

**KERUSAKAN STRUKTUR, MORFOLOGI DAN BIOKIMIA TANAMAN  
SEBAGAI BIODINDIKATOR PENURUNAN KUALITAS UDARA  
PERKOTAAN**

**Hilda Zulkifli**

**Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya**  
Kampus Unsri Inderalaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km. 32, Inderalaya, Ogan Ilir  
Email: hilda.zulkifli@yahoo.com

**ABSTRAK**

Sekitar 70% penduduk kota di dunia pernah menghirup udara kotor akibat emisi kendaraan bermotor, sedangkan akibat dari gas buang industri sebenarnya hanya 10-15% saja. WHO menetapkan beberapa jenis polutan yang berbahaya akibat emisi kendaraan bermotor, antara lain : partikel, hidrokarbon, sulfur oksida dan nitrogen oksida. Orang dewasa yang memiliki resiko tinggi terhadap dampak ini adalah : wanita hamil; usia lanjut; serta orang yang memang memiliki riwayat penyakit paru-paru dan saluran pernafasan menahun. Emisi ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman, khususnya tanaman pelindung yang berada di sisi jalan. Penggunaan tanaman sebagai pemantau polusi udara telah lama ditetapkan sebagai asektor awal pencemaran udara. Tanaman memiliki klorofil yaitu zat hijau yang berfungsi sebagai pengikat energi matahari. Gangguan pada struktur, morfologi dan biokimia tanaman. Kandungan klorofil dapat digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi pengaruh dari bahan pencemar udara pada tanaman dimana penurunan kandungan klorofil berkorelasi dengan pertumbuhan tanaman.

*Kata kunci: kontrol pencemaran udara, bioindikator, tanaman, transportasi urban*

**ABSTRACT**

Approximately 70% of cities in the world ever breathe dirty air from vehicle emissions, while the result of industrial waste gas is actually only 10-15% only. WHO to set some kind of harmful pollutants from vehicle emissions, such as: particles, hydrocarbons, sulfur oxides and nitrogen oxides. Adults who have a high risk of these impacts are: pregnant women, elderly, and those who did have a history of lung disease and chronic respiratory tract. These emissions can inhibit plant growth, especially for cover crops on the side of the road. The use of plants as monitors of air pollution has long been established as early asektor air pollution. Plants have chlorophyll, a green piment that serves as the binding energy of the sun, disturbance in the structure, morphology and biochemistry of plants. Chlorophyll content can be used as a tool to evaluate the effect of air pollutants on plants where the decrease in chlorophyll content have a correlation with plant growth.

*Key words: air pollution control, bioindicator, plant, urban transportation.*

## 1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara dapat menghambat proses fotosintesa, proses dimana tanaman melakukan metabolisme untuk kelangsungan pertumbuhannya. Emisi gas buang dapat menghambat cahaya yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis, mengganggu reaksi kimiawi tanaman melalui konversi  $\text{CO}_2$  menjadi gula dan oksigen. Pencemaran udara juga kerap kali menyebabkan terjadinya "hujan asam" yang membahayakan kehidupan tanaman dan mereduksi kemampuannya untuk berfotosintesis. Barbalace (2006) mengingatkan bahwa dalam proses fotosintesis  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energi matahari} \rightarrow \text{O}_2 + \text{gula}$ , dan sebaliknya di dalam proses respirasi dimana  $\text{gula} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energi}$ , maka jelas bahwa  $\text{CO}_2$  memegang peranan penting, dan setelah tanaman mati, maka akan terjadi proses pembusukan yang menghasilkan  $\text{CO}_2$ . Dengan demikian sebenarnya di bumi ini berlangsung siklus karbon yang selalu membawa keseimbangan antara  $\text{CO}_2$  yang dibutuhkan organisme hidup dan  $\text{CO}_2$  yang dilepaskan dari proses respirasi. Namun demikian dengan peningkatan kandungan  $\text{CO}_2$  dari 280 ppm menjadi 380 ppm untuk kurun waktu tahun 1800 sampai dengan 2005, maka dampaknya terhadap tanaman menjadi penting untuk ditelaah. Studi dengan menggunakan isotop membuktikan bahwa : (i) telah terjadi penurunan ratio  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  dalam  $\text{CO}_2$  sejalan dengan peningkatan  $\text{CO}_2$  di atmosfer; (ii) telah terjadi penurunan konsentrasi  $\text{O}_2$  atmosfer; (iii) telah terdeteksi terjadi peningkatan karbon di laut sebagai penyimpan karbon atmosfer menjadi  $118+19 \text{ PgC}$  sejak 200 tahun.

Pencemaran udara perkotaan yang diakibatkan oleh sektor transportasi yang tidak ramah lingkungan menyebabkan peningkatan gas buang ke udara. Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan baik itu kendaraan berroda, perahu/kapal dan pesawat terbang. Umumnya emisi gas buang ini terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna dari sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut. Sumber emisi gas buang itu sendiri berupa  $\text{H}_2\text{O}$  (air), HC (senyawa hidrat), gas CO (karbon mooksida),  $\text{CO}_2$  (karbon dioksida), dan  $\text{NO}_x$  (senyawa nitrogen oksida). Pembakaran bahan bakar dalam mesin bermotor akan meningkatkan kandungan  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  dan CO serta berbagai partikulat tersuspensi yang dapat diserap oleh daun dan menyebabkan penurunan kandungan pigmen fotosintesis (klorofil dan karotenoid) yang secara langsung berpengaruh terhadap produktivitas tanaman.

## 2. Pencemaran udara perkotaan dan dampaknya terhadap kesehatan

Pencemaran udara merupakan kegiatan manusia ke atmosfer dari bahan kimia, partikel, atau materi biologis yang menyebabkan kerugian atau gangguan terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup atau kerusakan lingkungan. Polutan yang langsung dimasukkan ke dalam atmosfer dan langsung mencemari udara digolongkan ke dalam polutan primer, sedangkan polutan sekunder akan terbentuk di udara setelah bereaksi dengan unsur lainnya. Polutan udara dapat langsung mempengaruhi tanaman melalui daun atau secara tidak

langsung melalui kerusakan tanah (keasaman tanah) (Steubing et al., 1989). WHO menetapkan beberapa jenis polutan yang berbahaya akibat emisi kendaraan bermotor, antara lain : partikel, hidrokarbon, sulfur oksida dan nitrogen oksida. Penurunan kualitas udara perkotaan disebabkan oleh kegiatan transportasi (&0%) dan sisanya dari kegiatan industri dan lainnya. Orang dewasa yang memiliki resiko tinggi terhadap dampak ini adalah : wanita hamil; usia lanjut; serta orang yang memang memiliki riwayat penyakit paru-paru dan saluran pernafasan menahun. Data menunjukkan bahwa jumlah komponen pencemar yang dikeluarkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor mencapai (dalam juta ton/tahun) : CO (63,8); NOx (8,1); SOx (0,8), Partikel (1,2 juta ton/tahun) (Wardhana, 2004). Hampir 60% pencemar yang dikeluarkan dari emisi gas buang kendaraan bermotor mengandung 60% CO dan sekitar 15% HC. Tabel 4 menyajikan komposisi gas buang dari kendaraan bermotor (dalam % volume) (Suharsono, 1996).

Perencanaan transportasi perkotaan akan menentukan intensitas pencemaran udara yang akan ditimbulkannya. Kepadatan lalu lintas yang disertai kemacetan, hambatan kecepatan kendaraan akan secara langsung mempengaruhi besaran emisi yang dikeluarkannya. Selain itu jenis dan karakter perangkat mesin, sistem pembakaran, jenis bahan bakar juga merupakan faktor penentu tingkat emisi pencemar yang keluar dari setiap kendaraan.

Undang-Undang nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan bertujuan untuk mewujudkan pelayanan lalulintas dan angkutan jalan yang aman, selamat, tertib, lancar, dan terpadu dengan moda angkutan lain untuk mendorong

perekonomian nasional, memajukan kesejahteraan umum, memperkokoh persatuan dan kesatuan bangsa, serta mampu menjunjung tinggi martabat bangsa, terwujudnya penegakan hukum dan kepastian hukum bagi masyarakat.

Sejalan dengan pertumbuhan dan perkembangannya, permasalahan lalu lintas dan angkutan jalan semakin meningkat dan kompleks. Banyak permasalahan yang belum bisa diatasi, khususnya di perkotaan. Selain belum cukupnya penyediaan angkutan masal yang aman dan nyaman dan tepat waktu, kenyataan sekarang di perkotaan angkutan masal yang ada justru jauh dari keinginan masyarakat. Banyaknya angkutan masal yang tidak memenuhi persyaratan menyebabkan ketidaknyamanan, ketidak-amanan dan penyumbang emisi ke udara secara signifikan. Pemerintah bertanggung jawab atas kelemahan ini. Terlebih dengan terbitnya Undang-Undang Nomor 14 tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik, dimana rencana kerja dan hasil yang dilakukan pemerintah wajib diketahui oleh publik. Kelambanan dalam mempersiapkan informasi secara terbuka dapat terkena sanksi pidana. Risiko itulah yang perlu diantisipasi oleh para pejabat publik yang wajib menyediakan informasi secara transparan mengenai rencana kerja, kinerja, penggunaan anggaran, bahkan perjanjian dengan pihak lain, kecuali informasi keamanan negara dan yang menghambat proses penanganan kasus hukum.

Penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 1990, di Cubatao, Brasil, terjadi dampak serius terhadap bayi, dimana 40 bayi yang lahir di kota itu meninggal pada saat dilahirkan; 40 bayi lainnya dinyatakan cacat atau meninggal pada minggu pertama

kelahiran. Pada tahun itu dari 80.000 penduduk terdapat sekitar 10.000 kasus medis untuk penyakit TBC,

pneumonia; bronkitis; asma bronchiale serta penyakit saluran pernafasan lainnya.

Tabel 1. Komposisi gas buang kendaraan bermotor berdasar jenis bahan bakar.

No	Bahan	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	H <sub>2</sub>	HC
1	Bensin	9,0	4,0	0,06	0,006	2	0,5
2	Solar	9,0	0,1	0,04	0,02	0,003	0,002

Tabel 2. Standar polutan udara menurut EPA dan Peraturan Gubernur Sumsel

No	Polutan	Kandungan	Waktu	PerGubSS 17/2005
1	PM-10 (ugram)	150/24 jam	50 (/tahun)	150/24 jam
2	PM-2,5	65/24 jam	15 (/tahun)	65/24 jam
3	Ozone (ppm)	0,12 (/1 jam)		235/1 jam
4	NO <sub>2</sub> (ppm)	0,08 (/8jam)	0,053 (/tahun)	0,150/24 jam
5	SO <sub>2</sub> (ppm)	0,14 (/24 jam)	0,03 (/tahun)	0,365/24 jam
6	CO (ppm)	-	-	10.000/24 jam

Efek yang ditimbulkan oleh polutan tersebut tergantung kepada besarnya pajanan (terkait kadar di udara dan lama waktu pajanan) dan kerentanan individu yang bersangkutan. Pajanan dapat mengenai saluran pernafasan dan juga bagian tubuh lainnya seperti iritasi kulit dan

mata. Namun demikian sebagian besar terfokus melalui saluran pernafasan mengingat saluran tersebut merupakan pintu masuknya polutan ke dalam tubuh. Akibatnya terhadap kesehatan manusia dapat digolongkan ke dalam pajanan jangka pendek dan pajanan jangka panjang (Tabel 2).

Tabel 3. Dampak kesehatan akibat pajanan emisi kendaraan bermotor

No	Waktu dan gejala penyakit
1	<p>Pajanan Jangka Pendek :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perawatan di RS, Kunjungan ke UGD atau kunjungan ke dokter terkait penyakit pernafasan dan jantung.</li> <li>- Berkurangnya aktivitas harian akibat sakit.</li> <li>- Jumlah ketidakhadiran (sekolah / pekerjaan).</li> <li>- Gejala akut : batuk, sesak, infeksi saluran pernafasan.</li> <li>- Perubahan fisiologis (fungsi paru dan tekanan darah).</li> </ul>
2	<p>Pajanan Jangka Panjang</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kematian akibat pernafasan dan jantung.</li> <li>- Meningkatnya insiden dan prevalensi penyakit paru kronis.</li> <li>- Gangguan pertumbuhan dan perkembangan janin.</li> <li>- Kanker.</li> </ul>

Sumber : WHO dan American Thoracic Society, 2005

### 3. Kualitas udara ambien perkotaan

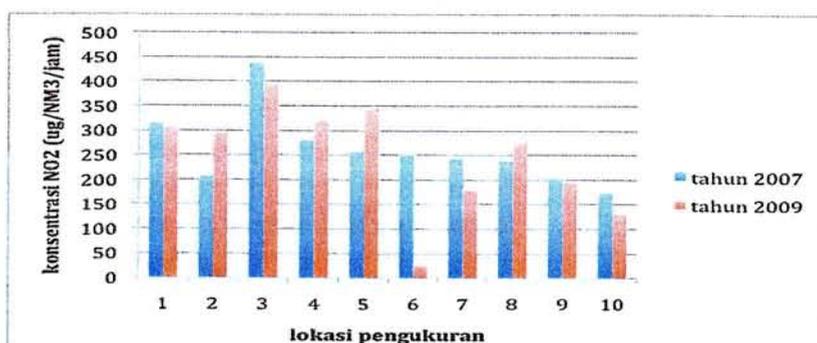
Kota metropolitan memiliki permasalahan pengelolaan kualitas udara seiring dengan semakin meningkatnya jumlah angkutan dalam kota. Sebagai contoh jumlah sarana angkutan umum dalam kota Palembang terdiri atas angkutan pribadi 93% dan 7% angkutan umum. Angkutan umum didominasi oleh

otolet (1.562); bus kecil (486); angkutan pinggiran (213); trayek perbatasan (154); bajay (100) dan sedan taksi kota (111), dan emisi gas buang yang dikeluarkan menjadi penyebab menurunnya kualitas udara perkotaan. Pengukuran kualitas udara pada tahun 2007 dan 2009 disajikan pada Tabel 3.

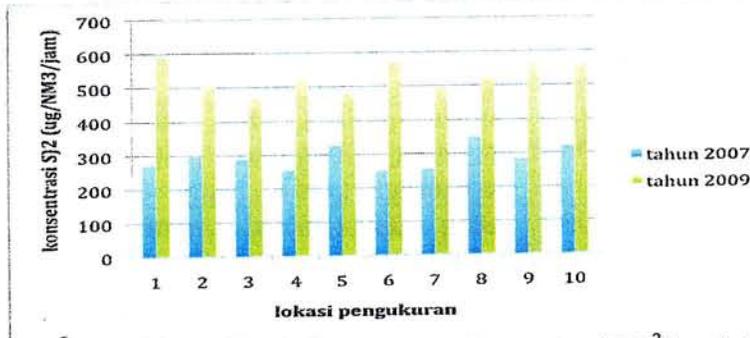
Tabel 4. Data kualitas udara ambien ( $\mu\text{g}/\text{NM}^3/\text{jam}$ ) di kota Palembang, 2007 dan 2009

Lokasi Pengukuran	NO <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>		CO		PM <sub>10</sub>	
	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009
Depan Pasar Cinde	313.87	308	271.12	594	18895.8	16032	172.30	140.7
Bundaran air mancur	207.09	295	295.79	501	19754.7	18323	143.73	145.2
Simpang-empat charitas	438.54	396	286.76	465	19754.7	17178	192.01	134.1
Simpang-empat Sekip	280.13	322	253.74	521	11452	14887	130.95	121.6
Simpang-empat Polda	257.04	343	325.90	479	19468.4	11452	221.01	102.5
Simpang-empat radial DPRD	251.98	26	250.87	571	12204.6	11452	102.51	111.6
Simpang -empat Veteran	243.1	180	254.62	492	12024.6	10306	111.56	116.9
Simpang-empat Pasar Lemabang	238.4	275	349.80	519	15173.9	16032	129.36	132.5
Simpang-empat Patal	203.63	196	282.08	563	10593.1	14887	104.14	124.7
Simpang empat Kertapati	174.19	130	320.39	559	12310.8	10306	124.23	108.7
Baku Mutu Lingkungan*		400		900		300000		150

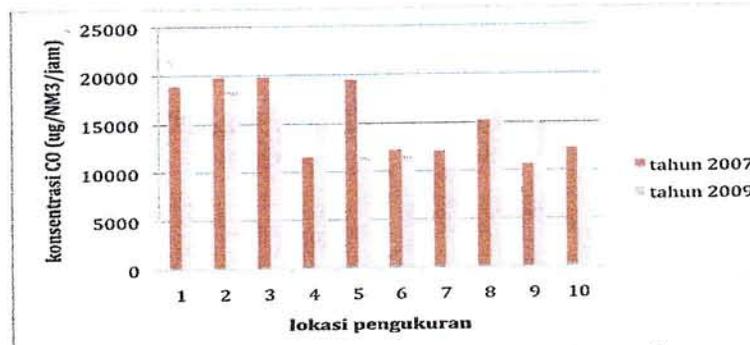
Sumber : data diolah dari BLH Kota Palembang, 2009



Gambar 1. Perbandingan konsentrasi NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{NM}^3/\text{jam}$ ) di 16 lokasi di jalan protokol kota Palembang pada tahun 2007 dan 2009.



Gambar 2. Perbandingan konsentrasi SO<sub>2</sub> (ug/NM<sup>3</sup>/jam) di 16 lokasi di jalan protokol kota Palembang pada tahun 2007 dan 2009.



Gambar 3. Perbandingan konsentrasi CO (ug/NM<sup>3</sup>/jam) di 16 lokasi di jalan protokol kota Palembang pada tahun 2007 dan 2009.



Gambar 4. Perbandingan kandungan PM<sub>10</sub> (ug/NM<sup>3</sup>/jam) di 16 lokasi di jalan protokol kota Palembang pada tahun 2007 dan 2009.

Data menunjukkan bahwa secara umum kualitas udara masih tergolong baik, walaupun data sesaat juga menunjukkan bahwa pada lokasi tertentu (jalan protokol) dan waktu tertentu kualitas udara memburuk. Gas buang SO<sub>2</sub> meningkat pada semua lokasi pengukuran dibandingkan dengan data tahun 2007, membuktikan telah terjadi perubahan kualitas udara perkotaan.

Di India data pemantauan kualitas udara perkotaan tahun 2009 mencatat bahwa kota Delhi memiliki kualitas udara yang buruk, khususnya pada parameter PM<sub>10</sub> (243 m<sup>3</sup>); NO<sub>2</sub> (49 mg/m<sup>3</sup>); SO<sub>2</sub> (6 mg/m<sup>3</sup>), sedangkan kota Ahmedabad dengan reformasi transportasi masalnya memiliki kandungan kualitas udara kota: PM<sub>10</sub> (95 m<sup>3</sup>); NO<sub>2</sub> (21 mg/m<sup>3</sup>); SO<sub>2</sub> (16 mg/m<sup>3</sup>).

Evaluasi kinerja transportasi publik pada tiga kota besar (Bogor, Yogyakarta, dan Palembang) di Indonesia telah dilakukan oleh Tim GTZ SUTIP (*Sustainable Urban Transport Improvement Project*), menghasilkan data sebagai berikut :

- 1) Ratio Jumlah staf : Ketersediaan Trans Musi adalah 1:5 (catatan: Bogor 1:5; Yogyakarta 1:20, sedangkan benchmark internasional 1:4)
- 2) Ratio Jumlah Halte / Koridor : 1:25 (Catatan : Bogor 1,06; Yogyakarta 0,35; sedangkan benchmark internasional di pusat kota 3,33 dan non-pusat kota 2,5).
- 3) Ratio jumlah penumpang harian/Bis : 276 (catatan : Bogor 168; Jogjakarta 278; sedangkan SK Dirjen Darat 650-600 dan Benchmark Internasional 500).
- 4) Load factor : 69% (catatan : Bogor 85,41% dan 3,57%, ; Yogyakarta 42%, sedangkan SK Dirjen Darat 70%).

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pelaksanaan Transportasi Publik (*Bus Rapid Transit/BRT*) di kota Palembang tergolong "lebih baik" dibandingkan kota Bogor maupun Yogyakarta, walaupun pada kenyataannya masih terdapat banyak kelemahan.

#### 4. Pengaruh gas buang CO<sub>2</sub> terhadap tanaman.

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan bagian kecil dari komposisi gas di atmosfer tetapi memiliki peran yang sangat besar dalam proses fotosintesis tanaman. Penggunaan tanaman sebagai pemantau polusi udara telah lama ditetapkan sebagai asektor awal pencemaran udara. Tanaman memiliki klorofil yaitu zat hijau yang berfungsi sebagai pengikat energi matahari. Pengukuran klorofil sebagai alat untuk mengevaluasi pengaruh dari bahan pencemar udara pada tanaman memegang

peranan penting dalam metabolisme tanaman dan reduksi kandungan klorofil berkorelasi dengan pertumbuhan tanaman (Wagh et al., 2006 dalam Barbalace, 2006). Kandungan klorofil daun tanaman dan karotenoid dapat memberikan informasi tentang status fisiologis tanaman. Banyak studi telah dilakukan untuk melihat pengaruh emisi gas buang kendaraan bermotor terhadap morfologi, fisiologi dan biokimia tanaman (Whately, 1984; Ahmed et al, 1988; Salgere dan Nath, 1991.; Raina dan Agarwal, 2004; Tripathi dan Gautam, 2007 dalam Barbalace, 2006). Kendaraan bermotor di India menyumbang 60-70% emisi gas buang di perkotaan, lebih besar daripada emisi debu dan gas beracun oleh berbagai jenis pabrik (Singh et al, 1995;. Tripathi dan Gautam, 2007; Dwivedi et al, 2008 dalam Joshi dan Swami, 2009).

Ketika tanaman terkena emisi gas buang di atas rentang fisiologis normal, maka proses fotosintesis menjadi tidak aktif. Penelitian di kota Haridwar, India, telah dilakukan pada tanaman di berbagai jalan tol Rishikesh – Roorkee selama tahun 2005-2006 dengan luas area sekitar 32 km pada jenis tanaman : *Mangifera indica* L., *Tectona grandis* Linn.f., *Shorea robusta* Gaertn.f., *Holoptelea integrifolia* (Roxb.)Planch, *Eucalyptus citridora* Hook. Syn. and *Mallotus philippinensis* Muell-Arg dimana indeks toleransi pencemar udara lebih kecil dari 10. Penelitian menunjukkan terjadinya penurunan kandungan klorofil, klorofil-b maupun karotenoid pada semua tanaman uji, berturut-turut (dalam mg) : *Holoptelea integrifolia* (48.735) , *Mangifera indica* (43.77%), *Eucalyptus citridora* (43.02), *Shorea robusta* (25.80%), *Tectonagrands* (23.33%) dan *Mallotus philippinensis* (17.84%). (Joshi dan Swami, 2009).

Penelitian hubungan antara kepadatan lalu lintas dengan kerusakan somata daun telah dilakukan di Surakarta

pada 5 lokasi jalan protokol. (Purwanti, 2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan kepadatan rata-rata lalu lintas 3036 – 3787 kendaraan /hari dibandingkan jalan kontrol (rata-rata 480 kendaraan/hari), telah menyebabkan penurunan struktur anatomi daun dan stomata pada tanaman pelindung di sisi jalan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa tanaman jenis “mahoni” (*Swietenia mahagoni*) dan tanaman jenis “glodokan” (*Plyathia dongitalia*) merupakan jenis tanaman yang resistan terhadap pengaruh gas buang kendaraan bermotor.

Oleh karena tanaman merupakan organisme yang imobil dan lebih sensitif dalam reaksi fisiologis dibandingkan manusia dan hewan, beberapa parameter spesifik yang digunakan adalah morfologi dan anatomi tanaman (luas daun spesifik, kerapatan stomata dan permukaan pori stomata. Penelitian di kota Antwerp (dengan luas 543 km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk 406.203 jiwa) selama periode April – September 2007, menunjukkan terjadinya reduksi dari lubang stomata permukaan, dan Rs ditemukan meningkat 17%. Penelitian juga menunjukkan bahwa tanaman uji bisa beradaptasi di lingkungan tercemar dengan cara membentuk stomata lebih banyak namun dengan ukuran lebih kecil (Wuytack *et al.*, 2010). Tanaman di kota Mahshahr, Iran yang selalu terdedah dengan berbagai polutan (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, partikulat matter, Pb dan lain-lain) yang merupakan akibat dari industri petrokimia, ternyata berpengaruh terhadap *Albizia lebeck* dimana terdapat perbedaan panjang dari lembar daun yang bertambah dari 3,25 menjadi 3,75 cm, dibandingkan dengan daun daerah kontrol, namun tidak ada perubahan nyata pada area daun, baik pada panjang tulang daun, kandungan daun dan tangkai daun. Sebaliknya terjadi peningkatan klorofil-a (15,7 menjadi 19,6), klorofil -b maupun total klorofil, carotenoid, gula terlarut dan proline, menunjukkan bahwa jenis itu

termasuk jenis yang resistan (Seyyednejad *et al.*, 2009). Penelitian juga menunjukkan dampak pencemaran udara terhadap tanaman *Salix alba* dalam Taman Nasional Ceahlau pada area terdedah pencemaran udara (kadar debu 0,281 mg/m<sup>3</sup>, kandungan NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> berturut-turut 20,974 ug/m<sup>3</sup> dan 6,833 ug/m<sup>3</sup>) menunjukkan adanya variasi dalam ketebalan jaringan mesofil dan distribusi dan frekuensi stomata di bagian bawah dan atas epidermis, walaupun demikian tanaman masih dapat tumbuh dengan baik menunjukkan resistensi tanaman (Gostin dan Ivanescu, 2007).

Penelitian dengan menggunakan perlakuan emisi berupa pengasapan gas kendaraan bermotor (9.375 µg/m<sup>3</sup> CO, 149,07 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, 78,87 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>, dan 43,1 µg/m<sup>3</sup> debu) selama 10 menit dalam keadaan tertutup kepada bibit tanaman “kenari” berumur 6 bulan, memberikan pengaruh nyata terhadap tanaman berupa penurunan pertumbuhan batang dan peningkatan kerapatan stomata, sedangkan tanaman “akasia” mengalami pertumbuhan diameter batang, pertumbuhan tinggi, panjang stomata sisi atas, panjang stomata sisi bawah, tebal daun, tebal jaringan palisade sisi bawah dan tebal jaringan bunga karang yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman kontrol. Tanaman “akasia” lebih rentan ditunjukkan oleh banyaknya jaringan yang rusak. Tanaman “kenari” termasuk tipe hipostomatik (stomata abaksial hanya ada di bagian bawah), sedangkan tanaman “akasia” termasuk tipe amfistomatik (adaksial dan abaksial stomata dijumpai di kedua sisi daun) (Rushayati dan Maulana, 2005). Pada saat tanaman terdedah oleh pencemaran udara, maka fisiologis tanaman akan mengalami perubahan sebelum menunjukkan kerusakan pada daun (Dohmen *et al.*, 1998 dalam Agbaire, 2009). Penelitian juga menunjukkan dampak dari polutan udara terhadap asam askorbat; klorofil, p

ekstrak daun dan kadar air relatif (Rao, 1979; Klumpp et al, 2000; Hoque et al, 2007; Bunga et al, 2007 dalam Agbaire, 2009). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa gas buang SO<sub>2</sub> ternyata menyebabkan kerusakan kepada jenis lumut (*Lichenes*), berupa penurunan reproduksi, perubahan morfologi; perubahan dalam ultrastruktur, gangguan membran sel; hambatan terhadap proses fotosintesis dan respirasi (Zedda, 2007)

### 5. APTI (*Air pollution tolerance indices*).

Metoda APTI (*Air Pollution Tolerance Index*) menyatakan bahwa APTI telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi tingkat toleransi spesies tanaman dan juga untuk memilih spesies tanaman toleransi terhadap polusi udara berdasarkan empat parameter (Singh et al, 1991 dan Yan-Ju, 2007). Parameter dimaksud adalah :

- (i) Kadar air relatif daun atau Relative leaf water (Singh, 1977) dengan formula  $RWC = [(FW - DW)/(TW - DW)] \times 100$ , dimana FW = Fresh weight, DW = dry weight, and TW = turgid weight;
- (ii) Kandungan klorofil total atau Total Chlorophyll Content (Amon, 1949 dalam Agbaire, 2009) dengan formula Klorofil a =  $12,7D \times 663 - 2,69D \times 645 \times V/1000$  W mg/g; Klorofil b =  $22,9D \times 645 - 4,68D \times 663 \times V/1000$  W mg/g.; TCH =

klorofil b + mg/Dx = absorsbance dari ekstrak pada Xnm panjang gelombang dimana V = volume total solusi klorofil (ml) dan W = berat jaringan ekstrak (g);

- (iii) pH ekstrak daun dan
- (iv) Analisis asam askorbat (mg/g) (Bajaj dan Kaur, 1981 dalam Agbaire, 2009). Dengan demikian APTI dapat dikalkulasi dengan formula (Singh dan Rao, 1983): Indeks APTI =  $(A(T+P) + R)/10$ , dimana A = kandungan asama askorbat (mg/g); T = klorofil total (mg/g); P = pH ekstrak daun, dan R = kadar air relatif daun (%).

Dalam penelitian Agbaire, 2009 ditemukan respons berbeda dari tanaman terhadap pencemar udara. Variasi APTI ini disebabkan variasi dalam salah satu keempat faktor fisiologis yang mengatur perhitungan indeks. Tanaman *Psidium guayava* merupakan tanaman yang paling toleran, diikuti oleh *Elaise guineensis*; *Musa paradisiaca*; *Bambosa bambosa*; *Anacadium occidentale*; *Terminalia catappa*; *Manihot esculenta*; *Imperata cylindrical*; *Chromolaena odorata* dan *Mangifera indica*.

Berdasarkan nilai APTI pada tanaman maka tanaman dapat dikelompokkan sebagai berikut (Kalyani and Singaracharya, 1995 dalam Lakshmi et al., 2008) :

Tabel 5. Kelompok tanaman berdasarkan nilai toleransinya

Nilai APTI	Respons
30 - 100	toleran
29 - 17	menengah
16 - 1	sensitif
< 1	Sangat sensitif

Dalam penelitiannya ditemukan bahwa kandungan asam askorbat pada tanaman yang tergolong memiliki respon intermediet (menengah) berkisar antara 7,52 – 11,05 mg, sedangkan pada kelompok sensitif dijumpai kandungan asam askorbat dengan konsentrasi rendah (1,161 – 8,23 mg). Hal yang sama dijumpai pada kandungan klorofil, untuk tanaman yang tergolong memiliki respons menengah, memiliki kandungan klorofil 4 – 16 mg, sedangkan pada tanaman sensitif memiliki kandungan klorofil 0,90 – 9,38 mg (Lakshmi et al., 2008).

## 7. PENUTUP

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk perkotaan yang diikuti dengan meningkatnya permasalahan dalam sektor transportasi, maka pencemaran udara perkotaan merupakan permasalahan yang umum dijumpai khususnya bagi kota-kota besar yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat. Reformasi transportasi publik menjadi sangat penting dilakukan untuk mengurangi terjadinya pencemaran udara. Penanaman pohon pelindung dan peningkatan luas area Ruang Terbuka Hijau khususnya di kawasan jalan protokol harus dilakukan karena tanaman selain berfungsi penyerap gas CO<sub>2</sub>, juga akan menghasilkan oksigen. Tanaman kerap digunakan sebagai bioindikator untuk perubahan kualitas udara perkotaan, oleh karena itu pemilihan jenis tanaman pelindung menjadi sangat penting.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Agbaire, P. O. *Air pollution tolerance indices (APTI) of some plants around Erhoike-Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeria*. International J. of Physical Sci. Vol. 4 (6), pp. 366-368, June, 2009
2. Barbalace, R.C., 2006. *CO<sub>2</sub> pollution and global warming: when does carbon dioxide become a pollutant?* Environmental pollution.com November, 7, 2006
3. Gostin I and L.Ivanescu. *Structural and micromorphological changes in leaves of Salix alba under air pollution effect*. Issues 4 volume 1. 2007. p: 219-226
4. GTZ SUTIP (Sustainable Urban Transport Improvement Project). *Evaluasi Kinerja Transportasi Publik, Workshop Evaluasi Pengembangan Sistem Transit, Jakarta tanggal 22 April 2010*.
5. Joshi P.C., and A.Swami, 2009. *Air pollution induced changes in the photosynthetic pigments of selected plant species*. J. Environ. Biol. 30(2), 295-298.
6. Lakshmi P.S., K.L. Sravanti and N. Srinivas, 2008. *Air pollution tolerance index of various plant species growing in industrial areas*. The Ecocan 2(2): 203-206.
7. Liu, Y, J and Ding, H. 2007. *Variation in Air Pollution Tolerance Index of plants near a steel factory: Implication for lanscape-Plant species selection for industrial areas*. WSEAS Transactions on Environment and Development, Vol.1 (4), 2008, pp. 24-32.
8. Purwanti, D.S., 2008. *Pengaruh emisi gas buang kendaraan bermotor terhadap struktur epidermis dan stomata daun tanaman pelindung di Jalan Adi Sumarno sampai terminal Tirtonasi Surakarta*. Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta. 65 hlm. Tidak dipublikasikan

9. Rushayati, S.B., dan R.Y. Maulana, 2005. Respons pertumbuhan serta anatomi daun kenari (*Canarium commune* L) dan akasia (*Acacia mangium* wilid) terhadap emisi gas kendaraan bermotor. *Media Konservasi (X): 2. Desember 2005: 71-76.*
10. Seyyednejad, S.M., M. Niknejad dan M. Yusefi, 2009. Study of air pollution effects on some physiology and morphology factors of *Albizia lebbek* in high temperature condition in Khuzestan. *J. Plant Sc. 4 (4): 122-126.*
11. Singh S.K., and Rao D.N, 1983. Evaluation of the plants for their tolerance to air pollution. Proc symp on air pollution control held at IIT, Delhi. pp.218-224.
12. Singh S.K, Rao D.N., M Agrawal, J Pandey and Narayan, 1991. Air pollution Tolerance index of Plants. *J. Environ. Manag. 32: 45-55.*
13. Wuytack,T., K.Verheyen, K.Wuyts, F.Kardel, S. Adriaenssens dan R. Samson, 2010. *The potential of biomonitoring of air quality using leaf characteristics of white willow (Salix alba L.). CLIMAQS Workshop "Local air quality and its interactions with vegetation" January 21-22, 2010. Antwerp, Belgium.*
14. Zedda, L., 2009. Report on lichen sensitivity to air pollution with special reference to sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>). [http://scholar.google.com/scholar?q=related:VZ-HEFWR1S0J:scholar.google.com/&hl=id&as\\_sdt=0](http://scholar.google.com/scholar?q=related:VZ-HEFWR1S0J:scholar.google.com/&hl=id&as_sdt=0)