

ISSN 1693-8968

MAJALAH ILMIAH
VEGETASI



FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS AL WASHLIYAH MEDAN

M. I VEGETASI	Vol. 5	No 21	Hal 1 - 130	Medan April - Agustus 2008	ISSN 1693 - 8968
---------------	--------	-------	----------------	-------------------------------	---------------------

MAJALAH ILMIAH
VEGETASI

TUJUAN MAJALAH ILMIAH VEGETASI

Majalah Ilmiah VEGETASI terbit tiga kali dalam setahun. Dua tujuan utama majalah ilmiah ini : (1) membangun, menciptakan budaya menulis serta mensosialisasikan hasil tulisan berdasarkan kaidah-kaidah ilmiah ; (2) sebagai wahana menyalurkan dan mewujudkan telaah kritis yang dapat dipertanggung jawabkan secara keagamaan dan ilmiah.

Ruang Lingkup Majalah ilmiah VEGETASI :

1. Karya Ilmiah (artikel)
2. Rangkuman hasil penelitian
3. Laporan seminar atau diskusi
4. Hasil proseding
5. hasil pembahasan bedah buku

Struktur karya ilmiah yang dimuat dalam Majalah Ilmiah VEGETASI terdiri atas :

1. Judul Tulisan
2. Nama Pengarang
3. Intisari maksimal 75-100 kata dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia
4. Pendahuluan yang memuat tema dan fokus permasalahan
5. Metodologi Penelitian bagi tulisan yang memuat tentang penelitian, sedangkan bagi karya ilmiah memuat landasan teori.
6. Pembahasan
7. Kesimpulan
8. Daftar Kepustakaan

Wassalam

Redaksi

MAJALAH ILMIAH
VEGETASI

Volume 5 No. 2 Edisi April - Agustus 2008

DAFTAR ISI

PENGARUH CARA INOKULASI RHIZOBIUM TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT SENGON (<i>Paraserianthes falcataria</i> L.) Nielsen Oleh : Deni Elfiati dan Hamidah Hanum (Staf Pengajar Departemen Kehutanan dan Departemen Ilmu Tanah Fak. Pertanian USU, Medan)	1 - 13
PENCEGAHAN DAN PENGAWASAN PENYAKIT HEWAN MENULAR STRATEGIS DALAM PENGEMBANGAN USAHA SAPI POTONG Oleh : Mohd. Bustamin (Dosen STKIP Gunung Leuser, Kutacane)	14 - 20
FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEGIATAN EKONOMI RUMAH TANGGA ISTRI NELAYAN DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN Oleh : Lindawati (Dosen Kopertis Wil-I dpk FP UISU, Meda)	21 - 32
UJI JENIS MULSA PLASTIK DAN DOSIS KALSIMUM NITRAT PADA TANAMAN CABAI (<i>Capsicum annum</i> L.) Oleh : Lisa Mawarni (Staf Pengajar Fak. Pertanian USU, Medan)	33 - 39
PENGARUH PEMOTONGAN AKAR DAN NUTRISI RENDAH TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT TEH Oleh: Rahmi Dwi Handayani Rambe (Dosen Fak. Pertanian UISU, Medan)	40 - 49
HUBUNGAN PERAKARAN BIBIT BEBERAPA KLON TEH DENGAN KETAHANAN KEKERINGAN TANAMAN MENGHASILKAN Oleh : Yayuk Purwaningrum (Dosen Fak. Pertanian UISU, Medan)	50 - 60
HUBUNGAN PERTUMBUHAN BIBIT DENGAN HASIL PUCUK BEBERAPA KLON TEH Oleh : Yenni Asbur (Dosen Fak. Pertanian UISU, Medan)	61 - 72
KONTRIBUSI MAKANAN FUNGSIONAL BAGI KESEHATAN TUBUH Oleh : Ramaniah (Dosen Kopertis Wil-I dpk Univ. Medan Area, Medan)	73 - 81
KAJIAN PEMBERIAN NaOH TERHADAP KUALITAS KITOSAN DARI KULIT UDANG Oleh : Irma Sofia, Mhd Ridwan, Desi Ardila (Dosen Kopertis Wil-I dpk FP UMSU dan Dosen Fak. Pertanian UMSU, Medan)	82 - 89
PROSPEK PENGEMBANGAN PERTANIAN ORGANIK Oleh : Tharmizi (Dosen Tetap Fak. Pertanian UNPAB, Medan)	90 - 97
KERUSAKAN TANAMAN AKIBAT PENCEMARAN UDARA Oleh : Ika Rosenta Purba (Dosen Kopertis Wil-I dpk Univ. Simalungun, P. Siantar)	98 - 107
TEKNOLOGI PASCAPANEN BUNGA SEDAP MALAM Oleh : Hotma Manurung (Dosen Universitas HKBP Nommensn, Medan)	108 - 117
PEMANFAATAN BIOTEKNOLOGI DALAM PERTANIAN Oleh : M. Sidik Tarigan (Dosen Kopertis Wil-I dpk Univ. Karo, Kabanjahe)	118 - 130

KERUSAKAN TANAMAN AKIBAT PENCEMARAN UDARA

Oleh : Ika Rosenta Purba *)

Intisari

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. Ada 4 pencemar udara yang lazim dijumpai dalam jumlah yang dapat diamati di berbagai tempat khususnya di kota-kota yaitu : Nitrogen Oksida, (NO x), Belerang Oksida (SO x), Partikel dan Logam Berat Timbal (Pb), Pencemaran udara dapat menyebabkan terjadinya kerusakan Fisiologis didalam tanaman (tersembunyi) jauh sebelum terjadinya kerusakan fisik. Kerusakan yang tersembunyi berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan sel yang lambat dan pembukaan stomata yang tidak sempurna. Kerusakan Fisik karena polusi udara adalah seperti klorosis, nekrosis pada ujung dan sisi daun serta busuk daun yang lebih awal.

PENDAHULUAN

Sampai saat sekarang, kita melihat pengaruh-pengaruh gas fitotoksik yang timbul secara alamiah terhadap tanaman. Bagaimanapun, telah jelas selama beberapa tahun, bahwa gas-gas pencemar (polutan) yang berasal dari daerah-daerah, perkotaan, dan industri dan dari pembakaran mesin, mempunyai pengaruh yang mendalam dan meningkat atas komposisi, biomasa dan distribusi vegetasi alami.

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.

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_x, SO_x 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_x)

Nitrogen Oksida (NO_x) adalah kelompok gas di atmosfer, yang banyak di jumpai sebagai pencemar udara adalah gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂), disamping bentuk nitrogen oksida lainnya.

NO_x dapat dihasilkan dari proses alami, seperti pencahayaan (lighting), kebakaran hutan dan aktifitas mikroorganisme. Di daerah perkotaan, emisi NO_x terutama berasal dari hasil pembakaran bahan bakar dan bahan organik lainnya. Baik sumber statik maupun sumber bergerak. Penyebaran dan konsentrasi berbagai jenis gas NO_x di lingkungan perkotaan pada prinsipnya dipengaruhi oleh:

1. Topografi lokal, khususnya adanya canyon gedung-gedung tinggi; yang

dapat meningkatkan kadar NO₂ 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 NO₂.

Sebagian NO di atmosfer akan diubah menjadi NO₂ melalui proses-proses lain yang tidak merupakan reaksi langsung kadar O₂. Proses ini disebut sebagai daur fotolitik NO₂ yang merupakan akibat langsung dari interaksinya terhadap cahaya matahari. Secara ringkas tahap-tahap reaksi dapat diuraikan sebagai berikut;

1. NO₂ menyerap energi sinar matahari dari komponen gelombang pendek yaitu sinar ultraviolet.
2. Energi yang diserap tersebut memecah molekul-molekul NO₂ dan atom-atom oksigen (O) yang bersifat sangat reaktif.
3. Atom-atom oksigen tersebut beraksi dengan oksigen bebas di udara (O₂), membentuk ozon (O₃) yang merupakan pencemar udara sekunder.
4. Ozon akan bereaksi dengan NO membentuk NO₂ dan O₂ sehingga reaksi menjadi lengkap berlangsung secara sinambung dan teratur.

Daur tersebut tidak berpengaruh apapun bila tidak terdapat reaktan lain, sehingga konsentrasi NO dan NO₂ tidak berubah karena O₃ dan NO yang berbentuk akan hilang dengan jumlah yang setimbang. NO akan sangat cepat

diubah menjadi NO_2 dibandingkan kecepatan disosiasi NO_2 menjadi NO dan O . inilah yang menyebabkan ozon (O_3) terakumulasi di atmosfer. Karena itu gas-gas NO_x (khususnya NO_2) dianggap sebagai pencemar udara penting bagi unsur/senyawa oksidasi lain (seperti O_3 tersebut).

Konsentrasi NO_x diudara berubah-ubah sepanjang waktu tergantung pada sinar matahari dan sumber pencemarnya. Fardiaz (1992) mengkaji perubahan konsentrasi NO_x sebagai berikut :

- a. Konsentrasi NO dan NO_2 stabil dan pada dini hari sedikit lebih dari pada konsentrasi minimum sehari-hari.
- b. Antara pukul 06.00 s/d 08.00 segera kegiatan manusia meningkat misalnya konsentrasi NO meningkat karena lalu lintas dan pabrik mulai beroperasi sampai dengan nilai tertinggi dapat mencapai 2 ppm.
- c. Dengan terbitnya matahari yang memancarkan sinar ultraviolet, NO primer menjadi NO_2 sekunder dan konsentrasinya dapat meningkat hingga mencapai 0,5 ppm.
- d. Dengan menurunnya konsentrasi NO , maka konsentrasi O_3 meningkat hingga kurang dari 0,1 ppm .
- e. Pada saat intensitas energi matahari menurun (antara pukul 17.00 s/d 20.00), konsentrasi NO meningkat lagi.
- f. O_3 yang terakumulasi sepanjang hari

akan bereaksi dengan NO meskipun energi matahari tidak tersedia untuk mengubah NO menjadi NO_2 , sehingga konsentrasi NO tersebut meningkat sedangkan konsentrasi O_3 menurun.

Hasil akhir pencemaran NO_x dapat berupa asam nitrat (HNO_3), 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_x hasil kegiatan manusia yang didispersikan ke udara hanya pada wilayah yang sangat terbatas sehingga dapat mengakibatkan konsentrasi ambien terbentuk menjadi lebih tinggi.

Belerang Oksida (SO_x)

Belerang oksida terutama disebabkan oleh dua jenis gas belerang yang tidak berwarna, yaitu gas SO_2 yang berbau sangat tajam dan tidak dapat terbakar di udara dengan SO_3 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.

Bila konsentrasi uap air tinggi, maka SO_3 dan air akan segera bereaksi membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Di daerah dengan kelembaban udara tinggi seperti di Indonesia, komponen pencemaran belerang terdapat dalam bentuk H_2SO_4 yang dihasilkan dari reaksi emisi SO_3 dengan air tersebut. Karena itu setiap pengukuran atau pemantauan SO_x (khususnya SO_2) hendaknya dilakukan juga terhadap H_2SO_4 , terlebih karena sifat iritasinya yang lebih kuat.

Perbandingan keberadaan konsentrasi SO_2 dan H_2SO_4 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_x dari semua sumbernya. Konsekuensinya lebih lanjut dari senyawa-senyawa belerang di udara (dalam bentuk SO_x dan H_2SO_4) 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.

Partikel

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.

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 μm dimana partikel terkecil akan hilang karena perpaduan gerak brown dan partikel yang besar akan jatuh akibat pengaruh gravitasi.

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.

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.

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 dari pada 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.

Ada dua jalan masuknya timbal ke dalam tanaman yaitu, melalui akar dan daun. Timbal

setelah masuk ke sistem tanaman akan diikat oleh membran-membran sel, mitochondria dan kloroplas. Bahkan pencemaran dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisik. Kerusakan tersembunyi dapat berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan yang lambat atau pembukaan stomata yang tidak sempurna.

Masuknya partikel timbal ke dalam jaringan daun bukan karena timbal diperlukan tanaman, tetapi hanya sebagai akibat ukuran stomata daun yang cukup besar dan ukuran partikel timbal yang relatif kecil di banding ukuran stomata. Timbal masuk ke dalam tanaman melalui proses penyerapan pasif (Widiriani, 1996).

PENCEMARAN UDARA DAN KERUSAKAN TANAMAN

Pada kebanyakan pencemaran udara, secara sendiri-sendiri atau kombinasi menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman 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 SO_2 , 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 SO_2 mengurangi berat dan luas daun.

1. Kerusakan Makrokopis Daun

Pencemar atmosfer secara merugikan merusak tumbuhan dalam beberapa cara. Kerusakan akibat pencemaran sering secara umum diklasifikasikan kedalam akut, kronis atau tersembunyi (Muud, 1975). Pada kerusakan akut, kerusakan pada pinggir atau antar tulang daun dicirikan mula-mula oleh penampakan berkurangnya air, kemudian mengering dan memutih sampai berwarna gading pada kebanyakan species, tetapi pada beberapa species menjadi coklat atau merah kecoklatan. Kerusakan ini disebabkan oleh penyerapan gas pencemar udara cukup untuk membunuh jaringan dalam waktu yang relatif cepat.

Kerusakan kronik ditunjukkan oleh menguningnya daun yang berlanjut hingga memutih karena kebanyakan dari klorofil dan karotenoid dirusak. Kerusakan kronis disebabkan oleh absorpsi sejumlah gas pencemar udara yang tidak cukup untuk menyebabkan kerusakan akut, atau dapat disebabkan oleh penyerapan sejumlah gas dalam konsentrasi subletal dalam periode waktu yang lama (Muud, 1975).

Beberapa polutan sekunder diketahui bersifat sangat merusak tanaman. Percobaan dengan cara pengasapan tanam-tanaman dengan NO_2 menunjukkan terjadinya bintik-bintik pada daun jika digunakan konsentrasi 1.0 ppm, sedangkan dengan konsentrasi yang lebih tinggi (3.5 ppm atau lebih) terjadi nekrosis atau kerusakan pada tunas daun.

Pencemaran oleh sulfur oksida terutama disebabkan 2 komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur trioksida (SO_3), dan keduanya disebut sebagai belerang oksida (SO_x). Sama halnya dengan gas yang lain, kerusakan tanaman oleh SO_x dipengaruhi oleh dua factor yaitu konsentrasi SO_x dan waktu kontak. Kerusakan tiba-tiba (akut) terjadi jika kontak dengan SO_x pada konsentrasi tinggi terjadi dalam waktu tidak lama, dengan gejala beberapa bagian daun menjadi kering dan mati dan biasanya warnanya memucat. Kontak dengan SO_x pada konsentrasi rendah dalam waktu lama menyebabkan kerusakan kronis, ditandai dengan menguningnya warna daun karena terhambatnya mekanisme pembentukan klorofil.

Kerusakan akut pada tanaman disebabkan kemampuan tanaman untuk mengubah belerang dioksida yang diabsorpsi menjadi asam sulfat kemudian menjadi sulfat. Garam-garam tersebut terkumpul pada ujung atau tepi daun. Sulfat yang terbentuk pada daun berkumpul dengan sulfat yang diabsorpsi melalui akar, dan jika akumulasi pencemar udara cukup tinggi, terjadi gejala kronis yang ditandai dengan gugurnya daun. Dengan demikian, klorosis atau nekrosis akan terletak pada jaringan antar tulang daun terutama bagian pucuk atau pinggir daun.

2. Kerusakan Anatomi Daun

Jaringan anatomi daun pada klas dikotil tersusun atas sekumpulan sel yang memiliki bentuk yang hampir sama. Jaringan tersebut tersusun atas jaringan epidermis atas dan bawah, jaringan mesofil (*daging daun*) yang tersusun atas jaringan palisade dan jaringan bunga karang.

Epidermis menutupi permukaan atas dan bawah daun dilanjutkan ke epidermis batang. Sedangkan lapisan mesofil merupakan daerah paling utama untuk proses fotosintesis. Lapisan palisade merupakan bagian dari daun yang paling banyak mengandung kloroplast, dan merupakan bagian yang paling banyak mempengaruhi produk fotosintesis. Kerusakan yang terjadi pada mesofil daun, terutama pada jaringan palisade oleh pencemaran udara akan memberi dampak yang paling besar terhadap kegiatan fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan.

Sewaktu-waktu dampak dari beberapa

pencemar terhadap tumbuhan dapat dibedakan dan dipisahkan dan pada waktu yang lain tidak. Chang (1975) menemukan bahwa respon histologis dari tanaman dikotil terhadap hydrogen fluorida dan sulfur dioksida menjadi tidak dapat dibedakan.

Perubahan histologis yang paling umum dalam kerusakan daun oleh pencemar udara adalah plasmolisis, granulasi atau disorganisasi penyusun sel, rusaknya sel atau disintegrasi, dan pigmentasi jaringan (Darley dan Middleton, 1966 dalam Mudd, 1975).

Koslowski dan Mudd (1975) menyebutkan bahwa bahan pencemar dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisiologis didalam tanaman jauh sebelum terjadinya kerusakan fisik. Para ahli lainnya menyebutkan hal tersebut sebagai kerusakan tersembunyi. Kerusakan tersembunyi dapat berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan sel yang lambat atau pembukaan stomata yang tidak sempurna.

Total luasan daun (*leaf area*) dari suatu tanaman yang terkena pencemaran udara akan mengalami penurunan, karena terhambatnya laju pertumbuhan dan perluasan daun serta meningkatnya jumlah daun yang gugur, sehingga secara langsung maupun tidak langsung akan menurunkan hasil fotosintesis. Kriteria dini untuk beberapa kerusakan yang tidak terlihat adalah meliputi hal-hal berikut ini :

1. Kerusakan tersebut meliputi gangguan kehidupan tumbuhan yang pada akhirnya

berdampak pada pertumbuhan.

2. Gangguan tersebut tidak terlihat oleh mata secara langsung.
3. Tumbuhan menjalani waktu paparan terhadap konsentrasi pencemar yang tidak menghasilkan gejala (simptom) yang dapat diamati.

Istilah kerusakan daun yang tidak terlihat bukan istilah yang tepat karena perubahan anatomi dari respon tumbuhan terhadap pencemaran udara dapat dilihat dengan mikroskop. Disamping itu, kerusakan klorosis dan nekrosis jelas mempengaruhi jaringan fotosintesis dari gejala yang tampak serta menurunnya pertumbuhan adalah akibat gangguan aktifitas dan struktur sel.

Kerusakan yang tidak tampak atau tersembunyi akan mengakibatkan terjadinya pertumbuhan yang tidak normal sehingga dapat memperlambat laju fotosintesis dan selanjutnya akan mengurangi produksi suatu tanaman tertentu dengan tanpa memperlihatkan gejala-gejala yang tampak. Perubahan histologis yang paling umum akibat pencemaran udara adalah terjadinya plasmolisis, kerusakan kandungan sel (granulasi), sel-sel yang mengalami kolaps dan pigmentasi atau perubahan warna sel menjadi gelap.

Pencemar debu di udara dapat menutupi mulut daun dan hal ini akan membatasi proses transpirasi seperti yang dikemukakan oleh Fakuara (1987) dalam Zubayr (1994). Sedangkan bahan kimia yang berupa gas, sebagai contoh SO_2 akan masuk melalui mulut daun kemudian

mempengaruhi komposisi cairan sel, dan sel menjadi rusak dan mati.

Pada tumbuhan berdaun lebar, baik SO_2 maupun HF menyebabkan kolapsnya sel-sel bunga karang, diikuti oleh stomata permukaan bawah yang berhubungan dengan epidermis kemudian diikuti oleh kerusakan kloroplast dan merusak jaringan palisade. Jaringan-jaringan vaskular rusak kemudian (Ormond, 1978)

Studi ultrastruktur mengenai pengaruh dari fumigasi SO_2 terhadap tanaman telah dilakukan dan diperlihatkan bahwa pembengkakan (swelling) dari ruangan dalam tilakoid merupakan suatu dari pengaruh utama SO_2 terhadap tanaman. Awalnya pembengkakan ini merupakan fenomena reversibel meskipun waktunya tergantung pada dosis. Beberapa pembengkakan menjadi indikasi adanya kekacauan ionis dan pengasaman yang terlalu cepat.

Suratin (1991) mengemukakan, berdasarkan hasil penelitiannya diketahui bahwa kerusakan daun kebanyakan terjadi pada bagian mesofil. Menurutnya terdapat kecenderungan antara kerusakan daun tersebut dengan jumlah kendaraan karena melepaskan gas SO_x , NO_x dan partikel. Daun menjadi bagian yang paling menderita, hal ini menjadi karena sebagian besar bahan-bahan pencemaran udara mempengaruhi tanaman melalui daun, yaitu masuk melalui stomata dengan proses difusi molekuler terutama bahan pencemar yang berupa gas.

3. Kerusakan Klorofil

Penghambatan terhadap fotosintesis seringkali dipertimbangkan sebagai satupengaruh utama SO_2 terhadap tanaman dan kloroplast, karena kloroplast dianggap sebagai tempat utama dari banyak gangguan yang disebabkan oleh SO_2 atau produknya dalam bentuk larutan. Stroma kloroplast umumnya mempunyai pH yang lebih besar dari 7 (mendekati 9 pada cahaya terang) dan dalam kondisi ini membentuk ion sulfit dengan mengorbankan bisulfit ketika terjadi ionis sulfur dalam larutan. Sebagai konsekuensinya pengaruh sulfit sering dipertimbangkan sebagai pemikir kegiatan belerang dioksida dalam kloroplas tetapi jika pH rendah senyawa sulfur akan masuk lebih mudah sebagai larutan belerang dioksida.

Pengaruh SO_2 terhadap pigmen fotosintesis sangat besar. Kerusakan klorofil terjadi pada lichenes setelah diberi pemaparan dosis SO_2 5 ppm selama 24 jam. Pada konsentrasi tinggi ini, molekul klorofil terdegradasi menjadi *phaeophitin* dan Mg^{2+} . Pada proses ini molekul Mg^{2+} dalam molekul klorofil diganti oleh dua atom hydrogen yang berakibat perubahannya karakteristik spektrum cahaya dari molekul klorofil. Oleh karena itu, kandungan klorofil sering dijadikan indikator terhadap pencemaran udara (khususnya SO_2). Pada lichenes yang sensitif, pemaparan kronis dengan konsentrasi SO_2 rendah (0.01 ppm) menyebabkan hilangnya klorofil.

Kerusakan pada daun oleh pencemaran udara dapat dihambat diantaranya dengan adanya

lapisan lilin daun. Lilin pada permukaan daun secara fisiologis untuk menahan kehilangan uap air, mengontrol pertukaran gas, mengurangi pelepasan nutrien dan metabolit, dan bertindak sebagai bahan pencemar yang reaktif seperti SO_2 , NO_2 dan O_3 . Lilin daun merupakan bagian daun yang penting yang dapat dipercepat rusaknya oleh angin, abrasi, gesekan dan interaksi kimia dengan polutan. Jadi kerusakan lilin daun menyebabkan daun menjadi sensitif terhadap pencemar. Morfologi maupun distribusi lilin pada daun dipengaruhi oleh pencemaran udara. Kerusakan pada permukaan daun (khususnya daun lebar) dapat terjadi oleh hujan asam dengan pH 3 – 3,5 dan konsentrasi sulfat 500 mol/liter, sementara nitrat tidak memiliki pengaruh yang nyata (Fitter, 1994)

KESIMPULAN

1. Ada 4 pencemar udara yang lazim dijumpai dalam jumlah yang dapat diamati di berbagai tempat khususnya di kota-kota yaitu : Nitrogen Oksida, (NO_x), Belerang Oksida (SO_x), Partikel dan Logam Berat Timbal (Pb).
2. Pencemaran udara dapat menyebabkan terjadinya kerusakan Fisiologis didalam tanaman (tersembunyi) jauh sebelum terjadinya kerusakan fisik.
3. Kerusakan yang tersembunyi berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan sel yang lambat dan pembukaan stomata yang

- tidak sempurna. ujung dan sisi daun serta busuk daun yang lebih awal.
4. Kerusakan Fisik karena polusi udara adalah seperti klorosis, nekrosis pada

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, N.G., 1996, Ilmu Penyakit Tumbuhan, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta.
- Fitter, A.H. dan R.K.M. Hay., 1994, Fisiologi Lingkungan Tanaman, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kozlowski, T.T. P.J. Kramer. S.G. Pallardy, 1991, The Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press Inc. London.
- Muud, J.B. 1975. Sulfur Dioxide; Respon of Plant to Air Pollution. Academic Press. London.
- Siregar, M.B.E., 2005, Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya pada Manusia, Fakultas Pertanian Program Studi Kehutanan, USU, Medan.
- Suratin. 1991. Studi Kerusakan Anatomi Daun *Bauhinia purpurea* Sebagai Tanaman Tepi Jalan di Kota Bogor. Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Wardhana, W. A. 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Offset. Yogyakarta.