

# Kerusakan Hutan & Kerugian Lingkungan

Sudarsono Soedomo

Departemen Manajemen Hutan  
IPB University - Bogor Indonesia  
2023

# 1 Pengantar

Hingga saat ini dan beberapa puluh tahun ke depan, tanah masih merupakan komponen vital dalam pembangunan pertanian, baik sebagai media tumbuh maupun sebagai tempat untuk melakukan kegiatan pertanian. Oleh karena itu, aspek kesesuaian tanah bagi pembangunan pertanian masih relevan untuk diperhatikan. Bagaimana memilih tanah yang sesuai bagi pengembangan pertanian? Apakah biodiversitas dapat digunakan sebagai indikator kesesuaian? Sementara itu, ada kecenderungan bahwa tapak yang memiliki biodiversitas alami tinggi harus dilindungi. Bukankah biodiversitas tinggi mengindikasikan kecocokan bagi berbagai jenis untuk tumbuh? Paper ini mendiskusikan bagaimana menggunakan informasi biodiversitas tinggi dalam pembangunan pertanian agar tanah dapat digunakan secara efisien tanpa mengorbankan biodiversitas yang ada.

# 2 Mengenal Tanah

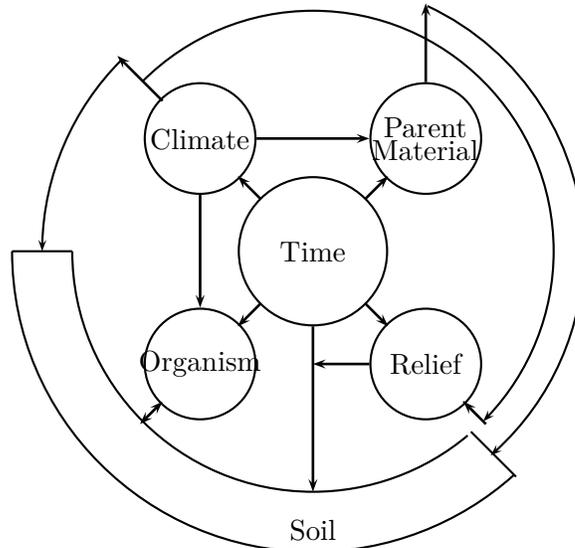
Tanah merupakan salah satu unsur utama penentu keberhasilan budidaya pertanian di atasnya. Oleh karena itu, mengenal tanah, meski serba sedikit, sangat penting dalam reforma agraria atau pembangunan pertanian pada umumnya. Secara alami kesuburan tanah sangat beragam, mulai dari tanah yang sangat tidak subur atau tanah miskin hingga tanah yang sangat subur. Untuk mencapai hasil yang sama, maka tanah yang kurang subur membutuhkan input yang lebih banyak dibandingkan dengan tanah yang lebih subur. Di lapangan sudah banyak bukti bahwa karena tanah yang terlalu miskin maka budidaya pertanian di atasnya gagal total karena produktivitas tanahnya sangat rendah. Kegagalan tersebut dialami oleh petani kecil dan korporasi besar.

Ada beberapa konsep dan model pembentukan tanah masing-masing dengan kelebihan dan kelemahannya (Olson, 2006). Karena tujuan saya adalah memperkaya interpretasi keanekaragaman hayati dengan memasukkan tanah sebagai faktor yang sangat mempengaruhi keanekaragaman hayati dan dipengaruhi oleh keanekaragaman hayati, yang keduanya berkembang dalam lanskap, saya menggunakan evolusi lanskap sebagai kendaraan untuk mencapai tujuan saya. Lebih tepatnya, saya menggunakan teori dasar pembentukan tanah yang dipengaruhi oleh bahan induk, iklim, relief, organisme, dan waktu, tetapi dalam konteks evolusi lanskap.

Model konseptual yang saya gunakan adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Kecuali iklim, faktor pembentuk tanah lainnya bergantung pada waktu. Iklim diasumsikan konstan sepanjang waktu dan tidak dipengaruhi oleh faktor pembentuk tanah lainnya. Sebaliknya, iklim bekerja pada bahan induk, relief, organisme, dan tanah yang terbentuk. Selanjutnya, ada hubungan timbal balik antara organisme dan tanah. Pesan terpenting yang coba disampaikan oleh model konseptual ini adalah bahwa suksesi vegetasi tidak berdiri sendiri, tetapi terkait erat dengan evolusi lanskap di mana ia berada. Dengan demikian, keanekaragaman hayati dapat digunakan sebagai indikator tingkat evolusi lanskap yang bersangkutan, yang diharapkan memiliki nilai praktis dalam perencanaan tata guna lahan yang efisien dan sekaligus ramah lingkungan.

Seiring waktu, tanah berkembang dari batuan (batuan induk), bahan induk (horizon C), tanah muda (horizon A), tanah dewasa (horizon A dan B), dan tanah tua (horizon A dan B sangat berdiferensiasi) (Tucker, 2009). Pengertian tanah muda dan tua tidak hanya ditentukan oleh umur dalam istilah tahun, tetapi lebih ditentukan oleh karakteristik tanah yang bersangkutan. Berdasarkan pembentukan horizon, urutan perkembangan tanah adalah horizon C, horizon AC, dan horizon ABC. Melalui proses pelapukan, baik fisik, kimia, atau biologis, nutrisi tanaman yang terikat dalam batuan dan bahan induk dilepaskan dan tersedia bagi tanaman. Seiring waktu, solum tanah yang terbentuk menjadi lebih tebal dan diferensiasi lapisan menjadi lebih jelas sebagai akibat dari proses pelindian; tanah liat dan unsur hara dipindahkan dari lapisan atas ke lapisan bawah dan akhirnya meninggalkan solum tanah.

Seiring berjalannya waktu, bentuk lahan di wilayah tersebut berkembang menuju lanskap dengan



Gambar 1: Soil Formation

permukaan yang lebih datar dan rata; daerah dengan kemiringan curam tererosi sehingga menjadi kurang curam dengan elevasi yang lebih rendah. Tanah pada lereng yang curam umumnya lebih tipis daripada tanah pada lereng yang kurang curam dan biasanya dikelompokkan sebagai tanah muda. Kemiringan lereng yang kurang curam membuat laju erosi menurun dan laju peresapan air ke dalam tanah meningkat. Air resapan bergerak ke lapisan tanah yang lebih rendah, yang disebut air perkolasi, membawa material-material kecil seperti lempung dan unsur hara. Pergerakan material dari lapisan tanah atas ke lapisan tanah bawah ini disebut sebagai proses pelindian. Dengan demikian, ketika lereng menjadi kurang curam, laju erosi tanah berkurang, sedangkan laju pelindian meningkat.

Dengan berjalannya waktu, tumbuhan mengalami perubahan, dari jenis pionir (lumut, tumbuhan semusim kecil, rerumputan), tumbuhan perantara (rumput, perdu, pohon toleran naungan), dan tumbuhan klimaks (pohon toleran gudang). Jumlah jenis tumbuhan yang ada juga semakin meningkat hingga mencapai keanekaragaman tertinggi. Di Indonesia, hutan hujan tropis dipandang sebagai hutan yang telah mencapai klimaks. Dalam proses mencapai klimaks, komposisi dan keanekaragaman tumbuhan mengalami perubahan. Akankah keanekaragaman hayati ini bertahan selamanya? Satu hal yang perlu disadari adalah bahwa proses suksesi di daerah tropis basah yang melibatkan begitu banyak spesies merupakan proses suksesi yang paling rumit (West et al., 2012).

Perkembangan tanah merupakan aspek penting dari suksesi primer (Lawrence R. Walker, 2003). Suksesi primer dimulai di daerah tandus, seperti di batu gundul yang terpapar oleh gletser yang mundur. Penghuni pertama adalah lumut kerak atau tumbuhan-mereka yang dapat bertahan hidup di lingkungan seperti itu. Proses pembentukan tanah selanjutnya juga dipengaruhi oleh vegetasi yang tumbuh di atasnya. Jadi ada pengaruh timbal balik antara tanah yang terbentuk dengan vegetasi di atasnya. Selama ratusan tahun “spesies pionir” ini mengubah batuan menjadi tanah yang dapat menopang tanaman sederhana seperti rumput. Rumput ini selanjutnya memodifikasi tanah, yang kemudian dijajah oleh jenis tanaman lain. Setiap tahap berturut-turut memodifikasi habitat dengan mengubah jumlah naungan dan komposisi tanah. Tahap akhir suksesi adalah komunitas klimaks, yaitu tahap yang sangat stabil yang dapat bertahan selama ratusan tahun.

Jenis tanah dan laju pembentukannya sangat penting dalam menentukan laju dan lintasan seri primer serta komunitas dan sifat ekosistemnya (Lawrence R. Walker, 2003). Makalah ini mengadopsi pandangan bahwa perkembangan tanah sebagai proses satu arah di mana ketebalan tanah, horizonasi, dan anisotropi vertikal meningkat terus seiring waktu (lihat Phillips, 1993). Perkembangan tanah memungkinkan perubahan tatanan tanah dari waktu ke waktu, misalnya transformasi dari Oxisols ke

Spodosols (Dubroeuq and Volkoff, 1998). Transformasi dari ultisol ke spodosol juga dimungkinkan (lihat Chen et al., 2001).

Apakah suksesi berhenti ketika keanekaragaman hayati telah mencapai puncaknya? Tentu saja tidak, suksesi terus berlanjut. Proses pelapukan di dalam tanah dan pelindian produk-produk pelapukan terus berlangsung. Mengingat fisiografi kawasan yang semakin mendatar, maka proses leaching lebih dominan daripada erosi. Akibatnya, tanah lapisan atas semakin miskin unsur hara, sehingga hanya tanaman yang berakar dalam yang dapat menjangkaunya. Sedangkan tanaman berakar dangkal lambat laun akan mati. Dengan kata lain, begitu mencapai puncaknya, keanekaragaman hayati akan berkurang seiring waktu. Bahkan di lokasi yang tanahnya sangat tua, yang ditandai dengan kandungan nutrisi yang sangat rendah, keanekaragaman hayatinya juga sangat rendah.

Perubahan tanah dapat berlanjut lama setelah perubahan vegetasi tidak terlihat lagi (Lawrence R. Walker, 2003). Pada titik ini muncul pertanyaan, apakah vegetasi yang disebut klimaks dengan tingkat keanekaragaman hayati maksimum masih melanjutkan suksesi ke tahap berikutnya dengan keanekaragaman hayati yang lebih rendah? Menurut saya proses suksesi masih berlangsung dan keanekaragaman hayatinya semakin menurun seiring dengan penurunan kesuburan tanah akibat proses pelapukan dan pelindian yang berlangsung dalam jangka waktu yang sangat lama. Vegetasi klimaks dengan keanekaragaman hayati yang tinggi berfungsi sebagai mekanisme untuk menghambat, tetapi tidak menghentikan, proses penipisan tanah. Dengan demikian, keanekaragaman hayati yang tinggi dapat ditemukan pada tanah dengan kesuburan tinggi (tanah yang lebih muda) dan rendah (tanah yang lebih tua) tetapi dengan fungsi yang berbeda.

Iklm yang relatif konstan dalam jangka waktu yang sangat lama berperan penting dalam proses erosi dan pembentukan tanah. Pada umumnya proses pelapukan batuan dan pembentukan tanah pada iklim panas dan lembab seperti di Indonesia pada umumnya berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan proses pelapukan batuan dan pembentukan tanah pada iklim dingin dan kering. Dengan kata lain, proses pembentukan tanah di iklim panas dan lembab berjalan lebih cepat daripada proses pembentukan tanah di iklim dingin dan kering. Oleh karena itu, tanah di hutan tropis basah umumnya merupakan tanah tua, yang ditandai dengan keasaman tinggi (pH rendah) dan warna tanah merah karena kandungan besi teroksidasi yang tinggi (Prach and Walker, 2020).

Lu et al. (2002) menunjukkan bahwa 40 cm atas tanah paling penting untuk pertumbuhan vegetasi di Alfisols, tetapi di Ultisols dan Oxisols, cakrawala yang lebih dalam secara signifikan mempengaruhi tingkat pertumbuhan vegetasi. Hal ini mudah dipahami karena Alfisol memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi, terutama basa, daripada Ultisol dan Oxisol. Akumulasi biomassa vegetasi meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki struktur fisik tanah di Alfisols tetapi tidak sepenuhnya mengkompensasi hilangnya unsur hara di Ultisols dan Oxisols; Namun, itu secara signifikan mengurangi tingkat kehilangan nutrisi. Selain itu, citelaliberte2013does menyatakan bahwa beberapa komunitas tumbuhan yang paling kaya spesies terjadi pada tanah purba yang sangat lapuk, sedangkan pada tanah yang baru berkembang cenderung kurang beragam. Di sini, peran faktor waktu jelas lebih dominan dalam membangun keanekaragaman hayati.

Seringkali ada hubungan yang kurang intuitif antara kesuburan tanah dan keanekaragaman hayati. Di Montagnini et al. (2005), Davis dan Richards (1933-1934) menemukan bahwa di Guyana dataran rendah musiman basah, kekayaan spesies mencapai puncaknya di hutan campuran pada Ultisol pasir kuning bernutrisi rendah, dan sedikit lebih rendah pada lempung aluvial yang lebih kaya, dan jauh lebih rendah pada Spodosol yang asam dan miskin nutrisi. Jelas di sini bahwa ada kombinasi berbagai faktor di tempat kerja, yaitu waktu dan kesuburan. Tanah aluvial jelas merupakan tanah muda, tanah Ultisols adalah tanah dewasa yang jauh lebih tua, dan tanah Spodosol adalah tanah yang sangat tua di mana semua mineral yang dapat lapuk telah sepenuhnya lapuk dan umumnya sangat miskin nutrisi. Nadeau and Sullivan (2015) menemukan bahwa kekayaan jenis pohon berbanding terbalik dengan tingkat konsentrasi K, Ca, dan P, KTK, dan indeks kesuburan tanah. Oleh karena itu, kekayaan jenis pohon yang lebih tinggi cenderung ditemukan di lokasi dengan kesuburan tanah yang lebih rendah,

yang merupakan kebalikan dari hutan beriklim sedang. Demikian juga dengan Zemunik et al. (2016) yang menemukan peningkatan besar dalam keanekaragaman  $\alpha$  tanaman,  $\beta$ -diversitas, dan pergantian spesies yang ekstrim terkait dengan penurunan kesuburan tanah.

### 3 Lindung atau Budaya

Berdasarkan uraian pada bagian sebelumnya, interpretasi tinggi rendahnya keanekaragaman hayati tidak harus tunggal dan perlu dilakukan lebih hati-hati. Keanekaragaman hayati yang tinggi tidak serta merta berarti nilai konservasi yang tinggi, tetapi juga dapat diartikan sebagai nilai budaya yang tinggi. Jika keanekaragaman hayati yang tinggi ditemukan di lokasi tanah muda, maka keanekaragaman hayati yang tinggi berarti nilai budaya yang tinggi. Keanekaragaman hayati yang tinggi merupakan indikator luas kesesuaian lokasi untuk berbagai jenis tumbuhan. Di sisi lain, jika keanekaragaman hayati yang tinggi ditemukan di situs dengan tanah tua, maka keanekaragaman yang tinggi berarti nilai konservasi yang tinggi. Memang sulit membedakan keduanya. Penelitian yang lebih mendalam perlu dilakukan untuk jangka waktu yang sangat lama (Tucker, 2009; Tucker and Hancock, 2010). Pendekatan chronosequence mungkin membantu (lihat Walker et al., 2010). Salah satu variabel yang berpotensi dapat digunakan untuk membedakan keduanya adalah kandungan mineral dalam tanah yang mudah lapuk, yaitu semakin rendah umur tanah semakin tua.

Sebaliknya, keanekaragaman hayati yang rendah, baik alami maupun tidak, tidak serta merta menjadi layak untuk dibudidayakan. Situs dengan keanekaragaman hayati yang rendah secara alami menunjukkan tingkat kesesuaian yang sempit untuk jenis tumbuhan, sedangkan jika keanekaragaman hayati yang rendah merupakan hasil dari gangguan maka kita perlu mengetahui apakah situs tersebut cocok untuk budidaya. Kemungkinan rendahnya keanekaragaman hayati tersebut berasal dari ekosistem yang secara alami memiliki keanekaragaman hayati yang rendah, artinya memiliki kisaran kesesuaian yang sempit untuk budidaya. Jika lokasi tersebut tidak cocok untuk budidaya, maka pemberian izin budidaya untuk situs tersebut akan membuang-buang sumber daya investasi yang sangat langka. Ada banyak bukti di lapangan yang menunjukkan bahwa ada izin budidaya untuk situs semacam itu. Setelah vegetasi alami ditebang, ternyata tanah yang ada tidak dapat mendukung budidaya yang produktif. Kerusakan ekosistem yang terjadi kemungkinan besar bersifat permanen.

Dari praktik pemanfaatan kawasan yang selama ini berjalan, ada kesan bahwa peruntukan kawasan konservasi sudah pasti benar, sedangkan peruntukan kawasan budidaya mungkin masih mengandung kesalahan. Status kawasan konservasi tidak pernah dipertanyakan terlepas dari keadaan kawasan konservasi, sedangkan status kawasan budidaya masih dapat dipertanyakan setiap saat. Tentu kenyataannya tidak seperti itu, karena keduanya pasti mengandung kemungkinan salah. Mempertahankan status kawasan konservasi yang telah rusak total sebagai kawasan konservasi sebenarnya merupakan tindakan yang tidak rasional; tujuan konservasi tidak tercapai, sedangkan manfaat ekonomi tidak ada.

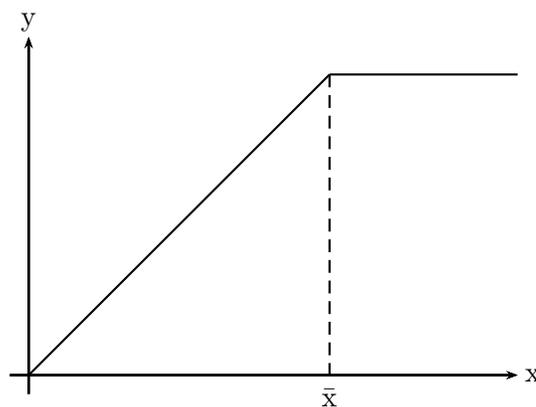
Ungkapan 'harus dilindungi' langsung dimaknai tidak untuk dibudidayakan. Kasus yang paling sering terjadi adalah di daerah bantaran sungai. Dalam pembukaan areal pertanian baru, daerah sempadan sungai secara otomatis dihilangkan dari areal budidaya. Bahkan kawasan budidaya pun harus dilindungi dari kerusakan meski tidak ada aturan yang menyebutkan hal tersebut. Pembuatan teras pada tapak yang miring merupakan bentuk perlindungan tapak dari bahaya erosi. Namun hampir dapat dipastikan bahwa melakukan budidaya pertanian di wilayah bantaran sungai dipandang sebagai pelanggaran aturan meskipun kegiatan budidaya pertanian yang bersangkutan telah menerapkan langkah-langkah protektif dalam menjalankan budidaya pertaniannya. Jika frasa 'harus dilindungi' dimaknai sebagai tidak ada aktivitas permanen di kawasan bantaran sungai, maka banyak orang harus dipindahkan dari kawasan tersebut. Penafsiran seperti itu hampir pasti tidak mungkin diterapkan secara konsisten. Dalam kajian NKT, kawasan bantaran sungai sudah pasti dikategorikan sebagai salah satu NKT, umumnya HVC 4. Padahal, masyarakat setempat sudah lama memanfaatkan kawasan bantaran sungai sebagai lahan pertanian karena paling subur dan paling mudah dijangkau

dengan transportasi air. Artinya, kawasan di sepanjang sungai juga memiliki nilai budidaya yang tinggi. Apakah telah terjadi salah tafsir?

Mungkin benar apa yang Gibson et al. (2011) katakan, bahwa tidak ada pengganti hutan alam tropis, sehingga hutan alam tropis perlu dilindungi. Pertanyaannya, haruskah semua hutan alam tropis di Indonesia tetap utuh dan tidak boleh ditebang selamanya? Masyarakat yang tinggal di kawasan yang tidak lagi berhutan cenderung tidak keberatan, tapi bagaimana dengan masyarakat yang tinggal di kawasan hutan di sekitar mereka? Di mana mereka harus mengembangkan ekonomi mereka? Kita bisa berargumen bahwa hutan di sekitar mereka adalah mesin perekonomian mereka. Namun kenyataan menunjukkan bahwa desa-desa termiskin sebagian besar berada di dalam atau di dekat hutan. Menyuarakan anti deforestasi dari tengah kota sangat tidak adil. Setelah sekian lama dilindungi, apa langkah selanjutnya? Tindak lanjut ini tidak pernah jelas, kecuali wacana dari satu tempat seminar ke tempat lain, di atas hanya menjadi karya ilmiah yang sulit dipahami oleh pembuat kebijakan dan masyarakat umum.

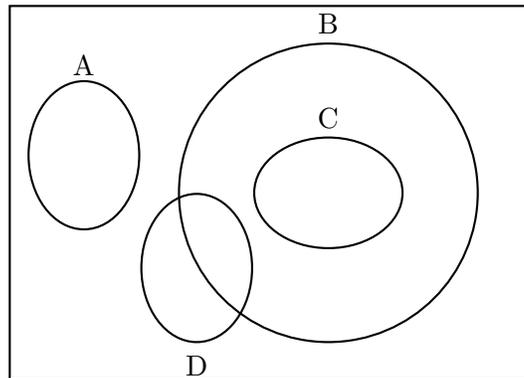
Ahli keanekaragaman hayati atau konservasi pada umumnya perlu memiliki tanggung jawab moral untuk memanfaatkan sumber daya secara efisien. Mengapa meningkatkan kawasan konservasi jika tidak meningkatkan nilai konservasi sendiri. Penambahan kawasan konservasi seperti ini jelas merupakan bentuk pemborosan sumber daya yang menutup peluang pemanfaatan yang lebih bermanfaat bagi kesejahteraan masyarakat. Penggunaan sumber daya alam yang langka secara efisien harus tetap menjadi prinsip penggunaan sumber daya. Kawasan konservasi mana yang sebenarnya tidak memiliki nilai konservasi lagi harus disisihkan dari kawasan konservasi.

Mari kita lihat contoh kasus hipotetis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada awalnya, pada lanskap yang masih tertutup hutan primer, peningkatan area yang diamati dari nol menjadi  $\bar{x}$  disertai dengan peningkatan keanekaragaman hayati. Namun, penambahan luas untuk pengamatan lebih lanjut tidak meningkatkan keanekaragaman hayati. Dalam kasus seperti ini, haruskah seluruh lanskap yang bersangkutan dilestarikan? Jika pilihannya seperti ini, maka sebenarnya keanekaragaman hayati menjadi kurang berarti karena yang dibutuhkan hanyalah kemampuan untuk menentukan apakah suatu hutan masih merupakan hutan primer atau tidak, yang tidak memerlukan saran dari ahli keanekaragaman hayati. Sebaliknya, jika pengurangan kawasan yang kemudian dialokasikan untuk tujuan lain dapat dilakukan, maka pertanyaan selanjutnya adalah bagian mana yang harus disisihkan untuk penggunaan lain tersebut. Dalam hal ini, pakar keanekaragaman hayati perlu berkolaborasi dengan pakar lain yang memahami istilah pemanfaatan lain. Misalnya, kegunaan lain adalah budidaya pertanian, sehingga ahli tanah mungkin dapat membantu memilih area yang paling cocok untuk pengembangan budidaya yang bersangkutan. Merujuk pada Laliberté et al. (2013), sebenarnya ahli keanekaragaman hayati dan ahli tanah dapat bekerja sama dalam mengalokasikan penggunaan lahan secara efisien dan ramah lingkungan.



Gambar 2: Relationship between land area ( $x$ ) and biodiversity ( $y$ )

Kasus hipotetis lain yang juga sering ditemui di lapangan adalah kasus seperti diilustrasikan pada Gambar 3. Katakanlah ada empat lokasi (A, B, C, dan D) di mana keanekaragaman hayati telah diidentifikasi. Dari jenis-jenis yang terdapat di keempat lokasi tersebut dapat dipetakan sebagai berikut: 1) Spesies yang terdapat di situs A berbeda dengan spesies yang terdapat di situs B, C, dan D, 2) Semua spesies yang terdapat di situs C juga ditemukan di situs B, dan 3) Beberapa spesies di situs D sama dengan beberapa spesies di situs B. Pertanyaannya adalah apakah situs C masih perlu dipertahankan, mengingat hilangnya spesies di situs C tidak mengurangi keanekaragaman hayati total. Yang pasti jejak D tetap harus dipertahankan. Memang dalam hal spesies yang terdapat terdapat persilangan dengan spesies yang terdapat di situs B, namun spesies ini umumnya tersebar di seluruh situs. Menyisihkan area di dalam situs yang ditempati oleh spesies yang sama dengan yang ada di situs B adalah langkah yang sangat tidak praktis.



Gambar 3: Biodiversity set

Untuk melindungi kawasan konservasi dari ancaman perusakan membutuhkan biaya. Terlalu bersemangatnya perluasan kawasan konservasi yang tidak diimbangi dengan penyediaan anggaran dengan laju yang sama atau lebih tinggi dari laju perluasan kawasan konservasi akan menyebabkan biaya konservasi per satuan luas menjadi turun. Dengan demikian, secara umum efektivitas pelaksanaan konservasi per unit cenderung menurun juga. Akibatnya, ancaman relatif terhadap kawasan konservasi justru meningkat, yang pada gilirannya mengancam pencapaian tujuan perluasan kawasan konservasi itu sendiri.

Konservasi keanekaragaman hayati tidak hanya bertumpu pada pertimbangan ekonomi saja, tetapi juga berakar pada faktor etika, budaya, estetika dan sosial (Ninan, 2012). Dengan mempertahankan area  $\bar{x}$  untuk konservasi dan membuka sisanya atau menghapus situs C sebagai kawasan konservasi, apakah etika dan estetika tidak dilanggar? Masalah umum yang dihadapi adalah orang mudah menyampaikan norma-norma yang harus dipatuhi, tetapi mengalami kesulitan dalam menerapkan norma-norma tersebut di dunia nyata. Ketika berbicara tentang konservasi, seolah-olah dia adalah bagian dari kawasan yang harus dilestarikan, tetapi pada kenyataannya dia menikmati kehidupan yang nyaman di kota, bahkan di kota yang paling tercemar.

Dengan menggunakan perspektif yang berbeda dalam melihat keragaman, ada beberapa implikasi kebijakan dan penelitian, yaitu:

1. Tidak semua lokasi dengan keanekaragaman hayati alami yang rendah harus dibuka untuk budidaya, beberapa bagian perlu dilestarikan. Banyak bukti yang menunjukkan bahwa ekosistem hutan kesehatan memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang lebih rendah dibandingkan ekosistem hutan tropis basah pada umumnya dan umumnya memiliki areal yang datar, namun sangat tidak produktif jika digunakan sebagai areal budidaya. Tanahnya umumnya Spodosol. Perkebunan dan perkebunan kelapa sawit yang didirikan di bekas ekosistem hutan kesehatan umumnya gagal. Kerusakan ekosistem hutan kesehatan kemungkinan besar tidak dapat diubah.

2. Tidak semua situs dengan keanekaragaman hayati yang tinggi secara alami harus dikonservasi karena keanekaragaman hayati yang tinggi merupakan tanda dari luas kesesuaian situs untuk berbagai pilihan budidaya dan memiliki peluang lebih tinggi untuk dapat pulih ke kondisi awal jika diperlukan. Bahwa ada area dengan keanekaragaman hayati tinggi yang perlu dilestarikan adalah suatu keharusan, tetapi melestarikan semua situs dengan keanekaragaman hayati tinggi adalah tindakan yang tidak realistis.
3. Program rehabilitasi lahan dengan penanaman kembali yang mahal mungkin tidak diperlukan. Anggaran yang ada seharusnya digunakan untuk menyelesaikan konflik tenurial yang diketahui menjadi penyebab lahan tidak dikelola dengan baik.  
Aide et al. (2000): Data ini menunjukkan bahwa salah satu strategi restorasi untuk hutan tropis di padang rumput yang ditinggalkan hanyalah untuk melindungi area dari kebakaran, dan memungkinkan regenerasi alami untuk menghasilkan hutan sekunder. Strategi ini akan paling efektif jika hutan sisa (yaitu, sumber benih) masih ada di lanskap dan tanahnya belum terdegradasi parah.
4. Penelitian tentang suksesi sekunder dengan plot pengamatan yang mewakili berbagai macam keadaan harus didorong. Sebenarnya cikal bakal pendataan ke arah ini sudah diwajibkan oleh pemerintah bagi pemegang HPH, namun pengalaman saya mengamati data yang sudah terkumpul membuat saya berkesimpulan bahwa data tersebut sangat sulit dipercaya apalagi dikatakan datanya sampah.

## 4 Penutup

Tidak seluruh tapak berbiodiversitas tinggi perlu dilindungi, selama penggunaan tapak tersebut tidak mengurangi biodiversitas secara keseluruhan. Tapak berbiodiversitas tinggi merupakan indikator awal bahwa tapak yang bersangkutan memiliki kecocokan bagi banyak jenis. Sebaliknya, tapak berbiodiversitas rendah malah harus dilindungi karena kerusakan yang terjadi dapat bersifat irreversible. Contohnya adalah tapak hutan kerangas dengan tanah order Spodosol.

## Pustaka

- Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Pascarella, J. B., Rivera, L., and Marcano-Vega, H. 2000. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. *Restoration ecology*, 8(4):328–338.
- Chen, Z.-S., Hseu, Z.-Y., Wu, S.-P., and Tsai, C.-C. 2001. Transition soils between spodosols and ultisols in subalpine forests of taiwan. *Soil Classification*, pages 137–145.
- Dubroeuq, D. and Volkoff, B. 1998. From oxisols to spodosols and histosols: evolution of the soil mantles in the rio negro basin (amazonia). *Catena*, 32(3-4):245–280.
- Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., Peres, C. A., Bradshaw, C. J., Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., et al. 2011. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, 478(7369):378–381.
- Laliberté, E., Grace, J. B., Huston, M. A., Lambers, H., Teste, F. P., Turner, B. L., and Wardle, D. A. 2013. How does pedogenesis drive plant diversity? *Trends in ecology & evolution*, 28(6):331–340.
- Lawrence R. Walker, R. d. M. 2003. *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press.
- Lu, D., Moran, E., and Mausel, P. 2002. Linking amazonian secondary succession forest growth to soil properties. *Land Degradation & Development*, 13(4):331–343.
- Montagnini, F., Jordan, C. F., et al. 2005. *Tropical forest ecology: the basis for conservation and management*, volume 25275211. Springer.

- Nadeau, M. B. and Sullivan, T. P. 2015. Relationships between plant biodiversity and soil fertility in a mature tropical forest, Costa Rica. *International Journal of Forestry Research*, 2015.
- Ninan, K. N. 2012. *The economics of biodiversity conservation: valuation in tropical forest ecosystems*. Routledge, London.
- Olson, C. G. 2006. Geomorphological soil-landscape models. In Grunwald, S., editor, *Environmental Soil-Landscape Modeling. Geographic Information Technologies and Pedometrics*, pages 105–124. Taylor and Francis, Boca Raton, FL.
- Phillips, J. D. 1993. Progressive and regressive pedogenesis and complex soil evolution. *Quaternary Research*, 40(2):169–176.
- Prach, K. and Walker, L. R. 2020. *Comparative plant succession among terrestrial biomes of the World*. Cambridge, UK.
- Tucker, G. E. 2009. Natural experiments in landscape evolution. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(10):1450–1460.
- Tucker, G. E. and Hancock, G. R. 2010. Modelling landscape evolution. *Earth Surface Processes and Landforms*, 35(1):28–50.
- Walker, L. R., Wardle, D. A., Bardgett, R. D., and Clarkson, B. D. 2010. The use of chronosequences in studies of ecological succession and soil development. *Journal of ecology*, 98(4):725–736.
- West, D. C., Shugart, H. H., and Botkin, D. 2012. *Forest succession: concepts and application*. Springer Science & Business Media.
- Zemunik, G., Turner, B. L., Lambers, H., and Laliberté, E. 2016. Increasing plant species diversity and extreme species turnover accompany declining soil fertility along a long-term chronosequence in a biodiversity hotspot. *Journal of Ecology*, 104(3):792–805.