya alam hutan dan lahan khususnya daerah aliran sungai dan sumber tangkapan air lainnya, dapat dilakukan dengan melakukan gerakan konservasi menggunakan tanaman bambu, sehingga kedepan ancaman banjir maupun longsor dimusim penghujan serta krisis air di musim kemarau dapat dieliminir, dan sekaligus dapat meningkatkan nilai tambah pendapatan masyarakat disekitarnya melalui pengembangan industri berbasis bambu.



**Gambar 2.4** Konstruksi dasar green barrier di PT Semen Baturaja

Pembuatan *green barrier* dengan pohon bambu di area *packer* I pabrik PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. terbilang sederhana; pada bagian dasar diaplikasikan pasir urug setebal lebih kurang 0,5 meter, berupa campuran pasir gunung dan karakas pada posisi 30 cm dibawah permukaan lantai cor parkir, selanjutnya pasir urug tadi ditimbun dengan tanah timbunan jenis silica clay dengan ketinggian berkisar 2,5 meter, dilanjutkan dengan penimbunan dengan tanah humus (*topsoil*) dengan ketebalan 0,5 meter pada puncak timbunan, tahap selanjutnya bambu ditanam dengan kerapatan antar rumpun dengan jarak sekitar 30 cm. untuk melindungi *topsoil* agar tidak terbawa oleh air hujan maka ditahap awal dilakukan penanaman vegetasi berupa rumput gajah varigata dengan ketebalan rata-rata 5 cm.

## **2.6. Pencemaran Udara dan Respon Tanaman Bambu**

Pada kebanyakan pencemaran udara, secara sendiri-sendiri atau kombinasi menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman (seluruh jenis tanaman, tidak terkecuali tanaman bambu) yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan (Kozlowski, 1991). Pencemaran menyebabkan perubahan pada tingkatan biokimia sel kemudian diikuti oleh perubahan fisiologi pada tingkat individu hingga tingkat komunitas tanaman. Dijelaskan pula bahwa pencemaran udara terhadap tanaman dapat mempengaruhi:

1. Pertumbuhan. Sangat banyak literatur yang menunjukkan bahwa berbagai pencemar udara dan air secara sendiri-sendiri dan dalam bentuk kombinasi mengurangi pertumbuhan kambium, akar dan bagian reproduktif.
2. Pertumbuhan akar. Baik pencemar gas maupun partikel mengurangi bibit, jumlah pengurangan bervariasi tergantung kepada konsentrasi dan waktu pemaparan. Beberapa studi menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi dari pohon tua dapat berkurang. Sebagai contoh, terjadinya penurunan pertumbuhan tinggi pada beberapa tumbuhan yang disebabkan oleh pencemar  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  dan partikel.
3. Pertumbuhan daun. Luasan daun dari suatu pohon dan tegakkan pohon yang terekspose ke pencemar udara dapat berkurang karena pembentukan dan kecepatan absisi daun. Sebagai contoh  $\text{SO}_2$  mengurangi berat dan luas daun.

Salah satu keunggulan bambu sebagai tanaman konservasi lingkungan adalah kemampuannya dalam menjaga ekosistem air. Sistem perakaran tanaman bambu

sangat rapat. Akar-akarnya menyebar ke segala arah, baik menyamping atau pun ke dalam. Lahan tanah yang ditumbuhi rumpun bambu biasanya menjadi sangat stabil. Tak mudah terkena erosi. Oleh karena itu air juga lebih mudah menyerap ke dalam tanah yang ditumbuhi tanaman tersebut. Sebagai tanaman jenis rumput-rumputan, bambu juga memiliki batang yang kuat dan lentur. Tanaman ini tahan dari terpaan angin yang kuat. Tanaman bambu jepang juga bisa difungsikan sebagai tanaman pagar yang cocok untuk menahan angin. Terdapat beberapa jenis tanaman bambu, tapi apabila khusus untuk menahan angin, bambu jepang relatif lebih ideal karena mampu tumbuh lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya.



**Gambar 2.5. Bentang *green barrier* di area *packer* I**