



**Nurfarah Aqilah Mohd Noh dan
Musalmah Nasardin
(Pegawai Penyelidik),
Cawangan Ekologi Hutan,
Program Hutan Asli,
Institut Penyelidikan Perhutanan Malaysia.**

Kitar Nutrien dalam Ekosistem Hutan

Hutan merupakan ekosistem daratan yang terdiri daripada pelbagai hidupan yang memerlukan nutrien untuk hidup. Sebagaimana manusia memerlukan protein, karbohidrat, lipid dan unsur mineral untuk membesar dan hidup, tumbuhan, haiwan, kulat serta mikroorganisma yang hidup di dalam hutan juga memerlukan nutrien untuk meneruskan kehidupannya.

Nutrien ialah unsur atau sebatian yang penting bagi pertumbuhan dan kemandirian tumbuhan. Walau bagaimanapun, bentuk dan cara pengambilan nutrien dalam ekosistem hutan adalah sangat berbeza.

Tumbuhan tidak boleh bergerak untuk mencari makanan seperti manusia. Oleh hal

yang demikian, akar dan dahan tumbuhan akan "bekerja" untuk mendapatkan nutrien daripada kawasan sekitar seperti atmosfera dan tanah. Secara biologinya, nutrien wujud daripada proses luluhawa batuan dasar dan penguraian bahan organik seperti daun mati, dahan, batang, akar, haiwan dan kulat yang akan dilepaskan ke dalam tanah dan atmosfera.

Kitar nutrien dalam sesuatu ekosistem adalah penting bagi membolehkan ekosistem berfungsi secara mampan. Istilah "kitar nutrien hutan" digunakan untuk menerangkan pertukaran unsur antara komponen hidup dengan komponen bukan hidup dalam sesuatu ekosistem hutan.

Kitar nutrien membantu tanah dan kehidupan di dalam tanah menerima nutrien yang diperlukan setiap hari. Proses inilah yang menyebabkan pokok di dalam hutan semula jadi membesar secara semula jadi dan bukan seperti perladangan yang memerlukan pembajaan khusus. Empat komponen utama yang terlibat dalam kitar nutrien dikelaskan seperti yang berikut:

Jadual 1 Komponen utama dalam kitar nutrien.

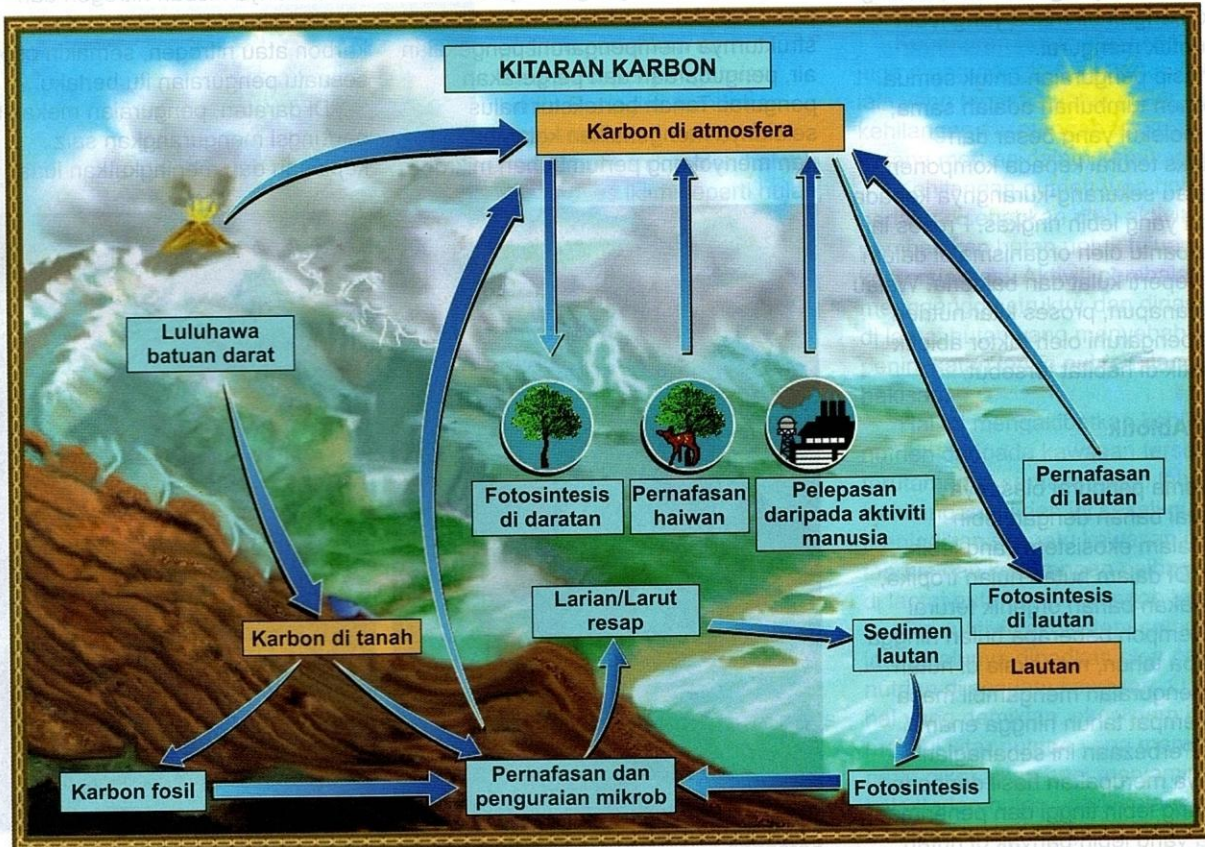
Komponen Kitar Nutrien	Keterangan
Atmosfera	Terdiri daripada gas, kepekatan kecil zarah terampai dan wap air.
Batuan dan tanah	Terdiri daripada mineral tidak larut yang tidak tersedia secara langsung untuk pengambilan organisma.
Kehadiran nutrien	Kehadiran dalam bentuk kimia yang larut di dalam air pada tahap tertentu dan boleh diserap oleh organisma daripada persekitarannya serta menyumbang kepada pemakanan mineralnya.
Komponen organik	Terdiri daripada nutrien yang terdapat di dalam bahan organik hidup dan mati. Komponen ini dibahagikan kepada tiga kumpulan, iaitu biojisim hidup autotrof seperti tumbuhan, alga dan bakteria autotrof; heterotrof hidup termasuklah herbivor, karnivor, omnivor dan detritivor; dan semua bentuk bahan organik mati.

Hutan dan Nutrien

Kitar nutrien ialah satu daripada kitaran penting dalam kehidupan selain kitaran air, karbon, nitrogen dan oksigen. Kitar nutrien dalam ekosistem hutan dikawal oleh tiga faktor utama, iaitu iklim, faktor abiotik dan komuniti biotik.

Tumbuhan memerlukan sejumlah besar nutrien seperti nitrogen, fosforus, karbon, hidrogen, oksigen, kalium, kalsium dan magnesium. Nutrien lain seperti boron, mangan, besi, kuprum, zink dan klorin (mikronutrien) pula hanya diperlukan dalam jumlah yang sedikit.

Kitar semula karbon, hidrogen, nitrogen dan oksigen berlaku di dalam air, udara dan tanah. Sementara itu, kalsium, fosforus, kalium dan nutrien lain dikitar semula di dalam tanah dan berlaku di sesuatu persekitaran penempatan sahaja.



Rajah 1 Karbon akan sentiasa dikitar semula dalam proses dinamik yang berlaku di atmosfera, permukaan dan kerak bumi.

Proses kitar nutrien di dalam hutan selalunya dibantu oleh banyak organisma. Lazimnya, proses ini melibatkan proses penyerapan nutrien di dalam tisu tumbuhan, pengeluaran dan penguraian daripada sarap tumbuhan, transformasi nutrien oleh fauna dan flora di lantai hutan, input nutrien daripada atmosfera, luluhawa mineral utama, eksport nutrien daripada tanah dengan proses larut lesap dan pemindahan gas.

Penguraian di dalam Hutan

Pada kebiasaannya, apabila pokok mati, bahagian pokok akan mereput secara beransur-ansur memandangkan setiap bahagian tumbuhan dibentuk oleh molekul dan kepekatan yang berbeza.

Sebagai contohnya, batang pokok mengandungi lebih lignin daripada daun. Oleh hal yang demikian, batang pokok mengambil masa yang lebih lama untuk mengurai.

Prinsip penguraian untuk semua komponen tumbuhan adalah sama, yakni molekul yang besar dan kompleks terurai kepada komponen asas atau sekurang-kurangnya kepada molekul yang lebih ringkas. Proses ini akan dibantu oleh organisma di dalam hutan seperti kulat dan bakteria. Walau bagaimanapun, proses kitar nutrien turut dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik di habitat tersebut.

Faktor Abiotik Iklim

Organisma pengurai biasanya mengurai bahan dengan lebih cepat dalam ekosistem yang lebih panas. Di dalam hutan hujan tropika, kebanyakan bahan organik terurai dalam tempoh beberapa bulan hingga beberapa tahun, manakala di hutan taiga, penguraian mengambil masa antara empat tahun hingga enam tahun. Perbezaan ini sebahagian besarnya merupakan hasil daripada suhu yang lebih tinggi dan penerimaan cahaya yang lebih banyak di hutan tropika.

Sifat dasar tanah

Tanah yang terbentuk pada batuan dasar yang berasid mempunyai aktiviti biologi yang lemah dan jumlah organisma pengurai yang sedikit. Hal ini memperlahankan proses kitar nutrien bahan organik. Situasi ini dapat dilihat di hutan paya gambut.

Gambut terbentuk daripada timbunan sisa tumbuhan mati, iaitu sekurang-kurangnya 30 peratus daripada jisim kering yang terkumpul selama berjuta-juta tahun. Timbunan sisa tumbuhan tersebut mengalami proses pereputan yang tidak sempurna atau perlahan disebabkan oleh keadaan anaerobik, yakni sering terdedah kepada takungan air, mengalami kekurangan oksigen dan mempunyai agen pengurai mikroorganisma yang mempunyai pH kurang daripada 4.0.

Tekstur tanah yang merujuk kadar pasir, kelodak dan tanah liat serta strukturnya mempengaruhi pengekalan air, pengudaraan dan pergerakan pengurai. Tanah bertekstur halus selalunya mengekalkan kelembapan dan menyokong pertumbuhan mikrob.

Faktor Biotik

Kepelbagaian spesies

Setiap serangga, kulat dan bakteria mempunyai enzim khusus yang hanya boleh menguraikan molekul tumbuhan tertentu. Sebahagian daripadanya boleh menguraikan selulosa, lignin dan sebagainya. Oleh sebab itu, kepelbagaian spesies organisma di lantai hutan dapat membantu penguraian organik dengan lengkap dan pantas.

Mikrob tanah memainkan peranan yang penting dalam kitar semula nutrien kerana berfungsi menguraikan bahan organik untuk membebaskan nutrien. Mikrob tanah juga penting untuk memerangkap dan mengubah nutrien di dalam tanah yang boleh diambil oleh akar tumbuhan.

Bagi komposisi kimia daun, terutamanya nisbah nitrogen dan karbon, semakin rendah kadar karbon atau nitrogen, semakin cepat sesuatu penguraian itu berlaku.

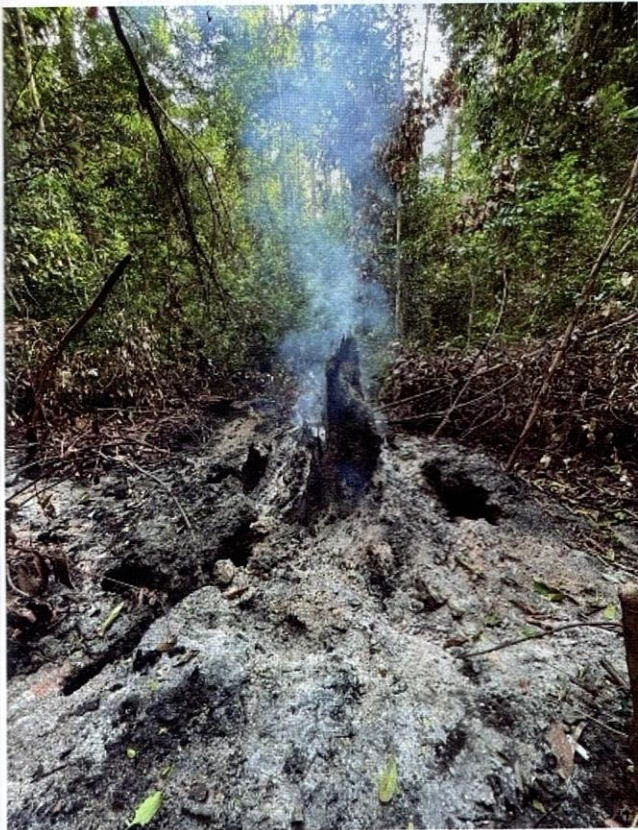
Di daratan, penguraian mekanikal berfungsi mengurangkan saiz kepingan dan meningkatkan luas



Serangga di lantai hutan berperanan dalam membantu penguraian bahagian tumbuhan yang telah mati.



Proses pereputan pada setiap bahagian tumbuhan mengambil masa yang berbeza-beza dan bergantung pada saiz serta komposisi kimia daun.



Penghasilan abu akibat pembakaran akan dibawa ke kawasan lain oleh angin dan air.

permukaannya, sekali gus memudahkan dan mempercepat penguraian kimia. Bahagian tumbuhan yang telah mati dipecahkan secara mekanikal oleh haiwan dan proses iklim seperti hujan, angin, ribut dan guruh.

Sebagai contohnya, burung dan mamalia biasanya mencari makanan di dalam kayu mati dan memecahkannya menjadi kepingan yang kasar. Setelah itu, cacing tanah akan menguraikan kayu tersebut menjadi kepingan yang lebih halus.

Serangga serta pelbagai artropod lain dan kemudiannya nematod akan mengubah kayu mati itu menjadi nutrien yang lebih kecil. Nutrien ini mudah diserap oleh pokok untuk membantu dalam proses tumbesarnya.

Kehilangan Nutrien

Kebakaran berkemungkinan menjadi punca utama

kehilangan nutrien daripada ekosistem hutan. Kebakaran hutan biasanya mengurangkan jumlah nutrien di kawasan yang terlibat. Pengurangan ini berlaku melalui beberapa kombinasi, iaitu pengoksidaan, pemeruapan, pengangkutan abu, larut lesap dan hakisan.

Kebakaran hutan yang kerap berlaku di Kanada, California, Australia dan kawasan Mediterranean adalah disebabkan oleh tempoh kering yang panjang, diikuti dengan cuaca panas serta kelembapan yang rendah. Kesannya, nitrogen akan meruap dan kehilangannya adalah selari dengan kehilangan berat bahan api terbakar.

Selain itu, terdapat kemungkinan berlakunya kehilangan nutrien melalui hakisan air selepas kebakaran. Hal ini terjadi kerana abu mudah dibawa oleh larian permukaan air. Penyingkiran abu yang kaya dengan nutrien juga berlaku melalui angin.

Kebakaran hutan yang kerap juga mengurangkan jumlah nutrien lain yang tersedia untuk pokok selain kehilangan sesetengah fosforus kerana meruap dalam kebakaran.

Kehilangan nutrien juga boleh berlaku disebabkan oleh aktiviti pembalakan hutan untuk tujuan komersialisasi. Aktiviti pembalakan mengganggu struktur dan dirian di lantai hutan yang menyebabkan peningkatan larian nutrien dan hakisan.

Hal ini mengakibatkan kehilangan nutrien daripada kawasan tersebut, terutamanya semasa hujan lebat. Kehilangan nutrien ini sekali gus menjadikan sesuatu kawasan itu tandus dan kekurangan pelbagai dirian di lantai hutan untuk tempoh tertentu.

Produktiviti ekosistem semula jadi selalunya dihadkan oleh bekalan nutrien di sesuatu kawasan. Oleh hal yang demikian, ekosistem hutan melalui kitar nutrien yang mampan perlu dikekalkan bagi menjamin kelestarian hutan untuk kelangsungan biodiversiti dan fungsi hutan kepada manusia serta alam sekitar.®