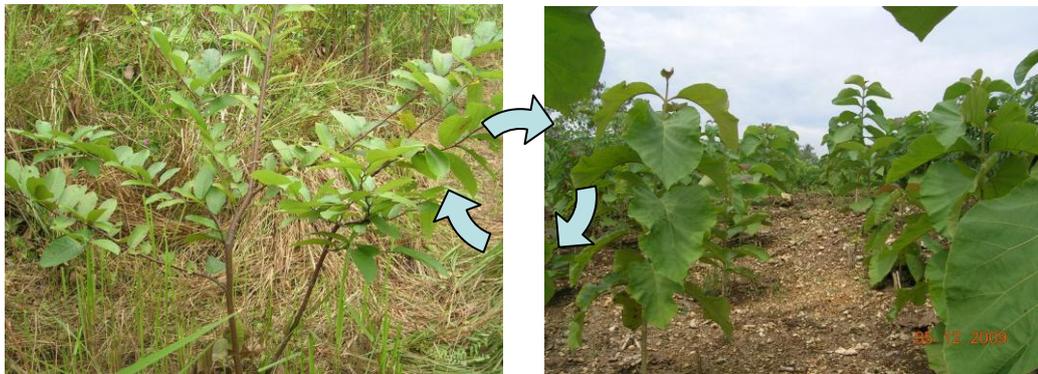


DIKTAT KULIAH

SILVIKA



PENULIS :

JUMANI, S.Hut., M.P.

**FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI KEHUTANAN
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SAMARINDA
2010**

Cetakan Ke-1 Tahun 2010

SILVIKA



PENULIS :

JUMANI, S.Hut., M.P.

**FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI KEHUTANAN
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SAMARINDA
2010**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT Penulis panjatkan, karena berkat rahmat, karunia dan petunjukNya, Penulis dapat menyelesaikan Diktat Silvika ini. Tidak lupa sholawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Penulis membuat diktat ini dengan niat ikhlas untuk memudahkan pemahaman tentang Silvika sebagai acuan yang dapat dijadikan pegangan baik oleh dosen, asisten maupun mahasiswa selama menempuh mata kuliah Silvika di Program Studi Studi Kehutanan (Manajemen Hutan) serta bidang-bidang lain yang terkait. Diktat ini dipergunakan bagi yang berkeinginan untuk mendalami tentang kaitan pertumbuhan pohon dengan lingkungan.

Diktat yang terbit pada cetakan ini disesuaikan dengan materi ajar yang lebih sesuai dengan perkembangan saat ini.

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak, terutama Dekan Fakultas Pertanian Bapak. Dr. Ir. Ismail, M.P., para Dosen Fakultas Pertanian dan Staf Fakultas Pertanian Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.

Karena tiada yang sempurna kecuali Allah Swt, penyusun selalu mengharapkan kritik/saran yang bersifat membangun. Semoga diktat ini ada manfaatnya, Amiin.

Penyusun,
Jumani, S.Hut.,M.P.

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Kata Pengantar	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
I PENDAHULUAN	1
II POLUSI UDARA, TANAH DAN AIR	3
III PERANAN PENGETAHUAN SILVIKA DAN PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN DAN KEHUTANAN.....	17
IV PERANAN pH TANAH DALAM PERTUMBUHAN POHON.....	22
V OPTIMALISASI PERTUMBUHAN <i>Tectona grandis</i> dan <i>Paraserienthes falcataria</i> di Kalimantan Timur.	28
VI OPTIMALISASI PERTUMBUHAN <i>Tectona grandis</i> di Daerah Hujan Tropis Tropis Basah di Kalimantan Timur	39
VII PERANAN AIR BAGI PERTUMBUHAN TANAMAN.....	42
VIII PROSES FOTOSINTESIS, RESPIRASI DAN FIKSASI NITROGEN OLEH TANAMAN	51
IX PROSES TRANSPIRASI PADA TUMBUHAN.....	61
X PERTUMBUHAN POHON YANG DITANAM PADA TANAH KEKURANGAN UNSUR HARA MN+ DAN CL -	66
DAFTAR PUSTAKA.....	68

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
4.1	Tabel Kemasaman Tanah	25
5.1	Hasil Analisis Tanah dan Harkat Tanah	30

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
4.1	Hubungan Konsentrasi H ⁺ , OH ⁻ dan pH	22
5.1	Tanaman Pohon Sengon.....	34
5.2	Bibit Sengon Siap Tanam	35
8.1	Fotosintesis, respirasi.....	56
8.2	Daur Nitrogen	58
9.1	Gambar Transpirasi Tanaman.....	65

BAB I PENDAHULUAN

Ilmu silvika adalah ilmu yang mempelajari sejarah hidup dan karakter jenis-jenis pohon hutan dan tegakan, dan kaitannya dengan faktor-faktor lingkungan (Soekotjo, 1977). Sedangkan Soerianegara dan Indrawan (1998) mendefinisikan ilmu silvika adalah ilmu yang mendekati autekologi, yaitu salah satu cabang ekologi. Di dalam kosa kata, kata benda silvika adalah ilmu yang mendalami pohon-pohon hutan. **Silvika** adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari sifat-sifat ekologi individu pohon. Silvika menjadi landasan bagi tindakan silvikultur terhadap hutan. Widyastuti (2010) menjelaskan bahwa tindakan silvikultur tersebut dengan harapan agar hutan yang bersangkutan dapat memenuhi tujuan khusus yang telah dirancang dan disepakati untuk dilaksanakan. Dalam merancang tindakan silvikultur, ahli silvikultur mempertimbangkan atribut ekologi, ekonomi, sosial dan administrasi serta manfaat yang ingin dicapai agar hutan berfungsi secara lestari dan optimal (Soekotjo, 2009) .

Autekologi membahas pengkajian individu organisme atau species. Sejarah-sejarah hidup dan perilaku sebagai cara-cara penyesuaian diri terhadap lingkungan biasanya mendapat penekanan (Odum, 1998). Selanjutnya menurut soerianegara dan Indrawan (1998) menyatakan bahwa autekologi mempelajari suatu faktor lingkungan terhadap hidup dan tumbuhnya satu atau lebih jenis-jenis pohon. Autekologi mirip fisiologi tumbuh-tumbuhan, sehingga aspek-aspek tertentu dari autekologi, seperti penelitian tentang pertumbuhan pohon sering disebut fisioekologi (physiological ecology).

Ilmu silvika membahas hubungan antara jenis-jenis pohon dengan lingkungannya merupakan hubungan yang saling mempengaruhi. Untuk keperluan pertumbuhannya, setiap jenis pohon membutuhkan faktor-faktor lingkungan tertentu, seperti iklim (curah hujan, suhu, angin, dan yang lainnya), dan tempat tumbuh (air, unsur hara, kondisi, dan lainnya). Sebaliknya, setiap jenis pohon yang tumbuh juga dapat mempengaruhi

lingkungan, seperti pengendalian erosi tanah dan air, mempengaruhi iklim mikro, sebagai habitat satwa, sumber mata air, tempat rekreasi, dan lain-lain.

Berdasarkan berbagai uraian di atas, dalam ilmu silvika minimal akan disajikan materi pembelajaran tentang: a. Proses-proses hidup tumbuh-tumbuhan, khususnya pohon, yang memerlukan pengetahuan tentang proses-proses kimia yang berhubungan dengan aktivitas biologis yang terjadi, b. Persyaratan tumbuh suatu tumbuh-tumbuhan, khususnya pohon, yang terkait dengan berbagai faktor, yaitu tanah, air, cahaya, atmosfer, biotik dan faktor-faktor kompleks untuk optimalisasi pertumbuhannya, c. Adaptasi tumbuhan pada kondisi lingkungan tertentu, dan ekofisiologi pertumbuhan pohon secara umum.

BAB II

POLUSI UDARA, TANAH DAN AIR

2.1. Polusi Udara

Pembangunan yang terus berkembang akan menyebabkan dampak terhadap lingkungan secara ekologis. Perubahan lingkungan secara nyata adalah kondisi air dan udara yang di sekitar kita. Dengan kualitas lingkungan yang baik terdapat potensi untuk berkembangnya kualitas hidup yang tinggi (Soemarwoto, 2001). Air dan udara sangat penting bagi kehidupan. Salah satu dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan adalah tercemarnya lingkungan oleh berbagai material atau kondisi yang dihasilkan oleh kegiatan manusia, seperti limbah, gas-gas dan lainnya yang bersifat mencemari lingkungan.

Udara adalah campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H_2O dan karbon dioksida (CO_2). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu (Fardiaz, 1992).

Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti sulfur dioksida (SO_2), hydrogen sulfide (H_2S), dan karbon monoksida (CO) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan, dan sebagainya. Selain itu partikel-partikel padatan atau cairan berukuran kecil dapat tersebar di udara oleh angin, letusan vulkanik atau gangguan alam lainnya. Aktivitas manusia juga memberikan andil yang cukup besar selain yang disebabkan oleh alam tersebut.

Polutan udara primer, yaitu polutan yang mencakup 90% dari jumlah polutan udara seluruhnya, dapat dibedakan menjadi lima kelompok sebagai berikut:

1. Karbon monoksida (CO)
2. Nitrogen Oksida (NO_x)

3. Hidrokarbon (HC)
4. Sulfur dioksida (SO_x)
5. Partikel

Karbon monoksida (CO) adalah komponen tidak berwarna, tidak berbau tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas 192°C . Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut:

1. Pembakaran yang tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
2. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
3. Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan O.

Pengaruh CO terhadap tanaman berdasarkan berbagai penelitian bahwa CO selama 1 sampai 3 minggu pada konsentrasi sampai 100 ppm tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tanaman-tanaman tingkat tinggi. Akan tetapi kemampuan fiksasi nitrogen oleh bakteri bebas akan terhambat dengan pemberian CO selama 35 jam pada konsentrasi 2000 ppm. Demikian pula kemampuan fiksasi nitrogen oleh bakteri yang terdapat pada akar tanaman juga terhambat dengan pemberian CO sebesar 100 ppm selama satu bulan. Karena konsentrasi CO di udara jarang mencapai 100 ppm, meskipun dalam waktu sebentar, maka pengaruh CO terhadap tanaman biasanya tidak terlihat secara nyata (Fardiaz, 1992).

Bagaimana caranya untuk mengontrol polusi yang disebabkan oleh CO yang secara umum disebabkan dari kendaraan bermotor karena sebanyak 64% dari seluruh emisi CO dihasilkan dari transportasi, terutama yang menggunakan bahan bakar (oli)-bensin. Hasil pembakaran mesin ini selain mengandung CO juga mengandung campuran NO_x , HC dan partikel, sehingga masalah yang harus dipecahkan menjadi kompleks.

Berbagai cara telah dilakukan untuk mengontrol emisi CO dari kendaraan bermotor. Cara-cara tersebut di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Modifikasi mesin pembakar untuk mengurangi jumlah polutan yang terbentuk selama pembakaran.
2. Pengembangan reactor system ekshaust sehingga proses pembakaran berlangsung sempurna dan polutan yang berbahaya diubah menjadi polutan yang lebih aman.
3. Pengembangan substitusi bahan bakar untuk bensin sehingga menghasilkan polutan dengan konsentrasi rendah selama pembakaran.
4. Pengembangan sumber tenaga yang rendah polusi untuk menggantikan mesin pembakaran yang ada.

Nitrogen okside (NO_x) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitric okside (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂).

Sumber polusi nitrogen okside yang besar adalah kepadatan penduduk yang beraktivitas sebagai sumber polutan seperti, pembakaran yang disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x yang dibuat manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam dan bensin.

Pengaruh NO_x terhadap tanaman sangat merusak tanaman. Percobaan dengan cara fumigasi tanaman-tanaman dengan NO₂ 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 tenunan daun (Stoker dan Seager, 1972, dalam Fardiaz, 1992).

Fumigasi tanaman buncis dan tomat dengan 10 ppm NO menunjukkan penurunan kecepatan fotosintesis sebanyak 60-70%, yaitu dengan cara mengukur absorpsi CO₂. Absorpsi CO₂ akan kembali normal segera setelah pemberian NO dihentikan. Perlakuan tersebut tidak

menyebabkan timbulnya kerusakan tenunan daun (Stoker dan Seager, 1972, dalam Fardiaz, 1992).

Hidrokarbon merupakan komponen yang terdiri dari elemen hydrogen dan karbon. Beribu-ribu komponen hidrokarbon terdapat di alam, dimana pada suhu kamar terdapat tiga bentuk, yaitu gas, cair dan padat.

Hidrokarbon merupakan komponen yang berperan dalam produksi oksidan fotokimia. Reaksi ini juga melibatkan siklus fotolitik NO_2 . Polutan sekunder yang paling berbahaya yang dihasilkan oleh reaksi hidrokarbon dalam siklus tersebut adalah ozon (O_3) dan peroksiasetilnitrat, yaitu salah satu komponen yang paling sederhana dari grup peroksiasilnitrat (PAN).

Kerusakan tanaman karena PAN memperlihatkan permukaan bawah daun berwarna keperakan dan kerusakan pada daun-daun muda. Tenunan daun kemudian mati. Pemberian PAN dengan konsentrasi 0.02-0.05 ppm sudah cukup untuk menyebabkan kerusakan tanaman.

Etilen (C_2H_4) merupakan satu-satunya hidrokarbon yang mengakibatkan kerusakan tanaman pada konsentrasi ambient 1 ppm atau kurang. Asetilen dan propilen juga bersifat racun terhadap tanaman, tetapi konsentrasi yang dibutuhkan adalah 60-500 kali sebanyak etilen. Pengaruh etilen terhadap tanaman terutama adalah menghambat pertumbuhan, perubahan warna daun, dan kematian bagian-bagian bunga.

Sulfur okside terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur trioksida (SO_3) dan keduanya disebut sebagai SO_x . Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif.

Sumber polusi sulfur okside secara umum seperti pembakaran batu arang, minyak bakar, gas, kayu, dan sebagainya. Sumber SO_x yang berikutnya adalah dari proses-proses industri seperti industri pemurnian petroleum, industri asam sulfat, industri peleburan baja, dan sebagainya.

Pabrik pelebur baja merupakan industri terbesar yang menghasilkan SO_x. Hal ini disebabkan berbagai elemen yang penting secara alami terdapat dalam bentuk logam sulfide, misalnya tembaga (CuFeS₂ dan Cu₂S), zink (ZnS), merkuri (HgS) dan timbale (PbS). Kebanyakan logam sulfide dipekatkan dan dipanggang di udara untuk mengubah sulfide menjadi okside yang mudah tereduksi.

Pengaruh SO_x terhadap tanaman apabila terkena polusi SO₂, beberapa daun akan kering dan mati, dan biasanya warnanya memucat. Kontak dengan SO₂ pada konsentrasi rendah dalam waktu lama menyebabkan kerusakan kronis, yang ditandai dengan menguningnya warna daun karena terhambatnya mekanisme pembentukan khlorofil.

Kerusakan akut pada tanaman disebabkan kemampuan tanaman untuk mengubah SO₂ yang diabsorpsi menjadi H₂SO₄, 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 cukup tinggi, terjadi gejala khronis yang disertai dengan gugurnya daun. Tanaman bervariasi dari species dalam sensitivitasnya terhadap kerusakan SO₂. Meskipun dalam satu species, terjadi perbedaan sensitivitas yang disebabkan oleh kondisi lingkungan seperti suhu, air tanah, konsentrasi nutrient, dan sebagainya.

Kontrol terhadap polusi sulfur okside sangat diperlukan. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi dan mengontrol emisi SO_x adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan bahan bakar bersulfur rendah.
2. Substitusi sumber energi lainnya untuk bahan pembakaran.
3. Penghilangan sulfur dari bahan bakar sebelum pembakaran.
4. Penghilangan SO_x dari gas buangan.

Polutan udara berupa partikel-partikel kecil padatan dan droplet cairan yang terdapat dalam jumlah tinggi di udara. Polusi udara yang disebabkan oleh partikel-partikel tersebut merupakan masalah lingkungan yang perlu mendapat perhatian, terutama di daerah perkotaan. Berbagai

jenis polutan partikel dan bentuk-bentuknya yang terdapat melayang di udara seperti: Karbon, besi, magnesium, kalsium, aluminium, sulfur, titanium, karbonat, silicon, fosfor, kalium, natrium, dll.

Sifat-sifat partikel yang penting adalah ukurannya, yang berkisar antara diameter 0.0002 mikron sampai sekitar 500 mikron. Pada kisaran tersebut partikel mempunyai umur dalam bentuk tersuspensi di udara antara beberapa detik sampai beberapa bulan. Umur partikel tersebut dipengaruhi oleh kecepatan pengendapan yang ditentukan dari ukuran dan densitas partikel serta aliran (turbulensi) udara (Fardiaz, 1992).

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

2.2. Polusi Air

Polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, tetapi bukan berarti semua air sudah terpolusi. Sebagai contoh, meskipun di daerah pegunungan atau hutan yang terpencil dengan udara yang bersih dan bebas polusi, air hujan selalu mengandung bahan-bahan terlarut seperti CO_2 , O_2 dan N_2 , serta bahan-bahan tersuspensi seperti debu dan partikel-partikel lainnya yang terbawa dari atmosfer. Air permukaan dan air sumur biasanya mengandung bahan-bahan metal terlarut seperti Na, Mg, Ca dan Fe. Air yang mengandung

komponen-komponen tersebut dalam jumlah tinggi disebut air sadah (Fardiaz, 1992).

Perkembangan pembangunan yang pesat saat ini memberikan dampak seperti terjadinya pencemaran dan bahan pencemar tersebut menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air. Pencemaran yang dimaksud adalah pengotoran atau penambahan organisme atau zat-zat lain ke dalam air, sehingga dapat mengganggu penggunaan, pemanfaatan, dan kelestarian air dan perairan tersebut. Pencemaran tersebut meliputi pencemaran biologis, kimiawi, dan fisika (Riani, 2002). Selanjutnya Soegiharto (1987), menyatakan bahwa air dikatakan tercemar apabila sifat fisik (suhu, kekeruhan); sifat kimia (susunan bahan terlarut, BOD, COD, pH) dan biologis (mengandung patogen) berubah dan melampaui baku mutunya, sehingga air tersebut menjadi tidak sesuai lagi bagi peruntukannya. Dampak adalah suatu perubahan yang terjadi akibat suatu aktivitas. Aktivitas tersebut dapat bersifat alamiah, kimia dan fisik maupun biologi (Soemarwoto, 2001).

Kehadiran suatu bahan kimia disuatu tempat yang tidak tepat atau pada konsentrasi yang tidak tepat, maka bahan kimia tersebut disebut pencemar atau polutan (Waiburn, 1990). Jadi ada dimensi ruang atau tempat dan dimensi konsentrasi yang harus diperhatikan untuk menyatakan pencemaran.

Pada kondisi yang tercemar, baik air maupun udara, beberapa tanaman dapat hidup dan tumbuh dengan beberapa mekanisme; yaitu tanaman dapat beradaptasi (adaptif) dan tanaman mampu mentolelir kandungan bahan yang melebihi ambang batas (toleran). Karena kemampuan tersebut jenis-jenis tumbuhan tertentu dapat digunakan untuk menurunkan kadar polutan. Proses penurunan kadar polutan dengan menggunakan tanaman disebut fitoremediasi (Lasat et al., 1996).

Polutan air sangat bervariasi tergantung jenis air dan polutannya atau komponen yang mengakibatkan polusi. Tanda-tanda polusi air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis polutannya yang berbeda.

Untuk memudahkan pembahasan mengenai berbagai jenis polutan, polutan air dapat dikelompokkan atas 9 group berdasarkan perbedaan sifat-sifatnya sebagai berikut:

1. Padatan
2. Bahan buangan yang membutuhkan oksigen (oxygen-demanding wastes)
3. Mikroorganisme
4. Komponen organik sintetik
5. Nutrien tanaman
6. Minyak
7. Senyawa anorganik dan mineral
8. Bahan radiaktif
9. Panas

Sifat-sifat air terpolusi untuk mengetahuinya diperlukan pengujian untuk menentukan sifat-sifat air sehingga dapat diketahui apakah terjadi penyimpangan dari batasan-batasan polusi air. Sifat-sifat air yang umum diuji dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat polusi air misalnya:

1. Nilai pH, keasaman dan alkalinitas
2. Suhu
3. Warna, bau dan rasa
4. Jumlah padatan
5. Nilai BOD/COD
6. Pencemaran mikroorganisme patogen
7. Kandungan Minyak
8. Kandungan logam berat
9. Kandungan bahan radioaktif

Nilai pH air yang normal adalah sekitar netral, yaitu antara pH 6 sampai 8, sedangkan pH air yang terpolusi, misalnya air buangan, berbeda-beda tergantung dari jenis buangannya. Sebagai contoh, air buangan pabrik pengalengan mempunyai pH 6.2-7.6, buangan pabrik susu mempunyai pH 5.3-7.8, air buangan pabrik bier mempunyai pH 5.5-

7.4, sedangkan air buangan pabrik pulp dan kertas biasanya mempunyai pH 7.6-9.5.

Bahan pencemar lain seperti deterjen, insektisida atau pestisida dan berbagai polusi yang lainnya.

BOD (biochemical oxygen demand) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relative jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi.

Air yang hampir murni mempunyai nilai BOD kira-kira 1 ppm, dan air mempunyai BOD 3 ppm masih dianggap cukup murni, tetapi kemurnian air diragukan jika nilai BOD nya mencapai 5 ppm atau lebih. Bahan buangan industri pengolahan pangan seperti industri pengalengan, industri susu, industri gula dan sebagainya, mempunyai nilai BOD yang bervariasi, yaitu mulai 100 sampai 10.000 ppm, oleh karena itu harus mengalami penanganan atau pengenceran yang tinggi sekali pada saat pembuangan ke dalam air di sekitarnya seperti sungai atau laut, yaitu untuk mencegah terjadinya penurunan konsentrasi oksigen terlarut dengan cepat di dalam badan air tempat pembuangan bahan-bahan tersebut.

Sebagai akibat menurunnya oksigen terlarut di dalam air adalah menurunnya kehidupan hewan dan tanaman air. Hal ini disebabkan karena makhluk-makhluk hidup tersebut banyak yang mati atau melakukan migrasi ke tempat lain yang konsentrasi oksigennya masih cukup tinggi. Jika konsentrasi oksigen terlarut sudah terlalu rendah, maka mikroorganisme aerobik tidak dapat hidup dan berkembang biak, tetapi sebaliknya mikroorganisme yang bersifat anaerobic akan menjadi aktif

memecah bahan-bahan tersebut secara anaerobic karena tidak adanya oksigen.

Senyawa-senyawa hasil pemecahan secara anaerobic seperti NH_3 +amin, H_2S dan komponen fosfor mempunyai bau yang menyengat, misalnya amin berbau anyir dan H_2S berbau busuk. Oleh karena itu perubahan badan air dari kondisi aerobic menjadi anaerobic tidak dikehendaki.

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji yang lebih cepat dari pada uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan. Uji tersebut disebut uji COD (chemical oxygen demand), yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan, misalnya kalium dikromat, untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air.

Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. Sebagai contoh, selulose sering tidak terukur melalui uji BOD karena sukar dioksidasi melalui reaksi biokimia, tetapi dapat terukur melalui uji COD. Sembilan puluh enam persen (96%) hasil uji COD yang dilakukan selama 10 menit kira-kira akan setara dengan hasil uji BOD selama 5 hari. Adanya senyawa khlor selain mengganggu uji BOD juga dapat mengganggu uji COD karena khlor dapat bereaksi dengan kalium dikromat. Cara pencegahannya adalah dengan menambahkan merkuri sulfat yang akan membentuk senyawa kompleks dengan khlor. Untuk mencegah reaksi dikromat dengan khlor, jumlah merkuri yang ditambahkan harus kira-kira sepuluh kali jumlah khlor di dalam contoh.

Vegetasi merupakan penangkal cukup efektif terhadap polutan-polutan di udara, baik gas maupun yang berupa butiran padat (partikel). Beberapa cara vegetasi mengurangi pencemaran udara, antara lain melalui morfologi permukaan daun, cabang yang spesifik, misalnya dengan lapisan bulu-bulu pada daun, proses transpirasi, menjebak butiran

padat yang kemudian tercuci oleh air hujan atau dengan pencucian udara. Selain itu tanaman juga dapat mengabsorpsi dan menyelubungi dari asap dan bau busuk.

Pada kondisi hujan asam yang mengandung H_2SO_4 apabila tiba dipermukaan akan mengalami reaksi. Pada saat permukaan dibasahi, maka asam seperti H_2SO_4 yang beraksi dengan Ca yang ada di daun membentuk $CaSO_4$ yang bersifat netral (Larcher, 1995). Dengan demikian pH air akan lebih tinggi daripada air hujan itu sendiri, sehingga air hujan tidak begitu berbahaya bagi lingkungan. Apabila terinventarisir tumbuhan (pohon) yang tahan terhadap kerusakan akibat hujan asam, maka dapat membantu dalam mengatasi dampak negatif hujan asam melalui proses fisiologis tumbuhan.

Berdasarkan hasil Penelitian (Saepulloh, 1995 dalam Onrizal, 2009), diketahui bahwa jenis *Avicennia marina* memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat, seperti Pb, Cd, dan Ni. Begitu juga dengan jenis *R. mucronata* yang resisten terhadap logam berat, seperti Cu, Mn, dan Zn (Taryana, 1995 dalam Onrizal, 2009). Jenis-jenis tersebut mengakumulasi berbagai logam berat tersebut pada berbagai jaringannya.

2.3. Polusi Tanah

Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia masuk dan mengubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial; penggunaan pestisida; masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan; kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, zat kimia, atau limbah; air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (*illegal dumping*).

Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian

terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Zat beracun apabila terus-menerus (kronis) terhadap benzene pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia (kanker darat).

Dampak pencemaran tanah pada kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi. Kuri (air raksa) dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, beberapa bahkan tidak dapat diobati. PCB dan siklodiena terkait pada keracunan hati. Organofosfat dan karmabat dapat dapat menyebabkan gangguan pada saraf otot. Berbagai pelarut yang mengandung klorin merangsang perubahan pada hati dan ginjal serta penurunan sistem saraf pusat. Terdapat beberapa macam dampak kesehatan yang tampak seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia yang disebut di atas. Yang jelas, pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian.

Pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah, bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang

lama-kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas. Banyak dari efek-efek ini terlihat pada saat ini, seperti konsentrasi DDT (Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane) adalah salah satu yang dikenal pestisida sintetis, pada burung menyebabkan rapuhnya cangkang telur, meningkatnya tingkat kematian anakan dan kemungkinan hilangnya spesies tersebut.

Dampak pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman dimana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama.

Penanganan polusi tanah dengan cara remediasi dan bioremediasi. Remediasi adalah kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu *in-situ* (atau *on-site*) dan *ex-situ* (atau *off-site*). Pembersihan *on-site* adalah pembersihan di lokasi. Pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri dari pembersihan, *venting* (injeksi), dan bioremediasi.

Pembersihan *off-site* meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian dibawa ke daerah yang aman. Setelah itu di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Caranya yaitu, tanah tersebut disimpan di bak/tanki yang kedap, kemudian zat pembersih dipompakan ke bak/tangki tersebut. Selanjutnya zat pencemar dipompakan keluar dari bak yang kemudian diolah dengan instalasi pengolah air limbah. Pembersihan *off-site* ini jauh lebih mahal dan rumit.

Bioremediasi adalah pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air).

Menurut Dr. Anton Muhibuddin, salah satu mikroorganisme yang berfungsi sebagai bioremediasi adalah jamur vesikular arbuskular mikoriza (vam). Jamur vam dapat berperan langsung maupun tidak langsung dalam remediasi tanah. Berperan langsung, karena kemampuannya menyerap unsur logam dari dalam tanah dan berperan tidak langsung karena menstimulir pertumbuhan mikroorganisme bioremediasi lain seperti bakteri tertentu, jamur dan sebagainya.

Peranan ilmu silvika dalam mengatasi pencemaran air, udara dan tanah

Berdasarkan uraian di atas, secara ringkas diketahui bahwa penyebab terjadinya pencemaran air, udara dan tanah adalah masuknya bahan atau materi tertentu ke dalam air, udara dan tanah, sehingga melebihi ambang batasnya. Sementara itu, ilmu fisika mencakup pengetahuan tentang proses-proses biokimia yang terjadi di dalam pohon (tumbuhan), dan berbagai bentuk toleransi dan adaptasinya terhadap suatu bahan atau kondisi tertentu. Oleh karena itu, dalam mengatasi pencemaran air, udara dan tanah, ilmu silvika terutama berperan dalam memberikan dasar pemilihan jenis-jenis yang toleran dan adaptif pada kondisi tercemar, sehingga secara fisiologis jenis-jenis tersebut dapat menetralkan kembali air, udara dan tanah yang tercemar tersebut. Selain itu, pengetahuan tentang silvika akan sangat membantu meningkatkan pertumbuhan pohon (tumbuhan) melalui manipulasi lingkungan sehingga proses remediasi dan bioremediasi menjadi lebih optimum. Dari berbagai hasil penelitian yang telah diulas sebelumnya, diketahui bahwa polutan-polutan tersebut yang mencemari lingkungan (air, udara dan tanah) juga merupakan unsur yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, tetapi dalam konsentrasi yang tidak melebihi ambang batas.

BAB III

PERANAN PENGETAHUAN SILVIKA DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN DAN KEHUTANAN

Produktivitas umumnya diklasifikasikan menjadi 2 (dua) bentuk, yaitu produktivitas sekunder. Produktivitas primer dan produktivitas sekunder. Produktivitas primer terjadi pada tumbuhan hijau yang memiliki kemampuan mensintesa makanannya sendiri dari bahan-bahan anorganik melalui bantuan cahaya (matahari). Produktivitas sekunder terjadi pada konsumen, melalui rantai makanan melalui proses makan dan dimakan. Oleh karena itu, produktivitas (tumbuhan) pertanian dan hutan termasuk ke dalam produktivitas primer. Produktivitas yang berikutnya akan dibahas adalah produktivitas primer.

Produktivitas primer yang penting untuk ditingkatkan adalah produktivitas primer bersih (net primary productivity/NPP), karena NPP-lah yang dapat dimanfaatkan oleh konsumen, termasuk manusia. Jordan (1983), menyatakan bahwa NPP merupakan perbedaan laju produktivitas primer bruto dengan laju transpirasi. Sementara itu, laju produktivitas bruto merupakan laju fotosintesis sebelum dikurangi respirasi. Oleh karena itu, salah satu kunci untuk mengoptimalkan produksi pertanian dan kehutanan adalah dengan cara mengoptimalkan pemanfaatan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Secara prinsip tidak terdapat perbedaan metabolisme komoditas pertanian dan kehutanan, karena keduanya sama tergolong tumbuhan.

Kebutuhan tumbuhan akan cahaya, baik kualitas maupun kuantitas, akan berbeda antara satu jenis dengan jenis lainnya, atau satu jenis namun berbeda umurnya. Secara umum, terkait dengan faktor cahaya tumbuhan digolongkan ke dalam dua kelompok, yaitu toleran dan intoleran. Oleh karena itu, melalui pengetahuan tentang kebutuhan cahaya matahari, baik kualitas maupun kuantitas, akan sangat membantu dalam optimalisasi penangkapan cahaya matahari untuk fotosintesis, misalnya pencampuran tumbuhan yang toleran dengan intoleran. Selain

itu, berdasarkan penambatan karbondioksida, berbagai jenis tumbuhan digolongkan ke dalam C3, C4 dan CAM.

Tumbuhan C3 adalah tumbuhan secara umum kita kenal dengan tumbuhan hijau atau layaknya tumbuhan dengan mekanisme fotosintesis yang diawali dengan terbentuknya (PGA) pada reaksi Calvin Benson. Sebagai contoh tumbuhan tingkat tinggi, kedelai, kentang dan kacang tanah.

Tumbuhan C4 adalah kelompok tumbuhan yang melakukan persiapan reaksi gelap fotosintesis melalui jalur 4 karbon/4C (jalur Hatch-Slack) sebelum memasuki siklus Calvin, untuk meminimalkan keperluan fotorespirasi. Mula-mula CO_2 difiksasi oleh Phospho Enol Piruvat (PEP) sehingga dihasilkan Oxalo Acetic Acid/OAA (4C). Selanjutnya OAA diubah menjadi Asam malat (berlangsung di dalam mesofil daun). Asam malat kemudian berdifusi dari sel-sel mesofil menuju sel-sel seludang berkas pengangkut yang banyak mengandung kloroplast yang mengelilingi berkas pengangkut daun (bundle sheath cells). Di dalam sitoplasma sel-sel ini asam malat diubah menjadi asam piruvat dan CO_2 . Akhirnya CO_2 dibawa masuk menuju kloroplast dan diikat oleh **ribulosa difosfat (RDP)**, berlanjut ke siklus Calvin. Sebagai contoh tumbuhan tebu-tebuan.

Tumbuhan CAM (Crassulaceae Acid Metabolism) adalah tumbuhan yang membuka stomatanya di malam hari menggabungkan CO_2 ke dalam asam organik. Selama siang hari, stomata tertutup CO_2 dilepaskan dari asam organik untuk digunakan dalam siklus Calvin. Pada malam hari terjadi lintasan C4 (siklus Hatch-Slack) dan pada siang hari terjadi siklus C3 (siklus Calvin). Sebagai contohnya tanaman kaktus, nanas, anggrek dll.

Hutan campuran bisa lebih produktif dibandingkan hutan monokultur, jika adaptasi yang berbeda antara jenis, pada hutan campuran penggunaan sumberdaya akan optimal dibandingkan dengan hutan monokultur. Assman(1970 dalam Onrizal, 2009) melaporkan bahwa pencampuran pohon beech (jenis toleran) dengan berbagai jenis intoleran

(oak, pinus, larch) menghasilkan 4-52% bahan kering lebih banyak daripada tegakan oak murni, atau pinus saja.

Lebih lanjut Kimmin (1987) menerapkan bahwa selain pengetahuan tentang jenis-jenis yang berbeda respon fotosintesisnya, ilmu silvika juga memberikan pengetahuan tentang faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi proses metabolisme, yakni cahaya, aerasi tanah, kandungan CO₂ dan O₂, dan lainnya. Oleh karena itu, kunci kedua untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan kehutanan adalah optimalisasi pemanfaatan ruangan, baik di atas dan di bawah tanah. Sehingga tidak terjadi persaingan antara satu tanaman dengan tanaman lain, baik terhadap unsure hara mineral yang dibutuhkan, maupun kebutuhan ruang, baik di atas maupun di bawah tanah.

Selain optimalisasi pemanfaatan faktor lingkungan, peningkatan produktivitas dilakukan juga dengan mempertimbangkan faktor genetis tumbuhan selain faktor lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mendapatkan jenis-jenis yang unggul. Dengan pengetahuan silvika dapat dilakukan manipulasi lingkungan sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara optimal, maksimalisasi pemanfaatan ruang baik di atas maupun di dalam tanah (tajuk dan akar) sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan udara dan hara yang pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas.

Membudidayakan suatu jenis tanaman secara luas hendaknya dikuasai terlebih dahulu teknik silvikulturnya yang meliputi kegiatan perbenihan dan pengadaan bibit, cara-cara penanaman, pemeliharaan serta penanganan gangguan hama dan penyakit yang terjadi. Untuk dapat tumbuh secara optimal, suatu jenis tanaman memerlukan tempat tumbuh tertentu, apabila persyaratan tempat tumbuh tidak dipenuhi maka tanaman akan tumbuh lambat, kerdil bahkan dapat mengalami kematian. Faktor tempat tumbuh yang utama antara lain meliputi tanah, iklim dan tinggi tempat (Masano, 1991). Berbagai faktor-faktor tersebut dipelajari dalam ilmu silvika.

Sebagai contoh penerapan pengetahuan silvika adalah penggunaan jenis-jenis yang multi guna dan multi produk sehingga dapat dipanen beberapa macam hasil dari suatu jenis tanaman, (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1991) antara lain adalah:

- a. Menghasilkan aneka jenis produk, misalnya kayu pertukangan, kayu bakar, bahan pangan (buah, biji, bunga, daun atau bagian lainnya), pakan ternak, bahan obat, pestisida nabati dan lain-lain.
- b. Produktivitas tinggi.
- c. Cepat tumbuh.
- d. Regenerasi mudah.
- e. Dapat diusahakan bersamaan dengan komoditas lain.
- f. Dapat membantu menyuburkan tanah dan mencegah erosi.

Sastrapradja et al (1991), menjelaskan bahwa sumbangan ilmu silvika yang lain adalah membantu upaya perbaikan genetis, menyediakan varietas-varietas yang cepat tumbuh yang memberikan hasil yang tinggi untuk diusahakan sebagai tanaman HTI serta dapat merehabilitasi lahan yang rusak sehingga penting untuk pelestarian hutan, dengan program-program:

- a. Penyediaan plasma untuk program pemuliaan plasma nutfah.
- b. Pengembangan metode untuk produksi biji atau benih secara efektif.
- c. Penentuan jasad-jasad renik yang membantu regenerasi.

Sesuai dengan tujuan utama konservasi, yang sejalan dengan ilmu silvika menurut "Strategi Konservasi Sedunia" (*World Conservation Strategy*), ada tiga, yaitu: (a) memelihara proses ekologi yang esensial dan sistem pendukung kehidupan, (b) mempertahankan keanekaan genetis, dan (c) menjamin pemanfaatan jenis (spesies) dan ekosistem secara berkelanjutan. Maka silvika juga berperan dalam pengembangan jenis baik secara insitu dan eksitu. Di bidang kehutanan dan pertanian, pendekatan insitu juga digunakan untuk melindungi keanekaragaman genetik tanaman di habitat aslinya serta penetapan spesies dilindungi tanpa menspesifikasikan habitatnya.

Konservasi Eksitu, meliputi metode dan alat untuk melindungi spesies tanaman, satwa liar dan organisme mikro serta varietas genetik di luar habitat/ekosistem aslinya. Kegiatan yang umum dilakukan antara lain penangkaran, penyimpanan atau pengklonan karena alasan: (1) habitat mengalami kerusakan akibat konversi; (2) materi tersebut dapat digunakan untuk penelitian, percobaan, pengembangan produk baru atau pendidikan lingkungan. Dalam metode tersebut termasuk: pembangunan kebun raya, koleksi mikologi, museum, bank biji, koleksi kultur jaringan dan kebun binatang. Mengingat bahwa organisme dikelola dalam lingkungan buatan, metode eksitu mengisolasi spesies dari proses-proses evolusi.

Jadi secara ringkas dapat disampaikan bahwa sumbangan pengetahuan silvika dalam peningkatan produktivitas pertanian dan kehutanan, terutama adalah dalam hal optimalisasi penangkapan cahaya matahari, optimalisasi pemanfaatan hara mineral, dan optimalisasi penggunaan ruang, serta penggunaan bibit unggul. Pengetahuan silvika memberikan bekal bagaimana memilih jenis dalam rangka optimalisasi pemanfaatan sumberdaya dan lingkungan, sehingga akan terjadi sinergis di antara jenis terpilih dan pada akhirnya akan meningkatkan produktivitasnya.

BAB IV PERANAN pH TANAH DALAM PERTUMBUHAN POHON

Reaksi tanah menunjukkan kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion unsur (H^+) di dalam tanah.

Makin tinggi kadar ion H^+ di dalam tanah maka semakin masam tanah tersebut.

Pada tanah-tanah yang masam jumlah ion H^+ lebih tinggi daripada OH^- , sedangkan pada tanah alkalis kandungan OH^- lebih banyak daripada H^+ . Bila kandungan H^+ sama dengan OH^- maka tanah beraksi netral yaitu mempunyai pH=7 (Hardjowigeno, 1995).

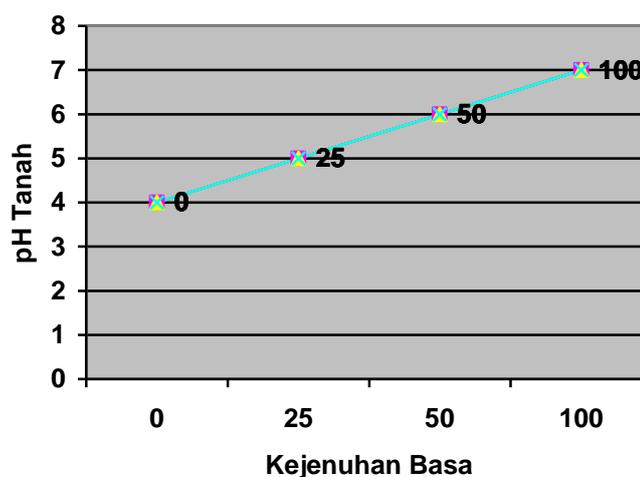
Selain ion H^+ ditemukan pula ion OH^- , yang jumlahnya berbanding terbalik dengan banyaknya H^+ .

Pada tanah **masam** jumlah ion $H^+ > OH^-$

Pada tanah **Alkalis** jumlah ion $OH^- > H^+$

Pada tanah **netral** jumlah ion $H^+ = OH^-$

Pada Gambar 4.1. dapat di lihat hubungan konsentrasi H^+ , OH^- dan pH tanah



Gambar 4.1. Hubungan konsentrasi H^+ , OH^- dan pH

Menurut (Hardjowigeno, 1995), pentingnya pH tanah terhadap pertumbuhan tanaman adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman, umumnya unsur hara mudah diserap akar tanaman pada pH tanah sekitar netral, karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air. Pada tanah masam unsur P tidak dapat diserap tanaman karena difiksasi oleh Al, sedang pada pH alkalis unsur P difiksasi oleh Ca.
- b. Menunjukkan kemungkinan adanya unsur-unsur beracun. Pada tanah-tanah masam banyak ditemukan ion-ion Al di dalam tanah, disamping memfiksasi unsur P juga merupakan racun bagi akar tanaman. Disamping itu pada reaksi tanah yang masam, unsur-unsur mikro menjadi mudah larut, sehingga ditemukan unsur mikro yang terlalu banyak. Unsur mikro merupakan hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sangat kecil, sehingga menjadi racun kalau dalam jumlah besar.
- c. Mempengaruhi perkembangan mikroorganisme. Bakteri, jamur yang bermanfaat bagi tanah dan tanaman akan berkembang baik pada pH > 5,5 apabila pH tanah terlalu rendah maka akan terhambat aktivitasnya.
 - Bakteri berkembang dengan baik pada pH 5,5 atau lebih sedangkan pada pH kurang dari 5,5 perkembangannya sangat terhambat.
 - Jamur dapat berkembang baik pada segala tingkat keasaman tanah. Pada pH lebih dari 5,5 jamur harus bersaing dengan bakteri.
 - Bakteri pengikat nitrogen dari udara dan bakteri nitrifikasi hanya dapat berkembang dengan baik pada pH lebih dari 5,5.

Mengubah pH tanah :

- a. pH tanah yang terlalu masam dapat dinaikkan nilai pH nya dengan menambahkan kapur ke dalam tanah, sedangkan
- b. Tanah yang terlalu alkalis dapat diturunkan nilai pH nya dengan penambahan belerang.

Kisaran pH tanah :

- Kisaran pH tanah mineral biasanya antara 3,5 – 10
- Kisaran pH tanah gambut < 3,0
- Kisaran pH tanah alkalis > 11,0

Kebanyakan tanaman toleran terhadap pH tanah yang ekstrim rendah atau tinggi, asalkan dalam tanah tersebut tersedia hara yang cukup. Beberapa unsur hara tidak tersedia pada pH ekstrim, dan beberapa unsur lainnya berada pada tingkat meracun.

Unsur hara yang dapat dipengaruhi oleh pH antara lain :

- a. Kalsium dan Magnesium ditukar
- b. Aluminium dan unsur mikro
- c. Ketersediaan Phosphor
- d. Perharaan yang berkaitan dengan aktivitas jasad mikro.

Ion H^+ berada di dua tempat yaitu dalam larutan tanah dan terjerap koloid. Jumlah ion dalam larutan menunjukkan **kemasaman efektif**, sedangkan ion H^+ yang terjerap menunjukkan **kemasaman cadangan atau kemasaman dipertukarkan**.

Kemasaman aktif jauh lebih rendah dari kemasaman cadangan, kemasaman cadangan ini dapat mencapai 1000 kali lebih kuat dari kemasaman aktif, jadi **kemasaman cadangan inilah yang lebih berbahaya**

Tabel 4.2. Kemasaman Tanah

	pH	Reaksi
1.	4,5 – 5,0	Keadaan tanah masam sekali
2.	5,0 – 5,5	Masam
3.	5,5 – 6,0	Agak masam
4.	6,0 – 6,5	Masam Lemah
5.	6,5 – 7,0	Netral

Sumber. Mul Mulyani .S

Larcher (1995); Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa kelarutan unsur tertentu dan laju penyerapannya oleh tumbuhan sangat dipengaruhi oleh pH, Besi, Seng, Tembaga, dan Mangan kurang larut pada tanah basa dibandingkan tanah asam karena ion ini mengendap sebagai hidroksida pada pH tinggi. Salisbury dan Ross (1995) memberikan contoh, yaitu klorosis akibat defisiensi besi lazim dijumpai pada tanah di bagian Barat Amerika Serikat, yang sering bersifat basa. Fosfat, yang kebanyakan terserap dalam bentuk ion H_2PO_4^- valensi satu, lebih segera terserap dari larutan hara dengan nilai pH lebih rendah atau lebih tinggi. Pada Tanah ber-pH tinggi, lebih banyak fosfat yang berada dalam bentuk ion HPO_4^{2-} valensi dua yang lambat terserap.

Selain itu, sebagian besar fosfat berada dalam bentuk kalsium fosfat yang tidak larut. Pada tanah ber-pH rendah, yang seharusnya banyak mengandung H_2PO_4^- , konsentrasi ion aluminium yang sering tinggi menyebabkannya mengendap sebagai aluminium fosfat.

Konsentrasi aluminium yang cukup tinggi pada tanah asam (pH dibawah 4,7) dapat menghambat pertumbuhan beberapa species, tidak hanya karena efeknya yang merusak ketersediaan fosfat, tapi tampaknya juga karena penghambatan penyerapan besi karena efek racun secara

langsung terhadap metabolisme tumbuhan. Selain itu Sanchez (1976) dalam Tamadjoe (1995) menyatakan, keasaman dapat berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap pertumbuhan tanaman. Pengaruh langsungnya adalah terhadap kelarutan ion-ion H^+ dan Al^{3+} , dimana dalam jumlah banyak dapat menghambat perkembangan perakaran tanaman, sehingga daerah penyebarannya akan sempit. Sedangkan pengaruhnya tidak langsung adalah terhadap ketersediaan unsure-unsur hara makro tanah akan berkurang dengan meningkatnya keasaman tanah. Selain itu jika pH tanah kurang dari 4,2 dapat menyebabkan penyerapan kation-kation oleh akar tanaman dapat berhenti (Black, 1964 dalam Tamadjoe, 1995). Kandungan hara mikro seperti boron, tembaga, mangan, dan besi secara umum meningkat seiring dengan meningkatnya keasaman tanah (pH lebih rendah). Pada tanah dimana cadangan hara ini rendah, reduksi nyata pada keasaman tanah akan menghasilkan defisiensi satu atau lebih elemen esensial ini. Sebagai contoh, defisiensi cepat dari besi dan boron telah ditandai pada area lokal dari tegakan muda pinus slash di bagian tenggara pesisir Amerika. Pergerakan angin dan air dari partikel batuan kapur atas jalan raya hutan ditemukan penurunan keasaman dari tanah berpasir menyebabkan pohon mengalami defisiensi hara mikro pada 10-20m dari jalan raya. Gejala defisiensi secara umum menghilang bersamaan dengan terbangunnya sistem perakaran menembus tanah asam (Pritchett, 1979).

Lee (1971) dalam Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (1991) melaporkan bahwa keracunan Al akan mengurangi serapan hara P, Ca, K, Mn, Fe, Cu, dan Zn. Hasil Penelitian Chandler dan Silva (1974) dalam Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (1991) menunjukkan bahwa kadar N, P, dan K daun kedelai sangat berkurang dengan meningkatnya kejenuhan Al tanah. Pada tanah asam unsure Mo juga bisa tidak tersedia atau tidak ada, padahal unsur Mo diperlukan untuk pembentukan bintil akar pada tumbuhan legum.

Tanah hutan yang dominan memiliki keasaman sedang sampai tinggi merupakan hasil dari pelepasan asam organik selama dekomposisi dari lapisan seresah dan efek dari pencucian (leaching) dari permukaan tanah mineral. Sebagai hasilnya, tipe vegetasi yang tumbuh pada tanah memiliki pengaruh pada tingkat keasaman tanah karena perbedaan nyata kandungan dasar sresah mereka. Tanah yang mendukung tajuk daun jarum cenderung lebih asam daripada tanah yang mendukung species daun lebar, daun jarum dan serahnya memiliki kandungan dasar lebih rendah. Hubungan ini tidak selalu jelas. Karena species memiliki perbedaan toleransi terhadap keasaman tanah, kondisi tanah lebih mempengaruhi komunitas pohon daripada komunitas pohon mempengaruhi reaksi yang terjadi di tanah. Sebagai contoh beberapa Shorea bisa tumbuh dengan baik pada tanah yang agak masam.

Dengan sedikit pengecualian, species-species hutan beradaptasi baik pada kondisi tanah asam dan, faktanya, tumbuh baik pada media asam sedang. Reaksi tanah, tidak dapat dipungkiri, dapat mengatur distribusi tumbuhan sensitive asam yang lebih seperti sungkai, pulai, gmelina, sengon, mahoni, mangium, petai, gamal, lamtoro, dan beberapa tanaman penutup tanah.

BAB V
OPTIMALISASI PERTUMBUHAN Tectona grandis dan Paraserianthes
falcataria di KALIMANTAN TIMUR

5.1. Tectona grandis dan persyaratan tumbuhnya

Tectona grandis L.f. merupakan salah satu jenis dari sedikit jenis marga *Tectona*. Sementara itu *Tectona* merupakan marga satu-satunya dari puak *Tectona* yang termasuk anak suku Viticoideae, suku Verbenaceae (Sutisna et al., 1998). Nama umum bagi *Tectona* adalah jati. Berbagai formasi hutan jati dikelompokkan ke dalam 3 tipe utama, yaitu formasi jati alami lembab (curah hujan tahunan (1300 s.d. 1500/2500 mm), formasi jati alami kering (curah hujan tahunan 760-1500mm), dan formasi jati Indonesia (curah hujan tahunan 1200-2000) (Sutisna et al., 1998).

Penyebaran alam jati terdapat di Asia Tenggara, India, Burma, sampai Laos. Di Indonesia *T grandis* (jati) terdapat secara alami, terutama di Jawa, Kangean, Bali dan Muna. Selain itu ditemukan pula di Buton, Maluku (Wefer), Sumbawa, dan Lampung (Sastrosumarto dan Suhaedi, 1985 dalam Yulianti, 1995). Secara alami tumbuhan jati ditemukan pada berbagai formasi geologi, antara lain pada batu pasir tersier yang lunak dan batu kapur (Wept, 1954 dalam Yuliani, 1995; Hamzah, 1975 dalam Tamadjoe, 1995) di tanah-tanah rendah dari 0 sampai 500 m dpl (Wepf, 1954 dalam 1954 dalam Yuliani, 1995). Di antara berbagai jenis tanah, tanah lempung berpasir yang paling cocok untuk pertumbuhan jati, karena jati memerlukan tanah dengan drainase dan aerasi yang baik (Soerianegara, 1960 dalam Tamadjoe, 1995). Sementara itu, Sutisna et al., (1998) menyatakan bahwa tanah yang paling cocok untuk jati adalah alluvial-koluvial yang dalam, berdrainase baik, subur dengan pH 6,5-8,0 dan kandungan Ca an P yang cukup tinggi.

Direktorat Jenderal Kehutanan (1976) menambahkan bahwa selain kondisi di atas, jati membutuhkan iklim musim yang nyata, yaitu dengan musim kemarau yang periodic. Jati sangat membutuhkan tanah yang

beraerasi baik, sedangkan ketinggian tempat tumbuh pada umumnya di bawah 700 m dpl. Menurut Streets (1962) dalam Tamadjoe, (1995) pertumbuhan jati akan mencapai optimum apabila curah hujan rata-rata dalam setahun 12500 mm sampai dengan 3750 mm, dengan bulan kering 3-5 bulan.

Soekotjo (1977) dalam Yulianti (1995) menyebutkan bahwa jati termasuk tanaman yang tahan terhadap kekurangan air untuk selang waktu 0-10 hari, dan jika lebih dari itu tanaman akan tumbuh merana dan mati. Sementara itu, Sutisna et al., (1998) menyatakan bahwa jati tidak tahan genangan atau tanah laterit miskin hara, namun merupakan jenis pioneer berumur panjang. Salah satu cirri dari perakaran jati yang harus diperhatikan adalah tidak tahan terhadap kekurangan zat asam (O_2).

Temperatur udara optimum untuk pertumbuhan jati adalah $22^{\circ}C$ sampai dengan $27^{\circ}C$. Berkurangnya hutan jati di atas ketinggian 700 m dpl disebabkan oleh karena temperature udara turun kurang dari $22^{\circ}C$ (Tamadjoe, 1995).

Pertumbuhan *Tectona grandis*

Berdasarkan hasil analisis tanah pH termasuk agak masam, kandungan C sangat rendah, unsur N sedang, kandungan P sedang, kandungan K tinggi, KTK rendah, maka dari hasil analisis tanah diketahui hampir setiap unsur hara di dalam tanah lokasi penelitian tergolong sedang sampai rendah kecuali kandungan unsur K yang tinggi sehingga perlu perhatian untuk ditingkatkan kandungan unsur haranya dengan cara pemupukan (Zaman, 2008). Kesanggupan tanah untuk menyediakan unsur hara atau makanan bagi tanaman dengan jumlah yang tepat sehingga dapat menghasilkan produktifitas yang optimum. Unsur hara mana yang kurang

yang terkandung dalam tanah itu dan kekurangan dapat dilakukan dengan penambahan unsur hara sesuai dengan faktor lingkungan yang baik (Sutejo, 2002). Adapun KTK yang rendah dapat ditingkat dengan penggunaan pupuk organik yang berguna untuk meningkatkan tanah menjadi gembur dan daya jerap tanah. Sedangkan menurut Hanafiah (2005), suatu unsur hara penting diperlukan agar tanaman dapat melengkapi siklus hidupnya, sehingga tanaman yang mengalami defisiensi hanya dapat diperbaiki dengan unsur tersebut dan unsur tersebut harus terlibat langsung dalam penyediaan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.

Tabel 5.1. Hasil Analisis Tanah dan Harkat Tanah

No.	Parameter	Satuan	Hasil			
			I (0-20)	Harkat	II (20-40)	Harkat
1.	pH H ₂ O	-	5.82	Agak Masam	5.82	Agak Masam
2.	Kation Basa					
	Ca ⁺⁺	Meq/100gr	2.05	Rendah	1.36	Rendah
	Mg ⁺⁺	Meq/100gr	0.10	Sangat Rendah	0.09	Sangat Rendah
	Na ⁺	Meq/100gr	0.18	Rendah	0.18	Rendah
	K ⁺	Meq/100gr	0.23	Sedang	0.37	Sedang
3.	KTK	Meq/100gr	7.15	Rendah	12.48	Rendah
4.	N Total	%	0.14	Rendah	0.11	Rendah
5.	C Organik	%	0.91	Sangat Rendah	0.50	Sangat Rendah
6.	Ratio C/N	%	6.50	Rendah	4.55	Sangat Rendah
7.	P Tersedia	ppm	4.00	Sangat Rendah	3.26	Sangat rendah
8.	K Tersedia	ppm	50.17	Tinggi	39.32	Sedang
9.	Kejenuhan Basa	%	35.79	Sedang	16.03	Sangat rendah
10.	Kejenuhan Al	%	16.78	Rendah	25.64	Sedang

Berdasarkan hasil analisa tanah dapat diketahui bahwa tempat tumbuh yang ada ditempat penelitian di Desa Bangun Rejo disesuaikan dengan pertumbuhan tanaman jati. Pertumbuhan tanaman jati di Desa Bangun

Rejo Kecamatan Tenggarong Seberang mempunyai peninggi 9,1 m, rata-rata diameter 19,1 cm, rata-rata LBD 2,9 m² dan volume 18,7 m³ pada umur 8 tahun dan apabila dilihat pada tabel klas bonita I (*site class I*) yang berarti tempat tumbuh pada tanah klas rendah penyediaan unsur haranya dan sesuai dengan hasil analisis tanah apabila dihubungkan dengan parameter peninggi tanaman jati sebanyak 100 pohon tertinggi di dalam plot penelitian. Sesuai dengan pernyataan Suharlan, A, dkk. (1975), penggunaan tabel tegakan ini yaitu antara lain untuk perencanaan penjarangan dan untuk penentuan massa tegakan (*standing stock*), baik massa tegakan saat itu maupun massa tegakan di masa mendatang seperti dilakukan pada penataan hutan.

Menurut Mulyana (2010), mempersyaratkan tanaman jati dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian lahan maksimum 700 m dpl, suhu udara 13oC-43oC, pH tanah 6, kelembaban tanah 60-80%, jenis tanah lempung, lempung berpasir, liat berpasir, unsur hara makro tinggi, curah hujan 1.000-1.500 mm/tahun. Bagaimana dengan persyaratan tumbuh dengan kondisi aktual yang ada di Kalimantan Timur dan berdasarkan data dalam Tabel 5.1 di atas dan bagaimana cara mengoptimalkan tanaman jati tersebut.

Sebagai contoh lagi *Tectona grandis* di daerah Dieng Jawa Tengah yang tanahnya selalu tergenang, maka tanah yang selalu tergenang tersebut merupakan factor pembatas bagi pertumbuhannya, karena *T. grandis* antara lain tidak tahan genangan. Pada kondisi tergenang, aerasi tanah menjadi jelek dan oksigen dalam tanah sangat berkurang. Sementara itu, jati bukan merupakan jenis tanaman yang toleran dengan kondisi tanah yang kandungan oksigennya rendah, sehingga tanaman *T. grandis* tersebut akan mengalami cekaman (*stress*) oksigen. Pada tanaman yang mengalami cekaman oksigen, karena tanahnya tergenang air, maka akan menyebabkan ketidakseimbangan metabolisme tumbuhan.

Oleh Karena itu *Tectona grandis* yang ditanam di daerah Dieng, Jawa Tengah yang tanahnya selalu tergenang air tersebut tidak akan dapat tumbuh dan berkembang, dan pada akhirnya akan mati.

Selain itu, karena daerah Dieng merupakan dataran tinggi yang ketinggiannya lebih dari 700 m dpl, sehingga suhunya diduga kurang dari 22°C. Kondisi suhu yang rendah tersebut menyebabkan terhambatnya proses metabolisme tanaman *Tectona grandis* sehingga pertumbuhannya terhambat, karena seperti yang disampaikan oleh Tamadjoe (1995) pertumbuhan jati optimal pada suhu 22°C sampai dengan 27°C, dan akan berkurang pada suhu diluar kisaran tersebut.

Cara mengoptimalkan pertumbuhan *Tectona grandis* yang di tanam di daerah Dieng, Jawa Tengah yang selalu tergenang

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, faktor utama sebagai penghambat pertumbuhan *Tectona grandis* di daerah Dieng tersebut adalah tanahnya yang mengalami defisiensi oksigen karena selalu tergenang. Kondisi tersebut tidak saja menyebabkan pertumbuhan tanaman *Tectona grandis* terhambat, namun lebih parah dari itu adalah menyebabkan kematian tanaman tersebut. Oleh karena itu, agar pertumbuhan tanaman *Tectona grandis* tersebut bisa optimal, maka harus dilakukan upaya agar air tidak menggenangi areal penanaman, sehingga defisiensi oksigen di dalam tanah bisa diatasi.

Beberapa upaya yang bisa dilakukan antara lain adalah:

- a. Membuat saluran air, sehingga air tidak lagi menggenangi areal tanam.
- b. Pada areal yang akan ditanami, maka penanaman dilakukan setelah areal tanam tidak lagi tergenang air.
- c. Pola tanam yang digunakan adalah tumpangsari, dimana jenis sela yang digunakan adalah jenis yang memiliki transpirasi tinggi, sehingga akan semakin memperbaiki aerasi tanah.
- d. Jarak tanam yang digunakan adalah lebar, sehingga akan mengurangi kelembaban tanah.

- e. Pada upaya selanjutnya diperlukan untuk tidak semakin memperbesar kendala suhunya yang memang sudah rendah.

5.2. Sengon

KLASIFIKASI

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Mimosaceae
Genus	: Paraserianthes
Spesies	: <i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen
Sinonim	: <i>Albizzia falcata</i> Back.
Nama Umum	: Molucca albizia, white albizia (Inggris), Batai, kayu macis (Maysia), Sengon Sengon laut (Indonesia, Jawa), Albasia, Jeunjing (Sunda).



Gambar 5.1. Tanaman Pohon Sengon

Deskripsi Tanaman

Sengon atau albasia (*Parasenanthus falcataria* / *albizia falcatara*), kadang-kadang orang menyebutnya jeungjing, merupakan tanaman kayu yang dapat mencapai diameter cukup besar apabila telah mencapai umur tertentu. Tanaman sengon dapat tumbuh pada sebaran kondisi iklim yang sangat luas, dengan demikian dapat tumbuh dengan baik hampir di sembarang tempat.



Gambar 5.2. Bibit Sengon Siap Tanam

Beberapa keunggulan tanaman sengon

1. Pertumbuhannya sangat cepat sehingga masa layak tebang dalam umur yang relatif pendek.
2. Karena memiliki perakaran yang dalam, sehingga dapat menarik hara yang berada pada kedalaman tanah ke permukaan.
3. Mudah bertunas kembali apabila ditebang, bahkan apabila terbakar.
4. Biji atau bagian vegetatif untuk pembiakannya mudah diperoleh dan disimpan.

Sebagai tanaman penghijauan hampir di semua wilayah. Lebih penting lagi, tanaman albasia memiliki nilai ekonomis tinggi. Berdasarkan pada beberapa keistimewaan itulah tanaman albasia dijadikan tanaman. Bagian terpenting yang mempunyai nilai ekonomi pada tanaman sengon adalah kayunya. Pohonnya dapat mencapai tinggi sekitar 30-45 meter dengan diameter batang sekitar 70-80 cm. Bentuk batang sengon bulat dan tidak berbanir. Kulit luarnya berwarna putih atau kelabu, tidak beralur dan tidak mengelupas. Berat jenis kayu rata-rata 0,33 dan termasuk kelas awet IV-V.

Tajuk tanaman sengon berbentuk menyerupai payung dengan rimbun daun yang tidak terlalu lebat. Daun sengon tersusun majemuk menyirip ganda dengan anak daunnya kecil-kecil dan mudah rontok. Warna daun sengon hijau pupus, berfungsi untuk memasak makanan dan sekaligus sebagai penyerap nitrogen dan karbon dioksida dari udara bebas.

Sengon memiliki akar tunggang yang cukup kuat menembus kedalam tanah, akar rambutnya tidak terlalu besar, tidak rimbun dan tidak menonjol kepermukaan tanah. Akar rambutnya berfungsi untuk menyimpan zat nitrogen, oleh karena itu tanah disekitar pohon sengon menjadi subur.

Buah sengon berbentuk polong, pipih, tipis, dan panjangnya sekitar 6-12 cm. Setiap polong buah berisi 15-30 biji. Bentuk biji mirip perisai kecil dan jika sudah tua biji akan berwarna coklat kehitaman, agak keras, dan berlilin.

Habitat Sengon

Tanah

Tanaman Sengon dapat tumbuh baik pada tanah regosol, aluvial, dan latosol yang bertekstur lempung berpasir atau lempung berdebu dengan kemasaman tanah sekitar pH 6-7.

Iklm

Ketinggian tempat yang optimal untuk tanaman sengon antara 0-800 m dpl. dengan iklim A, B dan C bercurah hujan rata-rata 2.000-4.000 mm/tahun. Walaupun demikian tanaman sengon ini masih dapat tumbuh sampai ketinggian 1500 m di atas permukaan laut. Sengon termasuk jenis tanaman tropis, sehingga untuk tumbuhnya memerlukan suhu sekitar 18 °- 27 °C.

Curah Hujan

Curah hujan mempunyai beberapa fungsi untuk tanaman, diantaranya sebagai pelarut zat nutrisi, pembentuk gula dan pati, sarana transpor hara dalam tanaman, pertumbuhan sel dan pembentukan enzim, dan menjaga stabilitas suhu. Tanaman sengon membutuhkan batas curah hujan minimum yang sesuai, yaitu 15 hari hujan dalam 4 bulan terkering, namun juga tidak terlalu basah, dan memiliki curah hujan tahunan yang berkisar antara 2000-4000 mm.

Kelembaban

Kelembaban juga mempengaruhi setiap tanaman. Reaksi setiap tanaman terhadap kelembaban tergantung pada jenis tanaman itu sendiri. Tanaman sengon membutuhkan kelembaban sekitar 50%-75%.

Keragaman Penggunaan dan Manfaat Kayu sengon

Pohon sengon merupakan pohon yang serba guna. Dari mulai daun hingga perakarannya dapat dimanfaatkan untuk beragam keperluan.

Daun

Daun Sengon, sebagaimana famili Mimosaceae lainnya merupakan pakan ternak yang sangat baik dan mengandung protein tinggi. Jenis ternak seperti sapi, kerbau, dan kambing menyukai daun sengon tersebut.

Perakaran

Sistem perakaran sengon banyak mengandung nodul akar sebagai hasil simbiosis dengan bakteri *Rhizobium*. Hal ini menguntungkan bagi akar dan sekitarnya. Keberadaan nodul akar dapat membantu porositas tanah dan penyediaan unsur nitrogen dalam tanah. Dengan demikian pohon sengon dapat membuat tanah disekitarnya menjadi lebih subur. Selanjutnya tanah ini dapat ditanami dengan tanaman palawija sehingga mampu meningkatkan pendapatan petani penggarapnya.

Kayu

Bagian yang memberikan manfaat yang paling besar dari pohon sengon adalah batang kayunya. Dengan harga yang cukup menggiurkan saat ini

sengon banyak diusahakan untuk berbagai keperluan dalam bentuk kayu olahan berupa papan papan dengan ukuran tertentu sebagai bahan baku pembuat peti, papan penyekat, pengecoran semen dalam konstruksi, industri korek api, pensil, papan partikel, bahan baku industri pulp kertas.

BAB VI
OPTIMALISASI PERTUMBUHAN *Tectona grandis*
Di Daerah Hujan Tropis Basah DI KALIMANTAN TIMUR

Kondisi Gambaran Umum wilayah Semoi II

Kawasan Semoi II secara geografis terletak di 1° LS 117° BT. Demplot Tegakan Benih Meranti Semoi II terletak antara demplot penelitian Balai Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan Kalimantan, Taman Hutan Raya Bukit Suharto, HPH/HTI PT INHUTANI I Batu Ampar dan kawasan wisata Bukit Bengkirai. Secara administratif areal ini terletak dalam wilayah Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur.

Wilayah Semoi memiliki ketinggian tempat 40-140 m dpl dengan kelerengan sekitar 15-35 %. Jenis tanah Inceptisol typic distropepts. Tanah berkembang dari batuan induk sandstone yang menghasilkan tekstur tanah agak kasar (lempung berpasir), ketebalan efektif tanah dan solum tanah > 150 cm, pH tanah < 5,5 dengan kejenuhan basa bervariasi dari sangat rendah sampai sedang. Daerah ini memiliki curah hujan 2.355 mm/thn, suhu rata-rata 24-32 °C, dan kelembapan udara 56-96% yang berarti hujan sepanjang tahun (Anonim, 2004).

Berdasarkan hasil analisis tanah pada setiap plot penelitian yaitu pH tergolong masam, kandungan bahan organik tergolong rendah sampai sangat rendah, kandungan karbon tergolong sangat rendah sampai sangat tinggi, kandungan Aluminium tergolong sangat rendah dan tekstur tanah tergolong lempung berpasir. Data sifat tanah plot penelitian

diperoleh dari Laboratorium Tanah Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kalimantan.

Pertumbuhan tanaman *Tectona grandis* yang ditanam di Semoi II

Pertumbuhan tanaman akan optimal manakala berbagai persyaratan tumbuhnya terpenuhi. Oleh karena itu, sebelum dilakukan species-site matching, sehingga akan diketahui apakah suatu jenis cocok ditanam pada areal yang akan ditanami.

Jati merupakan salah satu jenis tanaman yang mendominasi hutan di Indonesia. Tanaman ini sangat baik dibudidayakan di Indonesia. Peralpnya, kondisi cuaca dan lingkungan yang tropis sangat mendukung untuk pertumbuhan jati. Jenis tanaman ini dapat ditanam di berbagai kondisi lahan dan lingkungan, seperti hutan dataran rendah, hutan dataran tinggi, hutan pegunungan, hutan tanaman industri, lahan kering tidak produktif, lahan basah tidak produktif, dan lahan perkebunan .

Syarat lokasi untuk budi daya jati di antaranya ketinggian lahan maksimum 700 meter dpl, suhu udara 13-43° C, pH tanah 6, dan kelembapan lingkungan 60-80%, Tanah yang cocok untuk pertumbuhan jati adalah tanah lempung, lempung berpasir, dan liat berpasir. Unsur kimia pokok (macro element) yang diperlukan untuk pertumbuhan jati yakni kalsium, fosfor, kalium, dan nitrogen.

Sementara itu, curah hujan optimum yang diperlukan untuk pertumbuhan jati sekitar 1.000-1.500 mm/tahun. Curah hujan berpengaruh terhadap sifat gugurnya daun dan kualitas fisik kayu. Secara alamiah, jati akan menggugurkan daunnya saat musim kemarau, lalu tumbuh kembali pada musim hujan. Di daerah yang memiliki kemarau yang panjang, jati akan menggugurkan daunnya dan menghasilkan lingkaran tahun yang artistik. Karena itu, kayu jati yang berasal dari daerah ini memiliki struktur kayu yang lebih kuat dan dikelompokkan ke dalam jenis kayu mewah (fancy wood) atau kayu kelas I. Sementara itu, di daerah yang curah hujannya tinggi, tanaman jati tidak menggugurkan daun dan lingkaran

tahunnya kurang menarik. Karena itu, kualitas kayunya lebih rendah dibandingkan dengan daerah yang memiliki kemarau panjang.

Tanah lempung berpasir, karena memiliki drainase dan aerasi yang baik (Soerianegara, 1960 dalam Tamadjoe, 1995), dan tanah alluvial-koluvial yang dalam, berdrainase baik, suburdengan pH 6,5-8,0 dan kandungan Ca dan P yang cukup tinggi (Sutisna et al., 1998).

Jika kondisi wilayah yang dibutuhkan (persyaratan tumbuh) tanaman *Tectona grandis* disesuaikan dengan data dan informasi kondisi Semoi II bahwa daerah Semoi II ada ketidak sesuaian dengan syarat tumbuh tanaman *Tectona grandis* perlu adanya optimalisasi untuk pertumbuhan.

Optimalisasi tersebut mulai dari iklim, unsur hara, pH tanah, dan sebagainya. Berbagai faktor pembatas tadi di daerah tersebut pertumbuhan tanaman jati dapat tumbuh tetapi tidak optimal.

Pertumbuhan tanaman jati di daerah tersebut cukup baik secara fisik walaupun ada beberapa faktor pembatas, maka diperlukan jenis bibit jati yang punya karakter unggul yang sudah teruji dan perlu perlakuan dengan teknik silvikultur, dengan penanganan kegiatan penanaman karena berdekatan dengan pemukiman yang diperlukan penanganan social forestry secara baik. Dengan penanganan sosial dengan baik maka sebagai percontohan plot dapat optimal sampai dengan tujuan penanaman tanpa adanya gangguan baik oleh manusia maupun alam yang biasanya adalah kebakaran hutan.

BAB VII

PERANAN AIR BAGI PERTUMBUHAN TANAMAN

Peranan air dalam pertumbuhan tanaman

Air adalah salah satu komponen fisik yang sangat vital dan dibutuhkan dalam jumlah besar untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sebanyak 85-90% dari bobot segar sel-sel dan jaringan tanaman tinggi adalah air (Maynard dan Orcott, 1987). Noggle dan Fritz (1983) menjelaskan fungsi air bagi tanaman yaitu : (1) sebagai senyawa utama pembentuk protoplasma, (2) sebagai senyawa pelarut bagi masuknya mineral-mineral dari larutan tanah ke tanaman dan sebagai pelarut mineral nutrisi yang akan diangkut dari satu bagian sel ke bagian sel lain, (3) sebagai media terjadinya reaksi-reaksi metabolik, (4) sebagai rektan pada sejumlah reaksi metabolisme seperti siklus asam trikarboksilat, (5) sebagai penghasil hidrogen pada proses fotosintesis, (6) menjaga turgiditas sel dan berperan sebagai tenaga mekanik dalam pembesaran sel, (7) mengatur mekanisme gerakan tanaman seperti membuka dan menutupnya stomata, membuka dan menutupnya bunga serta melipatnya daun-daun tanaman tertentu, (8) berperan dalam perpanjangan sel, (9) sebagai bahan metabolisme dan produk akhir respirasi, serta (10) digunakan dalam proses respirasi.

Kehilangan air pada jaringan tanaman akan menurunkan turgor sel, meningkatkan konsentrasi makro molekul serta senyawa-senyawa dengan berat molekul rendah, mempengaruhi membran sel dan potensi aktivitas kimia air dalam tanaman (Mubiyanto, 1997). Peran air yang sangat penting tersebut menimbulkan konsekuensi bahwa langsung atau tidak langsung kekurangan air pada tanaman akan mempengaruhi semua proses metabolisme sehingga dapat menurunkan pertumbuhan tanaman.

Sedangkan menurut Kramer (1983), tanaman sebagian besar disusun oleh air. Sekitar 85-95% kandungan protoplasma adalah air, dan organel-organel sel, seperti kloroplas dan mitokondria (yang kaya akan lipid dan protein) mengandung 50% air. Daging buah sebagian besar komponennya adalah air (85-95% dari berat segar), air menyusun 80-90% bagian daun yang lunak, 70-90% akar. Kayu yang baru ditebang mengandung sekitar 50% air. Bagian tumbuhan yang mengandung sedikit air adalah buah masak (biasanya 10-15%), dan beberapa biji yang menyimpan banyak lemak hanya mengandung 5-7% air.

Air yang di butuhkan oleh tanaman adalah air yang berada di dalam tanah yang di tahan oleh butir-butir tanah. Air ini berasal dari cadangan dalam tanah yang telah ada sebelum tanaman di tanam dan curah hujan yang turun sebelumnya. Peranan air bagi tumbuhan guna menjamin kelangsungan proses fisiologis dan biologi pertumbuhannya yaitu :

- a. Merupakan 90–95% penyusun tubuh tanaman
- b. Aktivator enzim
- c. Pereaksi dalam reaksi hidrolisis
- d. Sumber H dalam fotosintesis
- e. Penghasil O₂ dalam fotosintesis
- f. Pelarut dan pembawa berbagai senyawa
- g. Menjaga aktifitas sel yang penting untuk pembelahan, pembesaran, pemanjangan sel, mengatur bukaan stomata, gerakan daun dan bunga (misal epinasti)
- h. Pemacu respirasi
- i. Mengatur keluar masuknya zat terlarut ke dan dari sel
- j. Mendukung tegaknya tanaman, terutama pada tanaman herbaceus
- k. Agensia penyebaran benih tanaman
- l. Mempertahankan suhu tanaman tetap konstan pada saat cahaya penuh

Berdasarkan kebutuhan air yang diperlukan oleh tanaman secara umum dikelompokkan menjadi tiga jenis tanaman yaitu:

- a. Jenis suka air adalah jenis tanaman yang memerlukan air yang cukup banyak untuk dapat hidup dengan baik, sebagai contohnya seperti jenis *Adiantum*, *Begonia*, *Calathea*, *Dracaena*, *Dieffenbachia*, *Monstera*, *Peperomia* serta jenis pakis-pakistan.
- b. Jenis suka air dalam jumlah sedang adalah tanaman yang memerlukan yang cukup tetapi tidak berlebihan untuk tumbuh dalam kondisi yang sehat sebagai contoh seperti *Aglaonema*, *Anthurium*, *Philodendron*, dan lainnya
- c. Jenis yang memerlukan sedikit air, merupakan jenis tanaman yang dapat tumbuh dengan baik dalam keadaan sedikit atau kekurangan air, sebagai contohnya adalah berbagai jenis tanaman sukulen, kaktus, *Sansiviera*, *Chryptanthus* dan sebagainya.

Bentuk daun juga harus diperhatikan, jika daunnya besar dan tipis, berarti tanaman tidak kuat kondisi kering dan membutuhkan relatif lebih banyak air dalam penyiraman. Jika daun ada lapisan lilinnya berarti sedikit tahan akan kondisi kering. Daun kecil akan menghindari penguapan air saat siang hari. Akan tetapi penting pula diketahui jenis tanamannya, apakah tanaman menyukai air atau tidak.

Pertumbuhan tanaman didefinisikan sebagai bertambah besarnya tanaman yang diikuti oleh peningkatan berat kering. Proses pertumbuhan tanaman terdiri dari pembelahan sel, perbesaran sel dan diferensiasi sel. Kekurangan air pada tanaman terjadi karena ketersediaan air dalam media tidak cukup dan transpirasi yang berlebihan atau kombinasi kedua faktor tersebut. Di lapangan walaupun di dalam tanah air cukup tersedia, tanaman dapat mengalami cekaman (kekurangan air). Hal ini terjadi jika kecepatan absorpsi tidak dapat mengimbangi kehilangan air melalui proses transpirasi.

Kehilangan air dari tanaman oleh transpirasi merupakan suatu akibat yang tidak dapat dielakkan dari keperluan membuka dan menutupnya stomata untuk masuknya CO_2 dan kehilangan air melalui transpirasi lebih besar melalui stomata daripada melalui kutikula. Indeks luas daun yang

merupakan ukuran perkembangan tajuk, sangat peka terhadap cekaman air, yang mengakibatkan penurunan dalam pembentukan dan perluasan daun, peningkatan penuaan dan perontokan daun, atau keduanya. Perluasan daun lebih peka terhadap cekaman air daripada penutupan stomata. Selanjutnya dikatakan bahwa peningkatan penuaan daun akibat cekaman air cenderung terjadi pada daun-daun yang lebih bawah, yang paling kurang aktif dalam fotosintesa dan dalam penyediaan asimilat, sehingga kecil pengaruhnya terhadap hasil.

Martin, Tenorio dan Ayerbe (1994) menjelaskan bahwa cekaman air yang terjadi pada paruh kedua dari siklus hidup tanaman ercis mengakibatkan penurunan nilai LAI (leaf area index) setelah pembungaan. Hal ini menyebabkan rendahnya hasil biji ercis bila dibandingkan dengan hasil pada musim tanam sebelumnya, dimana curah hujan selama paruh pertama siklus hidupnya lebih besar. Kekurangan air dapat menghambat laju fotosintesa, karena turgiditas sel penjaga stomata akan menurun. Hal ini menyebabkan stomata menutup.

Penutupan stomata pada kebanyakan spesies akibat kekurangan air pada daun akan mengurangi laju penyerapan CO₂ pada waktu yang sama dan pada akhirnya akan mengurangi laju fotosintesa. Disamping itu penutupan stomata merupakan faktor yang sangat penting dalam perlindungan mesophyta terhadap cekaman air yang berat. Waktu antara penyebaran benih dan pemasakan dapat diperpendek atau diperpanjang tergantung pada intensitas dan waktu terjadinya cekaman air. Hasil penelitian Turk dan Hal pada tahun 1980 dan Lawn tahun 1982 menunjukkan bahwa kacang tunggak berbunga dan masak lebih awal dibawah tingkat cekaman air sedang, tetapi cekaman air yang berat menunda aktivitas reproduktif.

Kedalaman perakaran sangat berpengaruh terhadap jumlah air yang diserap. Pada umumnya tanaman dengan pengairan yang baik mempunyai sistem perakaran yang lebih panjang daripada tanaman yang tumbuh pada tempat yang kering. Rendahnya kadar air tanah akan

menurunkan perpanjangan akar, kedalaman penetrasi dan diameter akar. Peningkatan pertumbuhan akar di bawah kondisi cekaman air ringan sampai sedang mungkin sangat penting dalam menyadap persediaan air baru bagi suatu tanaman. Hasil penelitian Nour dan Weibel tahun 1978 menunjukkan bahwa kultivar-kultivar sorghum yang lebih tahan terhadap kekeringan, mempunyai perakaran yang lebih banyak, volume akar lebih besar dan nisbah akar tajuk lebih tinggi daripada lini-lini yang rentan kekeringan. Hasil penelitian Martin, Tenorio dan Ayerbe (1994) menunjukkan bahwa perakaran tanaman ercis yang mengalami cekaman air pada paruh kedua dari siklus hidupnya tidak dapat menjelajahi keseluruhan lapisan tanah pada kedalaman 45-75 cm. Dengan kata lain tanaman ercis tidak dapat mengekstrak air di bawah kedalaman 70 cm. Akibat lebih lanjut cekaman air akan menurunkan hasil tanaman, dan bahkan tanaman gagal membentuk hasil. Jika cekaman air terjadi pada intensitas yang tinggi dan dalam waktu yang lama akan mengakibatkan tanaman mati.

Tanggap pertumbuhan dan hasil tanaman terhadap cekaman air tergantung fase pertumbuhan saat cekaman air tersebut terjadi. Jika cekaman air terjadi pada fase pertumbuhan vegetatif yang cepat, pengaruhnya akan lebih merugikan dibandingkan dengan jika cekaman air terjadi pada fase pertumbuhan lainnya. Proses-proses fisiologi yang mengakibatkan perubahan hasil karena cekaman air.

Untuk mengetahui apakah tanaman cukup air atau tidak, dapat melihat gejala-gejala yang ditampakkan oleh tanaman. Diantaranya adalah:

a. Pengecekan kekurangan air pada media tanaman:

- Jika media terasa remah lepas, berarti media sedikit mengandung air.
- Periksa dengan membuat lubang sebesar ibu jari dengan kedalaman 1,5-3cm. Jika kering maka kelembaban tanaman rendah dan tanaman perlu disiram.

b. Gejala fisiologis tanaman:

- Tanaman layu dan daun tua coklat dan mengering, dicurigai tanaman kekurangan air. Periksa media dan gejala lain apakah disebabkan oleh hama dan penyakit tanaman lainnya.
- Pinggiran daun berwarna coklat dan kering untuk tanaman kekurangan air
- Jika berbunga dan kurang air, maka bunga akan gugur dengan cepat.
- Jika daun ujungnya coklat, kemungkinan besar kelebihan air.
- Dalam media yang terlalu lembab, akar akan membuat Dampak kandungan lengas pada perkembangan sistem perakaran

Mengapa pohon di hutan rawa riapnya lebih kecil daripada di darat

Sebelumnya sudah dibicarakan mengapa air penting bagi pohon (tumbuhan). Seperti terlihat ada kontradiksi, yaitu air sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan pohon (tumbuhan), namun pohon di hutan rawa riapnya lebih kecil daripada di darat? Padahal, jika dibandingkan dengan di darat, di hutan rawa air lebih banyak tersedia. Fenomena ini akan dijelaskan sebagai berikut:

Riap pohon merupakan penambahan dimensi pohon per satuan waktu. Pertambahan riap hanya terjadi manakala hasil fotosintesis lebih besar daripada respirasi. Pada tingkat individu pohon, produktivitas pohon dinyatakan Jordan (1983) sebagai perbedaan laju fotosintesis bruto dengan laju respirasi, sehingga didapatkan fotosintesis bersih. Jika laju fotosintesis bruto lebih besar dari laju respirasi, maka riap pohon akan bertambah atau dapat dikatakan pohon tersebut mengalami pertumbuhan.

Sedangkan pada tingkat komunitas pohon (hutan), produktivitas biasanya dinyatakan sebagai produktivitas primer bersih (net primary productivity/NPP). Konsepnya serupa dengan fotosintesis bersih, yaitu NPP merupakan perbedaan laju produksi primer bruto dengan laju respirasi (Jordan, 1983). Dengan demikian, faktor yang menentukan

besarnya riap pohon adalah berapa besar fotosintesis bersihnya. Oleh karena itu, untuk menjawab alasan mengapa riap di hutan rawa lebih kecil dibandingkan hutan darat harus diperhatikan proses metabolisme yang terjadi antar pohon di hutan rawa dan di darat. Untuk memahami hal tersebut perlu didukung dengan pengenalan kondisi tapak, baik hutan rawa, maupun hutan di darat.

Kebutuhan akan berbagai unsur dan kondisi, serta berbagai komponen lainnya, baik kualitas maupun kuantitasnya, akan berbeda antara:

- a. Satu jenis pohon dengan jenis pohon lainnya,
- b. Satu jenis pohon yang berbeda umurnya, bisa jadi suatu jenis pohon mengalami stress karena suatu kondisi, namun jenis yang tidak mengalami hal tersebut karena dapat beradaptasi pada kondisi tersebut. Oleh karena itu, Mohr dan Schopfer (1995) menjelaskan suatu jenis pohon memiliki batas minimum dan maksimum dalam hubungannya dengan berbagai faktor lingkungan (hara mineral, suhu, dan lainnya) yang berbeda antara satu jenis pohon dengan pohon lainnya dan individu dalam satu jenis namun berbeda umurnya.

Hutan Rawa dan Kondisi Habitatnya

Secara umum hutan rawa diklasifikasikan ke dalam dua golongan, yaitu hutan rawa gambut dan hutan rawa air tawar (Whitmore, 1975; Anwar et al., 1984; Kusmana, 1995; Nirarita et al., 1996). Hutan rawa gambut terbentuk di daerah pesisir sebagai lahan basah pesisir, maupun jauh di darat sebagai lahan basah daratan. Tipe lahan basah ini berkembang terutama di dataran rendah dekat daerah pesisir, di belakang hutan bakau di sekitar sungai atau danau. Terdapat dua tipe rawa gambut yaitu gambut ombrogen dan gambut topogen. Pada gambut ombrogen tidak dipengaruhi oleh pasang surut air dan tidak mendapat pasokan air dari sungai. Air yang terdapat di dalamnya hanya berasal dari air hujan. Itulah sebabnya gambut ini biasanya miskin unsur hara dan bersifat asam.

Sedangkan gambut topogen umumnya terbentuk di daerah pedalaman dari pantai, namun dapat terbentuk di daerah yang terkena pengaruh pasang surut. Rawa gambut topogen biasanya masih mendapat masukan air dari aliran permukaan sehingga memiliki unsur hara yang relative lebih tinggi dari gambut ombrogen (Anwar et al., 1984).

Sedangkan hutan rawa air tawar antara lain memiliki kondisi antar lain adalah:

- a. Lapisan gambut pada hutan rawa air tawar hanya sedikit (beberapa centimeter) atau tidak mengandung gambut sama sekali,
- b. Pada umumnya, tanahnya berupa tanah alluvial yang subur dan mempunyai drainase yang relative baik, sehingga jauh berbeda dari kondisi tanah yang miskin hara di daerah hutan rawa gambut,
- c. Air yang menggenangi hutan rawa air tawar berasal dari air hujan, sungai dan air permukaan lainnya,
- d. Pada musim kering, di hutan rawa air tawar terdapat sisa-sisa atau bekas genangan air (Nirarita et al., 1996).

Alasan mengapa riap pohon di hutan rawa lebih kecil dibandingkan di darat.

Berdasarkan uraian tersebut maka dapat dipahami mengapa riap pohon di hutan rawa lebih kecil dibandingkan di darat. Secara ringkas dapat dikatakan bahwa penyebab lebih rendahnya riap pohon di hutan rawa dibandingkan di darat adalah bukan karena masalah air, tetapi adalah karena dampak dari penggenangan air di hutan rawa yang menyebabkan tanah kekurangan oksigen, sehingga akar pohon di hutan rawa mengalami cekaman oksigen. Sementara pohon di hutan darat tidak mengalami cekaman oksigen tersebut, sehingga pertumbuhan pohon di hutan darat akan lebih besar dibandingkan pohon di hutan rawa.

Kondisi tersebut semakin jelas dengan uraian berikut:

Salah satu efek kekurangan oksigen di tanah adalah terjadinya hambatan pengangkutan hormone sitokinin dari akar muda ke batang, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman Kozlowski (1984) dalam Salisbury dan Ross (1995). Dampak lain dari kekurangan oksigen adalah berkurangnya kemampuan tanaman dalam menyerap garam mineral, terutama nitrogen yang dapat mengakibatkan daun layu, kemudian diikuti oleh fotosintesis dan translokasi karbohidrat yang lambat, sebab kekurangan oksigen akan menurunkan permeabilitas akar terhadap air, dan akumulasi bahan beracun yang disebabkan oleh aktivitas mikroba anaerob di sekitar akar (Drew, 1979 dalam Salisbury and Ross, 1995 dalam Onrizal, 2009).

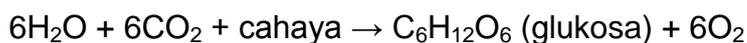
BAB VIII
PROSES FOTOSINTESIS, RESPIRASI DAN FIKSASI NITROGEN OLEH
TANAMAN

8.1. Fotosintesis

Fotosintesis atau fotosintesa merupakan proses pembuatan makanan yang terjadi pada tumbuhan hijau dengan bantuan sinar matahari dan enzim-enzim. Fotosintesis adalah suatu proses biokimia yang dilakukan tumbuhan, alga, dan beberapa jenis bakteri untuk memproduksi energy terpakai (nutrisi) dengan memanfaatkan energi cahaya (matahari).

Fotosintesis adalah fungsi utama dari daun. Proses fotosintesis sangat penting bagi kehidupan di bumi karena hampir semua makhluk hidup tergantung pada proses ini. Proses Fotosintesis juga berjasa menghasilkan sebagian besar oksigen yang terdapat di atmosfer bumi. Organisme yang menghasilkan energi melalui fotosintesis (photos berarti cahaya) disebut sebagai fototrof. Fotosintesis merupakan salah satu cara asimilasi karbon karena dalam fotosintesis karbon bebas dari CO₂ diikat (difiksasi) menjadi gula sebagai molekul penyimpan energi. Cara lain yang ditempuh organisme untuk mengasimilasi karbon adalah melalui kemosintesis, yang dilakukan oleh sejumlah bakteri belerang.

Tumbuhan hijau daun bersifat autotrof. Autotrof artinya dapat memasak atau mensintesis makanan langsung dari senyawa anorganik. Tumbuhan menyerap karbondioksida dan air untuk menghasilkan gula dan oksigen yang diperlukan sebagai makanannya. Energi untuk menjalankan proses ini berasal dari fotosintesis. Perhatikan persamaan reaksi yang menghasilkan glukosa berikut ini:



Glukosa dapat digunakan untuk membentuk senyawa organik lain seperti selulosa dan dapat pula digunakan sebagai bahan bakar. Proses ini berlangsung melalui respirasi seluler yang terjadi baik pada hewan

maupun tumbuhan. Secara umum reaksi yang terjadi pada respirasi seluler adalah kebalikan dengan persamaan di atas. Pada respirasi, gula (glukosa) dan senyawa lain akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan karbondioksida, air, dan energi kimia.

Tumbuhan menyerap cahaya karena mempunyai pigmen yang disebut klorofil. Pigmen inilah yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Klorofil terdapat dalam organel yang disebut kloroplast. Klorofil menyerap cahaya yang akan digunakan dalam fotosintesis. Sebagian besar energi fotosintesis dihasilkan di daun tetapi juga dapat terjadi pada organ tumbuhan yang berwarna hijau. Di dalam daun terdapat lapisan sel yang disebut mesofil yang mengandung setengah juta kloroplast setiap milimeter persegi. Cahaya akan melewati lapisan epidermis tanpa warna dan yang transparan, menuju mesofil, tempat terjadinya sebagian besar proses fotosintesis. Permukaan daun biasanya dilapisi oleh kutikula dari lilin yang bersifat anti air untuk mencegah terjadinya penyerapan sinar matahari ataupun penguapan air yang berlebihan.

Reaksi-reaksi pada proses fotosintesis

Proses fotosintesis masih terus diselidiki karena masih ada sejumlah tahap yang belum bisa dijelaskan, meskipun sudah sangat banyak yang diketahui tentang proses vital ini. Proses fotosintesis sangat kompleks karena melibatkan semua cabang ilmu pengetahuan alam utama, seperti fisika, kimia, maupun biologi sendiri. Pada tumbuhan, organ utama tempat berlangsungnya fotosintesis adalah daun. Namun secara umum, semua sel yang memiliki kloroplast berpotensi untuk melangsungkan reaksi ini. Di organel inilah tempat berlangsungnya fotosintesis, tepatnya pada bagian stroma. Hasil fotosintesis (disebut fotosintat) biasanya dikirim ke jaringan-jaringan terdekat terlebih dahulu. Pada dasarnya, rangkaian reaksi fotosintesis dapat dibagi menjadi dua bagian utama: reaksi terang (karena memerlukan cahaya) dan reaksi gelap (tidak memerlukan cahaya tetapi memerlukan karbon dioksida).

Reaksi terang

Reaksi terang adalah proses untuk menghasilkan ATP dan reduksi NADPH₂. Reaksi ini memerlukan molekul air. Proses diawali dengan penangkapan foton oleh pigmen sebagai antena. Pigmen klorofil menyerap lebih banyak cahaya terlihat pada warna biru (400-450 nanometer) dan merah (650-700 nanometer) dibandingkan hijau (500-600 nanometer). Cahaya hijau ini akan dipantulkan dan ditangkap oleh mata kita sehingga menimbulkan sensasi bahwa daun berwarna hijau. Fotosintesis akan menghasilkan lebih banyak energi pada gelombang cahaya dengan panjang tertentu. Hal ini karena panjang gelombang yang pendek menyimpan lebih banyak energi. Di dalam daun, cahaya akan diserap oleh molekul klorofil untuk dikumpulkan pada pusat-pusat reaksi. Tumbuhan memiliki dua jenis pigmen yang berfungsi aktif sebagai pusat reaksi atau fotosistem yaitu fotosistem II dan fotosistem I. Fotosistem II terdiri dari molekul klorofil yang menyerap cahaya dengan panjang gelombang 680 nanometer, sedangkan fotosistem I 700 nanometer. Kedua fotosistem ini akan bekerja secara simultan dalam fotosintesis, seperti dua baterai dalam senter yang bekerja saling memperkuat.

Fotosintesis dimulai ketika cahaya mengionisasi molekul klorofil pada fotosistem II, membuatnya melepaskan elektron yang akan ditransfer sepanjang rantai transpor elektron. Energi dari elektron ini digunakan untuk fotofosforilasi yang menghasilkan ATP, satuan pertukaran energi dalam sel. Reaksi ini menyebabkan fotosistem II mengalami defisit atau kekurangan elektron yang harus segera diganti. Pada tumbuhan dan alga, kekurangan elektron ini dipenuhi oleh elektron dari hasil ionisasi air yang terjadi bersamaan dengan ionisasi klorofil. Hasil ionisasi air ini adalah elektron dan oksigen. Oksigen dari proses fotosintesis hanya dihasilkan dari air, bukan dari karbon dioksida. Pendapat ini pertama kali diungkapkan oleh C.B. van Neil yang mempelajari bakteri fotosintetik pada tahun 1930-an. Bakteri fotosintetik, selain sianobakteri, menggunakan tidak menghasilkan oksigen karena menggunakan ionisasi sulfida atau

hidrogen.

Pada saat yang sama dengan ionisasi fotosistem II, cahaya juga mengionisasi fotosistem I, melepaskan elektron yang ditransfer sepanjang rantai transpor elektron yang akhirnya mereduksi NADP menjadi NADPH.

Reaksi gelap

ATP dan NADPH yang dihasilkan dalam proses fotosintesis memicu berbagai proses biokimia. Pada tumbuhan proses biokimia yang terpicu adalah siklus Calvin yang mengikat karbon dioksida untuk membentuk ribulosa (dan kemudian menjadi gula seperti glukosa). Reaksi ini disebut reaksi gelap karena tidak bergantung pada ada tidaknya cahaya sehingga dapat terjadi meskipun dalam keadaan gelap (tanpa cahaya).

Faktor yang menentukan kecepatan fotosintesis

Beberapa faktor yang menentukan kecepatan fotosintesis:

1. *Cahaya*

Komponen-komponen cahaya yang mempengaruhi kecepatan laju fotosintesis adalah *intensitas*, *kualitas* dan *lama penyinaran*. Intensitas adalah banyaknya cahaya matahari yang diterima sedangkan kualitas adalah panjang gelombang cahaya yang efektif untuk terjadinya fotosintesis.

2. *Konsentrasi karbondioksida*

Semakin banyak karbondioksida di udara, makin banyak jumlah bahan yang dapat digunakan tumbuhan untuk melangsungkan fotosintesis.

3. *Suhu*

Enzim-enzim yang bekerja dalam proses fotosintesis hanya dapat bekerja pada suhu optimalnya. Umumnya laju fotosintesis

meningkat seiring dengan meningkatnya suhu hingga batas toleransi enzim.

4. *Kadar air*

Kekurangan air atau kekeringan menyebabkan stomata menutup, menghambat penyerapan karbon dioksida sehingga mengurangi laju fotosintesis.

5. *Kadar fotosintat (hasil fotosintesis)*

Jika kadar fotosintat seperti karbohidrat berkurang, laju fotosintesis akan naik. Bila kadar fotosintat bertambah atau bahkan sampai jenuh, laju fotosintesis akan berkurang.

6. *Tahap pertumbuhan*

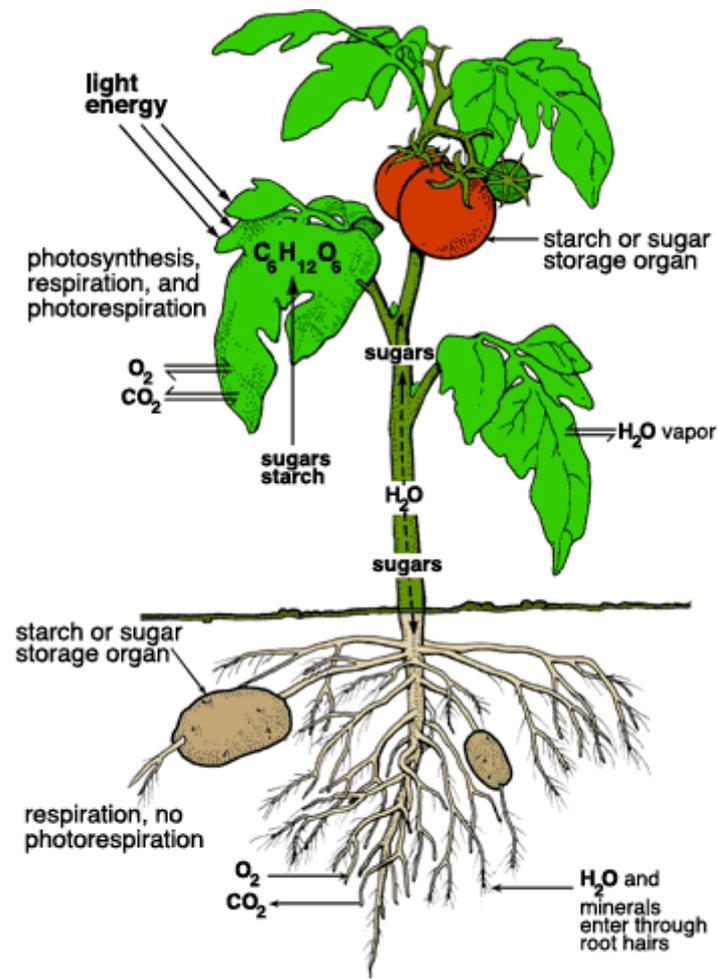
Penelitian menunjukkan bahwa laju fotosintesis jauh lebih tinggi pada tumbuhan yang sedang berkecambah ketimbang tumbuhan dewasa. Hal ini mungkin dikarenakan tumbuhan berkecambah memerlukan lebih banyak energi dan makanan untuk tumbuh.

8.2. Respirasi

Respirasi adalah penggunaan karbohidrat dan produk fotosintesis untuk membangun dan memelihara seluruh jaringan tumbuhan dan memproduksi energi untuk digunakan dalam metabolisme dan penyerapan hara.

Faktor Lingkungan yang berpengaruh terhadap proses respirasi adalah :

- a. Cahaya
- b. Suhu
- c. Atmosfir tanah
- d. Air
- e. Nutrisi

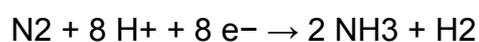


Gambar 8.1. Fotosintesis, respirasi

8.3. Fiksasi Nitrogen

1. Fiksasi nitrogen

Fiksasi nitrogen adalah proses alam, biologis atau abiotik yang mengubah nitrogen di udara menjadi ammonia (NH_3). Mikroorganisme yang mem-fiksasi nitrogen disebut *diazotrof*. Mikroorganisme ini memiliki *enzim nitrogenaze* yang dapat menggabungkan hidrogen dan nitrogen. Reaksi untuk fiksasi nitrogen biologis ini dapat ditulis sebagai berikut :



Mikro organisme yang melakukan fiksasi nitrogen antara lain : *Cyanobacteria*, *Azotobacteraceae*, *Rhizobia*, *Clostridium*, dan *Frankia*. Selain itu ganggang hijau biru juga dapat memfiksasi nitrogen. Beberapa tanaman yang lebih tinggi, dan beberapa hewan (rayap), telah membentuk asosiasi (simbiosis) dengan *diazotrof*. Selain dilakukan oleh mikroorganisme, fiksasi nitrogen juga terjadi pada proses non-biologis, contohnya sambaran petir. Lebih jauh, ada empat cara yang dapat mengkonversi unsur nitrogen di atmosfer menjadi bentuk yang lebih reaktif :

a. Fiksasi biologis:

beberapa bakteri simbiotik (paling sering dikaitkan dengan tanaman polongan) dan beberapa bakteri yang hidup bebas dapat memperbaiki nitrogen sebagai nitrogen organik. Sebuah contoh dari bakteri pengikat nitrogen adalah bakteri *Rhizobium* mutualistik, yang hidup dalam nodul akar kacang-kacangan. Spesies ini diazotrophs. Sebuah contoh dari hidup bebas bakteri *Azotobacter*.

b. Industri fiksasi nitrogen :

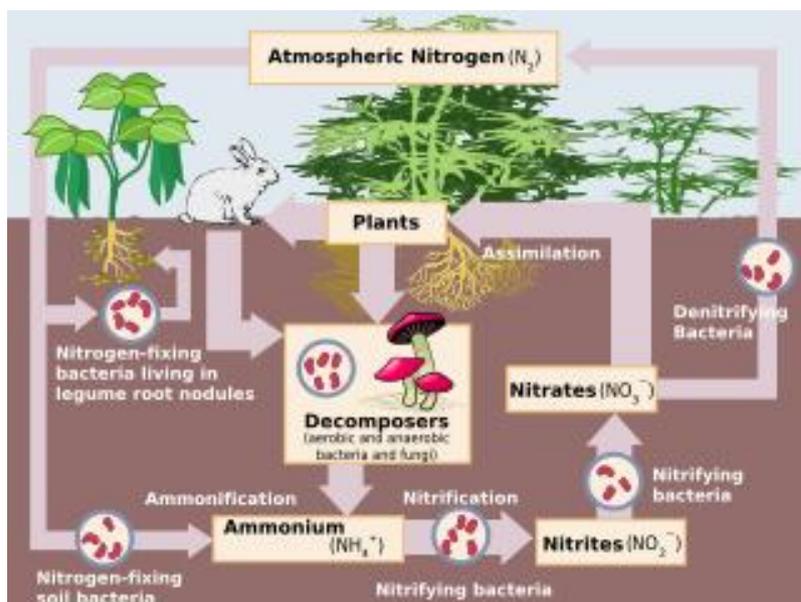
Di bawah tekanan besar, pada suhu 600 C, dan dengan penggunaan katalis besi, nitrogen atmosfer dan hidrogen (biasanya berasal dari gas alam atau minyak bumi) dapat dikombinasikan untuk membentuk amonia (NH_3). Dalam proses Haber-Bosch, N_2 adalah diubah bersamaan dengan gas hidrogen (H_2) menjadi amonia (NH_3), yang digunakan untuk membuat pupuk dan bahan peledak.

c. Pembakaran bahan bakar fosil :

mesin mobil dan pembangkit listrik termal, yang melepaskan berbagai nitrogen oksida (NO_x).

d. Proses lain:

Selain itu, pembentukan NO dari N_2 dan O_2 karena foton dan terutama petir, dapat memfiksasi nitrogen.



Gambar 8.2. Daur Nitrogen

2. Asimilasi

Tanaman mendapatkan nitrogen dari tanah melalui absorpsi akar baik dalam bentuk ion nitrat atau ion amonium. Sedangkan hewan memperoleh nitrogen dari tanaman yang mereka makan.

Tanaman dapat menyerap ion nitrat atau amonium dari tanah melalui rambut akarnya. Jika nitrat diserap, pertama-tama direduksi menjadi ion nitrit dan kemudian ion amonium untuk dimasukkan ke dalam asam amino, asam nukleat, dan klorofil. Pada tanaman yang memiliki hubungan mutualistik dengan *rhizobia*, nitrogen dapat berasimilasi dalam bentuk ion amonium langsung dari nodul. Hewan, jamur, dan organisme heterotrof lain mendapatkan nitrogen sebagai asam amino, nukleotida dan molekul organik kecil.

3. Amonifikasi

Jika tumbuhan atau hewan mati, nitrogen organik diubah menjadi amonium (NH_4^+) oleh bakteri dan jamur.

4. Nitrifikasi

Konversi amonium menjadi nitrat dilakukan terutama oleh bakteri yang hidup di dalam tanah dan bakteri nitrifikasi lainnya. Tahap utama nitrifikasi, bakteri nitrifikasi seperti spesies *Nitrosomonas* mengoksidasi amonium (NH_4^+) dan mengubah amonia menjadi nitrit (NO_2^-). Spesies bakteri lain, seperti *Nitrobacter*, bertanggung jawab untuk oksidasi nitrit menjadi dari nitrat (NO_3^-). Proses konversi nitrit menjadi nitrat sangat penting karena nitrit merupakan racun bagi kehidupan tanaman.

Proses nitrifikasi dapat ditulis dengan reaksi berikut ini :

- a. $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + 1.5 \text{O}_2 + \text{Nitrosomonas} \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$
- b. $\text{NO}_2^- + \text{CO}_2 + 0.5 \text{O}_2 + \text{Nitrobacter} \rightarrow \text{NO}_3^-$
- c. $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
- d. $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

note : "Karena kelarutannya yang sangat tinggi, nitrat dapat memasuki air tanah. Peningkatan nitrat dalam air tanah merupakan masalah bagi air minum, karena nitrat dapat mengganggu tingkat oksigen darah pada bayi dan menyebabkan sindrom methemoglobinemia atau bayi biru. Ketika air tanah mengisi aliran sungai, nitrat yang memperkaya air tanah dapat berkontribusi untuk eutrofikasi, sebuah proses dimana populasi alga meledak, terutama populasi alga biru-hijau. Hal ini juga dapat menyebabkan kematian kehidupan akuatik karena permintaan yang berlebihan untuk oksigen. Meskipun tidak secara langsung beracun untuk ikan hidup (seperti amonia), nitrat dapat memiliki efek tidak langsung pada ikan jika berkontribusi untuk eutrofikasi ini."

5. Denitrifikasi

Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat untuk kembali menjadi gas nitrogen (N_2), untuk menyelesaikan siklus nitrogen. Proses ini dilakukan oleh spesies bakteri seperti *Pseudomonas* dan *Clostridium* dalam kondisi anaerobik. Mereka menggunakan nitrat sebagai akseptor elektron di

tempat oksigen selama respirasi. Fakultatif anaerob bakteri ini juga dapat hidup dalam kondisi aerobik.

Denitrifikasi umumnya berlangsung melalui beberapa kombinasi dari bentuk peralihan sebagai berikut:

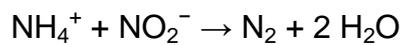


Proses denitrifikasi lengkap dapat dinyatakan sebagai reaksi redoks:



6. Oksidasi Amonia Anaerobik

Dalam proses biologis, nitrit dan amonium dikonversi langsung ke elemen (N_2) gas nitrogen. Proses ini membentuk sebagian besar dari konversi nitrogen unsur di lautan. Reduksi dalam kondisi anoxic juga dapat terjadi melalui proses yang disebut oksidasi amonia anaerobik



BAB IX

PROSES TRANSPIRASI PADA TUMBUHAN

Transpirasi adalah proses pengeluaran air oleh tumbuhan dalam bentuk uap air ke atmosfer. Banyaknya air yang ditranspirasikan oleh tumbuhan merupakan kejadian yang khas, meskipun perbedaan terjadi antara satu spesies dengan spesies lain. Berdasarkan atas sarana yang digunakan untuk melaksanakan proses transpirasi dibedakan atas : transpirasi stomata, transpirasi kutikula dan transpirasi lentisel. (Dardjat dan Arbayah,1990). Selanjutnya juga disebutkan proses transpirasi merupakan proses pelepasan molekul-molekul air dari daun melalui stomata yang disebabkan oleh terjadinya pemanasan permukaan daun oleh cahaya matahari. Sebagian dari energi cahaya matahari akan diserap oleh tumbuhan, terutama membantu reaksi terang pada proses fotosintesis. Namun sebagian energi cahaya matahari jika tidak dilepaskan justru akan meningkatkan suhu tumbuhan, terutama pada bagian daun yang umumnya berstruktur tipis. Hal ini tentunya akan membahayakan bagi keberlangsungan proses metabolismenya bahkan dapat merusak komponen-komponen penyusunnya dan enzim yang relative sensitif. Maka untuk menetralkan suhu yang berlebihan, daun melakukan mekanisme pelepasan molekul-molekul air ke udara melalui stomata. Energi cahaya matahari yang diterima daun sebagian akan dipakai untuk meningkatkan energi kinetik molekul-molekul air, sehingga molekul air tersebut bisa lepas ke udara bersama energi panas tersebut (dibutuhkan 580 kalori untuk menguapkan 1 gram air) sedangkan air yang masih tertinggal masih relatif dingin.

Di samping mengeluarkan air dalam bentuk uap, tumbuhan juga mengeluarkan air dalam bentuk tetesan air yang prosesnya disebut *gutasi*, dengan melalui alat yang disebut *hidatoda*, yaitu suatu lubang yang terdapat pada ujung urat daun yang sering kita jumpai pada spesies tumbuhan tertentu. (Dardjat dan Arbayah,1990)

Sehubungan dengan transpirasi, organ tumbuhan yang paling utama dalam melaksanakan proses ini ini adalah daun. Karena pada daunlah kita jumpai stomata paling banyak. Kalau kita bandingkan transpirasi stomata ini dengan transpirasi melalui sarana lain, maka melalui stomata paling banyak dilakukan, oleh karena itu bahasan difokuskan pada transpirasi pada stomata.

Transpirasi penting bagi tumbuhan, karena berperan dalam hal membantu meningkatkan laju angkutan air dan garam-garam mineral, mengatur suhu tubuh dengan cara melepaskan kelebihan panas dari tubuh, dan mengatur turgor optimum di dalam sel. (Dardjat dan Arbayah, 1990)

Mekanisme Transpirasi

Transpirasi dimulai dengan penguapan oleh sel-sel mesofil ke rongga antar sel yang ada di dalam daun. Dalam hal ini rongga antar sel jaringan bunga karang merupakan rongga yang besar, sehingga dapat menampung uap air dalam jumlah banyak. Penguapan air ke rongga antar sel akan berlangsung selama rongga antar sel belum jenuh dengan uap air. Sel-sel yang menguapkan airnya ke rongga antar sel tentu akan mengalami kekurangan air sehingga potensial airnya menurun. Kekurangan ini akan diisi oleh air yang berasal dari xilem tulang daun yang selanjutnya tulang daun akan menerima air dari batang dan batang menerima dari akar begitu seterusnya. Uap air yang terkumpul dalam rongga antar sel akan tetap berada dalam rongga tersebut selama stomata pada epidermis daun tidak membuka. Kalau pun ada uap air yang keluar menembus epidermis dan kutikula jumlahnya hanya sedikit.

Agar transpirasi dapat berjalan maka stomata harus membuka. Apabila stomata membuka, maka akan ada penghubung antara rongga antar sel dengan atmosfer. Kalau tekanan uap air di atmosfer lebih rendah dari rongga antar sel, uap air dari rongga antar sel akan keluar ke atmosfer. Jadi, syarat utama berlangsungnya transpirasi adalah penguapan air di dalam daun dan terbukanya stomata.

Mekanisme Membuka dan Menutupnya Stomata

Mekanisme membuka dan menutupnya stoma berdasarkan suatu perubahan turgor, dan perubahan turgor itu adalah akibat dari perubahan nilai osmosis dari isi sel-sel penutup.

Sel-sel penutup umumnya mengandung amilum, pada waktu malam persennannya lebih tinggi dari pada waktu siang, dimana sebagian telah berubah menjadi glukosa. Peristiwa selengkapnya adalah sebagai berikut, pada pagi hari masih terdapat amilum di dalam sel-sel penutup stoma. Pengaruh sinar matahari atau bisa juga lampu, membangkitkan klorofil-klorofil untuk mengadakan fotosintesis. Dengan adanya fotosintesis ini, maka kadar CO₂ di dalam sel-sel tersebut menurun, hal ini disebabkan karena sebagian dari CO₂ mengalami reduksi menjadi CH₂O. Karena peristiwa reduksi ini, maka berkurangnya ion-ion H⁺, sehingga pH lingkungan itu bertambah, jadi lingkungan itu menuju ke basa. Kenaikan pH ini sangat baik bagi kegiatan enzim posporilase untuk mengubah amilum yang ada di dalam sel-sel penutup menjadi glukosa – 1 – pospat. Peristiwa ini dapat ditulis sebagai berikut:



Dengan terbentuknya glukosa ini, maka naiknya nilai osmosis isi sel-sel penutup yang kemudian menyebabkan masuknya air dari sel-sel tetangga ke dalam sel-sel penutup. Tambahan volume ini menimbulkan turgor, dan karena hal tersebut dinding-dinding sel penutup di bagian yang tipis mengembang. Maka membukalah stoma.

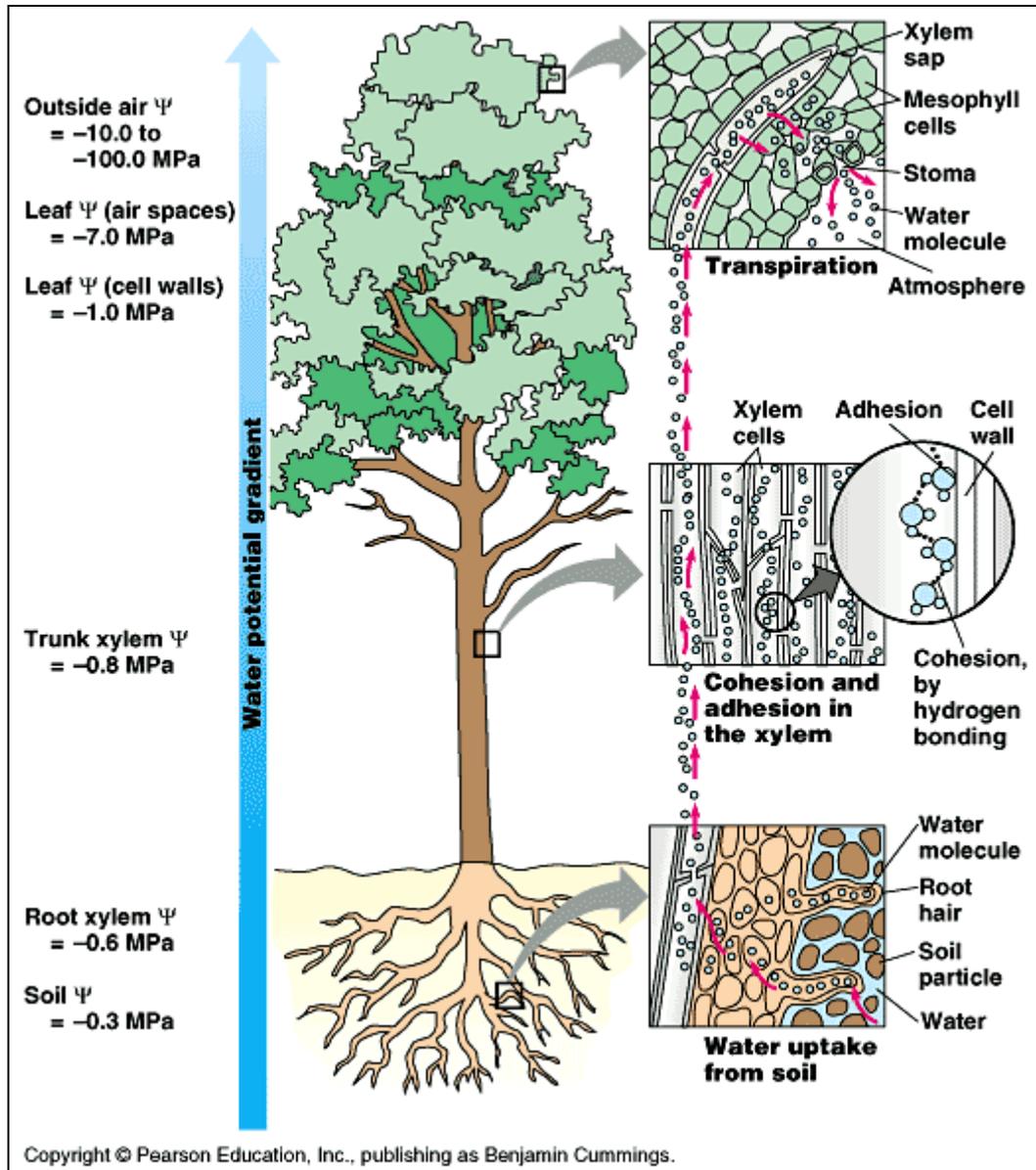
Jika sel-sel penutup tidak terkena sinar, maka pH menurun, dan ini merupakan factor baik bagi enzim posporilase untuk mengadakan kegiatan yang berlawanan, yaitu mengubah glukosa menjadi amilum. Hal ini menyebabkan nilai osmosisnya turun, dan oleh karena itu turgor berkurang. Berkurangnya turgor ini mengakibatkan stomata menutup.

Banyaknya stomata pada tanaman berbeda-beda antara spesies satu dengan spesies yang lain. Pada tanaman darat, umumnya stoma terdapat pada permukaan bawah daun. Biasanya, stoma berbentuk oval dengan diameter $6\ \mu$ sampai $8\ \mu$, dan luas kira-kira $90\ \mu^2$. pada beberapa tanaman, stoma terdapat pada permukaan atas dan bawah daun.

Penyerapan air dari dalam tanah ke bagian atas tumbuhan memiliki arti bahwa tanaman tersebut harus melawan gaya gravitasi bumi yang selalu mengakibatkan benda jatuh ke bawah. Akan tetapi, tanaman berhasil melakukan hal itu. Kuncinya ialah tanaman-tanaman ini menggunakan tekanan akar, tenaga kapilari, dan juga tarikan transpirasi. Namun pada tanaman-tanaman yang sangat tinggi, yang berperan paling penting adalah tarikan transpirasi. Dalam proses ini, ketika air menguap dari sel mesofil, maka cairan dalam sel mesofil akan menjadi semakin jenuh. Sel-sel ini akan menarik air melalui osmosis dari sel-sel yang berada lebih dalam di daun. Sel-sel ini pada akhirnya akan menarik air yang diperlukan dari jaringan xylem yang merupakan kolom berkelanjutan dari akar ke daun. Oleh karena itu, air kemudian dapat terus dibawa dari akar ke daun melawan arah gaya gravitasi, sehingga proses ini terus menerus berlanjut. Proses penguapan air dari sel mesofil daun biasa kita sebut dengan proses transpirasi. Oleh itu, pengambilan air dengan cara ini biasa kita sebut dengan proses tarikan transpirasi dan selama akar terus menerus menyerap air dari dalam tanah dan transpirasi terus terjadi, air akan terus dapat diangkut ke bagian atas sebuah tanaman

Proses transpirasi ini selain mengakibatkan penarikan air melawan gaya gravitasi bumi, juga dapat mendinginkan tanaman yang terus menerus berada di bawah sinar matahari. Mereka tidak akan mudah mati karena terbakar oleh teriknya panas matahari karena melalui proses transpirasi, terjadi penguapan air dan penguapan akan membantu menurunkan suhu tanaman. Selain itu, melalui proses transpirasi, tanaman juga akan terus mendapatkan air yang cukup untuk melakukan

fotosintesis agar keberlangsungan hidup tanaman dapat terus terjamin. Proses transpirasi dapat dilihat pada Gambar 9.1.



Gambar 9.1. Gambar Transpirasi Tanaman.

BAB X
PERTUMBUHAN POHON YANG DITANAM PADA TANAH
KEKURANGAN UNSUR HARA Mn^{+} DAN Cl^{-}

Unsur Mn^{+} bagi tanaman berperan dalam proses respirasi dan metabolisme nitrogen, dimana di dalam kedua proses tersebut Mn^{+} berperan sebagai aktivator enzim (enzymatic activator). Misalnya enzim malic dehydrogenase yang diperlukan dalam siklus Krebs, demikian juga enzim oxalosuccinic decarboxylase. Dalam proses reduksi nitrat, Mn^{+} berperan sebagai aktivator enzim nitrite reductase dan hydroxylamine reductase. Unsur Mn^{+} juga diperkirakan berperan dalam proses perombakan atau oksidasi indole-3-acetic acid (IAA), yakni suatu auksin alami tumbuhan. Unsur Mn^{+} juga dijumpai pada semua tumbuhan tingkat tinggi serta ganggang *Ankistrodesmus braunii* yang berperan dalam proses produksi O_2 dalam proses fotosintesis. Lebih jauh Mn^{+} juga berperan dalam proses electron dari air kepada klorofil (Delvin dan Withan, 1983). Menurut Bishop (1971) dalam Mengel & Kirkby (1981) unsure Mn^{+} berperan penting dalam fotosistem II yang berperan dalam proses fotolisis.

Secara umum semua literature menyatakan bahwa kekurangan Mn^{+} pada tanah terutama akan menyebabkan gangguan pada kloroplas, yakni akan ditandai dengan meningkatnya sensitifitas kerusakan klorofil oleh panas matahari sehingga menyebabkan klorosis, bercak nekrotis, hilangnya butiran kanji, warna kloroplas menjadi hijau kekuningan, menudian pecah.

Mengingat kloroplas merupakan tempat dimana terjadi proses fotosintesa, maka apabila terjadi hambatan atau gangguan padanya tentu akan menghambat pula kelangsungan proses fotosintesa. Akibatnya pertumbuhan pohonpun akan terganggu. Unsur Cl^{-} terutama berperan dalam memacu oksidasi H_2O dalam fotosintesa. Selain itu, unsure Cl^{-} juga menyusun asam 4-kloroindolasetat yang diduga sebagai auksin alami

tumbuhan (Salisbury & Ross, 1992). Unsur Cl- juga berperan penting bagi akar, yakni ikut mengatur tekanan osmosis, dan dalam proses pembelahan sel pada daun.

Kekurangan unsure Cl- ditandai dengan gejala menurunnya pertumbuhan, terjadi pelayuan, dan munculnya bercak klorosis dan nekrotis. Daun menjadi berwarna coklat tembaga, akar pendek dan tebal atau membengkak di bagian ujung (Salisbury & Ross, 1992). Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa kekurangan unsure Cl- akan sangat menghambat berlangsungnya pertumbuhan pohon.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, J., S.J. Damanik, N. Hisyam, dan A.J. Whitten, 1984. Ekologi Ekosistem Sumatera. Gajah Mada University press.pp.246-271.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. 1991. Rangkuman. Prosiding Lokakarya Nasional Penelitian dan Pengembangan Pohon Serbaguna. Bogor.
- Departemen Kehutanan. 1986. Studi Penyusunan Pola Pengembangan Hutan Perkotaan di DKI Jakarta. Departemen Kehutanan-Kantor Wilayah DKI Jakarta, Jakarta.
- Departemen Kehutanan, 2004. Laporan Pemeliharaan Kebun Benih Meranti 100 ha di Semoi. Departemen Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kalimantan. Samarinda. 20 h.
- Delvin, R.M. & F.H. Witham. 1983. Plant Physiology. 4th Ed. Wadsworth Publ. Co. Belmont, California.
- Direktorat Jenderal Kehutanan. 1976. Vademecum Kehutanan Indonesia. Departemen Pertanian, Jakarta. P.142-143.
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. 1991. Kesuburan Tanah. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Dwijoseputro, D. 1980. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. PT. Gramedia. Jakarta.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius Jakarta.
- Firmansyah, M.A., 2000.Laporan Praktek Pengenalan dan Pengelolaan Hutan. Fahutan IPB.
- Hardjowigeno, S. 1988. Ilmu Tanah. PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Jordan, C.F. 1983. Productivity of Tropical Rain Forest Ecosystems and Implication for their Use as Future wood and Energy Sources. Dalam Golley, F.B. (Ed.). Tropical Rain Forest Ecosystem: Strukture and Function. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. Pp. 117-136.

- Kusmara, C. 1995. Wetland (Lahan Basah). Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and stress Physiology of Functional Groups. 3rd Ed. Springer-Verlag, Berlin.
- Manan, S. 1976. Silvikultur. Diktat Kuliah. Lembaga Kerjasama Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Masano. 1991. Permasalahan Teknik Silvikultur Jenis Pohon Serbaguna dalam Budidaya Secara Luas. Prosiding Lokakarya Nasional Penelitian dan Pengembangan Pohon Serbaguna. Bogor.
- Mulyana, 2010. 7 Jenis Kayu Penghasil Rupiah. Agromedia Pustaka.
- Odum, E.P. 1998. Dasar-dasar Ekologi. Edisi Ketiga (terjemahan). Gadjah Mada University Press.
- Onrizal. 2009. Bahan Ajar Silvika. USU.
- Soekotjo. 1977. Silvika. Diktat. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Soemarwoto, O. 2001. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sugiharto. 1987. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah. UI Press. Jakarta.
- Widyastuti, D.E. 2010. Sistem Silvikultur. Diklat WAS-GANISPHPL-BINHUT.