



*Materi Geografi dan Biologi Lebih
Tinggi untuk pendidikan*

Lahan Gambut Tropis

Arti dan peran global mereka dalam siklus air dan karbon



UNIVERSITY OF
LEICESTER

Lahan Gambut Tropis

Materi Geografi dan Biologi Lebih Tinggi untuk
pendidikan

ISI

| | |
|---|----|
| Pengantar untuk materi ini | 6 |
| 1. Lahan gambut: Bagaimana mereka terbentuk dan dimana mereka dapat ditemukan | 7 |
| 1.1. Apakah gambut? | 7 |
| 1.2. Apakah lahan gambut dan dimana mereka dapat ditemukan?..... | 8 |
| 1.3. kedalaman dan lapisan gambut..... | 9 |
| 2. Hutan rawa gambut tropis | 11 |
| 2.1. Perkembangan lahan gambut tropis..... | 12 |
| 3. Lahan Gambut TropiS dan siklus air | 15 |
| 3.1. REKAP: Siklus Air | 15 |
| 3.2. Lahan gambut dan siklus air..... | 16 |
| 4. Lahan gambut, siklus karbon dan perubahan iklim..... | 20 |
| 4.1. REKAP: Siklus Karbon | 20 |
| 4.2. Lahan Gambut dan Siklus Karbon | 22 |
| 4.3. Metana dan nitrous oxide..... | 25 |
| 5. Lahan gambut penting | 27 |
| 6. Ancaman yang dihadapi lahan gambut tropis..... | 32 |
| 6.1. Drainase | 33 |
| 6.2. Penurunan tanah | 35 |
| 6.3. Kebakaran | 37 |
| 6.4. Ekspansi perkebunan kelapa sawit | 40 |
| 7. Studi kasus 1: Gambut Asia Tenggara dan Indonesia | 44 |
| 8. Studi kasus 2: Lahan Gambut Afrika dan Cekungan Kongo | 47 |
| 9. Studi kasus 3: Lahan gambut dan rawa sawit Peru | 49 |
| 10. Jalan ke depan: Oleh Dr. Sophie Green dan Prof. Susan Page..... | 51 |
| 10.1. Restorasi lahan gambut: blokir kanal..... | 53 |
| 11. Tautan yang lebih bermanfaat untuk informasi lebih lanjut | 56 |
| Referensi: | 56 |

PENGANTAR UNTUK MATERI INI

Materi ini ditujukan untuk mendukung para pendidik di SMA dalam mata pelajaran Geografi tingkat-tinggi. Ini adalah materi akses terbuka dan bebas untuk dibagi-bagikan. Materi ini pada awalnya ditulis dalam bahasa Inggris, sehingga tautan pada materi eksternal (situs web dan video) lebih banyak disajikan dalam bahasa Inggris.

Materi ini dibuat oleh Dr. Sara Thornton, dengan banyak masukan dan tulisan yang disumbangkan oleh Profesor Susan Page, tulisan disumbangkan oleh Dr. Sophie Green, Sarah Cook dan Laura Wright. Materi ini didasarkan pada penelitian terbaru mengenai lahan gambut tropis, peran penting mereka bagi siklus karbon dan air, layanan ekosistem yang mereka berikan, ancaman yang mereka hadapi dan upaya-upaya restorasi lahan gambut.

Anda dapat menghubungi Sara Thornton melalui email berikut:s.thornton.p@gmail.com.

Pembuatan materi ini didanai oleh University of Leicester ‘Research Impact Development Fund’.

Foto sampul depan adalah hutan rawa-gambut Sabangau (Indonesia), yang diambil oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

1. LAHAN GAMBUT: BAGAIMANA MEREKA TERBENTUK DAN DIMANA MEREKA DAPAT DITEMUKAN

1.1. APAKAH GAMBUT?

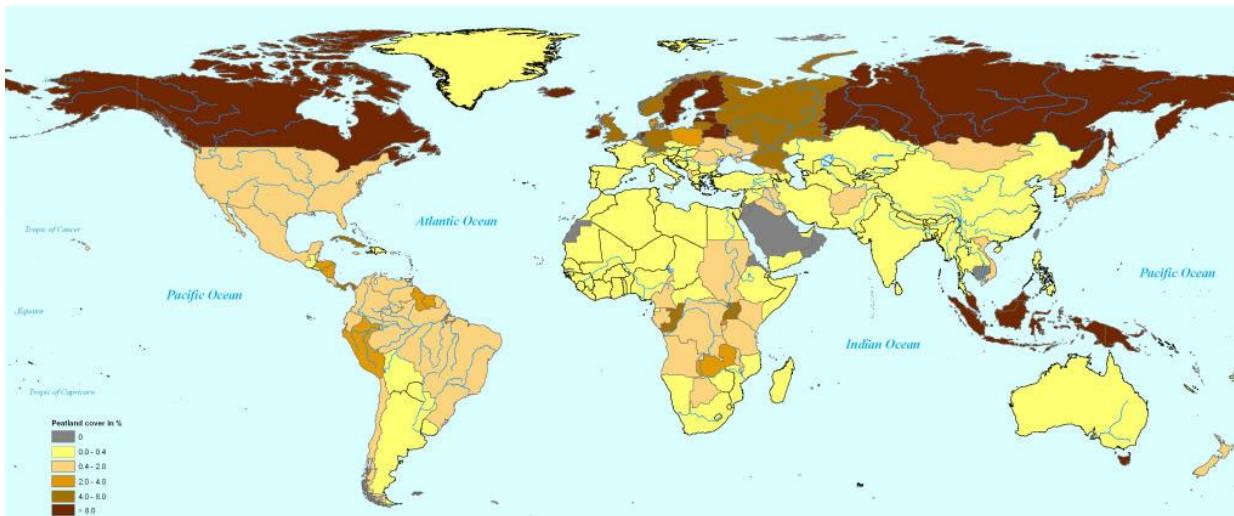
Gambut (Gambar 1) adalah bahan organik mati yang telah terakumulasi selama beribu-ribu tahun. Ia terbentuk ketika bahan organik (mis. tanaman, daun, pohon) tidak sepenuhnya membusuk karena tidak adanya oksigen di daerah tergenang air (yaitu pembusukan **aerobik** terbatas), dan dengan demikian pembusukan sebagian bahan organik terakumulasi dengan berjalannya waktu. Kondisi yang diperlukan untuk pembentukan gambut dengan demikian adalah: kejemuhan air permanen, tingkat oksigen rendah dan kadang tingkat keasaman yang tinggi, walau gambut dapat juga terbentuk bila ada kontak dengan air tanah (mis. di lembah-lembah sungai) yang mengandung pH mendekati netral atau malahan sedikit basa.

Gambut terdiri dari 40-60% (massa kering) materi organik (tumbuh-tumbuhan) mati.



Gambar 1: Rawa gambut di bagian utara mengalami penggalian gambut. Karena kandungan karbonnya yang tinggi, gambut digunakan sebagai sumber bahan bakar di sejumlah negara. Foto dari Wikimedia Commons.

1.2. APAKAH LAHAN GAMBUT DAN DIMANA MEREKA DAPAT DITEMUKAN?



Gambar 2: Peta yang menggambarkan jumlah (% cakupan lahan gambut) lahan gambut yang ditemukan di setiap negara, berwarna coklat mengindikasikan lebih dari 8% cakupan tanah. Gambar dari Wetlands International.

Bentangan alam yang telah mengakumulasi lapisan gambut di permukaan tanah disebut sebagai lahan gambut. Lahan gambut mencakup lebih dari 40.000 km², atau 3% dari permukaan tanah Bumi namun mengandung karbon dua kali lebih banyak dari hutan dunia (Gambar 2). Mereka mewakili setengah dari lahan basah global. Lahan gambut yang rusak bertanggung jawab atas lebih dari 7% emisi karbon dioksida dunia (CO₂), dan memberi kontribusi terhadap perubahan iklim, namun dalam kondisi utuh, mereka biasanya berfungsi sebagai penyerap karbon jangka panjang (mis. menyimpan karbon selama rentang waktu milenium).

Lahan gambut ditemukan di sedikitnya 175 negara. Terdapat sedikitnya 7 jenis global utama lahan gambut.

1. **Lumpur selimut**: ini adalah tadahan hujan, umumnya dengan kedalaman antara 1 dan 3 meter. Mereka dapat ditemukan terutama di Irlandia dan di Inggris.
2. **Lumpur terangkat**: ini adalah tadahan hujan, lahan gambut yang berpotensi dalam. Mereka dapat ditemukan terutama di Eropa bagian Utara dan Amerika Utara.
3. **Rawa**: ini adalah lahan gambut dari air tanah, sering kali cukup dangkal yang ditemukan di cekungan dan dataran banjir sungai. Mereka terjadi di Eropa dan Amerika Utara dan bisa sangat luas, mis. Norfolk Broad road di Inggris bagian timur.
4. **Lumpur untaian**: ini adalah lahan gambut datar atau cekung dengan bukit-bukit kecil berpola untaian. Ini ditemukan terutama di Skandinavia utara.
5. **Lumpur tundra**: ini adalah lahan gambut dengan lapisan gambut dangkal, ketebalan sekitar 50 cm. Mereka terbentuk di daerah *permafrost* di Alaska, Kanada dan bekas Uni Soviet.

6. **Lumpur palsu:** ini adalah jenis lahan gambut yang ditandai oleh gundukan tinggi, masing-masing memiliki inti beku yang permanen, dengan lekuk basah di antara gundukan. Mereka ditemukan terutama di bekas Uni Soviet, Kanada dan Skandinavia.
7. **Rawa gambut:** Ini adalah lahan gambut menghutan (keduanya tahan air hujan dan dari air tanah) yang biasa ditemukan di daerah curah hujan tinggi di Asia Tenggara, Afrika Tengah dan lembah Amazon.

Berdasarkan luas area, lahan gambut bagian utara adalah yang paling luas. Mereka mencakup sekitar 3.500.000 Km. di bagian utara Kanada, dataran tinggi Inggris, dan negara-negara yang berbatasan dengan Laut Baltik, bagian utara Rusia dan bagian utara Asia. Di daerah tropis yang lembap, ada juga endapan gambut yang signifikan yang terletak di Asia Tenggara, Afrika dan Amerika Tengah dan Selatan (mencakup 580.000 km²). Negara dengan tingkat luas lahan gambut terbesar di daerah tropis adalah Indonesia, dengan 200.000 km².

1.3. KEDALAMAN DAN LAPISAN GAMBUT.

Di lahan gambut bagian utara, dibutuhkan setidaknya 1000 tahun agar gambut terakumulasi sampai kedalaman 1 m, namun karena beberapa lahan gambut telah terakumulasi selama ribuan tahun, mereka telah mencapai kedalaman 5 atau bahkan 10 m. Di daerah beriklim sedang tanah gambut cenderung memiliki kedalaman antara 1.5-2.3 meter. Di daerah tropis, produktivitas tanaman yang lebih tinggi telah menghasilkan simpanan yang lebih dalam-hingga melebihi 15 meter di beberapa lokasi!

Tahukan kamu?

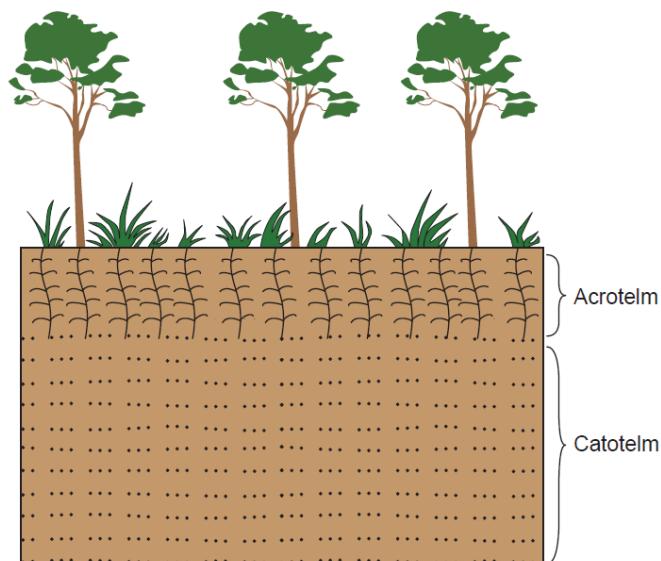
Sangat menarik, baru-baru ini ditemukan area lahan gambut yang sangat luas di Cekungan Kongo di Afrika bagian tengah (lihat Studi Kasus 2), membuat Republik Demokratik Kongo dan Republik Kongo, dengan 145.000 km² lahan gambut di antara mereka, negara kedua dan ketiga paling penting (setelah Indonesia) di dunia untuk cadangan karbon gambut tropis!

Lahan gambut terdiri dari dua lapisan:

1. **Acrotelm :** Lapisan **aerobik** atas (Gambar 3). Pada lapisan ini laju peluruhan organik umumnya lebih tinggi daripada di lapisan bawah. Ini memiliki permeabilitas tinggi terhadap air di dekat permukaan, tapi menjadi lebih kedap dengan kedalaman karena gambut menjadi lebih tergabung dan terurai (dibasahi). Pergerakan dan fluktuasi air berarti bahwa kondisi di lapisan acrotelm pada umumnya tetap bersifat aerobik dan di sini terdapat kegiatan mikroba paling kuat. Sifat-sifat ini berarti bahwa acrotelm sangat penting untuk perkembangan dan fungsi normal dari rawa yang menonjol.
2. **Catotelm :** Lapisan bawah di bawah acrotelm yang memiliki tingkat peluruhan lebih rendah. Lapisan ini sangat tebal dan berisi sebagian besar gambut dimana batang tanaman individu telah runtuh di bawah berat vegetasi di atas mereka untuk menghasilkan massa **amorf** berwarna coklat. Sebaliknya dengan acrotelm, gambut catotelm biasanya digabungkan dengan baik dan sering kali sangat membasahi . Ini jenuh

secara permanen dengan air. Pergerakan air melalui gambut amorf ini sangat lambat, biasanya kurang dari satu meter sehari. Di sinilah sebagian besar air hujan dan karbon disimpan.

Batas antara kedua lapisan ini didefinisikan sebagai tingkat terendah dari permukaan air tanah. Rawa gambut utuh benar-benar jenuh dengan air sepanjang tahun. Tingkat air akan turun di bawah permukaan gambut selama periode kering, namun selama periode basah, gambut menjadi jenuh dan air akan mudah mengalir dan mencapai sungai dengan cepat.



Gambar 3: Lapisan Acrotelm dan Catotelm pada lahan gambut tropis

Perbendaharaan Kata

Aerobik: berkaitan dengan, melibatkan, atau membutuhkan oksigen bebas.

Amorf: tanpa bentuk atau wujud yang jelas.

Membasahi: mengubah (sisa tanaman) menjadi humus.

Pertanyaan Tinjauan

Bahas apa itu gambut, di mana lahan gambut dan ditemukan dan bagaimana mereka terbentuk.

2. HUTAN RAWA GAMBUT TROPIS

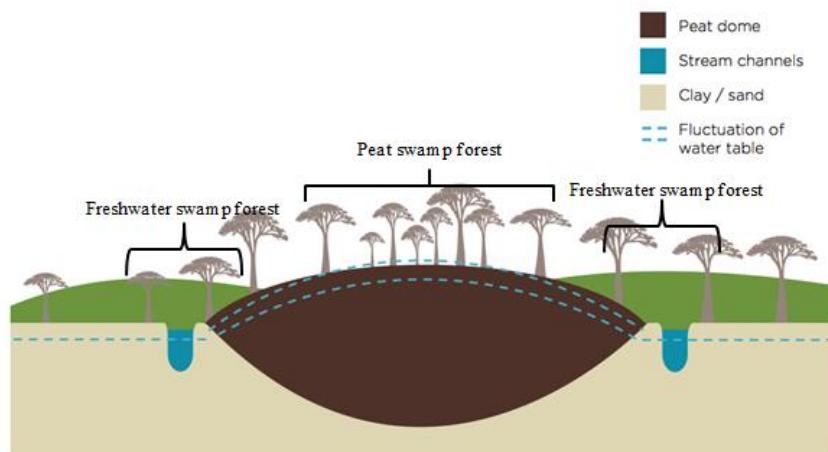
Di daerah tropis, kita menemukan lahan gambut yang diselimuti oleh hutan tropis (Gambar 4). Ini disebut hutan rawa gambut tropis, dan ditemukan di Amerika Tengah dan Selatan, Afrika Tengah dan Asia Tenggara.

Lahan gambut, termasuk lahan gambut tropis, biasanya terbentuk di antara dua sungai, atau kanal sungai. Hal ini menyebabkan terbentuknya bentuk kubah karakteristik mereka, dengan hutan rawa air tawar di pinggirannya, seperti yang digambarkan pada Gambar 5.

Untuk nutrisi dan persediaan air, kubah gambut sepenuhnya bergantung pada pengendapan: mereka bersifat '**ombrotrophic**'. Selain itu, karena minimnya masukan mineral, bersamaan dengan terluluhnya senyawa organik dari bahan organik ke dalam air, hal ini membuat air di sekitar rawa gambut sangat asam. Kadar pH biasanya kurang dari 4 (pH adalah ukuran keasaman: untuk membandingkan, kadar pH jus tomat sekitar 4, dengan jus lemon sekitar 2. Air murni memiliki pH 7).



Gambar 4: Hutan rawa gambut tropis di Kalimantan Indonesia. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.



Gambar 5: Representasi kubah gambut pedalaman yang sangat berkembang, dengan hutan rawa gambut dan hutan rawa air tawar pada pinggirannya. Gambar dari Halaman dkk. (2011a).

Karena materi ini akan menjelaskan secara lebih luas, lahan gambut adalah sangat penting untuk penyimpanan karbon. Tabel di bawah ini menunjukkan perkiraan penyimpanan karbon di lahan gambut tropis, termasuk perkiraan cadangan karbon baru-baru ini di lahan gambut Kongo yang baru ditemukan (lihat Bab 8 yang membahas penemuan lahan gambut ini). Seperti ditampilkan dalam tabel, lahan gambut di Asia Tenggara menyimpan karbon paling banyak, diikuti oleh Afrika dan Amerika Selatan. Tiga studi kasus yang disajikan dalam materi ini oleh karena itu akan fokus pada wilayah ini (Bab 7, 8 dan 9).

Tabel 1: Perkiraan penyimpanan karbon di lahan gambut tropis, dalam skala regional, menggabungkan perkiraan stok karbon dari lahan gambut Kongo yang baru ditemukan dan perkiraan stok karbon yang diperbarui untuk Asia Tenggara dengan mempertimbangkan kehilangan stok karbon 0,5 Gt C tahun⁻¹ sejak pengumpulan data asli. Data dari Pages dkk., 2011b; Dargie dkk., 2017. Tabel dari Sarah Cook.

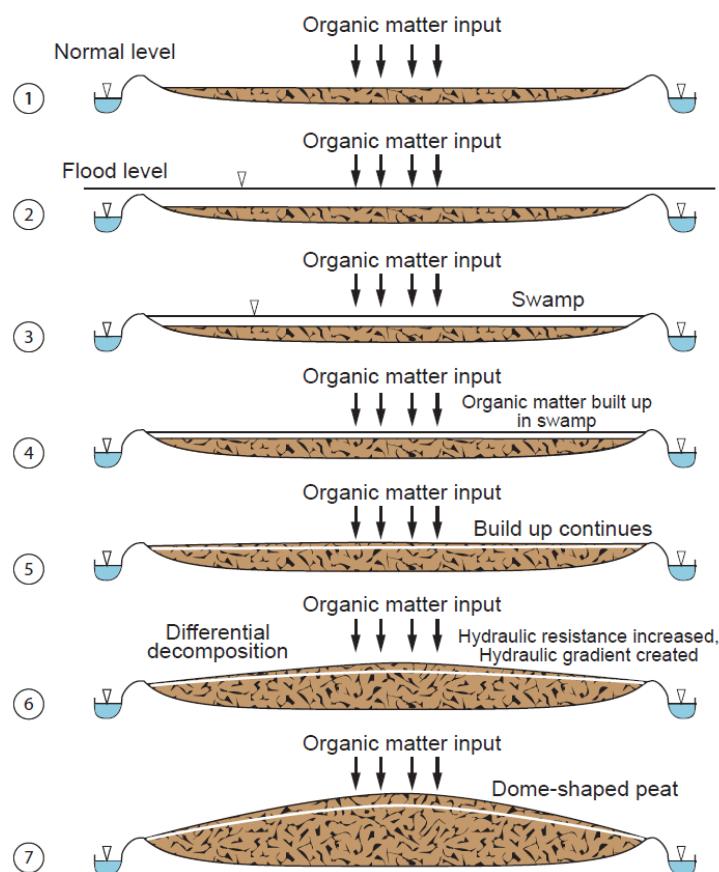
| Wilayah | Simpanan karbon (GtC) | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | Minimal | Terbaik | Maksimal | % (Perkiraan terbaik) | Perkiraan terbaik direvisi | % (Perkiraan terbaik direvisi) |
| Afrika | 3.54 | 6.93 | 8.13 | 7.82 | 34.40 | 32.76 |
| Asia Tenggara | 66.34 | 68.52 | 69.85 | 77.34 | 57.02² | 54.30 |
| Asia (lain) | 0.30 | 0.43 | 0.50 | 0.49 | 0.43 | 0.41 |
| Amerika Tengah | 2.89 | 3.05 | 0.12 | 3.44 | 3.05 | 2.90 |
| Pasifik | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Amerika Selatan | 8.60 | 9.67 | 10.23 | 10.91 | 9.67 | 9.21 |
| TOTAL | 81.9 | 88.6 | 88.9 | 100 | 105 | 100 |

2.1. PERKEMBANGAN LAHAN GAMBUT TROPIS

Proses perkembangan yang khas untuk pembentukan sebuah kubah gambut sub-pantai di Asia Tenggara (Gambar 6) mungkin melibatkan tahap-tahap berikut:

1. Ia bermula dengan wilayah lahan datar antara dua sungai.
2. Wilayah lahan ini sering mengalami kebanjiran ketika kanal sungai meluap.
3. Banjir tersebut meninggalkan sebuah garis alluvium, yang mendukung hutan rawa air tawar transisi.
4. Seiring berlanjutnya banjir, tanggul sungai mulai bertambah, akhirnya menciptakan cekungan dangkal, dengan drainase yang buruk. Di bawah kondisi curah hujan yang tinggi, setiap bahan organik yang masuk ke dalam cekungan, akan terendam dan hanya mengalami dekomposisi parsial, yang menyebabkan akumulasi gambut.
5. Kawasan ini, pada waktunya, mendukung pengembangan hutan rawa gambut (HRG), selanjutnya meningkatkan masukan bahan organik.

6. Seiring berjalanannya waktu hal ini akan menyebabkan gambut menjadi lebih tebal, meningkatkan gaya tahan hidrolik, menciptakan sebuah lereng hidrolik.
7. Akibatnya, permukaan air tanah cenderung lebih tinggi di pusat rawa gambut dan lebih rendah di pinggiran, menciptakan tingkat dekomposisi berbeda-beda, dan menyebabkan ke pembentukan permukaan berbentuk kubah cembung yang jelas.



Gambar 6: Diagram skematis dasar yang menggambarkan perkembangan kubah gambut. Diagram diadaptasi dari Rais, 2011

Di wilayah pesisir, rawa gambut telah berkembang dari endapan laut ke daratan dari rawa bakau. Seiring berjalanannya waktu, bahan organik mulai terakumulasi, dan vegetasi hutan bakau digantikan oleh hutan rawa karena ekosistemnya menjadi semakin ombrotrophic.

Estimasi saat ini dari total luas lahan gambut tropis yang belum dikembangkan berada pada kisaran 300.000 - 450.000 km². Di Asia Tenggara, sumber daya hutan rawa gambut tropis dan fungsi alamnya rusak parah akibat pembangunan lahan, pembalakan resmi dan liar dan kebakaran; mereka mungkin akan segera hancur selamanya dan berpotensi mengakibatkan kehancuran lingkungan secara regional dan global.

Dalam materi pengajaran berikutnya, saya akan menjelaskan alasan mengapa hutan rawa gambut tropis penting: mengenai peran mereka bagi siklus air dan karbon, serta pentingnya mereka bagi mata pencaharian masyarakat yang hidup dari hutan ini. Bab 3 sekarang dimulai dengan peran lahan gambut tropis bagi siklus air.

Tautan bermanfaat

1. Tonton video ini tentang 'Fungsi Alami Lahan Gambut' untuk meningkatkan pemahaman Anda mengenai bagaimana lahan gambut alami bekerja:
<http://www.youtube.com/watch?v=zpP17-mc5I4> [6.22 min]

2. Tonton video ini tentang 'Pengembangan lahan gambut' untuk meningkatkan pemahaman Anda mengenai bagaimana lahan gambut terbentuk. Video ini fokus pada lahan gambut di daerah beriklim sedang, namun relevan dengan proses pembentukan lahan gambut tropis juga:

Perbendaharaan Kata

Alluvium: endapan tanah liat, lanau, dan pasir yang ditinggalkan oleh aliran air banjir di lembah sungai atau delta, biasanya menghasilkan tanah subur.

Gaya tahan hidrolik: Resistensi terhadap pergerakan benda dalam cairan karena gaya gesekan yang dihasilkan antara benda dan cairan.

Lereng hidrolik: Perbedaan ketinggian cairan pada dua titik di udara terbuka, dibagi dengan jarak yang ditempuh oleh cairan yang mengalir di bawah tekanan.

Ombrotrophic: bergantung pada kelembapan atmosfer untuk nutrisi.

Pertanyaan Tinjauan

Diskusikan apa itu hutan rawa gambut tropis, mengapa mereka unik dan bagaimana mereka berkembang dari waktu ke waktu.

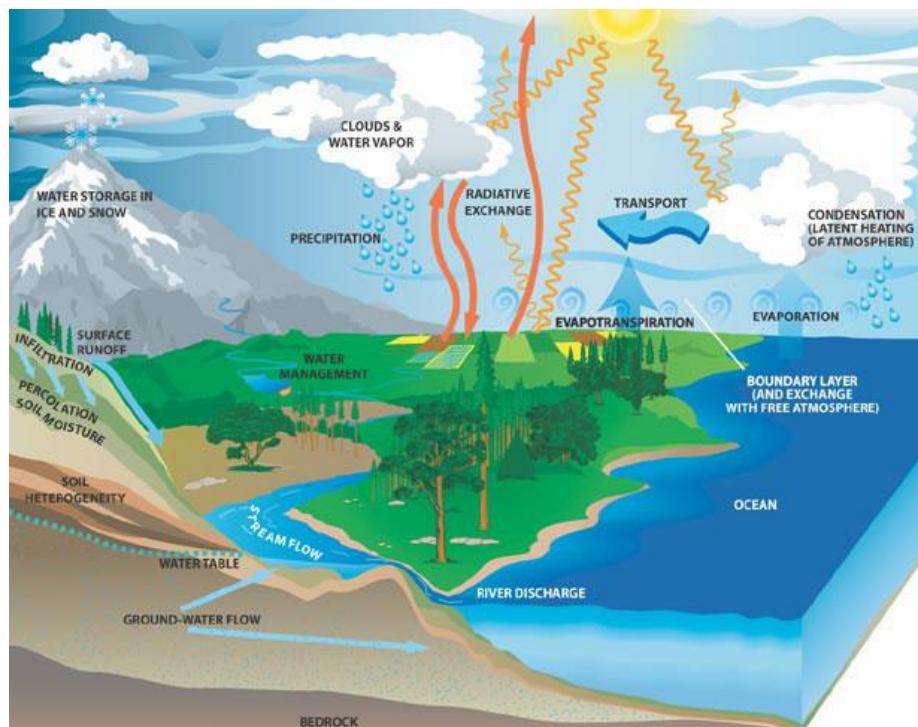
3. LAHAN GAMBUT TROPIS DAN SIKLUS AIR

3.1. REKAP: SIKLUS AIR

Siklus air (Gambar 7) menggambarkan pergerakan air yang terus menerus pada, di atas dan di bawah permukaan Bumi. Air secara terus menerus dialihkan antara udara dan samudra. Hal ini dikenal sebagai siklus hidrologi global dan sistem ini adalah sistem tertutup (tidak ada input atau output).

Cadangan utama air di Bumi meliputi es, air tawar, air garam dan air di atmosfer. Air bergerak di antara waduk-waduk tersebut, seperti dari laut ke air atmosfer, melalui proses fisika:

1. Penguapan
2. Pengembunan
3. Pengendapan
4. Peresapan
5. Limpasan permukaan
6. Aliran di bawah permukaan



Gambar 7: Siklus air. Gambar oleh Sagar Purnima, tersedia dari Wikimedia Commons.

Dengan melakukannya, air mengalami berbagai perubahan bentuk berbeda: cairan, padat (es) dan uap. Bergerak melalui bentuk-bentuk ini melibatkan pertukaran energi. Hal ini juga menyebabkan perubahan suhu. Misalnya, ketika air menguap, ia mengambil energi dari

sekelilingnya dan mendinginkan lingkungan. Bila ia mengembun, ia melepas energi dan menghangatkan lingkungan. Pertukaran panas ini mempengaruhi iklim.

Siklus air penting untuk menjaga sebagian besar kehidupan dan ekosistem di dunia.

Tautan berguna:

Untuk mengulang kembali pengetahuan mengenai siklus air, lihatlah video dan tautan berikut:

1. 'The Water Cycle': <https://www.youtube.com/watch?v=al-do-HGulk> [6.46 min]
2. 'The Drainage Basin Hydrological Cycle':
<http://www.alevelgeography.com/drainage-basin-hydrological-system/>
3. 'Topic 5 – The Water Cycle and Water Insecurity':
<http://www.physicsandmathstutor.com/geography-revision/a-level-edexcel/water->

3.2. LAHAN GAMBUT DAN SIKLUS AIR

Lahan gambut tropis memegang peranan penting secara regional dan lokal untuk stabilisasi siklus air, iklim dan bentangan tanah. Mereka adalah wilayah sumber bagi banyak sungai, penting untuk penyimpanan dan pasokan air dan sangat penting untuk mencegah kekeringan dan banjir. Secara global lahan gambut mengandung 10% dari semua air tawar.

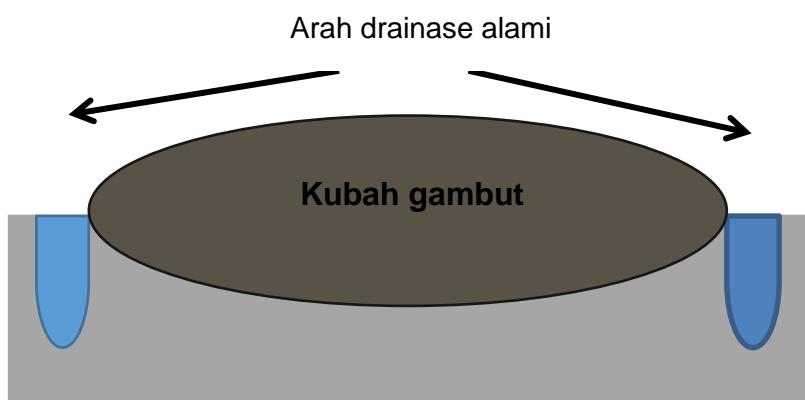


Gambar 8: Sungai Lahan Gambut Tropis Sabangau di Kalimantan. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

Hidrologi lahan gambut, dan khususnya posisi permukaan air tanah relatif terhadap permukaan gambut, memainkan peran penting dalam fungsi lahan gambut dan siklus karbon. Sistem-sistem ini basah (permukaan air tanah biasanya berada dalam jarak 20-40 cm dari permukaan lahan gambut, dan penggenangan permukaan di beberapa lahan gambut adalah umum) namun ada ketidak-pastian yang cukup besar mengenai kemampuan hidrologi mereka. Di hutan rawa gambut alami lapisan permukaan gambut, **acrotelm**, dapat mengalami banjir selama sembilan bulan dalam setahun; memperlambat penguraian aerobik dan dengan demikian mendukung pembentukan gambut. Selama musim kemarau, tingkat air turun dan terjadi peningkatan profil gambut **oksik** (yaitu jumlah gambut yang terpapar pada udara), menyebabkan penguraian yang melepas CO₂. Hal ini akan lebih jauh dipelajari di Bab 4.

Penurunan tingkat air dapat disebabkan oleh perubahan iklim atau drainase lahan gambut (yang dilakukan untuk perkebunan kelapa sawit atau kayu untuk menurunkan permukaan air tanah, atau dalam operasi penebangan dimana kanal-kanal dibangun di bentangan tanah untuk mengangkut kayu keluar dari daerah tersebut). Pada akhirnya, tingkat air yang lebih rendah dapat menyebabkan penurunan akumulasi gambut dan mungkin bisa meruntuhkan struktur gambut, selanjutnya menyebabkan hutan rawa gambut beralih dari net **carbon sink** (yaitu penyerap karbon dari atmosfer) ke net **carbon source**. Drainase lahan gambut akan lebih dipelajari di Bab 6. Merehabilitasi hidrologi lahan gambut alami, misalnya dengan pemblokiran kanal drainase, adalah satu tindakan konservasi lahan gambut yang diambil dengan tujuan memperlambat degradasi gambut. Serangkaian tindakan konservasi akan lebih jauh dipelajari di Bab 10.

Penyerapan air terus menerus diperlukan agar struktur kubah gambut dapat dipertahankan. Hanya dengan begitu, lahan gambut dapat memiliki kondisi **anoksik** yang menghambat dekomposisi bahan organik yang berasal dari tanaman agar gambut terakumulasi dan tidak terdegradasi. Namun, kondisi ini mungkin tidak selalu terjaga dengan berjalannya waktu, terutama di daerah beriklim tropis. Hal ini disebabkan karena di daerah ini, ada tingkat **evapotranspirasi** yang tinggi dan terkadang sangat jelas pada musim kemarau. Selain itu, bentuk kubah gambut secara alami (melalui gravitasi) menyebabkan air mengalir dari kubah (tapi ini tidak harus terjadi seperti yang akan dijelaskan dengan pengaturan sendiri hidrologi nanti). Hal ini menyebabkan kubah lahan gambut secara alami mengalir ke sungai di sekitarnya (seperti yang diilustrasikan pada Gambar 9).



Gambar 9: Diagram untuk menunjukkan sistem drainase alami di dalam lahan gambut tropis. Gambar dari Sarah Cook.

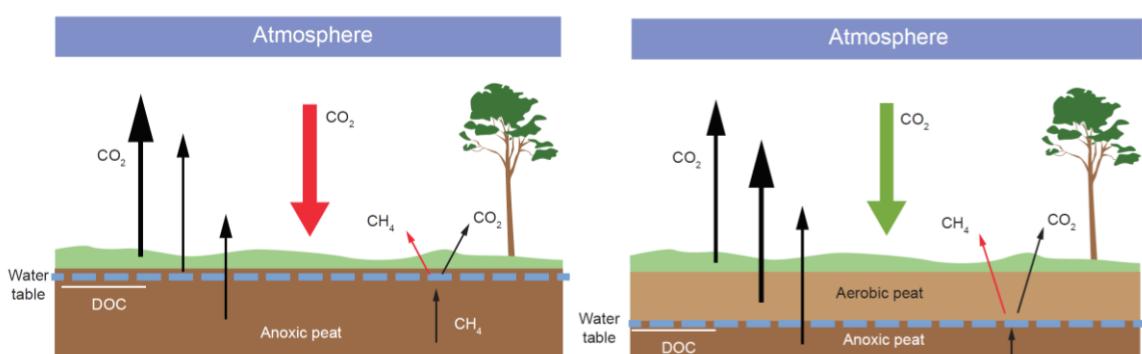
Untuk mengatasi hal ini, lahan gambut memiliki beberapa mekanisme pengaturan mandiri hidrologi untuk mempertahankan kondisi penyimpanan air yang hampir permanen. Hal ini meliputi:

1. Lekukan antara bukit kecil dan penyebaran akar penopang yang sangat mengurangi kecepatan di mana air bergerak melintasi permukaan gambut.
2. Kolam tip-up (Gambar 10) adalah dimana badi telah menyebabkan pohon-pohon tumbang, menyebabkan rongga di dalam gambut. Rongga ini bisa terisi air dan sampah daun.

Mengingat ekosistem lahan gambut tropis, seperti yang digambarkan pada Gambar 11: selama musim kemarau, permukaan air tanah berada pada titik terendah. Oleh karena itu lahan gambut akan mengalami **kondisi oksik** di dalam lapisan atas permukaan gambut (40 cm bagian atas). Dalam kondisi demikian, dekomposisi aerobik akan terjadi yang menyebabkan setiap bahan organik di permukaan gambut diuraikan oleh mikroba di dalam tanah. Respirasi heterotropik oleh mikroba mengurai bahan organik dan melepaskannya dalam bentuk CO_2 , N_2O dan CH_4 .



Gambar 10: Kolam tip-up di Lahan Gambut Indonesia. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.



Gambar 11: Dinamika karbon di lahan gambut utuh dengan permukaan air tanah tinggi dan rendah. Diagram diadaptasi dari David Wilson (2008)

Perbendaharaan Kata

Acrotelm: adalah satu dari dua lapisan berbeda pada rawa gambut yang tidak terganggu. Ia terletak di atas catotelm. Batas antara dua lapisan ditentukan oleh transisi dari gambut yang mengandung tanaman hidup (acrotelm) menjadi gambut yang mengandung bahan tanaman mati (catotelm).

Oksik: (kondisi dari suatu proses atau lingkungan) dimana oksigen terlibat atau ada.

Anoksik: tingkat oksigen yang mengalami penipisan total

Carbon sink: sebuah penyimpanan karbon yang menyerap lebih banyak karbon daripada yang dilepaskan.

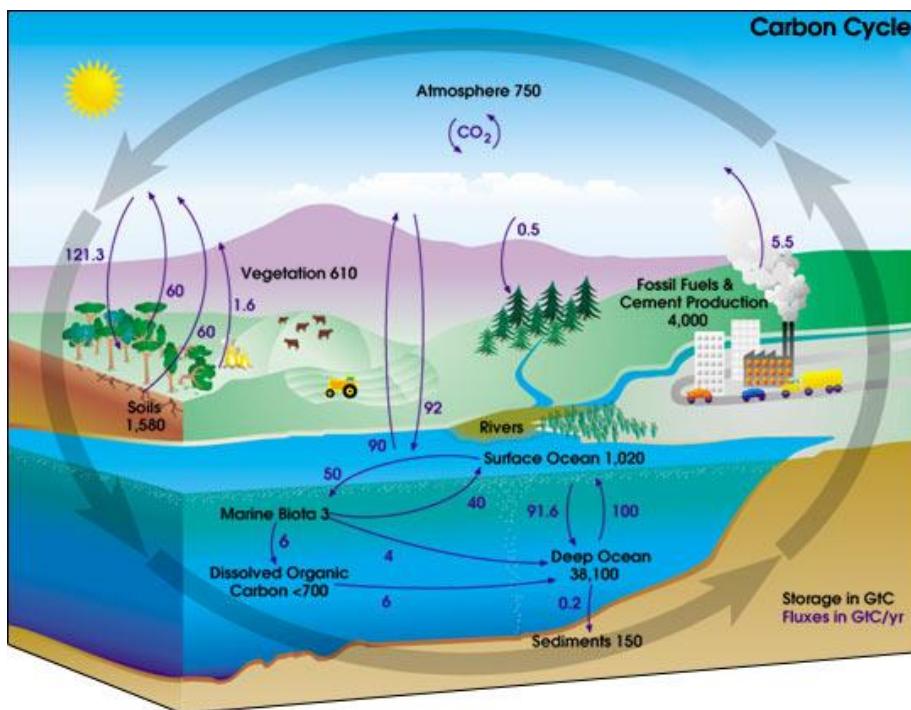
Carbon source: Penyimpanan karbon yang melepaskan lebih banyak karbon daripada yang diserapnya.

Pertanyaan tinjauan

Bahas apa peran lahan gambut tropis dalam siklus air lokal dan global.

4. LAHAN GAMBUT, SIKLUS KARBON DAN PERUBAHAN IKLIM

4.1. REKAP: SIKLUS KARBON



Gambar 12: Siklus karbon, Diagram tersedia dari Wikimedia Commons.

Tahap-tahap Dasar Siklus Karbon:

1. Karbon memasuki atmosfer sebagai CO_2 dari pernapasan dan pembakaran.
2. CO_2 diserap oleh produsen untuk membuat karbohidrat dalam fotosintesis.
3. Hewan memakan tanaman, menyebarkan senyawa karbon di sepanjang rantai makanan. Sebagian besar karbon yang mereka konsumsi dihembuskan sebagai CO_2 yang terbentuk saat pernapasan. Hewan dan tumbuhan akhirnya mati.
4. Organisme mati dimakan oleh pengurai dan karbon di dalam tubuh mereka dikembalikan ke atmosfer sebagai CO_2 . Dalam beberapa kondisi dekomposisi diperlambat atau tertahan. Materi tanaman dan hewan kemudian dapat menumpuk sebagai endapan organik (mis. gambut) atau selama periode waktu geologi yang lama dapat dikonversi menjadi batuan sedimen kaya-organik (mis. batu bara, lignit). .

Komponen siklus karbon digolongkan menjadi dua jenis proses:

- **Penyimpanan:** Penyimpanan utama karbon adalah litosfer (mis. batuan dan tanah), hidrosfer (mis. lautan), kriosfer (mis. salju dan es), atmosfer, dan biosfer (mis. tanaman).

- **Pengalihan (arus/aliran):** Ini adalah proses yang terlibat dalam pengalihan karbon antara lokasi-lokasi penyimpanan. Misalnya, proses fotosintesis mengeluarkan karbon dari atmosfer dalam bentuk CO₂ dan mengonversinya menjadi karbohidrat, seperti glukosa dalam tumbuhan. Pengalihan adalah input dan output yang mempengaruhi besarnya penyimpanan pada satu waktu tertentu.

Pengalihan utama (arus/aliran) yang bekerja dalam siklus karbon adalah sebagai berikut:

1. **Fotosintesis:** proses dimana tanaman menggunakan energi cahaya dari matahari untuk menghasilkan karbohidrat dalam bentuk glukosa.
2. **Pernafasan:** proses kimia yang terjadi di semua sel pada tanaman dan hewan. Glukosa dikonversi menjadi energi (digunakan untuk pertumbuhan, perbaikan, pergerakan, pengendalian suhu tubuh). Karbon kemudian diembuskan dan kembali ke atmosfer.
3. **Penguraian:** selama proses ini, karbon dari tumbuhan / badan hewan dikembalikan ke atmosfer sebagai CO₂.
4. **Pembakaran:** ketika bahan organik (mengandung karbon) dibakar dengan adanya oksigen (mis. batu bara di pembangkit listrik), menghasilkan energi, CO₂ dan air ..
5. **Penguburan & pemedatan:** materi organik yang terkubur oleh sedimen menjadi padat. Selama jutaan tahun sedimen organik yang mengandung karbon ini bisa membentuk hidrokarbon mis. batu bara dan minyak.
6. **Penyerapan karbon:** pengalihan karbon dari atmosfer ke tumbuhan, tanah, formasi batuan dan lautan.
7. **Penangkapan & penyimpanan karbon:** istilah baru yang digunakan untuk menggambarkan 'penangkapan' teknologikal karbon yang dihasilkan dari pembangkit listrik.
8. **Pelapukan:** melibatkan penguraian/pembusukan batuan yang mengandung karbon di tempat asalnya atau mendekati permukaan sehingga menghasilkan aliran karbon ke atmosfer (seperti CO₂) atau larutan (mis. sebagai kalsium bikarbonat).

Gas rumah kaca: CO₂ dan metana (CH₄):

Peran penting dari siklus karbon adalah pelepasan CO₂ dan gas lainnya mis. metana, ke atmosfer. Yang disebut sebagai gas rumah kaca (GRK) ini menyerap radiasi gelombang panjang dari Bumi, dengan demikian memanaskan atmosfer yang lebih rendah, memungkinkan adanya kehidupan. Namun, aktivitas antropogenik baru-baru ini mis. pembakaran bahan bakar fosil dan penggundulan hutan telah meningkatkan emisi GRK, membuat atmosfer Bumi lebih efektif dalam menangkap radiasi dan menyebabkan perubahan signifikan pada sistem iklim global kita.

Tautan berguna:

Untuk mengingat kembali pengetahuan mengenai siklus karbon, lihat tautan berikut ini:

1. 'Siklus Karbon dan Nitrogen': <https://www.slideshare.net/saramssantos/carbon-and-nitrogen-cycle-14932178>

4.2. LAHAN GAMBUT DAN SIKLUS KARBON

Lahan gambut ada di seluruh dunia. Mereka dapat memiliki ketebalan yang bervariasi namun sering kali cukup tebal dan gambut memiliki kandungan karbon yang tinggi (biasanya 40-60% berdasarkan berat kering). Akibatnya, endapan gambut di dunia merupakan penyimpanan karbon yang penting. Sementara hanya mencakup sekitar 3% permukaan tanah Bumi, mereka mengandung sekitar 650 Pg (miliar ton) karbon, lebih banyak dari karbon yang tersimpan di seluruh vegetasi dunia (550 Pg) dan sekitar tiga kali karbon yang tersimpan di cadangan-cadangan minyak yang diketahui. (220 Pg).



Gambar 13: Kanopi hutan rawa gambut Sabangau di Indonesia. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

Tanaman lahan gambut menyerap CO₂ dari atmosfer saat mereka tumbuh (melalui fotosintesis), dan menggabungkan karbon ke dalam biomassa mereka (**produksi utama kotor, GPP**). Ketika mereka mati dan tergabung ke dalam gambut, fraksi variabel karbon ini mencegah dekomposisi aerobik dan disimpan selama ribuan tahun. Sebagian besar karbon gambut telah terakumulasi selama periode waktu yang lama; selama 8.000 sampai 10.000 tahun terakhir. Peluruhan lambat serasah tanaman dan gambut yang membentuk lahan gambut menghasilkan CO₂ (sebagai hasil dekomposisi aerobik) dan CH₄ (sebagai hasil dekomposisi anaerobik). Hal ini hilang terutama dalam bentuk fase bebas (gas) dari permukaan lahan gambut, tapi mungkin juga hilang dalam bentuk terlarut dalam air yang mengalir keluar dari lahan gambut. Vegetasi lahan gambut dan gambut itu sendiri melepaskan karbon dalam bentuk CO₂ dan CH₄, dari autotropik (respirasi akar) dan respirasi heterotropik (penguraian bahan organik melalui mikroba). Bersama-sama, rangkaian proses ini disebut sebagai **produktivitas ekosistem bersih** (NEP). Pernapasan heterotropik dan emisi CO₂ bergantung pada dinamika dan aktivitas mikroba. Hal ini dikendalikan

oleh suhu (suhu yang lebih tinggi cenderung menyebabkan aktivitas mikroba lebih tinggi), perubahan dan tingkat permukaan air tanah (misalnya kondisi anoksik dan oksik; kondisi oksik dibutuhkan untuk aktivitas mikroba lebih banyak) dan ketersediaan bahan organik labil (mis. selulosa di daun; hal ini dikonsumsi oleh mikroba dengan cepat yang kemudian menghembuskan CO₂).



Gambar 14: Pepohonan dan vegetasi di hutan rawa gambut tropis di Indonesia. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

Perbedaan antara jumlah karbon yang diserap, melalui GPP, dan yang hilang, sering diserap kembali oleh hutan rawa gambut di sekitarnya, ke dalam biomassa pohon dan bahan organik yang terakumulasi. Akibatnya, dalam kondisi alami lahan gambut ini adalah penyimpanan **karbon net** yang efektif. Kapasitas penyimpanan karbon mereka diatur oleh kemampuan mereka untuk mempertahankan ketidakseimbangan net positif antara GPP yang tinggi dan tingkat dekomposisi bahan organik yang rendah. Hal ini, pada gilirannya, tergantung pada prevalensi dan pemeliharaan kondisi anoksik dan asam (karena ini menghambat penguraian).

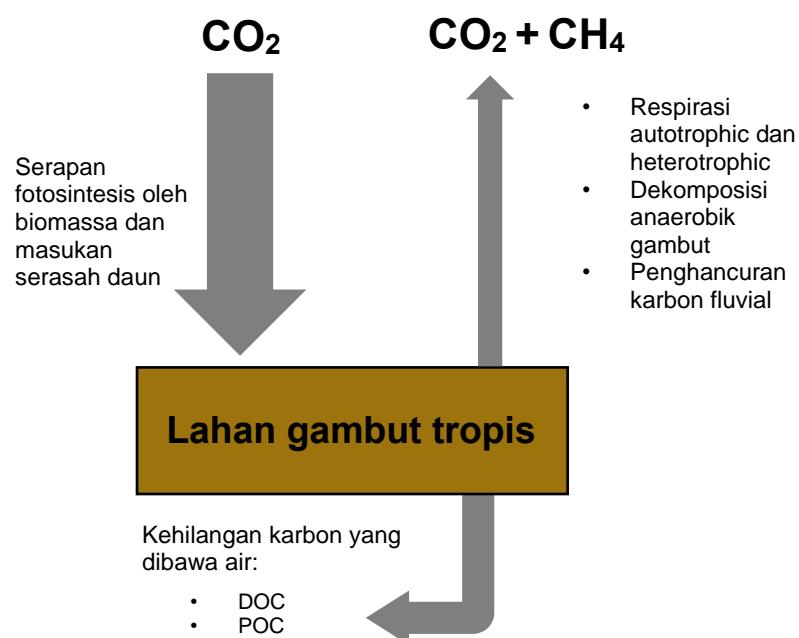
GPP juga sangat dikendalikan oleh struktur vegetasi hutan itu sendiri (kepadatan, tinggi dan diameter batang), yang berubah sepanjang kubah gambut karena faktor lingkungan yang berbeda (mis. tinggi pohon bervariasi dengan kedalaman gambut karena

- *Lahan gambut secara global mengandung dua kali lebih banyak dari semua karbon yang tersimpan di hutan-hutan dunia.*
- *Penyimpanan karbon di lahan gambut Asia Tenggara berada di urutan 58 Gt.*
- *Tanah gambut pada hutan rawa gambut tropis meliputi sekitar 14-19% dari kumpulan karbon gambut global, dan 5-6% dari kumpulan karbon tanah global! Ini juga kemungkinan kurang perkiraan dengan temuan baru-baru ini adanya daerah gambut besar di Kongo dan Amerika Selatan.*

pohon yang lebih tinggi tidak dapat mendukung diri mereka di daerah gambut yang lebih dalam). Selanjutnya, emisi CO₂ heterotropik bergantung pada dinamika mikroba yang dikendalikan oleh suhu, fluktuasi permukaan air tanah dan ketersediaan bahan organik **labil**.

Ketergantungan antara vegetasi dan struktur kubah gambut membuat ekosistem ini sangat rapuh dan rentan terhadap perubahan, terutama perubahan hidrologi.

Selain aliran karbon gas, beberapa karbon hilang secara alami oleh peluluhan dan pengurasan drainase, melalui ekspor **fluvial** dari **karbon organik terlarut (DOC)** dan **karbon organik partikulat (POC)**, lihat Gambar 15. DOC dan POC adalah bentuk karbon yang berpindah melalui air yang diluluhkan dari bahan organik di sekitarnya. Begitu berada di sistem drainase lahan gambut berupa aliran dan sungai kecil, sebagian besar karbon organik ini diperkirakan terbebaskan sebagai CO₂ dan dilepaskan ke atmosfer.



Gambar 15: Diagram skematis yang disederhanakan untuk menyoroti jalur input dan output karbon utama pada HRG tropis utuh. Gambar dari Sarah Cook.

Namun, karbon lahan gambut sangat rentan terhadap perubahan lingkungan dan iklim. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, ketika permukaan air tanah turun, oksidasi gambut menyebabkan penguraian dan kehilangan penyimpanan karbon yang sangat cepat ke atmosfer, terutama dalam bentuk CO₂ gas rumah kaca. Oleh karena itu ekosistem lahan gambut dapat berubah dari **penyerap karbon bersih menjadi sumber karbon bersih**.

Pertanian, kehutanan dan, pada tingkat yang lebih rendah, ekstraksi gambut sejauh ini telah mempengaruhi sekitar 25% lahan gambut di Bumi. Sementara sebagian besar lahan gambut yang sangat luas di Amerika Utara dan Rusia masih relatif utuh, beberapa wilayah Eropa, Asia Tengah dan Asia Tenggara, Argentina dan Cile telah mengalami degradasi yang signifikan, dengan adanya

beberapa perubahan penggunaan lahan yang sangat cepat dan ekstensif. baru-baru ini di hutan rawa gambut Asia Tenggara.

Secara ringkas:

Kapasitas penyimpanan karbon lahan gambut ditentukan oleh kemampuan mereka untuk:

- a) Mempertahankan ketidakseimbangan positif net antara GPP tinggi dan rendahnya tingkat dekomposisi bahan organik
 - a. Hal ini tergantung pada pemeliharaan kondisi anoksik dan asam yang menghambat penguraian bahan organik.
 - b. GPP juga sangat dikendalikan oleh struktur vegetasi hutan (kepadatan, tinggi dan diameter batang). Hal ini mengalami perubahan di seluruh kubah gambut sebagai reaksi terhadap faktor abiotik dan biotik yang bervariasi.
- b) Emisi CO₂ heterotrof bergantung pada dinamika mikroba (yang dikendalikan oleh suhu, fluktuasi permukaan air tanah dan ketersediaan bahan organik labil).

4.3. METANA DAN NITROUS OXIDE

Lahan gambut tidak hanya berperan dalam siklus karbon, tetapi juga dalam siklus metana dan nitrogen. Sementara lahan gambut yang sehat memiliki penyimpanan karbon bersih, mereka menghasilkan metana dan nitrat oksida Gas Rumah Kaca. Metana terutama adalah gas rumah kaca yang sangat kuat: **setiap unit metana memiliki 24,5 kali efek pemanasan global dari satu unit CO₂.**

Lahan gambut saat ini menyumbang sebesar 3-5% terhadap total emisi metana global.

Lahan gambut selalu memancarkan metana secara alami, dan emisi ini harus dipertimbangkan sebagai bagian dari garis dasar alami. Secara keseluruhan, emisi metana dari lahan gambut tropis sangat rendah terlepas dari apakah itu adalah hutan rawa gambut alami atau yang telah dikeringkan dan terdegradasi atau yang digunakan untuk pertanian. Sebagian besar rawa gambut yang sehat menyerap dan menyimpan cukup karbon dari atmosfer melalui aktivitas fotosintesis tanaman rawa, sehingga memberi manfaat iklim bersih.

Untuk nitrous oxide (N₂O), emisi dari lahan gambut tropis alami rendah namun ada bukti yang menunjukkan bahwa kenaikan ini mengikuti perubahan penggunaan lahan dan api. Secara umum, emisi N₂O rendah dari lahan gambut alami namun ada bukti bahwa bahan pertanian tersebut melepaskan sejumlah besar gas rumah kaca yang manjur ini.

Perbendaharaan Kata

Produktivitas primer kotor: laju terjadinya fotosintesis atau fotosintesis.

Produktivitas ekosistem bersih: perbedaan antara produksi primer bruto dan respirasi ekosistem total, mewakili jumlah total karbon organik dalam ekosistem yang tersedia untuk penyimpanan, ekspor sebagai karbon organik, atau oksidasi non-biologis terhadap karbon dioksida melalui api atau ultraviolet. oksidasi.

Labil: dapat berubah; mudah diubah atau terurai.

Fluvial: dari atau ditemukan di sungai.

Karbon organik terlarut: bahan organik yang mampu melewati filter $0,45\mu\text{m}$.

Karbon organik partikulat: karbon yang terlalu besar dan disaring dari sampel, dan tetap berada di atas filter (lihat definisi DOC di atas)

Pertanyaan tinjauan

Bahas apa peran lahan gambut tropis dalam siklus karbon lokal dan global.

5. LAHAN GAMBUT PENTING

Lahan gambut penting bagi kita semua. Pentingnya lingkungan terhadap sistem global dan kehidupan manusia dapat digambarkan dengan istilah **layanan ekosistem**. Ini adalah istilah kontensius yang diperdebatkan di dunia akademis, namun saat ini populer dalam kebijakan internasional dan Inggris. Jasa ekosistem dapat dikategorikan dalam empat kelompok yang berbeda: mengatur, menyediakan, mendukung dan menghijaukan jasa ekosistem budaya. Peran lahan gambut tropis dalam siklus air dan karbon adalah contoh pengaturan layanan.

Jasa ekosistem lainnya yang membuat lahan gambut tropis sangat penting diilustrasikan pada tabel di bawah ini.

| Mengatur Jasa Ekosistem | Penyediaan Jasa Ekosistem | Mendukung Jasa Ekosistem | Budaya Jasa Ekosistem |
|-----------------------------------|--|--------------------------|--|
| Mengatur iklim global | Air minum | Pembentukan gambut | Fungsi kemudahan sosial dan fungsi sejarah |
| Mengatur iklim regional dan lokal | Tanaman liar untuk makanan / obat-obatan | Keanekaragaman hayati | Fungsi rekreasi dan estetika |
| Mengatur penampungan hidrologi | Ikan | Siklus hara | Fungsi menyimbolkan, spiritualisasi dan eksistensi |
| Mengatur penampungan hidrokimia | Tanah | | Pendidikan |
| Mengatur kondisi tanah | Bahan Bakar | | |
| Perlindungan erosi | Serat | | |
| Pemurnian air | Kayu | | |
| Pengaturan air | | | |
| Penyimpanan karbon | | | |

Hutan rawa gambut di daerah tropis mewakili ekosistem keanekaragaman hayati yang tinggi dengan ribuan spesies dan kaya akan flora dan fauna yang endemik dan terancam punah. Telah ditemukan bahwa 45% mamalia dan 33% burung yang tercatat di hutan rawa gambut tropis memiliki status IUCN Red List sebagai hewan yang hampir terancam, rentan atau terancam punah. Misalnya, hutan lahan gambut di Asia Tenggara sangat penting bagi kelangsungan hidup beberapa mega fauna karismatik seperti orang utan (Sumatra dan Kalimantan, *Pongo spp.*), Harimau Sumatera (*Panthera Tigris Sumatrae*), Badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis*), Bangau Storm (*Ciconia stormi*) dan Tomistoma (*Tomistoma schlegelii*). Mereka juga merupakan rumah bagi kucing liar yang terancam punah (yaitu dari keluarga kucing) seperti kucing berkepala datar (*Prionailurus planiceps*), macan kumbang Sunda (*Neofelis diardi*), dan kucing marmer (*Pardofelis marmorata*). Hutan rawa gambut di Kalimantan menyediakan habitat bagi delapan spesies primata lainnya, termasuk Owa-Owa Kalimantan Selatan (*Hylobates agilis albibarbis*) dan Lutung Merah (*Presbytis rubicund*). Untuk kedua owa-owa dan orangutan, hutan rawa gambut

Sabangau di Kalimantan Tengah (Kalimantan Selatan) merupakan salah satu populasi berkepanjangan tersisa terbesar di seluruh dunia, dan oleh karena itu merupakan area yang penting untuk konservasi primata ini.

Kondisi hutan rawa gambut secara global juga dianggap mendukung evolusi spesies ikan khusus, dan setiap petak rawa gambut dapat mengandung spesies endemik mereka sendiri (Gambar 16).



Gambar 16: Lahan gambut di Indonesia adalah habitat penting bagi ikan Hal ini pada gilirannya memberikan sumber daya yang sangat penting bagi masyarakat lokal yang sangat bergantung pada ikan dan perikanan untuk penghidupan mereka. Penyediaan ikan merupakan salah satu contoh jasa ekosistem yang disediakan oleh lahan gambut tropis. Foto oleh Sara Thornton/CMTROP/BNF.

Hutan rawa gambut tropis juga mendukung beragam jenis tanaman dan pohon, banyak di antaranya juga menghadapiancaman kepunahan. Sementara mereka mungkin kurang karismatik daripada kera atau mamalia besar; mereka sangat penting bagi konservasi hutan-hutan ini dan keanekaragaman hayati mereka.

Hutan rawa gambut tropis memiliki keragaman flora yang lebih banyak daripada lahan gambut lainnya di dunia. Karena hidrologi dan struktur gambut yang spesifik, pohon-pohon telah beradaptasi dengan tingkat air yang berfluktuasi dan tanah yang tidak stabil - dengan *pneumatophores*, akar gantung dan akar penopang (lihat foto di bawah ini; akar gantung dapat memberikan dukungan struktural bagi pepohonan untuk mengatasi tanah gambut yang tidak stabil, basah; akar penopang dapat membantu mengatasi masalah yang sama dengan membantu menghentikan tercabutnya pohon besar dimana kondisi tanah tidak stabil; *pneumatophores* adalah "akar yang bernapas" yang, seperti bisa terlihat, membantu menangkap oksigen ke akar yang berada di bawah air rawa) (Gambar 17). Hutan rawa gambut membutuhkan adaptasi semacam ini pada saat bersamaan.



Gambar 17: Kanan atas menunjukkan *pneumatophores* (foto dari Wikimedia Commons), Kiri atas menunjukkan akar gantung (foto oleh Cesar Paes Barreto) dan foto bawah menunjukkan akar penopang (foto oleh Marco Schmidt)

Yang membuat hutan rawa gambut selain itu berbeda, adalah bahwa karena karakteristik gambut menentukan jenis pohon yang ditemukan (tergantung pada kedalaman gambut, permukaan air, dll.), tidak ada jenis vegetasi hutan rawa gambut tunggal; setiap hutan rawa gambut akan berbeda dari yang lain terkait dengan komposisi spesies dan ekologi. Ada perubahan pada struktur hutan dan komposisi spesies pohon yang terus-menerus dan berbeda di atas kubah gambut; dari hutan sungai, ke hutan rawa campuran, hingga hutan batang rendah. Selain itu, ada variasi regional yang cukup besar dalam komposisi spesies pohon - mis. di

Kalimantan bagian Utara, spesies pohon rawa gambut yang dominan di gambut yang dalam adalah *Shorea albida*, (Gambar 18) namun spesies ini tidak terjadi di rawa gambut di tempat lain di wilayah ini. Hal ini menyoroti perlunya perlindungan banyak lokasi untuk melindungi seluruh variasi keanekaragaman hayati di dalam ekosistem ini.



Gambar 18: Dr. Sunitha Pangala berdiri di samping *Shorea albida* di atas kubah gambut Mendaram di Brunei. Foto oleh Sunitha Pangala.

Lahan gambut menyediakan lahan pertanian yang buruk dengan adanya permukaan air tanah yang tinggi dan pH rendah dan kandungan hara tanah gambut. Hingga saat ini, mereka pada umumnya hanya mendukung populasi manusia kepadatan rendah. Meskipun demikian, lahan gambut di dunia mendukung jutaan orang yang tinggal di sana dan bergantung padanya untuk merumput ternak, menangkap ikan, memanen alang-alang, bertani sayuran tertentu dan kehutanan.

Di Asia Tenggara, misalnya, lahan gambut dan sungai mereka merupakan sumber ikan yang penting. Ikan adalah salah satu sumber utama mata pencaharian dan protein makanan bagi banyak komunitas di seluruh Kalimantan, dimana penangkapan ikan sering mendukung anggota masyarakat termiskin. Hutan rawa gambut juga merupakan sumber penting tanaman yang digunakan untuk pengobatan dan aspek kehidupan lainnya di Kalimantan. Misalnya, di masa lalu kulit pohon *ehang* (pohon asli Dayak) direbus untuk menghasilkan pewarna untuk mewarnai

jaring dan pakaian. Pohon lain yang disebut *kahui* (nama Dayak) memiliki kayu kuat yang digunakan untuk konstruksi. Upaya untuk meningkatkan produksi di lahan gambut dengan konversi, pengeringan dan pemupukan tanah sering kali sangat tidak berkelanjutan. Pada bab berikut kita akan melihat ancaman yang dihadapi lahan gambut tropis secara lebih rinci. Degradasi lahan gambut tidak hanya berdampak serius terhadap lingkungan, iklim dan keanekaragaman hayati, namun juga terhadap masyarakat yang bergantung pada lahan gambut dan hutan mereka untuk kesejahteraan dan penghidupan mereka.

Tautan berguna:

1. Tonton video ini tentang 'Suara Komunitas', yang menunjukkan suara para petani dan nelayan yang tinggal dan bekerja di daerah lahan gambut di Kalimantan Tengah, untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang mengapa lahan gambut penting: <https://www.youtube.com/watch?v=CAjs565FgQQ> [9:08 min]
2. Tonton video berikut untuk memahami mengapa lahan gambut penting, dan mengapa degradasi mereka mengenai, 'Mengapa lahan gambut penting': <https://www.youtube.com/watch?v=1C7ecAoXav0> [2.22 menit]
3. Cari tahu lebih lanjut tentang peran lahan gambut dalam pengaturan iklim dan keanekaragaman hayati (ini memiliki fokus pada lahan gambut di wilayah beriklim sedang): <https://www.youtube.com/watch?v=ZcxZ9qvNfSU> [14,25 menit]

Perbendaharaan Kata

Ecosystem services: manfaat yang diperoleh oleh manusia dari ekosistem. Ada empat kategori jasa ekosistem - pendukung, pengadaan, pengaturan dan budaya.

Pertanyaan tinjauan

Bahas mengapa lahan gambut tropis penting bagi a) masyarakat lokal dan b) masyarakat global.

Apa itu jasa ekosistem, dan berikan contoh masing-masing kategori jasa ekosistem untuk lahan gambut tropis.

6. ANCAMAN YANG DIHADAPI LAHAN GAMBUT TROPIS

Di seluruh dunia, lahan gambut menghadapi ancaman, terutama melalui pemanenan, konversi ke penggunaan lahan lain dan drainase. **Eksplorasi oleh manusia telah merusak atau menghancurkan 25% lahan gambut di bumi.** Hal ini berdampak langsung terhadap hilangnya jasa ekosistem dan terhadap perubahan iklim, dan oleh karena itu relevan bagi kita semua: secara global, degradasi lahan gambut berkontribusi pada lebih dari 3.000 juta ton emisi CO₂ per tahun. Ini setara dengan 11,5% dari seluruh emisi bahan bakar fosil global (26.000 juta ton CO₂).

Saat ini, kurang dari 6% hutan rawa gambut di Asia Tenggara tetap dalam kondisi yang hampir utuh: 43.000 km² (27%) dikuasai perkebunan skala besar dan 35.000 km² (24%) digunakan untuk pertanian skala kecil. Di Asia Tenggara saja, lebih dari 2.000 juta ton CO₂ dilepaskan per tahun karena kehilangan lahan gambut, dimana 90% berasal dari Indonesia. **Hal ini sama dengan 8% dari semua emisi CO₂ global.**

Materi ini berfokus pada ancaman utama yaitu: drainase, penurunan lahan, kebakaran dan perluasan perkebunan kelapa sawit. Ini sangat terkait satu sama lain seperti yang akan dijelaskan lebih lanjut di bagian berikutnya.



Gambar 19: Lahan gambut tropis yang terdegradasi dan terbakar, menunjukkan kanal drainase Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

6.1. DRAINASE



Gambar 20: Saluran drainase di lahan gambut tropis di Indonesia. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

Salah satu ancaman utama terhadap ekosistem lahan gambut adalah gangguan keseimbangan hidrologi alami mereka melalui pembangunan kanal drainase (Gambar 20) untuk pengangkutan kayu keluar dari hutan atau menurunnya permukaan air tanah untuk keperluan pertanian. Seiring turunnya permukaan air, lapisan gambut menjadi kering dan terpapar oksigen, yang kemudian mengatalisis dekomposisi mereka dan meningkatkan kerentanannya terhadap kebakaran. Oleh karena itu, drainase menyebabkan meningkatnya risiko kekeringan pada musim kemarau dan mengakibatkan kebakaran. Oksidasi gambut setelah drainase menyebabkan emisi CO₂ ke atmosfer di kisaran 355-874 Mt CO₂ per tahun untuk semua lahan gambut Asia Tenggara. Sejak tahun 1990, dekomposisi tanah gambut yang dikeringkan di Asia Tenggara telah bertanggung jawab atas emisi sekitar 0,2 Pg karbon per tahun. Untuk memasukkan angka ini ke dalam perspektif, ini menyumbang 18% dari emisi karbon global bersih saat ini yang timbul dari penggunaan lahan dan perubahan luas lahan . Siklus air dan siklus karbon lahan gambut dengan demikian saling berhubungan.

Sebagian besar lahan gambut di seluruh dunia saat ini dikeringkan untuk pertanian, kehutanan, dan, pada tingkat yang lebih rendah, ekstraksi gambut. Jika tidak dikelola dengan baik, drainase, konversi ke lahan pertanian dan pemupukan tanah gambut dapat mengubah lahan gambut menjadi sumber gas rumah kaca (GRK) yang besar, dan pada akhirnya, menjadi bentangan tanah yang sangat sulit dikelola karena penurunan permukaan lahan dan meningkatnya risiko banjir.

Salah satu contoh drainase gambut berskala besar dan dampaknya terhadap lingkungan adalah proyek Mega Rice Project (MRP) atau Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah (Gambar 21). Di sini, total 4.600 km kanal digali untuk mengalirkan lahan gambut di bawah sebuah proyek yang dimulai pada tahun 1995 oleh Presiden Suharto yang bertujuan untuk mengonversi lebih dari 10.000 km² lahan gambut menjadi sawah. Namun, seperti yang diantisipasi oleh ilmuwan pada saat itu, lahan asam dan drainase yang berlebihan terbukti tidak tepat untuk menanam padi dan proyek tersebut segera ditinggalkan. Karena drainase yang disebabkan oleh konstruksi kanal-kanal besar, gambut menjadi sangat kering selama musim kemarau, dan kebakaran sekarang merupakan kejadian hampir setiap tahun yang telah menghancurkan kawasan hutan yang luas dan juga membakar kedalaman gambut itu sendiri. Setelah kegagalan MRP, para transmigran yang dipindahkan ke daerah tersebut untuk bekerja di sawah ditinggalkan tanpa sarana penghasilan, dan banyak menjadi 'pengungsi lingkungan', yang beralih ke pembalakan liar dan penambangan emas. MRP telah disebut sebagai salah satu bencana lingkungan terbesar pada Abad ke-20 dan upaya konservasi sangat dibutuhkan untuk melindungi sisa-sisa bidang hutan dan untuk merehabilitasi hidrologi lahan gambut, baik untuk melestarikan keanekaragaman hayati hutan yang tersisa dan karbon yang tersimpan di dalam gambut yang mendasarinya..

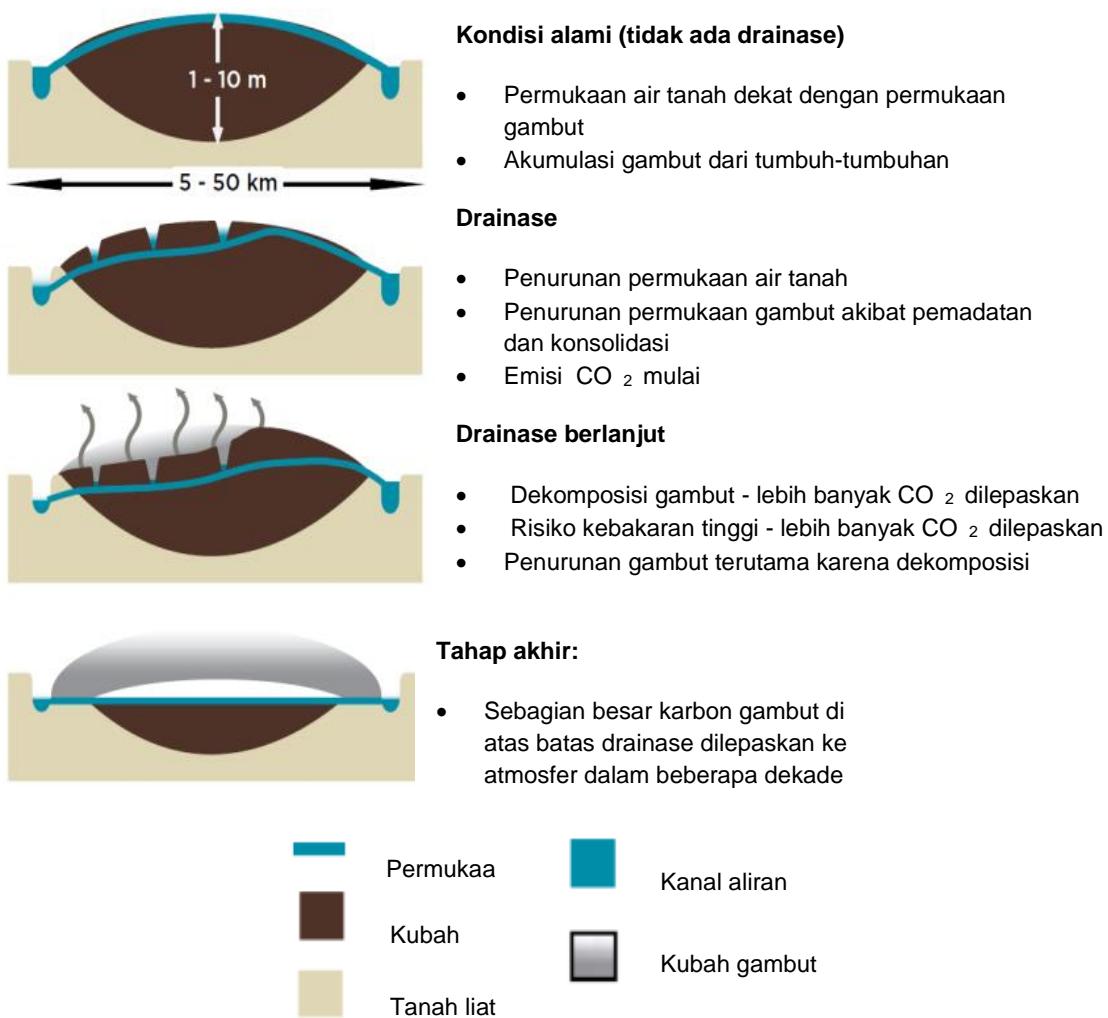


Gambar 21: Kawasan Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar yang pertama di Kalimantan. Bentangan tanah gambut yang dikeringkan ini sering mengalami kebakaran yang mengakibatkan hilangnya karbon ke atmosfer dari pembakaran biomassa hutan dan gambut di bawahnya yang telah dikeringkan. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

Sementara emisi karbon yang timbul dari drainase lahan gambut dapat mendominasi beberapa perdebatan lingkungan karena potensi mereka terhadap pemanasan iklim, ada juga, implikasi lokal dan regional penting dari pengeringan lahan gambut, termasuk peningkatan risiko banjir dan kebakaran terkait dengan dampak kesehatan manusia dan ekonomi sosial.

6.2. PENURUNAN TANAH

Masalah serius lainnya yang terkait dengan pengeringan lahan gambut dan hilangnya unsur organik tanah, adalah penurunan permukaan tanah, yang disebut *subsidence*. Hal ini bisa terjadi pada tanah gambut setelah pengeringan karena pemasangan, konsolidasi dan kehilangan volume. Tanah gambut terdiri dari sekitar 10% bahan organik (karbon) yang terakumulasi dan 90% air. Oleh karena itu, ketika air dibuang setelah pengeringan, karbon pada tanah gambut terpapar kondisi aerobik, menyebabkan dekomposisi gambut yang sebelumnya telah dibahas (dan emisi CO₂ yang dihasilkan). Proses ini berlanjut selama drainase terjadi dan sampai semua gambut di atas tingkat drainase hilang. Proses ini diilustrasikan pada Gambar 22.



Gambar 22: Proses drainase dan penurunan tanah di lahan gambut. Diagram dari Susan Page.

Di seluruh dunia penurunan lahan gambut telah menyebabkan masalah drainase (yaitu meningkatnya risiko banjir musiman atau terus menerus), intrusi garam ke lahan gambut pesisir dan pada akhirnya kehilangan lahan produktif. Diperkirakan bahwa lahan gambut yang dikeringkan di zona beriklim sedang bisa turun setinggi 1 sampai 2 cm per tahun. Di daerah tropis tingkat penurunan bisa setinggi 3 sampai 5 cm per tahun. Hal ini disebabkan oleh suhu tinggi sepanjang tahun di daerah ini, yang mendorong tingkat dekomposisi gambut yang lebih tinggi. Akibatnya, dan hanya dalam beberapa dekade, penurunan yang berkelanjutan kemungkinan akan mengancam produktivitas pertanian dan ekonomi jangka panjang dari lahan gambut tropis pesisir yang dikeringkan di, mis. Asia Tenggara, karena mereka semakin rentan terhadap banjir sungai dan pesisir.



Gambar 23: Penurunan tiang di lahan gambut di Johor, Semenanjung Malaysia. Tiang tersebut disisipkan di samping perkebunan kelapa sawit pada tahun 1978, dan pada saat foto ini diambil (2007), telah terjadi penurunan sedalam 2,3 m.

Gambar dari Susan Page, University of Leicester.

Selain penyimpanan karbon, lahan gambut memainkan peran penting dalam melindungi daerah yang berdekatan atau hilir terhadap banjir setelah hujan deras dan untuk memastikan adanya pasokan air bersih sepanjang tahun. Jika terjadi penurunan kapasitas produksi dan penyediaan untuk masyarakat lokal (manusia dan hewan) hilang, dan pada akhirnya, dapat menyebabkan gangguan ekosistem. Sebagai contoh, di dalam Delta Sungai Rajang di sepanjang pantai Sarawak, Borneo, cakupan perkebunan kelapa sawit berskala industri di lahan gambut telah meningkat dari 6% menjadi 47% antara tahun 2000 dan 2014, dimana sebagian besar lahan gambut non-perkebunan yang tersisa juga terpengaruh oleh drainase. Pengaruh pada dataran rendah pesisir yang terkena dampak oleh penurunan sudah terjadi dan akan semakin meningkat dan meningkatkan risiko dan durasi banjir. Model banjir yang dihasilkan oleh Deltares

(<https://www.youtube.com/watch?v=SRwrAczShUc>), menunjukkan bahwa risiko banjir perkebunan diperkirakan 29% di tahun 2009, akan meningkat menjadi 42% dalam 25 tahun, 56% dalam 50 tahun, dan 82% dalam 100 tahun. Seiring dengan meningkatnya kondisi banjir dalam hal frekuensi dan dampak, diperkirakan bahwa produksi kelapa sawit pada akhirnya harus ditinggalkan di sebagian besar wilayah.

6.3. KEBAKARAN

Ketika lahan gambut dikeringkan, mereka menjadi sangat rentan terhadap kebakaran gambut. Gambut kering sangat mudah terbakar dan bisa terbakar selama berhari-hari atau berminggu-minggu, bahkan membara di bawah tanah. Hal ini membuat kebakaran lahan gambut tropis sangat sulit untuk dipadamkan, sangat sulit untuk diprediksi dan dikendalikan. Kebakaran gambut di Asia Tenggara dapat membakar ribuan kilometer persegi lahan gambut dalam satu musim kemarau. Kebakaran sangat jarang terjadi di lahan gambut yang tidak terdegradasi dan tidak dikeringkan; tetapi pada lahan gambut yang dikeringkan, kebakaran bisa berlangsung berminggu-minggu, bahkan kadang berbulan-bulan, membakar ke dalam lapisan gambut yang tebal meliputi area yang luas. Kombinasi tingkat laju oksidasi gambut yang cepat dan kebakaran yang sering terjadi mengindikasikan bahwa kawasan Asia Tenggara telah diidentifikasi sebagai 'titik panas' global bagi emisi gas rumah kaca gambut.



Gambar 24: Lahan gambut tropis yang terbakar, foto dari Borneo Nature Foundation/CIMTROP.

Beberapa peristiwa kebakaran gambut yang paling parah dari tahun 1960 sampai sekarang telah terjadi selama tahun-tahun dengan curah hujan rendah yang disebabkan oleh peristiwa El Niño-Southern Oscillation (ENSO). Kebakaran di tahun 1997-98 membakar 97.000 -117.000 km² di Borneo dan Sumatra, termasuk rawa gambut tropis seluas 15.000 km².

Pada tahun 2015 Indonesia sekali lagi terkena bencana kebakaran: kemarau terkait El Niño yang dikombinasikan dengan gangguan hutan dan drainase lahan gambut yang meluas membuat tahun 2015 menjadi musim kebakaran terburuk sejak 1997. Besaran emisi dari kebakaran dan dekomposisi lahan gambut adalah sebanding dengan yang terjadi pada tahun 1997, dengan kebakaran yang menyebabkan pelepasan karbon total 227 ± 67 Tg C. Untuk memberikan gambaran mengenai ini, jumlah pelepasan CO₂ setiap hari selama musim kebakaran tahun 2015 melebihi emisi bahan bakar fosil harian dari seluruh Uni Eropa (EU28) (data dari Huijnen *dkk*, 2016).

Di Asia Tenggara, kebakaran lahan gambut hampir seluruhnya berasal dari antropogenik dan sebagian besar terjadi di musim kemarau. Teknik pertanian tebang dan bakar memiliki sejarah panjang di wilayah ini, dan mata pencaharian petani kecil pada umumnya masih bergantung pada membakar sebagai satu-satunya cara yang terjangkau untuk membuka lahan dengan cepat. Oleh karena itu, upaya pemerintah Indonesia untuk melarang penggunaan api telah mendapat perlawanan dari petani. Perkebunan kelapa sawit milik perusahaan besar dan kecil juga menggunakan api untuk membuka lahan dan pemilik lahan menggunakan api untuk menunjukkan penggunaan lahan, karena di bawah hukum Indonesia, lahan yang tidak terpakai dianggap tersedia untuk ditempati. Kebakaran juga disulut melalui pembakaran dengan sengaja, dari api untuk memasak, untuk menciptakan akses yang lebih baik terhadap kayu berharga dan untuk memburu hewan, termasuk ikan. Kebakaran sering digunakan untuk menyelesaikan sengketa tanah dan dalam beberapa kasus untuk mengusir pemukim. Penyebab kebakaran dengan demikian banyak dan beragam.



Gambar 25: Sungai gambut Sabangau di Indonesia, diselimuti kabut asap berbahaya dari kebakaran lahan gambut dan hutan pada tahun 2015. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

Implikasi emisi karbon dari kebakaran gambut dan oksidasi gambut terhadap perubahan iklim adalah sangat serius; Indonesia bertanggung jawab atas emisi CO₂ ketiga tertinggi di seluruh dunia. Selanjutnya, perkiraan menunjukkan bahwa kebakaran tahun 1997 menyumbang setara

dengan 13-40% emisi karbon global dari bahan bakar fosil pada tahun itu, sementara biaya ekonomi dari kebakaran tahun 2015 dan polusi udara terkait (kabut asap) telah diperkirakan sementara sebesar USD 16,1 miliar atau sekitar 1,8% PDB 2014 Indonesia. Kerugian pendapatan dan properti akibat kebakaran, bersamaan dengan kabut asap dan dampak kesehatan bagi masyarakat terkait, banjir, penurunan pendapatan dari hasil hutan dan hasil hutan bukan kayu dan ikan, berkontribusi pada pemiskinan masyarakat lokal.

Sifat api gambut yang membbara adalah mereka membakar perlahan ke dalam dan di bawah tanah, mengonsumsi gambut yang kaya akan karbon sebagai sumber bahan bakar. Hasilnya adalah asap beracun yang padat yang mengandung campuran gas rumah kaca, termasuk CO₂ dan metana, bersama dengan karbon monoksida, partikulat kecil dan aerosol yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Selama kebakaran gambut tahun 1997-98, konsentrasi partikulat rata-rata tahunan mencapai 200 $\mu\text{g m}^{-3}$ dekat sumber api selama lebih dari 50 hari melintas Asia Tenggara (Sumatera Tenggara dan Kalimantan Selatan), yang melebihi target kualitas udara 24-jam WHO (50 $\mu\text{g m}^{-3}$).

Mengenai kebakaran tahun 2015, penelitian telah menemukan bahwa konsentrasi partikel yang tinggi memaparkan 69 juta orang terhadap kondisi kualitas udara yang tidak sehat, dengan paparan jangka pendek terhadap polusi ini berpotensi menyebabkan hampir lebih dari 12.000 kematian. Konsentrasi partikulat juga mencapai tingkat berbahaya: sebuah stasiun AERONET (NASA) di Palangkaraya, salah satu kota yang paling parah terkena dampak di Kalimantan, mendeteksi adanya peningkatan enam kali lipat partikel yang terbawa udara. Selanjutnya, di bagian selatan Sumatra dan Kalimantan bagian selatan, Indeks Standar Polutan Indonesia (PSI): yang menggabungkan unsur partikel, sulfur dioksida, nitrogen dioksida, karbon monoksida dan ozon, melonjak di atas 2000. Nilai mana pun di atas 350 dianggap berbahaya bagi kesehatan manusia.

Akibat kabut asap yang sering terjadi akibat kebakaran gambut dan hutan, diperkirakan sekitar 30% anak-anak yang tinggal di sekitar lahan gambut di Indonesia mengalami gangguan pernapasan dan hambatan pertumbuhan. Selain itu, setiap kejadian kebakaran menyebabkan ribuan pasien rawat inap, karena adanya peningkatan kondisi gangguan pernapasan dan jantung.

Setelah kebakaran pada tahun 2015, sekitar 26.110 km² lahan gambut terbakar dengan konsekuensi negatif yang signifikan bagi flora, fauna rawa gambut tropis dan kelompok masyarakat di daerah yang terbakar. Kebakaran pada tahun 2015 merupakan malapetaka bagi iklim, lingkungan, dan manusia.

6.4. EKSPANSI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Minyak kelapa sawit diekstrak dari buah pohon kelapa sawit, *Elaeis guineensis*. Minyak kelapa sawit digunakan sebagai minyak makanan, biofuel, dan ditemukan dalam segala hal mulai dari sampo hingga donat. Sekarang inilah minyak nabati paling umum di dunia.

Kelapa sawit telah memainkan peran sentral dalam perubahan penggunaan lahan yang diamati di Indonesia dan Malaysia selama beberapa dekade terakhir, didorong oleh kebutuhan konsumen global untuk produk berbasis minyak nabati. Akibatnya, bentuk konversi ini bertanggung jawab atas 16% dan 32% dari total emisi masing-masing dari perubahan penggunaan lahan dan oksidasi gambut di Indonesia dan Malaysia.

Pada tahun 2010, diperkirakan bahwa perkebunan industri, yang didominasi oleh kelapa sawit, mencakup sekitar 3,1 juta ha (Mha) lahan gambut yang tersebar di Semenanjung Malaysia, Kalimantan dan Sumatera. Namun, angka yang lebih baru menunjukkan bahwa sekarang ini telah meningkat menjadi 4,3 Mha, dengan 50% hutan rawa gambut di wilayah ini sekarang meliputi 'lahan yang dikelola' (22,4% petani kecil; 27,4% industri). Setelah pendekatan 'business as usual' (BAU), disarankan bahwa hal ini bisa mencapai lebih dari 6 sampai 9 Mha pada tahun 2020.

Sekitar 90% produksi minyak sawit di dunia terjadi di Indonesia dan Malaysia. Dari perkebunan ini, 20% ditanam di atas tanah gambut, yang sebelumnya terdiri dari hutan rawa gambut. Sumatera memiliki luas perkebunan kelapa sawit terbesar di atas gambut (1,3 Mha), diikuti oleh Kalimantan (730.750 ha), Sarawak (717.830 ha) dan, dan Semenanjung Malaysia (275.680 ha). Tingkat pengembangan kelapa sawit tertinggi di atas lahan gambut berada di Sarawak: tingkat perubahan selama periode sementara terakhir hutan rawa di Sarawak sekitar 7% per tahun (59.620 ha) dan hampir semua kehilangan hutan gambut dapat dikaitkan secara langsung pada pembentukan perkebunan kelapa sawit baru.

Lahan gambut tidak cocok untuk produksi kelapa sawit: tanah memiliki tingkat kesuburan yang buruk dan terlalu basah untuk pepohonan. Oleh karena itu, lahan gambut harus ditebang dan dikeringkan agar pohon kelapa sawit dapat ditanam. Hal ini menyebabkan terjadinya oksidasi, degradasi, penurunan lahan gambut, dan kerentanan terhadap kebakaran.

Hal ini juga berarti bahwa kelapa sawit di atas gambut berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca yang signifikan. Mengingat bahwa Indonesia memiliki lebih dari 30.000 km² perkebunan kelapa sawit dan jumlah serupa perkebunan rakyat kecil di atas gambut, drainase untuk produksi minyak kelapa sawit, dengan menggunakan perkiraan konservatif, menyebabkan emisi 438 juta ton CO₂ per tahun. Dengan panen sebesar 2-6 ton minyak kelapa sawit per hektar, minyak kelapa sawit menyebabkan emisi CO₂ 10 kali lipat lebih besar dari bahan bakar fosil. Antara 2000 dan 2009, penanaman kelapa sawit di Indonesia bertanggung jawab atas 2-9% emisi dari penggunaan lahan tropis di seluruh dunia.



Gambar 26: Perkebunan kelapa sawit di Sarawak, Malaysia. Foto oleh Sarah Cook.

Produksi minyak kelapa sawit juga berdampak buruk pada keanekaragaman hayati dan hak asasi manusia. Begitu hutan rawa gambut dibuka, hanya sedikit keanekaragaman hayati yang tersisa, sementara pengusaha kelapa sawit dituduh menggunakan kerja paksa, merebut tanah dari penduduk lokal dan melakukan pelanggaran hak asasi manusia lainnya.

Telah ada pergerakan yang signifikan dari negara-negara di Asia Tenggara untuk mengatasi dampak kelapa sawit, walaupun masih banyak yang harus dilakukan. Pada tahun 2010, Indonesia menetapkan moratorium mengenai konsesi baru untuk usaha kelapa sawit, kayu dan penebangan kayu di hutan primer dan lahan gambut. Selain itu, Indonesia telah menanggapi kondisi kabut asap yang memburuk dengan meminta penghentian dan pengeringan lahan gambut, dan pemulihan yang telah terkuras. Malaysia juga mulai bertindak untuk melindungi beberapa hutannya, walaupun perlindungannya sejauh ini belum sekuat yang di Indonesia.

Di sisi sektor swasta, Perjanjian Meja Bundar tentang Minyak Sawit Berkelaanjutan / Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) telah dibentuk agar produsen minyak, organisasi non-pemerintah (LSM) dan pemangku kepentingan lainnya bersama-sama berusaha untuk meningkatkan keberlanjutan produksi kelapa sawit. Namun, standar RSPO saat ini gagal dalam hal-hal penting. Misalnya, sementara hutan primer dilindungi oleh peraturan RSPO, hutan sekunder, yang rusak, atau yang sedang mengalami regenerasi tidak terlindungi. Lahan gambut juga mendapat sedikit perlindungan berdasarkan peraturan RSPO. Jadi "sertifikasi RSPO" tidak selalu berarti "bebas penggundulan hutan." Namun demikian, upaya untuk meningkatkan standar harus disambut baik karena mereka telah meningkatkan kesadaran konsumen akan isu-isu yang berkaitan dengan produksi minyak kelapa sawit dan tekanan yang meningkat pada industri untuk mendapatkan sertifikasi.

Langkah lebih lanjut yang di sambut baik adalah peraturan UE (2014) yang mewajibkan sumber minyak nabati dalam produk makanan untuk dicantumkan dalam kemasan makanan. Hal ini berarti bahwa minyak kelapa sawit tidak dapat diberi label hanya sebagai 'minyak nabati' dengan harus disebutkannya sumber minyak (mis. kelapa sawit, *rapeseed*, kelapa dll.). Hal ini memungkinkan konsumen untuk membuat pilihan yang lebih terarah dalam pembelian mereka dan memungkinkan produsen untuk melihat apakah ada permintaan untuk minyak sawit berkelanjutan dan produk dengan label RSPO atau sejenisnya.

Gagasan aktivitas:

Mintalah siswa mengeksplorasi pertanyaan:

- Apa manfaat dan kekurangan produksi kelapa sawit? Pertimbangkan manfaat lingkungan, sosial dan ekonomi (dis).
- Apa itu RSPO, dan apakah mungkin memiliki minyak kelapa sawit berkelanjutan?
- Periksa belanjaan mingguan keluarga Anda: berapa banyak darinya mengandung minyak kelapa sawit? Berapa banyak mengandung minyak kelapa sawit bersertifikat?
- Apa yang dapat Anda lakukan sebagai individu untuk mendukung gerakan menuju kelapa sawit yang lebih lestari di dunia?

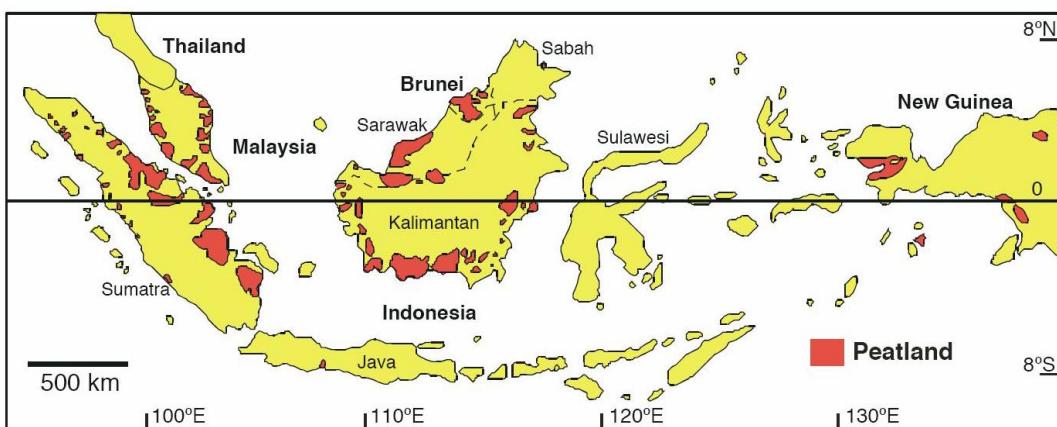
Tautan berguna:

1. 'Produksi minyak kelapa sawit, kehilangan lahan gambut dan emisi CO2':
<https://www.youtube.com/watch?v=KsWHLGEVodk&t=20s> [4,28 min]
2. 'Kerusakan Gambut, Penurunan Tanah dan Banjir di Asia Tenggara':
https://www.youtube.com/watch?v=FhLkBGYI_tw&t=39s [4,48 min]
3. 'Pemimpin masyarakat adat dan masyarakat mengunjungi UE untuk meminta kelapa sawit bebas konflik' [article]:
<https://news.mongabay.com/2016/05/indigenous-forest-community-leaders-tur-eu-call-conflict-free-palm-oil/>
4. 'Studi memetakan 187 lahan konflik saat minyak sawit melakukan pengembangan di Kalimantan' [artikel]: <https://news.mongabay.com/2016/12/study-maps-187-land-conflicts-as-palm-oil-expand-in-kalimantan/>
5. 'Hak atas tanah lokal mungkin berada dalam bahaya dalam meningkatkan minyak sawit di Liberia' [article]: <https://news.mongabay.com/2015/03/local-land-rights-may-be-in-danger-from-push-for-palm-oil-in-liberia/>
6. 'Perusahaan kelapa sawit yang mengabaikan hak masyarakat, studi baru menunjukkan' [article]: <https://news.mongabay.com/2013/11/palm-oil-companies->

Pertanyaan Tinjauan

Bahas ancaman utama yang dihadapi lahan gambut tropis, penyebab ancaman ini dan bagaimana mereka berdampak terhadap siklus air dan karbon ekosistem lahan gambut tropis.

7. STUDI KASUS 1: GAMBUT ASIA TENGGARA DAN INDONESIA



Gambar 27: Distribusi lahan gambut tropis yang ditemukan di seluruh Asia Tenggara. Gambar dari Halaman dkk. (2004).

Lahan gambut meliputi 12% wilayah daratan Asia Tenggara (didefinisikan sebagai Indonesia, Malaysia, Brunei dan Papua Nugini) (Gambar 27). Ini sama dengan 270.000 km². Indonesia memiliki luas 225.000 km², Malaysia 20.000 km² dan Papua New Guinea 26.000 km².

Hutan lahan gambut di Asia Tenggara termasuk di antara bidang luas hutan tropis terakhir di daerah ini. Sampai saat ini, hutan rawa gambut tropis Asia Tenggara merupakan ekosistem yang terabaikan dengan prioritas konservasi rendah. Namun, sekarang jelas bahwa hutan-hutan ini mengandung keanekaragaman fauna dan flora yang tinggi, dan sayangnya beberapa spesies ini menghadapi ancaman kepunahan. Sebanyak 45% mamalia dan 33% burung yang tercatat di TPSF (Hutan Rawa Gambut Tropis) tergolong hampir terancam, rentan atau terancam punah oleh IUCN. Akhirnya, karena karakteristik TPSF yang unik seperti air asam, sungai dan perairan hutan-hutan ini adalah habitat penting ikan yang mengandung berbagai spesies *stenotopik* endemik (spesies yang hanya mampu menoleransi bentangan habitat atau kondisi ekologis yang terbatas dan spesifik). Daerah-daerah ini juga sangat penting untuk kelangsungan hidup orang utan, harimau Sumatera, badak Sumatera, serta spesies langka yang kurang terkenal seperti Bebek bersayap putih, bangau Storm dan Buaya Senyulong yang memiliki populasi kecil yang terutama terbatas pada hutan rawa gambut.

Namun, sudah lebih dari 90% hutan rawa gambut di Asia Tenggara terkena dampak drainase, konversi atau penebangan. Antara tahun 1985 dan 2005, lahan gambut di Asia Tenggara mengalami penggundulan hutan pada tingkat rata-rata 1,3% per tahun; nilai tertinggi ditemukan di Kalimantan Timur (2,8%) dan terendah di Papua (0,5%). Hal ini adalah dua kali lipat laju penggundulan hutan dari jenis hutan lainnya di wilayah ini. Daerah luas lahan gambut telah di eksploitasi dengan cepat untuk keuntungan ekonomi; mendorong konversi lahan melalui penggundulan hutan, drainase dan kebakaran. Akibatnya, hanya 6% hutan rawa gambut di Semenanjung Malaysia, Kalimantan dan Sumatera yang sekarang dianggap masih asli. Konversi hutan rawa gambut menjadi penggunaan lahan lainnya berkontribusi secara signifikan terhadap emisi gas rumah kaca (GRK) antropogenik global, dengan jenis luas lahan yang dikelola

memberikan kontribusi sebesar 78% dari total emisi oksidasi gambut di Asia Tenggara (146.2 Mt C yr⁻¹).

Hutan rawa gambut tropis Kalimantan Tengah termasuk di antara yang paling luas di Asia Tenggara. Kalimantan Tengah memiliki sekitar 13,5% lahan gambut di seluruh Indonesia, dimana seperlima provinsi terdiri dari lahan gambut. Hutan Sabangau di Kalimantan Tengah adalah tempat tinggal bagi sisa populasi berdekatan terbesar orang utan dan siamang Kalimantan selatan (*Hylobates albarbis*) di dunia .

Namun, provinsi Kalimantan Tengah di Indonesia telah mengalami penggundulan hutan dan degradasi hutan besar-besaran karena operasi pembalakan liar dan resmi, ditambah pembukaan lahan dan kebakaran untuk pertanian skala kecil dan perkebunan. Dengan ekspansi perkebunan kayu dan minyak kelapa sawit yang cepat, Kalimantan Tengah sekarang merupakan provinsi dengan tingkat penggundulan hutan tertinggi di Indonesia. Hilangnya hutan ini tidak hanya berdampak negatif terhadap keanekaragaman hayati di daerah tersebut tetapi juga terhadap masyarakat lokal, dimana banyak yang bergantung pada hutan untuk penghidupan mereka.

Contoh degradasi lahan gambut yang terbesar dan yang menimbulkan malapetaka adalah MRP (Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar) di Kalimantan Tengah. Pada pertengahan tahun sembilan puluhan, proyek reklamasi berskala besar ini berusaha mengubah 1,5 juta hektar hutan rawa gambut menjadi lahan pertanian untuk produksi padi, meskipun banyak peringatan dari ilmuwan dan pelestari alam bahwa hal ini tidak mungkin dilakukan. Ribuan orang pindah ke daerah tersebut, banyak sebagai bagian dari **program transmigrasi** (lihat boks di bawah). Produksi beras tampaknya mungkin pada kurang dari 2% dari total luas lahan. Penghasilan terutama berasal dari penebangan di dan sekitar area MRP. Banyak orang pindah ke tempat lain, namun penduduk desa yang tinggal di lahan gambut semakin banyak menghadapi banjir karena turunnya permukaan tanah. Saat ini, area yang dikeringkan dan bekas tebangan adalah lokasi kebakaran gambut tahunan. Selain bentuk degradasi yang nyata ini, penurunan yang lebih tak terlihat dan penguraian (oksidasi) gambut berlangsung dengan sangat cepat.

Transmigrasi di Indonesia

Transmigrasi adalah program yang dibuat oleh pemerintah Indonesia untuk mengurangi kepadatan penduduk di ibu kota Jawa dan wilayah-wilayah berpenduduk padat dengan memindahkan orang-orang ke daerah-daerah yang kurang padat di Indonesia seperti Kalimantan. Pemerintah menyediakan tanah, uang dan pupuk bagi mereka yang pindah dan mendukung mereka untuk mulai bertani di lokasi baru mereka. Transmigrasi menyebabkan banyak masalah yang berkaitan dengan hak-hak masyarakat adat (transmigran kadang-kadang diberi lahan yang sudah digunakan oleh masyarakat adat tanpa hak tanah resmi, pengelolaan lahan dan degradasi hutan karena meningkatnya populasi dan praktik yang tidak berkelanjutan.

Temukan lebih banyak lagi:

- <http://gcsegeographyhelp.blogspot.co.uk/2016/06/transmigration-in-indonesia.html>
- <https://geographyatmanor.wikispaces.com/Transmigration>
- <http://www.downtoearth-indonesia.org/old-site/ctrans.htm>

Gagasan aktivitas:

Mintalah siswa mengeksplorasi pertanyaan:

- Apakah Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar? Mengapa dimulai dan mengapa gagal?
- Apa konsekuensi sosial, lingkungan dan ekonomi dari MRP?
- Apa yang sedang dilakukan sekarang untuk mengatasi degradasi lahan gambut di MRP?

Tautan berguna:

1. 'Bom Karbon: Mega Proyek Padi yang Gagal di Indonesia':

<http://www.environmentandsociety.org/arcadia/carbon-bomb-indonesias-failed-mega-rice-project>

2. 'Indonesia memblokir jalur besar di jaringan kanal Mega Proyek Padi yang mengakibatkan kabut asap' [article]:

<https://news.mongabay.com/2017/07/indonesia-blocks-major-artery-in-haze->

8. STUDI KASUS 2: LAHAN GAMBUT AFRIKA DAN CEKUNGAN KONGO

Pada awal tahun 2017, muncul kabar bahwa para ilmuwan telah menemukan lahan gambut terbesar di dunia di rawa-rawa terpencil di Kongo (Gambar 28). Periset memetakan lahan gambut Cuvette Centrale di cekungan Kongo tengah, dan mendapati mereka seluas 145.500 km^2 - wilayah yang lebih luas dari Inggris. Rawa-rawa tersebut bisa mengandung 30 miliar ton karbon yang sebelumnya tidak diketahui keberadaannya, dan setara dengan tiga tahun total emisi bahan bakar fosil di dunia. Lahan gambut ini juga menyimpan hampir 30% karbon gambut tropis di dunia.



Gambar 28: Ilmuwan Lahan Gambut Tropis yang bekerja di cekungan Kongo. Foto oleh Simon Lewis.

Sungguh menakjubkan bahwa hingga 2017 penemuan seperti kompleks gambut yang paling luas di dunia masih bisa dibuat!

Lahan gambut ini tidak hanya penting secara global untuk penyimpanan karbon mereka, namun juga merupakan perlindungan bagi spesies langka seperti gorila dataran rendah dan gajah hutan; hewan yang terancam oleh perkembangan bentangan tanah sekitarnya.

Temuan ini juga menempatkan Republik Demokratik Kongo (DRC) dan Republik Kongo (RoC) sebagai negara kedua dan ketiga terpenting di dunia untuk persediaan karbon gambut tropis. Yang pertama adalah Indonesia. RoC sedang mempertimbangkan untuk memperluas wilayah rawa yang dilindungi dengan memperluas Lac Tele Community Reserve hingga 50.000 km². Mari berharap hal itu terjadi untuk area penting ini.

Karena lokasi mereka yang terpencil, lahan gambut di cekungan Kongo relatif tidak terganggu, namun saat ini juga tidak dilindungi oleh rencana konservasi. Mereka berpotensi menghadapi ancaman dari pengeringan untuk lahan pertanian, seperti kelapa sawit, seperti yang terjadi di Indonesia.

Afrika kini telah menjadi wilayah terdepan baru untuk produksi minyak sawit industri. Dari tahun 2016 sampai 2021, sebanyak 220.000 km² tanah di barat dan tengah Afrika dapat diubah menjadi perkebunan kelapa sawit. Mengikuti pengalaman dari Indonesia dan Malaysia, timbul pertanyaan apakah mungkin untuk membangun industri minyak sawit berkelanjutan yang beroperasi dengan cara yang melindungi hak lingkungan dan hak asasi manusia, dan memberi kesempatan pada masyarakat setempat.

Gagasan aktivitas:

Mintalah siswa mengeksplorasi pertanyaan:

- *Apa arti minyak kelapa sawit berkelanjutan?*
- *Apakah minyak sawit berkelanjutan mungkin?*
- *Apa implikasi minyak kelapa sawit terhadap lingkungan dan manusia? Pertimbangkan perbandingan antar negara atau wilayah.*
- *Pertimbangkan isu hak atas tanah, kebutuhan pangan lokal, kebutuhan budaya dan pendapatan.*
- *Apa Free, Prior and Informed Consent?*

Tautan berguna:

1. *Perbandingan antara industri minyak kelapa sawit di Liberia dan Indonesia:*
<http://rightsandresources.org/en/publication/view/industrial-oil-palm-development-liberias-path-to-sustained-economic-development- dan-shared-prosperity-lessons-from-the-east/>
2. *Dargie dkk. (2017), 'Usia, luas dan penyimpanan karbon di kompleks gambut di Cekungan Kongo' [article]:*
<https://www.nature.com/nature/journal/v542/n7639/full/nature21048.html { ut2}>

9. STUDI KASUS 3: LAHAN GAMBUT DAN RAWA SAWIT PERU

Peru memiliki, setelah Indonesia, DRC dan ROC, hamparan lahan gambut terbesar berikutnya di daerah tropis.

Rawa gambut Peru juga penting untuk buah *aguaje*. Mereka membantu memurnikan air dan menyediakan tempat berkembang biak bagi ikan. Buah *aguaje* dihasilkan oleh pohon palem *Mauritia flexuosa*, yang tumbuh di seluruh Amazon Peru di rawa-rawa yang dikenal sebagai *aguajales*. Ribuan orang bergantung pada memanen buah tersebut untuk penghidupan mereka.

Sama seperti rawa gambut di Indonesia dan Afrika, rawa gambut di Peru menghadapi ancaman dari pembangunan, pertanian dan orang-orang yang memanen buah *aguaje*.

Memanen buah *aguaje* sering melibatkan penebangan pohon palem. Pohon palem tumbuh begitu tinggi sehingga lebih cepat dan mudah memotong seluruh pohon daripada memanjat dan memotong gumpalan *aguaje* yang bergantung.



Gambar 29: Pohon palem *Mauritia flexuosa* di lokasi Quistococha. Foto dari Kelompok Kerja Lahan Gambut Tropis Inggris.

Menebang pohon palem, dikombinasikan dengan penebangan jenis kayu di rawa, dapat mengubah iklim mikro rawa, mengeringkannya dan memperburuk degradasi gambut. Jika tutup kanopi pohon ditiadakan, lebih banyak sinar matahari masuk dan meningkatkan penguapan; hal ini mengubah suhu udara, suhu tanah dan kelembapan tanah.

Di berbagai bagian Amazon Peru, rawa gambut palem telah dibersihkan, dikeringkan dan diubah menjadi sawah atau perkebunan kelapa sawit.

Sama seperti di lahan gambut di Kongo, lahan gambut di Peru masih sedikit misteri. Jangkauan luas pasti mereka tidak diketahui, walaupun mereka diperkirakan mencakup paling sedikit 50.000 km persegi: area yang hampir sama besarnya dengan Costa Rica. Juga, tidak semua rawa palem adalah lahan gambut, dan peneliti tidak yakin mana yang memiliki endapan gambut atau mengapa - yaitu apa kondisi lingkungan yang sama persis yang mendukung terjadinya pembentukan gambut? Karena itu kami membutuhkan lebih banyak peneliti gambut di lapangan!

Pada tahun 2015, para periset melaporkan sebuah lahan gambut yang luas dan yang sebelumnya belum pernah dipetakan seluas 35.000 km persegi di cekungan Amazon bagian atas di bagian timur laut Peru. Rawa Pastaza-Marañón adalah bentangan tanah paling padat karbon di Amazon. Ini mencakup hanya 3% kawasan hutan di Peru namun mengandung 3 miliar ton karbon: hampir setengahnya seperti di semua hutan di atas tanah di negara tersebut. Pastaza-Marañón terancam oleh perluasan pertanian komersial yang terkait dengan infrastruktur transportasi baru. Pembudidaya telah pindah ke wilayah tetangga Ucayali, di mana hutan primer seluas 89 km² telah dibuka untuk perkebunan kelapa sawit. Pemerintah Peru juga memiliki rencana untuk membuat jalan tahan-cuaca pertama ke lahan gambut, menghubungkannya dengan wilayah Peru lainnya, serta Brasil dan Kolombia.

Gagasan aktivitas:

Mintalah siswa mengeksplorasi pertanyaan:

- *Untuk apa buah aguaje digunakan dan mengapa ia penting?*
- *Dapatkah pemanenan buah aguaje dilakukan secara berkelanjutan?*
- *Apakah aspek mata pencaharian lainnya yang bergantung pada rawa gambut?*
Pertimbangkan sebuah perbandingan rawa gambut dan kepentingan mereka terhadap mata pencaharian masyarakat lokal dari berbagai negara.

Tautan berguna:

1. *Di dalam lahan gambut Peru Seorang ilmuwan menjelaskan:*
https://www.youtube.com/watch?v=VD4YD_602Pk [4,50 min]
2. Draper dkk. (2014), 'Distribusi dan jumlah karbon di kompleks lahan gambut terbesar di Amazon' [article]: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/12/124017>

10. SOLUSI MASA DEPAN: OLEH DR. SOPHIE GREEN DAN PROF. SUSAN PAGE

Perubahan mendasar dalam pengelolaan lahan gambut utara dan tropis diperlukan jika cadangan karbon besar mereka dikelola secara bertanggung jawab sementara juga memastikan penggunaan lahan, keanekaragaman hayati dan mata pencaharian dapat dipertahankan atau dilindungi (Gambar 30).



Gambar 30: Keluarga nelayan memeriksa tangkapan mereka di sungai gambut Sabangau di Indonesia. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

Di Asia Tenggara, Eropa dan Amerika Utara, sangat menggembirakan bahwa para periset dan mereka yang mengelola lahan gambut mulai berkolaborasi dalam mencari solusi pengelolaan lahan jangka panjang dan lebih bertanggung jawab dan untuk langkah-langkah sementara untuk mengurangi tingkat gambut yang sedang berlangsung. kerugian di bawah penggunaan lahan yang ada Penelitian dan pengetahuan praktis mengenai pendekatan dan konsekuensi dari penghapusan drainase aktif dan pengerjaan ulang lahan gambut utara bergerak maju dengan cepat, namun pada tahap yang kurang maju di daerah tropis, walaupun ini adalah pengetahuan dan solusi yang sangat dibutuhkan.

Di Asia Tenggara, konversi lahan gambut yang terus berlanjut ke penggunaan pertanian, dan degradasi oleh kebakaran yang berulang disertai dengan meningkatnya risiko banjir, pada akhirnya akan mengakibatkan hilangnya keuntungan ekonomi, meningkatkan kemiskinan bagi masyarakat yang tinggal di dalam dan di sekitar lahan gambut, dan tekanan pada sumber daya

alam yang tersisa. Namun, dengan semangat, isu-isu ini sekarang diakui oleh industri perkebunan dan sejumlah perusahaan kelapa sawit dan bubur kertas yang besar dan berpengalaman telah menghentikan pembangunan gambut lebih lanjut, menerapkan kebijakan pengendalian kebakaran dan api tanpa bakar, dan mulai menerapkan persyaratan pengelolaan air yang lebih ketat. Perkebunan yang ada sebagai langkah kuat ke arah pengelolaan lahan gambut yang bertanggung jawab, Presiden Indonesia telah menetapkan setelah kebakaran tahun 2015 menjadi sebuah Badan Restorasi Lahan Gambut Nasional. Mandat untuk merencanakan dan melaksanakan pemulihan sekitar 20.000 km² lahan gambut yang terdegradasi, instansi tersebut juga mengoordinasikan penelitian tentang kegiatan ekonomi alternatif yang lebih berkelanjutan untuk lahan gambut yang diolah, termasuk metode untuk mengolah tanaman di bawah kondisi yang (lebih) basah.

Penggunaan tanah organik yang 'bertanggung jawab' pasti akan melibatkan gradien opsi penggunaan lahan. Tidak ada solusi universal, namun pada intinya perlu ada pencegahan degradasi lebih lanjut, yang mungkin melibatkan penghentian atau pengurangan intensitas drainase buatan. Di salah satu ujung spektrum, penggunaan lahan gambut yang diusahakan secara bertanggung jawab akan memerlukan penggunaan sumber daya terbatas yang lebih efisien; Sementara pertanian meja air yang tinggi mewakili titik akhir yang ideal, diperlukan lebih banyak penelitian untuk mengembangkan tanaman yang layak secara ekonomi. Di ujung lain spektrum, perlindungan stok karbon gambut dan keanekaragaman hayati mungkin memerlukan penghentian semua drainase dan pemulihan rezim hidrologi yang hampir alami dan komunitas tanaman (Gambar 31).



Gambar 31: Bendungan yang menghalangi kanal drainase di hutan rawa gambut tropis di Indonesia. Foto oleh Sara Thornton/CIMTROP/BNF.

Untuk mendukung penggunaan lahan gambut yang lebih bertanggung jawab, ada sejumlah kecil contoh bagus yang menunjukkan peluang perubahan dalam pengelolaan lahan gambut. Ini termasuk paludiculture (yaitu kombinasi antara *rewetting* dan budidaya tanaman lahan basah) dan diversifikasi sumber pendapatan melalui mekanisme seperti pembayaran untuk jasa ekosistem, pendanaan pengurangan perubahan iklim dan pengembangan pariwisata.

Di Indonesia, sejumlah kecil proyek percontohan sedang dilakukan untuk 'pensiun' dan blok perkebunan rewet yang menyatukan hutan utuh dengan menghalangi saluran drainase dan penanaman kembali dengan spesies pohon asli dalam upaya meningkatkan ketahanan hidrologi hutan rawa gambut, untuk melindungi keanekaragaman hayati dan untuk mengurangi risiko kebakaran.

Lahan gambut di seluruh dunia telah berfungsi sebagai penyerap karbon jangka panjang. Namun demikian, tanpa pengamanan yang memadai, prediksi perubahan iklim terhadap kondisi yang lebih kering dan musim api yang lebih lama dikombinasikan dengan gangguan manusia yang terus berlanjut pasti akan menyebabkan meningkatnya tingkat kehilangan karbon dan karenanya laju fluks karbon yang lebih cepat ke atmosfer. Di Asia Tenggara, seperti di bagian lain dunia, tindakan untuk melindungi lahan gambut yang utuh dan untuk mengelola lahan gambut yang terdegradasi lebih bertanggung jawab sangat penting jika kita ingin memastikan peran berkelanjutan lahan gambut dalam mitigasi perubahan iklim.

10.1. RESTORASI LAHAN GAMBUT: BLOKIR KANAL

Salah satu pendekatan utama untuk memulihkan lahan gambut, adalah mengembalikan fungsi hidrologi melalui pemblokiran saluran drainase. Salah satu contoh restorasi lahan gambut dengan menggunakan metode ini berlangsung di MRP di Kalimantan bagian selatan (lihat bagian 6.1 dan 7). Ini adalah area yang mengalami deforestasi melalui rencana untuk mengubah hutan rawa gambut seluas 17.000 km² menjadi sawah padi. Dengan kegagalan proyek (dengan beras tidak dapat tumbuh di tanah gambut asam) sebagian besar wilayah MRP sebelumnya sekarang tertinggal dalam kondisi yang sangat terdegradasi.

Membandingkan lahan gambut yang dikeringkan dan yang terdegradasi dari MRP ke Hutan Sabangau di dekatnya (hutan rawa gambut tropis yang relatif tidak terganggu), jelas bahwa pemulihan fungsi hidrologi lahan gambut adalah prasyarat utama untuk membangun karbon lahan gambut yang positif atau netral. keseimbangan, serta menyediakan kondisi yang sesuai untuk revitalisasi vegetasi hutan.

Di Hutan Sabangau, pemblokiran kanal telah dilakukan dalam skala kecil. Ini melibatkan pembendungan kanal sempit dan dangkal yang sebelumnya digunakan untuk mengangkut kayu keluar dari lahan gambut (yang sekarang hanya mengarah ke drainase lebih lanjut dari lahan gambut), untuk meningkatkan tingkat air (Gambar 32). Selama periode 5 minggu setelah pemasangan bendungan di Sabangau, terjadi peningkatan tingkat air di saluran yang tersumbat rata-rata 8 cm. Sementara hasil ini bersifat pendahuluan, mereka menyarankan agar menghalangi kanal dapat memberi dampak positif pada tingkat air dan dengan demikian pemulihan hidrologi hutan.

Namun, usaha untuk memblokir kanal yang lebih luas dan lebih dalam di MRP sebelumnya telah menggambarkan kompleksitas yang terkait dengan operasi pembentukan. Sementara bendungan pada awalnya menyebabkan kenaikan pada permukaan air tanah gambut yang berdekatan yang menurunkan penurunan dan emisi CO₂, masih ada masalah kanal "makan" sendiri ke dalam lahan gambut; sehingga menciptakan limpahan ekstra serta peningkatan penurunan gambut di dekat kanal. Kerusakan bendungan, oleh orang-orang, juga merupakan salah satu penyebab kegagalan bendungan terbesar. Oleh karena itu peneliti menyimpulkan bahwa harus ada strategi pemblokiran kanal yang diperbaiki untuk memungkinkan pemulihian lahan gambut tropis, yang akan memerlukan pemahaman dan penelitian yang lebih baik mengenai dampak perubahan hidrologi dan pembendungan topografi lahan gambut. Ini juga memerlukan pemahaman mengapa orang memecahkan bendungan, dan bekerja sama dengan masyarakat setempat untuk menemukan strategi pemblokiran kanal yang sesuai untuk mereka. Meskipun jelas bahwa ada kesempatan untuk proyek restorasi untuk mengembalikan fungsi hidrologi yang merupakan prasyarat untuk mengembalikan keanekaragaman hayati lahan gambut tropis; lebih banyak pekerjaan memang diperlukan untuk mengidentifikasi metode yang paling efektif untuk melakukannya.



Gambar 32: Membangun bendungan di saluran drainase di hutan rawa gambut Sabangau di Indonesia. Foto oleh BNF.

Secara khusus, diperlukan lebih banyak penelitian mengenai metode untuk mendekati pemulihian area gambut tropis terdegradasi yang luas. Semakin lama area lahan gambut dikeringkan, semakin sulit untuk mengembalikan keadaan semula. Dalam kasus ini, 'keadaan alam baru' akan dicapai melalui pemulihian; berbeda dari keadaan semula dan mungkin bukan tipe habitat lahan gambut yang berfungsi tapi setidaknya dampak terburuk dari degradasi dapat dikurangi (berfungsi penuh akan berarti pembentukan gambut yang tidak mungkin terjadi dalam jangka menengah). Selanjutnya diharapkan bahwa perubahan iklim akan berdampak serius pada lahan basah melalui perubahan rezim hidrologi dengan meningkatnya variabilitas global. Hal ini

akan berdampak pada efektivitas proyek restorasi untuk memulihkan ekosistem, yang juga menyoroti kebutuhan akan pengelolaan dan konservasi adaptif dalam restorasi lahan gambut. Terakhir, restorasi akhirnya merupakan komitmen lahan dan sumber daya yang tidak terbatas jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan pertimbangan dan perencanaan yang cermat sehingga sangat penting untuk melibatkan semua pemangku kepentingan, seperti sebagai komunitas lokal, saat membuat keputusan mengenai pelaksanaan, perencanaan dan pemantauan proyek restorasi. Begitu ekosistem berkelanjutan (dan dengan demikian restorasi tercapai), ekosistem yang dipulihkan akan, seperti ekosistem yang tidak rusak, memerlukan pengelolaan berkelanjutan untuk mengatasi dampak aktivitas manusia dan perubahan iklim. Oleh karena itu, ini menyoroti pentingnya menggabungkan masyarakat lokal dalam proyek restorasi ekosistem, karena ada kemungkinan lebih besar bahwa komunitas ini akan terus mengelola ekosistem setelah restorasi selesai. Untuk itu diperlukan pemahaman dan penggabungan kebutuhan dan keinginan sosial dan ekonomi masyarakat setempat.

Pertanyaan Tinjauan

Pilih satu studi kasus di lahan gambut tropis, jelaskan ancaman apa yang dihadapi wilayah tersebut dan diskusikan apa yang perlu dilakukan untuk melestarikan hutan dan mata pencaharian lokal.

11. TAUTAN BERMANFAAT LAIN UNTUK INFORMASI LEBIH LANJUT

1. 'Mengapa lahan gambut penting:
http://www.cifor.org/publications/pdf_files/brief/6453-brief.pdf
2. 'Demi gambut: fakta': http://www.cifor.org/publications/pdf_files/posters/6448-infographic.pdf
3. Informasi tentang kerja CIFOR di lahan gambut:
<https://www.cifor.org/?s=peatlands&submit=%EF%80%82>
4. 'Bisakah Kita Menemukan Lahan Gambut Tersisa untuk Menyelamatkan Mereka?'
[artikel]: <http://e360.yale.edu/features/can-we-discover-worlds-remaining-peatlands-in-time-to-save-them>

Contoh pertanyaan soal ujian

1. Diskusikan peran lahan gambut tropis dalam siklus karbon dan air.
2. Manusia mempengaruhi siklus karbon lebih dari sekedar faktor fisik - mendiskusikan referensi ekosistem yang dinamai.
3. Ukur sejauh mana manusia mengubah siklus air di satu lingkungan tropis.
4. Ukur sejauh mana manusia mengubah siklus karbon di satu lingkungan tropis.

REFERENSI:

- Dargie, G.C., Lewis, S.L., Lawson, I.T., Mitchard, E.T.A., Page, S.E., Bocko, Y.E. and Ifo, S.A. (2017) *Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex*. Nature, 542 (7639).
- Huijnen, V., Wooster, M.J., Kaiser, J.W., Gaveau, D.L.A., Flemming, J., Parrington, M., Inness, A., Murdiyarso, D., Main, B. and van Weele, M. (2016). *Emisi karbon kebakaran di perairan maritim Asia Tenggara pada tahun 2015 terbesar sejak tahun 1997*. Scientific Reports, 6:26886.
- Page, S.E., Wust, R.A.J., Weiss, D., Rieley, J.O., Shotyk, W., Limin, S.H. (2004). *Sebuah catatan akumulasi karbon Pleistosen dan Holosen yang lalu dan perubahan iklim dari sebuah rawa gambut ekuator (Kalimantan, Indonesia): Implikasi bagi dinamika karbon masa lalu, saat ini dan masa depan*. Journal of Quaternary Science, 19: 625–635.
- Page, S. E., Morrison, R., Malins, C., Hoojer, A., Rieley, J. O., and Banks, C. J. (2011a). Tinjauan mengenai emisi gas rumah kaca permukaan gambut dari perkebunan kelapa sawit di Asia Tenggara. ICCT White Paper No. 15. Tersedia online di: <http://sa.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/ICCT_Peat-Emissions_Sept2011.pdf>
- Page, S. E., Rieley, J. O., and Banks, C. J. (2011b). Pentingnya kolam karbon gambut tropis secara global dan regional. Global Change Biology, 17:798–818.
- Rais, D.S. (2011). *Hidrologi lahan gambut dan perannya dalam keberlanjutan lahan gambut tropis*. Proceedings from National Symposium of Ecohydrology, Jakarta, March 2011.
- Wilson, D. (2008). *Kematian oleh seribu potongan: ekstraksi gambut skala kecil dan simpanan karbon lahan gambut Irlandia*. Di: Farrell C. A. & Feehan J. (eds.), 13th International Peat Congress, Tullamore, June 8–13 2008, International Peat Society, Jyväskylä, Finland, pp. 700–3.