

DAMPAK DEBU PABRIK SEMEN TERHADAP VEGETASI

Oleh :

Chafid Fandeli*

ABSTRACT

In developing clean cement factory, installing electrostatic precipitator in the smoke stack performed prevention of particle pollution. Dust particles discharged to the atmosphere could be mitigated with a so called "green or clean" program. Both of the mitigation techniques have been conducted by PT Semen Nusantara in Cilacap, Central Java. Leaf of trees surrounding the factory were seen entrap dust particles. The dust entrapped covered the surface of the leaves. On *Terminalia catapa* leaves were found dust cover of 0.4071 mg/cm² compared to *Filicium decipiens* leaves of 0.4042 mg/cm² on a distance of 0.1 km from the factory. A distance of 2 km from the factory the dust cover of *Terminalia catapa* dan *Filicium decipiens* leaves decreased into approximately 0.3797 mg/cm² and 0.3670 mg/cm² respectively. The absorption and adsorption of cement dust are useful for human health and harmless for leaves.

Key words : cement factory, dust particle pollution, vegetation

PENDAHULUAN

Latar belakang

Pabrik semen merupakan industri yang telah banyak diketahui orang menimbulkan pencemaran udara. Pabrik ini menghasilkan debu yang mengandung silika yang teremisikan ke udara. Debu yang hanya beberapa mikron ukurannya beterbangan, mempengaruhi lingkungan atmosfer.

* Dr. Ir. Chafid Fandeli, MS. adalah dosen Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.

Partikel debu ini menyebabkan gangguan kesehatan manusia dan berpotensi menyebabkan penyakit silikosis. Debu yang keluar dari cerobong atau *stack*, mempengaruhi kualitas udara ambien atau lingkungan. Debu teremisikan ke atmosfer dan tersebar ke ambien tergantung pada beberapa faktor yaitu tinggi cerobong, arah angin dan kekuatan angin.

Cemaran atau polutan berupa butiran debu ini, sebelum teremisikan ke udara dicegah oleh *Electrostatic Precipitator* (EP) yang dipasang dalam cerobong. Pada dasarnya bekerjanya EP ini adalah menyemprot yang keluar dari cerobong debu dengan air sehingga terlarut dalam butiran air. Bekerjanya alat EP ini seperti halnya proses terjadinya hujan. 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.

Vegetasi dipergunakan oleh manusia untuk menanggulangi pencemaran udara. Di dalam penanggulangan cemaran udara oleh vegetasi ada 2 (dua) proses yaitu penyerapan (*absorption*) dan penjerapan (*adsorption* atau *entraption*) (Grey dan Deneke 1986). 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.

Untuk mengetahui volume debu terjerap pada daun dan pengaruh debu pabrik semen terhadap vegetasi mengundang masalah untuk dilakukan

Dampak debu pabrik semen terhadap vegetasi (Chafid Fandeli)

penelitian. Parameter nitrat *reductase* dalam *chlorophyl* daun, dapat dipergunakan sebagai petunjuk pengaruh debu terhadap vegetasi. Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran di lapangan, disamping analisis laboratorium terhadap sampel daun pohon. Data ini kemudian dipergunakan untuk mengetahui berapa besar dampak industri semen terhadap vegetasi pohon.

Maksud, tujuan dan kegunaan

Maksud

Penelitian ini dimaksudkan untuk dapat membuktikan bahwa debu pabrik semen tidak hanya mempengaruhi manusia tetapi berpengaruh pula terhadap vegetasi pohon.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. mengetahui emisi partikel debu pabrik semen di lingkungan ambien
- b. mengetahui besarnya volume debu yang terjerap pada daun
- c. mengetahui besar dampak atau *magnitude* dari partikel debu pabrik semen pada vegetasi pohon.

Kegunaan

Kegunaan penelitian ini dinilai penting sebagai bahan dalam penetapan baku mutu ambien atau lingkungan bagi daerah yang memiliki pabrik semen. Di samping itu berguna bagi pemilihan jenis pohon yang dipergunakan untuk penghijauan kota.

Tinjauan Pustaka

Vegetasi pohon mempunyai pengaruh terhadap perbaikan kualitas lingkungan. Robinette (Grey dan Denneke 1986) mengatakan bahwa vegetasi pohon berperan memecahkan beberapa masalah lingkungan. Pohon berperan dalam mengurangi pencemaran udara. Menurut Harsanto (1993) pencemaran udara adalah masuknya partikel debu, cair atau senyawa gas yang terdapat di udara yang kehadirannya mencapai konsentrasi tidak lazim atau melebihi batas normalnya sehingga mengganggu lingkungan. Salah satu masalah lingkungan yang dapat ditanggulangi oleh pohon adalah mengurangi partikel debu di atmosfer. Keberadaan polutan debu di udara harus ditanggulangi sebab debu paling toksis dibanding dengan polutan lainnya. Menurut Fardiaz (1992) polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel debu, kemudian NO_x , SO_x , HC dan yang terendah CO.

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 intensip dapat menangkap partikel lebih banyak dibanding pohon berdaun sempit dan jarang.

Partikel debu dari pabrik semen berasal dari beberapa sumber. Sumber partikel debu dari pabrik semen berasal dari tanur putar (*Kiln*), pendingin terak (*Clinker coolers*) dan penggilingan (*Milling and Grinding*) (Anonim

1995). Partikel debu yang berasal dari ketiga sumber ini kemudian keluar lewat cerobong (*Stack*) dan teremisikan ke udara. Baku mutu emisi partikel debu dari pabrik semen adalah 80 mg/m^3 . Berdasar atas baku mutu udara emisi ini, maka partikel debu yang keluar dari *stack* tidak boleh melewati 80 mg/m^3 . Pada umumnya pabrik semen mengurangi partikel debu hingga 80 mg/m^3 dengan dipasang alat EP di dalam *stack* pabrik.

Sementara itu partikel debu yang teremisikan ke udara harus diusahakan tidak mencemari lingkungan. Untuk maksud ini pemerintah membuat program yang disebut program langit biru (Anonim 1996). Program langit biru adalah suatu program pengendalian pencemaran udara dari kegiatan sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Salah satu pengendalian pencemaran udara ini adalah dengan menggunakan metode *bioengineering* yaitu penghijauan.

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 diudara. Sebagian dari debu ini mengendap diatas 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). Sementara pada waktu yang lain stomata daun justru terbuka. Stomata yang terbuka atau tertutup akan terganggu bila ada partikel debu yang menempel pada helaian daun dan bahkan akan merusak jaringan

(Rosenberg 1974). Sementara pada waktu yang lain stomata daun justru terbuka. Stomata yang terbuka atau tertutup akan terganggu bila ada partikel debu yang menempel pada helaian daun dan bahkan akan merusak jaringan daun. Apalagi bila daun tertutup debu dalam waktu panjang. Di dalam waktu yang panjang penutupan debu pada daun menyebabkan terganggunya 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).

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di lingkungan ambien yang mempunyai partikel debu dari pabrik Semen Nusantara Cilacap. Pengamatan dilaksanakan terhadap vegetasi pohon disekitar *stack* pabrik Semen. Peletakan titik pengamatan (*sampling point*) dilaksanakan dengan metode *purposive sampling*, dengan mempertimbangkan arah angin dominan berdasar atas *wind rose* (Gambar 1). Lokasi penelitian ditetapkan di dalam areal pabrik dan di luarnya dengan jarak yang semakin jauh hingga dua kilometer.

Tapak Pengamatan

Tapak pengamatan berupa jalur yang dibuat bedasar arah angin dominan. Dengan menggunakan *Wind rose* dapat ditemukan garis lurus dari titik tengah yaitu *stack* pabrik. Arah garis lurus ini dipergunakan untuk menentukan tapak atau titik pengamatan. Dengan cara sistematis titik pengamatan dibuat pada garis lurus arah *Leeward* dan *Windward* pada jarak dari *Stack* 100 meter, 500 meter, 1000 meter, 1500 meter dan 2000 meter. Dengan cara ini dapat diperoleh 6 (enam) titik pengamatan pada arah *leeward* ke dusun Jojok dan 6 (enam) titik pada arah *windward* ke arah dusun Tritih.

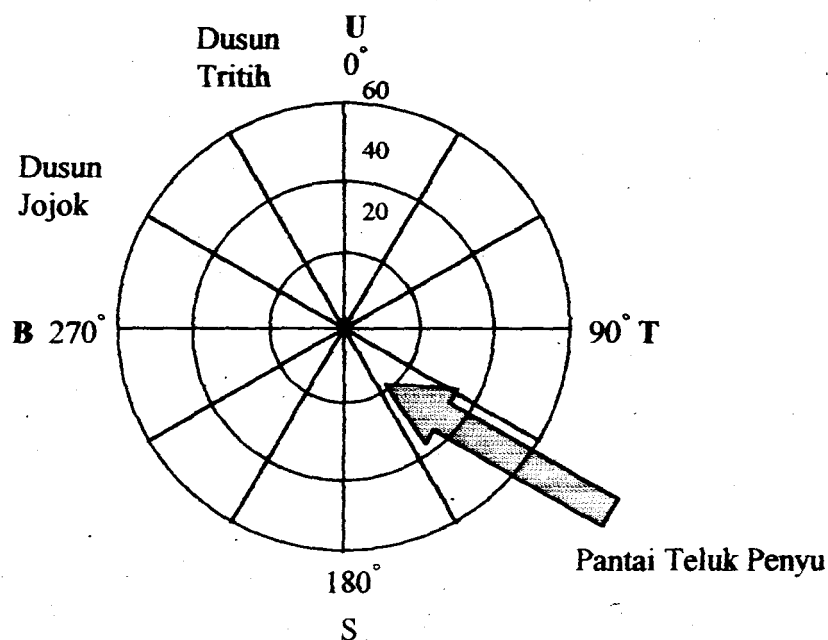
Variabel penelitian

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah :

- a. parameter banyaknya partikel debu yang terperangkap atau menempel pada daun pada luas 1 cm^2 .
- b. parameter kerusakan daun akibat debu.
- c. kandungan klorofil dalam jaringan daun pada titik-titik pengamatan.

Analisis hasil

Variabel berat partikel debu, kerusakan daun dan kandungan klorofil di analisis dengan metode tabel silang dan grafis.



Gambar 1. Wind rose daerah Cilacap berdasarkan data bulanan tahun 1985 – 1994 dari Stasiun Meteorologi Cilacap.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dan analisis

Partikel debu terjerap pada permukaan daun

Pada hakekatnya tanaman pohon yang ditanam di dalam areal pabrik semen dan di sekitarnya dimaksudkan untuk memiliki berbagai fungsi. Salah satu fungsi dari pohon yang ditanam adalah untuk mengurangi cemaran debu di atmosfer, sebab daun tanaman dapat menyerap dan menjerap debu yang teremisikan ke udara dari *stack* pabrik. Debu yang berukuran sama atau lebih kecil 10 *micron* (*suspended dust*) pada umumnya

melayang layang dan dapat menempel pada daun atau terserap melalui mulut daun masuk mempengaruhi proses fisiologis tanaman. Sementara itu debu berukuran sama atau lebih besar dari 10 micron yang merupakan *sedimented dust* yang jatuh karena gravitasi apabila bersentuhan dengan barang lain yang kasar akan mudah terjerap. Debu yang terjerap oleh tanaman pohon (batang, cabang, ranting dan daun) memberikan kesan kotor dan menghilangkan estetika tanaman pohon.

Pengamatan yang dilakukan secara selintas di areal halaman pabrik semen tidak terlihat banyak debu yang terjerap oleh pohon. Aspek estetika masih dapat terlihat pada setiap pohon yang tumbuh dalam areal pabrik. Namun apabila diteliti secara cermat, ternyata ada debu yang dijerap oleh daun tanaman. Penjerapan debu semen oleh daun tanaman pohon ini pada hakekatnya sangat menguntungkan lingkungan, sebab dengan demikian kualitas udara di sekitar dan di dalam pabrik berkurang debunya. Penjerapan debu semen oleh tanaman pada halaman dan diluar pabrik Semen Nusantara dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasar atas data tersebut terbukti ada kecenderungan pada jarak 0 - 1000 meter semakin jauh dari sumber *stack* pabrik debu yang terjerap daun *Terminalia catappa* semakin sedikit. Pola ini dapat diketemukan pada arah angin dominan pada siang hari ke dusun Jojok maupun Tritih.

Sementara untuk jenis *Fillicium decipiens* pola penurunan debu terjerap pada daun dapat diketemukan hingga jarak 500 meter dari *stack* pabrik. Pada jarak 1000 meter debu terjerap meningkat lagi, kemudian menurun terus pada jarak 1000 meter, 1500 meter dan 2000 meter.

Tabel 1. Penjerapan debu oleh daun pohon di dalam dan di luar halaman Pabrik Semen Nusantara arah angin dominan siang hari.

| Lokasi | Sampel daun penjerap debu | Luas Daun (cm ²) | Berat debu (gr) | Jerapan debu (mg/cm ²) |
|--|----------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| 1. Di dalam halaman pabrik | | | | |
| a. Arah dusun Jojok | <i>Terminalia catappa</i> | 68 | 0,0380 | 0,5588 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 46 | 0,0380 | 0,6109 |
| b. Arah dusun Tritih | <i>Terminalia catappa</i> | 40 | 0,0378 | 0,9450 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 52 | 0,0486 | 0,9346 |
| 2. Di luar pabrik arah dusun Jojok | | | | |
| Jarak 100 m | <i>Terminalia catappa</i> | 70 | 0,0285 | 0,4071 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 71 | 0,0287 | 0,4042 |
| Jarak 500 m | <i>Terminalia catappa</i> | 67 | 0,0270 | 0,4029 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 74 | 0,0133 | 0,1797 |
| Jarak 1000 m | <i>Terminalia catappa</i> | 68 | 0,0231 | 0,3485 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 44 | 0,0334 | 0,7591 |
| Jarak 1500 m | <i>Terminalia catappa</i> | 63 | 0,0478 | 0,7587 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 58 | 0,0256 | 0,4414 |
| Jarak 2000 m | <i>Terminalia catappa</i> | 65 | 0,0244 | 0,3797 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 50 | 0,0018 | 0,3670 |
| b. Di luar pabrik arah dusun Tritih | | | | |
| Jarak 100 m | <i>Terminalia catappa</i> | 67 | 0,0270 | 0,4029 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 74 | 0,0355 | 0,4797 |
| Jarak 500 m | <i>Terminalia catappa</i> | 77 | 0,0270 | 0,3508 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 75 | 0,0133 | 0,1773 |
| Jarak 1000 m | <i>Terminalia catappa</i> | 68 | 0,0209 | 0,3159 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 61 | 0,0450 | 0,7377 |
| Jarak 1500 m | <i>Terminalia catappa</i> | 70 | 0,0287 | 0,4106 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 64 | 0,0361 | 0,5617 |
| Jarak 2000 m | <i>Terminalia catappa</i> | 65 | 0,0243 | 0,3742 |
| | <i>Fillicium decipiens</i> | 68 | 0,0085 | 0,1247 |

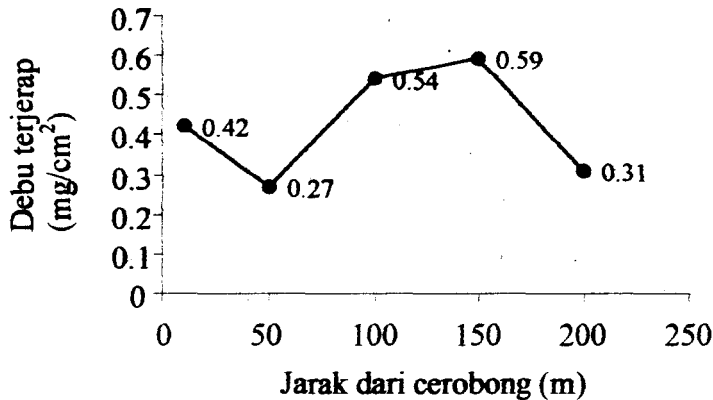
Dari data debu yang terjerap daun pada jarak 100 m menunjukkan indikasi bahwa debu yang terjerap daun tanaman pohon arah Jojok lebih rendah dibanding dengan arah Tritih. Tetapi pada jarak 500 m, 1000 m dan 2000 m pada umumnya debu yang terjerap di arah Jojok lebih besar dibanding ke arah Tritih. Pengamatan terhadap daun pohon dalam menjerap *fall out* debu dalam areal pabrik lebih besar dibanding dengan *fall out* debu di areal luar pagar pabrik ke arah Jojok maupun Tritih. Pola ini sesuai dengan penyebaran model *plume*, yang menetapkan bahwa sekitar *stack* debu lebih sedikit.

Sementara itu *fall out* debu ke arah Jojok dan Tritih mempunyai angka yang berbeda. Pada umumnya *fall out* debu ke arah Tritih ternyata lebih kecil dibanding dengan ke arah Jojok. Kandungan debu yang terjerap dekat dengan pabrik pada jarak 500 m lebih rendah bila dibanding dengan jarak 1000 m. Sebaliknya, pada jarak 2000 m lebih rendah dibanding dengan pada jarak 1000 m dari pabrik. *Fall out* debu yang terjerap pada daun yang paling tinggi terletak pada jarak 1000 m sampai 1500 m dari pabrik. *Fall out* debu yang terjerap pada daun paling tinggi terletak pada jarak 1000 m sampai 1500 m. Secara grafis dapat ditunjukkan secara jelas sebagai berikut.

Kenampakan pohon

Kondisi morfologis tanaman pohon dapat juga dipergunakan untuk mengetahui pengaruh lingkungan terhadap tanaman. Debu pabrik semen berpengaruh terhadap pertumbuhan pohon, tidak dapat diindikasikan dari kondisi morfologisnya. Pengamatan kondisi morfologis tanaman pohon di

areal halaman pabrik menunjukkan pertumbuhan yang masih relatif baik. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Grafik debu terjerap pada daun tanaman pohon.

Dari data tersebut terlihat bahwa tidak seluruh jenis pohon yang ditanam menunjukkan kesan pertumbuhan yang sama. Apabila dipertimbangkan dari estetika dan fungsi pohon dalam menyerap dan menjerap debu maka jenis pohon Ketapang, Beringin dan Sukun lebih baik dibanding dengan jenis lainnya.

Tabel 2. Kondisi morfologis tanaman pohon dalam halaman pabrik.

| Yang diamati | Pisang raja (<i>Greodoxa regia</i>) | Ketapang (<i>Terminalia cattapa</i>) | Sukun (<i>Artocarpus communis</i>) | Beringin (<i>Ficus benjamina</i>) | Asam belanda |
|-------------------|--|---|---|--|--------------|
| Kesan pertumbuhan | Jelek | Agak baik | Agak baik | Agak baik | Baik |
| Tinggi (m) | 8 | - | 12 | 9 | 10 |

Lanjutan Tabel 2.....

| | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------|------------|-------------|------------|
| Tinggi bebas cabang (m) | 12 | - | 9 | 4 | 8 |
| Habitus | Payung | Pagoda | Bulat | Bulat | Bulat |
| Percabangan | - | Monopodial | Monopodial | Monopodial | Monopodial |
| Daun rindang | - | v | v | v | v |
| Bentuk daun | Meruncing | Bulat | Menjari | Bulat telur | Lonjong |
| Daun berbulu | - | v | v | - | - |
| Warna bunga | Hijau kekuningan | Hijau | Hijau | Hijau pucat | Hijau |

Berat kering dan kadar khlorofil daun

Suatu tanaman dalam kondisi normal atau terganggu oleh lingkungannya dapat diketahui dari perbedaan proses fisiologisnya. Parameter pertumbuhan dapat diketahui dari berat kering daun. Sementara itu proses fisiologis dapat diketahui dari kadar klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis. Parameter yang diduga dapat menunjukkan pengaruh debu terhadap proses fisiologis tanaman yaitu berat kering daun dan kadar khlorofil (a dan b). Ternyata dari data yang didapatkan tidak ada indikasi debu semen yang terserap maupun yang terjerap pada daun mempengaruhi proses fisiologisnya secara signifikan. Hal ini secara nyata dapat ditunjukkan oleh kadar khlorofil total yang besarnya hampir sama antara jarak 100 m hingga jarak 2000 m dari cerobong pabrik. Namun untuk berat kering daun terbukti mempunyai sedikit perbedaan. Berat kering daun pada *Filicium* sp. yang dekat sumber pencemar debu lebih rendah dibanding

dengan yang jaraknya jauh. Kondisi seperti ini agak berbeda untuk daun *Terminalia catappa*. Data berat kering dan kadar klorofil daun dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Adaptasi tanaman pohon

Penelitian terhadap tingkat adaptasi tanaman pohon harus dilaksanakan dalam jangka panjang. Namun karena kebutuhan informasi yang diperlukan untuk mengetahui bagaimana proses adaptasi tanaman yang ditanam pada areal dalam pabrik maka dilaksanakan pengamatan secara orientatif.

Pengamatan terhadap seluruh jenis tanaman pohon yang ditanam di dalam halaman pabrik diindikasikan telah beradaptasi dengan tanah dan air. Tetapi beberapa jenis yang lain telah beradaptasi terhadap seluruh komponen lingkungan. Beberapa jenis pohon bahkan ada yang telah mengalami adaptasi sampai pada tahapan menghasilkan siklus hidup yang lengkap yaitu berbunga dan berbuah.

Pengamatan terhadap tingkat adaptasi tanaman pohon yang ditanam di areal pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.

Kecocokan fungsi tanaman pohon

Pengamatan terhadap kecocokan tanaman pohon yang ditanam di areal halaman pabrik semen Nusantara dimaksudkan untuk memiliki fungsi yang beranekaragam. Ternyata sebagian besar tanaman pohon yang ditanam telah cocok dan sesuai dengan tujuannya. Tetapi ada beberapa jenis pohon yang kurang sesuai seperti dapat dilihat pada Tabel 5.

Dampak debu pabrik semen terhadap vegetasi (Chafid Fandeli)

Tabel 3. Berat kering dan kadar khlorofil daun tanaman pohon penjerap debu.

| Jenis Penjerap debu | Jarak (km) | Berat basah daun (g/cm ²) | Berat kering daun (g/cm ²) | Kadar khlorofil (a) (mg/g bahan) | Kadar khlorofil (b) (mg/g bahan) | Kadar khlorofil total (mg/g bahan) | Keterangan |
|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|
| <i>Filicium decipiens</i> | 0.1 | 0.817000 | 0.001630 | 1.675160 | 1.047760 | 2.722160 | DP-1: di dalam pabrik sudah beroperasi |
| | 0.5 | 0.019000 | 0.001520 | 1.193571 | 0.854970 | 2.047950 | |
| Arah Dusun | 1.0 | 0.022000 | 0.002870 | 0.875706 | 0.654428 | 1.529688 | |
| Tritih | 1.5 | 0.020000 | 0.001910 | 0.792662 | 0.720084 | 1.512284 | |
| | 2.0 | 0.024000 | 0.001560 | 1.339303 | 0.959010 | 2.297650 | |
| <i>Filicium decipiens</i> | 0.5 | 0.019000 | 0.001840 | 2.189265 | 1.636070 | 3.824220 | DP-2: di dalam pabrik sedang dibangun |
| | 1.0 | 0.021000 | 0.002040 | 1.556010 | 0.872580 | 2.427930 | |
| Arah Dusun | 2.0 | 0.021000 | 0.007210 | 1.967700 | 1.246680 | 3.213480 | |
| <i>Filicium decipiens</i> | 0 | 0.080000 | 0.008450 | 1.356894 | 0.757540 | 2.113860 | LPG-2: penambangan lempung |
| - DP-1 | 0 | 0.021000 | 0.007300 | 1.800546 | 1.014700 | 2.814480 | |
| - DP-2 | | | | | | | |
| <i>Terminalia catappa</i> | 0.1 | 0.100000 | 0.041750 | 1.638462 | 1.155300 | 2.790960 | LPG-1: penambangan kapur |
| | 0.5 | 0.030000 | 0.036450 | 0.812987 | 0.526370 | 1.338980 | |
| Arah dusun | 1.0 | 0.090000 | 0.036850 | 0.788963 | 0.482642 | 1.271252 | |
| Tritih | 1.5 | 0.115000 | 0.020850 | 0.583122 | 0.424852 | 1.007682 | |
| | 2.0 | 0.085000 | 0.020500 | 0.623224 | 0.414456 | 1.017386 | |
| <i>Terminalia catappa</i> | 0.1 | 0.900000 | 0.047650 | 1.816050 | 1.193020 | 3.008220 | |
| | 0.5 | 0.085000 | 0.054150 | 1.643652 | 0.910760 | 2.552720 | |
| Arah dusun | 1.0 | 0.085000 | 0.028310 | 1.676448 | 0.933360 | 2.609100 | |
| Tritih | 1.5 | 0.085000 | 0.027250 | 1.262451 | 0.785770 | 2.047650 | |
| | 2.0 | 0.080000 | 0.027350 | 1.708630 | 0.969700 | 2.677600 | |
| <i>Acacia auriculiformis</i> (LPG-2) | 0.0 | 0.085000 | 0.001660 | 1.596963 | 0.885970 | 2.482260 | |
| <i>Leucaena leucocaphala</i> (LPG-1) | 0.0 | 0.090000 | 0.003960 | 1.402085 | 2.079510 | 3.480410 | |

Tabel 4. Tingkat adaptasi tanaman pohon yang ditanam di lokasi pabrik semen.

| No. | Nama daerah | Nama Latin | Adaptasi | |
|-----|--------------|--------------------------------|----------|------------|
| | | | Tanah | Lingkungan |
| 1 | Asem kranji | <i>Dialium indum</i> | v | |
| 2 | Palm raja | <i>Creodoxa regia</i> | v | |
| 3 | Ketapang | <i>Terminalia catappa</i> | | v |
| 4 | Sukun | <i>Artocarpus coniniamis</i> | | v |
| 5 | Angsana | <i>Pterocarpus indicus</i> | v | |
| 6 | Filicium | <i>Filicium decipiens</i> | v | |
| 7 | Cemara | <i>Causarina equisetifolia</i> | v | |
| 8 | Akasia | <i>Acacia auriculiformis</i> | v | |
| 9 | Beringin | <i>Ficus benjamina</i> | v | |
| 10 | Jambu air | <i>Eugenia aquatica</i> | v | |
| 11 | Lamtoro gung | <i>Leucaena leucocephala</i> | v | |

Tabel 5. Kecocokan fungsi pohon pada lokasi Pabrik Semen Nusantara.

| No | Fungsi Lingkungan | Bentuk Morfologi | |
|----|--|------------------|-------------|
| | | Cocok | Tidak cocok |
| I | Perindang/peneduh | | |
| 1 | Filicium (<i>Filicium decipiens</i>) | v | |
| 2 | Asem kranji (<i>Dialium indum</i>) | | v |
| 3 | Palm raja (<i>Creodoxa regia</i>) | v | |
| 4 | Ketapang (<i>Terminalia catappa</i>) | v | |
| 5 | Sukun (<i>Artocarpus communis</i>) | v | |
| 6 | Angsana (<i>Pterocarpus indica</i>) | v | |
| II | Peredam suara | | |
| 1 | Asam kranji (<i>Dialium indum</i>) | | v |
| 2 | Palm raja (<i>Creodoxa regia</i>) | | v |
| 3 | Sukun (<i>Artocarpus communis</i>) | v | |
| 4 | Angsana (<i>Pterocarpus indica</i>) | | v |
| 5 | Filicium (<i>Filicium decipiens</i>) | v | |

Lanjutan Tabel 5.....

| | | | |
|-----|---|---|---|
| III | Penjerap debu | | |
| 1 | Asam kranji (<i>Dialium indum</i>) | | v |
| 2 | Palm raja (<i>Creodoxa regia</i>) | | v |
| 3 | Ketapang (<i>Terminalia communis</i>) | v | |
| 4 | Sukun (<i>Artocarpus integra</i>) | v | |
| 5 | Angsana (<i>Pterocarpus indica</i>) | v | |
| 6 | Filicium (<i>Filicium decipiens</i>) | v | |
| IV | Estetika | | |
| 1 | Asam kranji (<i>Dialium indum</i>) | v | |
| 2 | Palm raja (<i>Creodoxa regia</i>) | v | |
| 3 | Ketapang (<i>Terminalia communis</i>) | v | |
| 4 | Sukun (<i>Artocarpus integra</i>) | | v |
| 5 | Angsana (<i>Pterocarpus indica</i>) | v | |
| 6 | Filicium (<i>Filicium decipiens</i>) | v | |

PEMBAHASAN

Jatuhan atau fall out debu semen

Partikel debu semen yang keluar dari *stack* jatuhan sangat tergantung oleh beberapa faktor. Debu yang teremisikan oleh *stack* pabrik, terdistribusikan ke lingkungan. Pola sebaran debu ini sangat tergantung oleh tinggi *stack*, ukuran debu, arah dan kecepatan angin. Menurut *wind rose* yang dibuat bedasar data arah dan kecepatan angin di kota Cilacap selama sepuluh tahun (1985 - 1994) didapatkan arah angin dominan ke sekitar Teluk Penyu pada sore dan malam hari (angin dari darat) dan arah ke dusun Jojok dan Tritis pada pagi dan siang hari (angin dari laut).

Pola sebaran debu pabrik semen sebagian jatuh di dalam dan sekitar pabrik. Debu yang demikian ini sebagian besar merupakan *sedimented particle* yang berukuran 10 mikron atau lebih. Oleh gaya gravitasi bumi debu yang ukuran diameternya besar ini jatuh terlebih dahulu.

Sementara debu *suspended particle* keluar dari *stack* kemudian terbawa oleh angin. *Suspended dust* ini terdapat dua pola yang ukuran agak besar jatuh terlebih dahulu. Sementara yang berukuran lebih kecil berada terus di udara (Fardiaz 1992). Hanya bila terjerap benda (a.l. daun) debu ini kemudian menempel sehingga diketemukan banyaknya debu yang jatuh dan terjerap daun pada jarak 100 m volumenya banyak kemudian menurun pada jarak 1000 meter.

Kemudian debu yang halus berukuran diameter lebih kecil terbawa angin hingga jatuh pada jarak lebih dari dua kilometer dari pabrik. Debu yang menempel pada daun ketapang $0,3742 - 0,3797 \text{ mg/cm}^2$ yang pada jarak 2 km merupakan debu yang halus. Sementara debu yang menempel pada daun yang sama di halaman pabrik $0,5588 - 0,9450 \text{ mg/cm}^2$ merupakan debu berukuran besar.

Dampak pada vegetasi

Pada umumnya vegetasi dipergunakan oleh manusia untuk mencegah dan menanggulangi cemaran debu di atmosfer. Peranan yang dilakukan oleh vegetasi ini terjadi karena adanya proses penjerapan atau *entrapping* dan penyerapan atau *absorption*. Bagi vegetasi itu sendiri proses ini mengganggu tubuh vegetasi baik secara morfologis maupun fisiologis.

Berdasar data yang tersedia dari pengamatan morfologis, adanya debu yang menempel pada permukaan daun mengurangi fungsi estetis. Namun secara fisiologis, dapat diketemukan ada perbedaan antara daun *Filicium decipiens* dengan *Terminalia catappa* pada parameter berat kering. Daun *Filicium decipiens* lebih terganggu dibanding dengan *Terminalia catappa*. Berat kering debu pada daun *Filicium decipiens* pada jarak 100 meter dari stack 0,00163 gram per cm² dibanding daun *Terminalia catappa* pada jarak yang sama dan lokasi yang sama 0,04175 gram per cm².

Sementara itu kadar klorofil total memperlihatkan pola yang hampir sama dengan berat kering daun. Daun *Filicium decipiens* pada jarak 100 meter dari stack pabrik mempunyai kadar klorofil 2,722 mg/g daun lebih rendah dibanding 2,7909 mg/g daun *Terminalia catappa*. Dari angka ini terbukti bahwa penutupan daun oleh debu dapat merangsang terbentuknya nitrat reduktase untuk menghasilkan klorofil untuk fotosintesis (Devlin, 1982).

Berdasar atas 2 parameter ini dapat diduga bahwa toleransi terhadap gangguan lingkungan tanaman *Terminalia catappa* lebih tinggi dibanding *Filicium decipiens*, meskipun daun *Filicium decipiens* lebih bagus dari segi estetis bila dibanding dengan *Terminalia catappa*.

Adaptasi pada lingkungan pabrik

Seperti telah dikemukakan bahwa areal halaman pabrik telah tercemar debu, namun vegetasi pohon yang tumbuh nampak telah mengalami adaptasi yang sempurna. Hal ini dapat diketemukan pada pohon *Terminalia*

catappa dan *Artocarpus communis*. Kedua jenis pohon ini mampu tumbuh dan berkembang, bahkan telah menghasilkan buah dan biji yang *viability*-nya cukup tinggi. Biji ketapang yang berasal dari halaman pabrik banyak ditanam dan menghasilkan bibit untuk penghijauan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pembangunan pabrik semen mempunyai dampak berupa penurunan kualitas udara. Hal ini disebabkan oleh teremisikannya partikel debu dari cerobong pabrik ke lingkungan sekitarnya. Untuk mencegah debu semen teremisikan ke udara biasanya dipasang alat *EP* atau *Electrostatic Precipitator*. Namun demikian alat *EP* ini tidak dapat bekerja efektif seratus persen. Masih ada debu yang teremisikan ke udara meskipun hanya dalam jumlah yang sangat sedikit. Namun, jumlah debu yang sangat sedikit dan halus ini berpotensi menyebabkan silikosis.

Oleh karenanya, kegiatan penghijauan sekitar pabrik semen harus dilaksanakan sebab vegetasi melalui daunnya dapat meyerap dan menjerap debu semen. Penjerapan debu oleh daun tanaman pohon dapat mencapai $0,4701 \text{ mg/cm}^2$ untuk daun *Terminalia catappa* dan $0,4042 \text{ mg/cm}^2$ untuk daun *Filicium decipiens* pada jarak 0,1 km dari pabrik. Penjerapan debu semen oleh daun masih dapat ditemukan pada jarak 2 km yaitu *Terminalia*

catappa dan *Filicium decipiens* masing-masing sebesar 0,3797 mg/cm² dan 0,3670/cm².

Adanya penyerapan dan penjerapan debu semen yang bermanfaat bagi kesehatan manusia ini tidak menyebabkan kerusakan daun. Hal ini terbukti bahwa daun tidak terbukti terganggu yang ditunjukkan oleh tidak adanya beda nyata antara lokasi daun yang menjerap debu besar dengan yang menyerap debu sedikit.

Saran

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mengetahui kerusakan jaringan daun pada beberapa jenis pohon yang dipergunakan untuk penghijauan halaman pabrik semen.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1995. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak industri semen No. 13/MENLH/3/1995*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta.
- Anonim. 1996. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang program langit biru No. 15/MENLH/4/1996*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta.
- Derlin, R.M. 1982. *Plant physiology*. New York : D. Van Nostrans Company.
- Fardiaz, S.S. 1992. *Polusi air dan udara*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Rosenberg, N.J. 1974. *Microclimate. The biological environment*. New York : John Wiley And Sons.
- Grey, G.W. and F. Deneke. 1986. *Urban forestry. Second edition*. New York : John Wiley And Sons.