

# HUTAN PAYA GAMBUT: ANTARA POTENSI DAN ANCAMAN KEMUSNAHAN

*Dr. Hajah Dulima binti Jali*  
Brunei Darussalam

## Abstrak

Hutan paya tropika adalah ekosistem tanah lembap yang unik dan merupakan dua gabungan - paya gambut dan hujan tropika – yang berkembang dan kekal bersama selama beribu tahun. Pembentukan dan pengawetan gambut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti keadaan iklim, berasid, anaerobik, kekurangan nutrien dan fizikal landskap. Dianggarkan seluas 23 juta hektar paya gambut terletak di Asia Tenggara, yang matang dan luas terletak di kawasan Timur Pulau Sumatra, Kalimantan, Papua New Guinea, Sarawak dan Brunei Darussalam. Rawa gambut tanah rendah secara eksklusif terdiri dari jenis obrogenus. Hutan paya gambut tropika mempunyai beberapa rangkaian fungsi dan perkhidmatan yang penting kepada manusia dan alam sejagat seperti memelihara pelbagai biologi, menyediakan habitat kepada hidupan liar, mengedar putaran hidrologi, menghalang kejadian banjir, hakisan, menstabil iklim, riadah dan pendidikan serta sumber keperluan sosio-ekonomi asas manusia. Namun demikian paya gambut ini telah diterokai secara meluas bagi kegunaan: pertanian komersial, ladang hutan, dan penempatan yang semuanya disertai dengan pembersihan hutan dan pengaliran air. Kebanyakan projek ini tidak menghasilkan pulangan yang diharapkan, malah menjejaskan integriti dan kestabilan ekosistem terbabit dan meninggalkan kemusnahan yang tidak sedikit menjejaskan kehidupan rakyat yang terbabit. Ini adalah berpunca daripada ketidakfahaman para perancang kepada ekosistem yang kompleks dan rapuh yang memerlukan pendekatan holistik dan gunapakai yang bersesuaian.

## Abstract

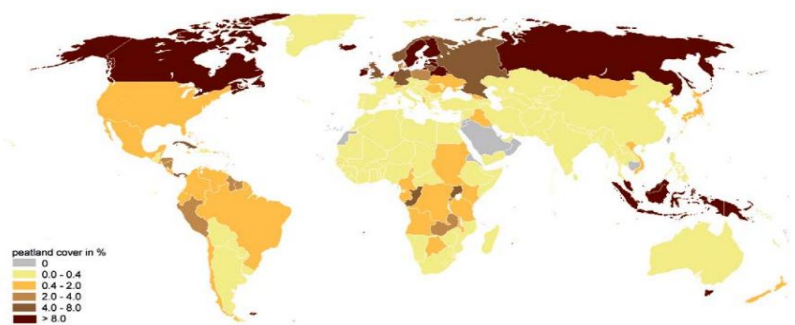
*Tropical peatlands are unique wetland ecosystem is a dual ecosystem - peatland and tropical rain forest - that have evolved together and maintained each other for thousands of years. Several factors influence peat formation and preservation, including climatic condition, topographic and geological settings that favour water retention, low substrate pH, poor oxygen and nutrient availability. It is estimated that more than 23 million hectares (62%) of the global area of tropical peatland occur in Southeast Asia and they are most fully developed near the coasts of East Sumatra, Kalimantan, Papua New Guinea, Peninsular Malaysia, Sarawak and Brunei. These lowland peatlands are almost exclusively ombrogenous. Tropical peatland provide a range of ecological functions and services which include maintenance of biodiversity and provide habitat for wild life, hydrological regulation, water storage and supply, coastal protection, erosion prevention, flood mitigation, climate stability, recreation and education and provision food and services for the socio-economic benefit of the communities. However extensive areas of tropical peatland have been reclaimed converted to agriculture and other uses, following forest clearance and drainage. The remaining peat swamp have been subjected to intensive illegal logging which threatened the integrity and long-term stability of the ecosystem, producing highly degraded ecosystems which make them susceptible to fire. Lack of understanding of the complexities of this dual ecosystem and the fragility of the relationship between the peat and forests, most development and conversion projects have lead to the adverse environmental and human consequences resulting from their disturbance. For the sustainability of these resources and future use it is essential to embrace fully the principle of holistics and 'wise use' approaches.*

## Pengenalan

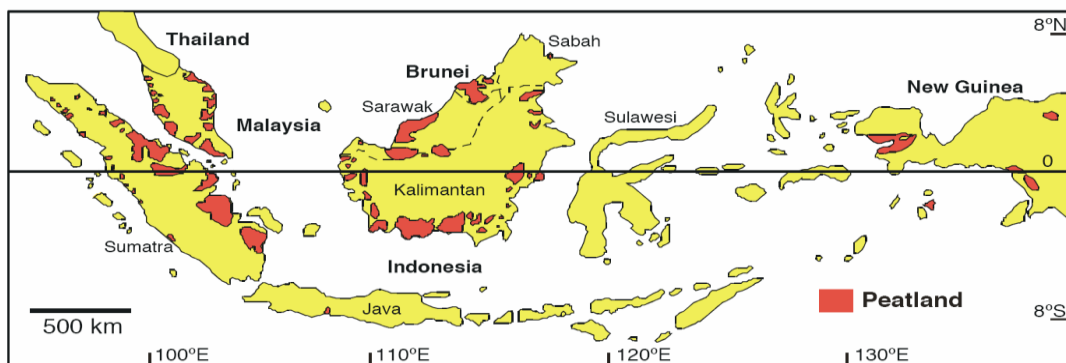
Rawa gambut adalah bahan organik yang sebahagian besarnya terdiri daripada lebih tumbuhan yang tidak reput kerana keadaan persekitaran yang tepu air. Ianya wujud di kesemua zon iklim dari boreal, sederhana (*temperate*), dan tropika, serta dari pesisir pantai hingga ke pergunungan yang mempunyai persekitaran dan edafik yang menghalang proses pereputan. Ia boleh didapati secara berselerak dengan tumpukan kecil atau meliputi kawasan yang luas secara berterusan.

## Taburan dan keluasan tanah paya gambut

Anggaran keluasan paya gambut tidak konsisten. Ini disebabkan oleh ketidakseragaman sistem klasifikasi yang ada dan istilah-istilah serta definasi yang dipakai, ditambah lagi dengan ketidaktepatan teknik pemetaan dan pengukuran. Dianggarkan seluas 40 juta hektar tanah paya gambut meliputi kawasan dunia. Hampir 70 % wujud di kawasan tropika dan semuanya (83%) berada di rantau Asia Tenggara yang bertumpu di realm Indo-Malaya iaitu kawasan yang mengelilingi Laut China Selatan dan Papua-New Guinea dengan jumlah keluasan 32.92 juta hektar. Indonesia mempunyai kawasan yang terbesar, mewakili seluas 88% dan yang keempat terluas di dunia selepas Rusia, Kanada dan USA. Jadual 1 menunjukkan taburan dan keluasan kawasan hutan paya gambut yang terdapat di Asia Tenggara. Sekitar satu per empat daripadanya terletak di kepulauan Borneo. Lihat paparan Jadual 1 & 2 dan Rajah 1 & 2.



Rajah 1 Taburan Tanah Paya Gambut Dunia



Rajah 2 Taburan Paya Gambut di Asia Tenggara

Negeri	Keluasan (km <sup>2</sup> )
Russia	1,390,690
Canada	1 177, 926
USA	625,809
Indonesia	240,500
Finland	79 429
Sweden	65 623
Papua New Guinea	59 922
Brazil	54 730
Peru	49 991
China	33 499
Sudan	29 910
Norway	29 685
Malaysia	26 685
Mongolia	26 291
Belarus	22 352

**Jadual 1** Taburan dan keluasan (km<sup>2</sup>) teratas paya gambut dunia .

Negeri	Keluasan (Purata)(ha)	Keluasan (Range) (ha)
Indonesia	18,963,000	17,853,000-20,073,0001
Malaysia	2,730,000	2,730,0002
Papua New Guinea	1,695,000	500,000-2,890,0003
Brunei	110.00	110,0005
Thailand	64,000	64,0004
Vietnam	24,000	24,000
Philippines	10,700	10,700
Totals	23,596,700	21,291,700 - 25,901,700

**Jadual 2** Taburan dan keluasan (km<sup>2</sup>) hutan paya gambut di Asia Tenggara.

### Sejarah penemuan tanah gambut tropika.

Para saintis Europah terdahulu berpendapat bahawa tanah gambut hanya terbentuk di kawasan yang beriklim sejuk kerana pereputan hanya terhalang pada suhu yang rendah. Jadi kewujudan tanah gambut di kawasan tropika hanya diketahui oleh para penulis Europah pada akhir kurun ke-19. Cuaca lembab dan panas menyediakan keadaan yang optimal kepada proses pereputan telah mengundang percanggahan pendapat. Maklumat awal yang menyebut tentang kewujudan tanah gambut di kawasan tropika adalah ditulis oleh seorang pengambara (*naturalist*) Italy, Becarri (1904), semasa pengembaraannya pada tahun 1865-1868, beliau menulis dan menceritakan tentang kewujudan beberapa jenis hutan lembab oligotrofik yang mengandungi air berwarna hitam-coklat seperti air teh, yang berasid (*acidic*) di Pulau Borneo. Beliau berpendapat keadaan ini berasal daripada daun-daun kayu yang terhimpun lalu menghasilkan humus dan asid humik serta membandingkannya dengan air yang bersifat sama dari sungai di Amerika Selatan. Beccari menyifatkannya sebagai hutan meadival yang mempunyai pelbagai spesis, dan sentiasa digenangi air. Hutan jenis ini wujud dengan luasnya di kawasan Kuching, di lembah Sungai Rajang, Sarawak. Jenis paya gambut kedua ialah yang dinamakan oleh penduduk pribumi sebagai “matang” yang terbentuk di kawasan pasir putih dan mempunyai kayu-kayu yang ranik, serta mengeluarkan air berwarna hitam. Beccari menyamakan kawasan ini seperti Campos di Brazil.

Maklumat yang komprehensif tentang kewujudan tanah gambut di Sumatra dan Kalimantan Barat diterbitkan oleh Polak dalam tahun 1933, 1941, dan 1946. Laporan mengenai kewujudannya di Timur Pulau Sumatra diterbitkan oleh Sewandana pada tahun 1938, dan lebih banyak huraian mengenainya dihasilkan pada awal kurun ke-20. Antara tulisan itu dihasilkan oleh Potonie dan Kooders (1909). Winkler yang menemui hutan ini pada tahun 1914 mengingatkan beliau dengan hutan '*heidenwald*' yang wujud di Eropah. Istilah ini diterjemahkan oleh Richard (1952) sebagai '*Heath Forest*' dan istilah bahasa Melayunya disebut 'hutan kerangas'. Endert (1920) menceritakan hutan paya oligotropik yang tumbuh di antara lopak yang basah dan teres sungai di kawasan Palembang. Sejak itu banyak laporan mengenai tanah gambut tropika diterbitkan.

Bermula pada tahun 1950an, penyelidikan mengenai hutan gambut tropika di Tenggara Asia, terutamanya di Semenanjung Malaysia dibuat secara terperinci, sebahagian besarnya untuk tujuan pertanian. Stesen penyelidikan telah ditubuhkan di Kelang, Selangor, dan di Stapok, Sarawak. Penyelidikan ekologi yang komprehensif mengenai hutan ini dijalankan di Brunei dan negara jiran Sarawak oleh Anderson (1961) iaitu di kawasan Belait-Baram. Andriess (1974) menyelidik di Sarawak, dan Bruenig (1974) menjalankan penyelidikan mengenai hutan 'kerangas dan kerapah'. Kesemua penyelidik ini pernah menjadi pengarah di Jabatan Perhutanan sama ada di Brunei atau Sarawak semasa penyelidikan dijalankan. Di Indonesia penyelidikan dibuat bermula pada tahun 1970an oleh Subagyo dan Driessen (1972) dan Andriess (1974).

Sejak itu para saintis dunia telah tertarik untuk membuat penyelidikan dan mencari maklumat dengan lebih terperinci tentang kewujudan hutan paya gambut. Ini termasuk dalam terbitan daripada Andriess, (1988), Bruenig, (1990), Rieley, *et al.*, (1992, 1995) dan Maltby *et al.*, (1996). Kerja-kerja penyelidikan ini berterusan hingga sekarang terutamanya di Kalimantan, Sarawak dan Brunei, dan lebih berfokus kepada aspek membaik pulih ekosistem yang terjejas dan guna pakai yang berdaya tahan.

### **Proses pembentukan tanah paya gambut**

Tanah jenis ini terbentuk hasil daripada interaksi beberapa tindakan proses fizikal, kimia dan biota. Faktor utama mempengaruhi pembentukannya ialah iklim, terutama curahan hujan yang merata sepanjang tahun. Menurut klasifikasi iklim Köppen, gambut banyak terdapat di kawasan yang beriklim jenis Af dan Cf dengan curahan hujan lebih daripada 2500 mm/tahun. Keadaan ini membolehkan tumbuhan hutan berdaun lebar tumbuh dengan baik. Gambut juga terbentuk di kawasan yang mempunyai topografi yang tidak merata dengan membentuk cekungan (*depression*) yang menakungi air. Takungan air menyebabkan keadaan kekurangan oksigen – anaerobik - yang memperlahankan aktiviti mikro organisma, dan proses pereputan akan menjadi perlahan atau terhenti. Keadaan ini mengawetkan bahan organik yang terdiri dari bahagian tumbuhan seperti daun, dahan dan batang. Semakin lama bahan ini terkumpul, akan membentuk bahan organik yang tebal. Ketebalan gambut melebihi 15m telah direkodkan (Anderson 1964).

Mengikut klasifikasi taksonomi tanah (*Soil Taxonomy U.S.DA*) rawa gambut termasuk dalam golongan histosol atau tanah organik. Peringkat pereputan bahan organik boleh dibahagikan kepada tiga peringkat iaitu fibrik, hemik dan saprik. Peringkat fibrik ialah pereputan awal, di mana 75% kandungan bahan organiknya masih belum reput dan bahan seratnya boleh dikenali. Peringkat kedua ialah hemik. Peringkat ini mengalami tingkat pereputan tengah di mana sebahagian bahan organiknya (1/3 - 2/3) sudah benar-benar reput dan sebahagian lagi masih berupa serat. Serat pada peringkat pereputan ini mececah antara

17 - 75 % isipadunya. Peringkat ketiga pula ialah saprik. Peringkat ini merupakan bahan kasar atau seratnya sudah tinggal sedikit sahaja iaitu kurang daripada 17% isipadu.

### **Klasifikasi dan umur rawa gambut.**

Rawa gambut tropika diklasifikasikan dengan berbagai cara. Kerja-kerja klasifikasi terdahulu hanya berdasarkan kepada penggunaannya terutama bagi penafsiran potensi ekonomi pertanian, perhutanan dan sumber bahan bakar. Kebanyakan sistem klasifikasi ini mengikut yang dicipta di zon boreal dan iklim sederhana (*temperate*) dengan atau tanpa pengubahsuaian.

Klasifikasi yang ada sekarang dibuat berdasarkan kepada beberapa ciri tertentu seperti kedudukan tempat dan keadaan geomorfologi, tumbuh-tumbuhan dan habitat, kandungan serat, serta status trofik. Ciri-ciri tanah yang diperkira termasuklah sifat fizik dan kimia tanah, punca dan asal botani, kadar pereputan, kedalaman gambut, jenis substrat tanah di bawah gambut dan proses genetik di dalam hutan paya gambut.

Di rantau Asia Tenggara tiga kategori dicadangkan berdasarkan kepada empat kriteria iaitu lokasi di mana ia dibentuk, proses pembentukan, cara pemendapan dan umur maksimum pemendapan gambut:

- i. Paya gambut pinggir pantai dan muara sungai terbentuk dekat pantai laut dan mendapat pengayaan mineral dari air laut.
- ii. Paya gambut lembah sungai
- iii. Paya gambut kawasan tanah tinggi/legeh atau lembangan.

Kedalamannya adalah berbeza pada lokasi yang berlainan. Gambut secara amnya dikelaskan kepada empat kategori mengikut kedalamannya iaitu: dangkal/cetek, sederhana dalam, dalam, dan sangat dalam. Gambut dangkal mempunyai ketebalan 50 - < 100cm, gambut sedang pula ketebalannya mencapai 100- < 200cm. Kedalaman yang mencapai 200- < 300 cm dikelaskan sebagai gambut dalam dan yang melebihi 300cm dikategorikan sebagai gambut sangat dalam. Tanah yang mempunyai lapisan bahan organik yang nipis dipermukaannya, yang tidak melebihi 50cm tidak dikelaskan sebagai tanah gambut tetapi tanah becak (*muck*).

Dari segi umur, kajian menunjukkan bahawa paya gambut di pinggir kawasan pantai di rantau Asia Tenggara adalah yang termuda iaitu dibentuk sekitar 4000 – 5000 tahun BP sesudah keadaan perubahan paras laut menjadi stabil, jika dibanding dengan rawa gambut di lembah sungai dan kawasan tanah tinggi, pembentukannya bermula dari akhir zaman *Pleistocene* (29,000 tahun BP) hingga zaman *Holocene* – 8000 – 9000 tahun BP (Flenley, 1998).

### **Keadaan fizikal paya gambut**

Hampir kesemua paya gambut tropika yang terbentuk di kawasan rendah adalah jenis *ombrogenus* iaitu lapisan gambut yang sumber airnya dari hujan. Sementara sistem *geogenus* lazimnya terbentuk di pinggir lagun pesisiran pantai, di samping menerima bekalan air hujan, ia juga menerima sumber air dari kawasan sekeliling yang bercampur dengan batu-batu dan tanah yang mengandungi mineral dan nutrien. Jenis ini lebih subur dan boleh menghasilkan tumbuhan yang besar dan tinggi.

Rawa gambut yang matang akan membentuk kubah di bahagian tengah dan mendatar di bahagian pinggir. Kubah gambut (*peat dome*) diawali oleh pembentukan topogenus di lapisan bawah dan diikuti oleh pembentukan ombrogenus sebelah atas yang apabila kawasan tengah tidak lagi menerima sumber air yang mengandungi nutrien (*nutrient*) dari kawasan keliling. Sumber air hanya datang dari hujan yang rendah nutrien menjadikan kawasan tengah gambut tidak subur. Tumbuhan yang tidak mampu bertahan akan mati dan tertimbun di situ dan tumbuhan yang mempunyai toleransi dan adaptasi akan mula mengambil tempat. Akhirnya timbunan bahan organik semakin menebal dan keadaan ini menghasilkan ekosistem bertambah asam, kurang nutrien dan anaerobik yang sangat tinggi, dan keadaan ini menyebabkan semakin sedikit jenis tumbuhan yang mampu tumbuh dan bertapak. Pinggiran kubah gambut yang masih menerima sumber air dari kawasan sekitar akan lebih subur dan membolehkan tumbuhan kayu bertapak dan membesar. Ia boleh menampung hutan bakau (*mixed swamp forest*) yang mengandungi banyak spesies balak yang bernilai tinggi seperti: meranti (*shorea spp.*), kapur (*dryobalanops spp.*) dan ramin (*gonnystylus spp.*).

Oleh kerana paya gambut secara alaminya sentiasa digenangi air, tumbuhan di kawasan ini mengwujudkan sistem adaptasi yang sangat luar biasa bagi menghadapi keadaan yang kurang oksigen (*anaerobic*), tanah lembut, berasid tinggi dan nutrien rendah. Banyak tumbuhan kayu mempunyai beberapa jenis akar yang berlainan bentuk dan ukuran, seperti akar mekanikal, banir dan perdu untuk mencengkam pada tanah yang lembut, akar pernafasan pneumatopor bagi mengatasi keadaan yang anaerobik. Kayu-kayu damar seperti spesies *Shorea spp.* mempunyai banir atau perdu yang sangat besar sehingga mencapai 4m tinggi, akar yang berbentuk pin dari medang (*stemonurus secundiflorus*), *korthalsia laciniosa* and *eleiodoxa conferta*. Akar yang berbentuk jerat kepunyaan jangkang (*xylopia fusca*) dan bintangor (*calophyllum sclerophyllum*); akar berbentuk lutut dari kandis (*ganua motleyana*), terantang (*campmnosperma coriaceum*) dan pulai (*alstonia spathulata*) dan akar yang berbentuk y dari perius-perius (*elaecarpus macrocerus*). Di samping itu pokok-pokok hutan paya gambut juga mempunyai sistem adaptasi yang efisien bagi mengatasi keadaan kekurangan nutrien seperti beberapa spesies *nepenthis* (periuk kera) yang menjerat serangga sebagai sumber makanan. Kebanyakan tumbuhan kayu di kawasan ini mempunyai ciri-ciri xeromorfik seperti skelerofil dan dedaun mikrofil, ciri yang bercangah dengan adaptasi bagi keadaan tepu air atau pada keadaan di mana bekalan air yang tidak terhad. Whitmore (1984) dan Bruenig (1990) memberi dua penjelasan kepada fenomena ini iaitu tindak balas kepada tekanan kekurangan air dan nutrien. Semasa musim kemarau paras air menurun di bawah zon akar, jadi ciri xeromorfik ini adalah strategi yang efisien bagi menghalang kehilangan dan menahan dari tekanan kekurangan air.

## **Ekologi hutan paya gambut**

Hutan paya gambut tropika adalah satu ekosistem yang istimewa dan unik kerana ia terdiri dari dua gabungan- iaitu tanah rawa gambut dan hutan paya gambut. Sejak pembentukannya beribu tahun yang lalu keduanya berkembang, bergantung dan dipengaruhi oleh satu dengan yang lain. Kedua ekosistem ini digerakkan oleh hidrologi, tanah dan biota. Keadaan hidrologi yang diatur oleh elemen seperti air, nutrien, aerobik atau anaerobik, komposisi dan saiz partikel, sifat kimia, kedalaman dan kelajuan aliran serta kuantiti air kawasan tersebut, yang menyebabkan ia sangat sensitif terhadap perubahan.

Keanekaragaman jenis tumbuhan hutan paya gambut secara relatif adalah lebih rendah dibandingkan dengan jenis hutan dataran rendah tropika yang lain. Anderson (1963)

mencatatkan 376 jenis spesies kayu terdapat di Sarawak dan Brunei sementara Simbolon dan Mirmanto (2000) merekodkan sebanyak 310 jenis kayu di beberapa lokasi di Kalimantan Tengah. Lebih kurang 800 spesies kayu telah direkodkan di Indo-Malaya (tidak termasuk Papua New Guinea), yang terdiri dari 71 keluarga (*family*) dan 237 genera. Keluarga tumbuhan yang lumrah wujud adalah *anacardiaceae*, *annonaceae*, *burseraceae*, *clusiaceae*, *dipterocarpaceae*, *euphorbiaceae*, *lauraceae*, *leguminosae*, *myristicaceae*, *myrtaceae* dan *rubiaceae* (Brüenig, 1990; Flenley, 1985). Jenis spesies kayu yang biasa didapati termasuklah *baccaurea bracteata*, *camptosperma coriaceum*, *combretocarpus rotundatus*, *ilex cymosa*, *madhuca motleyana* dan *stemonorus secundiflorus*. Sementara spesies kayu balak bernilai komersial adalah seperti *dactylocladus stenostachys*, *cratoxylum arborescens*, *gonystylus bancanus*, *koompassia malaccensis* dan *shorea spp.* Tumbuhan kumpulan *pandanaceae* membentuk lapisan strata bawah yang tebal. Tumbuhan kumpulan *pteridophytes* dan *insectivorous* juga wujud.

Kebanyakan spesies yang wujud adalah jenis khusus (*specialist*) iaitu tidak terdapat di habitat lain, seperti: *dactylocladus stenostachys*, *gonystylus bancanus*, *shorea teysmanniana*, *shorea belangiran*, *archdendron clypearia*, dan *horsfieldia crassifolia*. Tiga daripadanya - *gonystylus bancanus*, *horsfieldia crassifolia*, *shorea belangiran* – adalah disenaraikan sebagai spesies dunia yang terancam oleh IUCN – CITES dan dilindungi oleh undang-undang. Semakin banyak penyelidikan dilakukan mengenai kepelbagaian biologi semakin jelas menunjukkan bahawa ekosistem paya gambut ini tidak dihargai seperti sepatutnya sebagai habitat yang menampung spesies yang langka (*rare*) dan terancam.

Fitografi tumbuhan hutan paya gambut masih belum dikaji sepenuhnya. Beberapa terbitan mengenai dengan tumbuh-tumbuhan hutan di rantau Indo-Malaya Archipelago menunjukkan tidak seragam. Terdapat perbezaan yang sangat ketara dari segi kandungan floristiknya, di antara kawasan Semanjung Malaysia, Sarawak, Sumatra, Kalimantan, Papua New Guinea dan Brunei sama ada di skala lokal atau regional, di mana spesies utama (*key species*) adalah berlainan (Rieley & Ahmad-Shah, 1996). Misalnya di Semanjung Malaysia, daripada 800 spesies kayu yang direkodkan cuma 5 spesies sahaja mempunyai taburan yang meluas iaitu *baccaurea bracteata*, *camptosperma coriaceum*, *ilex cymosa*, *madhuca motleyana* dan *stemonorus secundiflorus*. Di kawasan Pulau Borneo hanya 3 jenis spesies sahaja yang tersebar meluas iaitu *dactylocladus stenostachys*, *cratoxylum arborescens*, dan *koompassia malaccensis*.

Kelainan jenis dan ciri tumbuhan utama ini juga dipamerkan walau di dalam lingkungan satu pulau yang sama. Misalnya spesies *shorea albida* (seringawang/kayu alan) adalah spesies endemik di sebelah barat Pulau Borneo dan tidak ada rekod yang menunjukkan kewujudannya di Kalimantan Tengah (Reiley et al, 1996). Tambahan lagi *seringawang* atau *pokok alan* yang tumbuh di paya gambut lembah Belait-Baram di Sarawak dan Brunei wujud secara berkelompok (*pure stand*). Ini bercanggah dengan tempat lain. Di pinggiran pantai Sumatra Timur dan Kalimantan Selatan tidak menunjukkan satu spesies yang dominan, melainkan hutannya terdiri dari berberapa jenis kayu yang bercampur tanpa ada jenis kayu yang mendominasi. Di Papua New Guinea, pokok sago (*metroxylon spp*) adalah spesies yang dominan, manakala *gonystylus spp* (ramin) satu spesies utama yang mendominasi hutan paya gambut Borneo tidak terdapat di Sedili, Semanjung Malaysia. *Shorea uliginosa* berperanan penting di hutan paya Melintang, Semanjung Malaysia sama pentingnya *shorea albida* di barat laut Pulau Borneo. Jadi dari skala rantau dan sub-rantau hutan paya gambut mempamerkan heterogeniti yang amat tinggi. Ketidakteragaman yang diperlihatkan menggambarkan berbagai keadaan pada proses pemendapan rawa gambut termasuklah

peristiwa jangka panjang biogeografi, pertukaran tata-rajah geologi, iklim dan paras laut, taburan kawasan tanah dan laut, serta kejadian ekologi jangka pendek seperti perbezaan “*succession trajectory*” dan kelainan regim gangguan. Namun apapun alasan, perbezaan ini menunjukkan bahawa setiap kawasan adalah ‘*individualistic*’ iaitu memperkembangkan ciri dan sifat yang tersendiri mengikut keadaan yang tertentu.

Komposisi tumbuhan dan struktur hutan sangat dipengaruhi oleh kelainan hidrologi dan keberadaan nutrien. Kebanyakan kubah paya gambut yang besar, mempamerkan taburan tumbuhan yang berpusat (*concentric zone*) iaitu pertukaran bentuk dan komposisi hutan dari pinggir hingga ke tengah kubah. Di pinggir kubah terdiri daripada hutan mempunyai struktur yang kompleks sebanding dengan hutan dipterokap di kawasan kering, dengan kayu-kayuan yang besar serta kepelbagaian yang tinggi. Semakin mendekati kawasan tengah kubah struktur dan komposisi flora bertukar menjadi lebih terbuka dan kayu-kayumannya lebih rendah dan kecil dengan bentuk batang yang lurus. Ciri-ciri ini lebih dikenali sebagai ‘*pole forest*’. Anderson (1964, 1976) menamakan pertukaran komuniti tumbuhan ini sebagai fasa komuniti (*phasic community*) dan beliau membahagikan fasa komuniti di hutan paya gambut Belait-Baram kepada 6 fasa:

- Fasa komuniti 1: Hutan air tawar dengan kayu utama gabungan *gonystylus- dactyloclados-neoscortechinia*;
- Fasa komuniti 2: Hutan Alan gabungan *shorea albidida-gonystylus-stemonurus*;
- Fasa komuniti 3: Hutan Alan Bunga, gabungan *shorea albida* ;
- Fasa komuniti 4: Hutan Padang Alan gabungan *shorea albida-litsea-parastemon*;
- Fasa komuniti 5: Gabungan *tristania-parastemon-palaquium*;
- Fasa komuniti 6: Hutan Padang keruntum, gabungan spesis *combretocarpus-dactylocladus*.

Corak taburan seperti ini tidak wujud di semua kawasan hutan paya gambut (Page et al, 1999). Di Kalimantan cuma ada 5 fasa komuniti dan hutan , berbeza daripada di Sarawak dan Brunei dari berbagai sudut terutama ketiadaan spesis *shorea albida*. Aspek kedua ialah keberadaan kayu berukuran besar yang didominasi oleh spesis *palaquium leicarpum* di sebelah tengah kubah. Keadaan ini jauh berbeza di Semenanjung Malaysia dan Pulau Sumatra yang hanya mempunyai 2 jenis hutan iaitu hutan berkayu besar di bahagian tepi dan hutan berkayu kecil di tengah.

### **Fauna dan margasatwa**

Informasi dasar dan pengkalan data mengenai pelbagai haiwan yang terdapat di hutan paya gambut adalah amat terhad dan masih belum dipastikan secara sistematik akan pertaliannya. Pada awalnya air sungai hitam yang mengalir dijangka hanya mengandungi pelbagai spesis yang kecil dan produktiviti yang rendah (Johnson 1967). Namun pandangan ini telah berubah beberapa tahun kebelakangan setelah ditemui beberapa spesis endamik dan stenotopik.

Ini menunjukkan bahawa hutan paya gambut juga berperanan sebagai tempat perlindungan habitat (*refugia*) untuk spesis ikan, sebagai contoh, penemuan ikan yang paling kecil di dunia “*paedocypris progenetia*” yang berukuran 7.9 mm panjang didapati di Sumatra (Ng. et al., 1994). Dalam keadaannya yang selalu digenangi air iaitu selama sembilan bulan dalam setahun menjadikannya tempat pembiakan beberapa jenis ikan air tawar hilir sungai yang bernilai komersial. Kajian lain juga menunjukkan bahawa kawasan ini menyediakan habitat perlindungan kepada beberapa spesis raptalia yang terancam seperti buaya Julung-Julung (*Tomistoma schlegelii*) (Bezuijn et al., 2004).



Berpendukan kajian yang dilakukan baru-baru ini menunjukkan adanya peranan hutan menyediakan habitat kepada beberapa spesis haiwan yang luar biasa dan terancam terutamanya burung, ikan, mamalia, dan reptalia (Prentice & Parish, 1992; Page et al., 1997). Sejak 20 tahun kebelakangan, penelitian menunjukkan sehingga 15% daripada spesis ikan air tawar yang dikenal pasti di Malaysia ada hubungannya dengan hutan paya gambut, dengan 80 spesis jenis stenotopik, dan 20 % jenis yang khusus (*specialised*) (Ng. et al 1994). Yang penting ialah terdapat populasi orang utan (*Pongo pygmaeus*), satu-satunya habitat yang masih tinggal bagi primate yang terancam. Mamalia terancam lainnya ialah Siamang (*Hylobates agilis*) Monyet (*Macaca nemestrina*), Beruang (*Helarctos malayanus*), Harimau Dahan (*Neofelis nebulosa*) dan Kucing Hutan (*Felis bengalensis*). Spesis avian yang lebih kurang tertumpu kepada habitat hutan paya gambut rantau Asia Tenggara ini termasuk spesis yang langka dan terancam seperti Burung Botak (*Ciconia stormi*) and *White-Winged Duck* (*Cairina scutulata*) *Hook-Billed Bulbul* (*Setornis criniger*) and *Greybreasted Babbler* (*Malacopteran albogulare*) (Page et al., 1997, Husson et al. 2002, Morrogh-Bernard et al. 2003, Rieley & Page, 2005).

### **Kepentingan dan pemanfaatan tanah gambut**

Hutan paya gambut merupakan salah satu khazanah atau sumber daya alam yang penting dan mempunyai multifungsi. Sejak dari dulu hutan paya gambut tropika telah membekalkan keperluan hidup kepada penduduk pribumi: sumber makanan, berburu, memancing, ubat-ubatan, bahan binaan dan bahan bakar. Ekosistem ini adalah unik dan secara alami mempunyai nilai dan kepentingannya tersendiri di samping menjalankan beberapa fungsi alam yang memberi manfaat kepada manusia, haiwan, tumbuhan dan alam sejagat.

Kepentingannya yang dimaksudkan ialah kepada ekologi dan kepelbagaian biologi, fizikal dan ekonomi. Ia boleh dinilai mengikut fungsinya secara langsung atau tidak. Fungsi langsung termasuklah pengawalan aliran air, perlindungan dari malapetaka alam, riadah, pembelajaran dan pengeluaran makanan serta sumber alam yang lain. Fungsi yang tidak langsung dan ekologi, paya gambut menyimpan endapan (*sediment retention*), menahan nutrien (*nutrient detention*), dan menstabilkan iklim mikro (*micro-climate stabilization*). Selain itu, ia juga merupakan takungan karbon dan air yang amat besar jumlahnya yang bukan sahaja dapat memberi faedah kepada alam semula jadi malah menyumbang kepada sosio-ekonomi masyarakat tempatan (Maltby, et. al 1997).

#### **a. Penyimpanan karbon**

Tanah gambut yang terdiri dari bahan organik berfungsi sebagai menyimpan karbon yang sangat tinggi dan tumbuhan yang tidak reput seperti batang, dahan, ranting, akar dan dedaun. Tumbuhan ini dihasilkan dalam proses fotosintesis dengan menggunakan karbon dioksida (CO<sup>2</sup>) yang diserap dari udara dan air oleh akar tumbuhan dari tanah. Karbon yang membentuk tumbuhan ini diawet dan tersimpan selagi ia tidak reput. Keadaan ini membuat rawa paya gambut dinilai sebagai habitat yang mampu menyerap (*sequester*) dan menyimpan (*sink*) karbon dalam jumlah yang besar. Pengumpulan bahan organik yang tidak reput ini berfungsi sebagai sumber dan penyimpan karbon (*source and sink of carbon pool*). Jika ianya dibakar atau menjalani proses oksidasi, karbon dioksida akan dilepaskan ke udara yang akan menyumbang kepada pemanasan global dan mengugat

kestabilan cuaca dunia melalui perubahan iklim. Jadi kemampuan hutan ini menyerap karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dapat membantu menstabilkan iklim dengan memperlambat proses pemanasan dunia. Kelangsungan dan ketahanan hutan paya gambut menjalankan fungsi ini bergantung kepada paras air semulajadi yang menghalang tanah menjadi kering. Penurunan paras air akan membuat proses oksidasi terjadi yang menyebabkan paras gambut menurun (*subsidence*) dan menjadi kering serta mudah terbakar. Kebakaran akan melepaskan gas rumah hijau seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ) dan nitrous oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) yang cukup besar ke udara dan menyebabkan pemanasan global semakin buruk.

#### **b. Penahan air dan pencegah banjir**

Lahan gambut memiliki peranan hidrologi yang sangat penting, sifat fisiknya dapat menyerap dan mengawal kestabilan bekalan sumber air melalui fungsi alami bahan organik. Ia menyerap air, sama ada dari hujan atau pencairan salji, seperti span dan menyimpannya di permukaan dan di dalam tanah. Dalam masa yang sama air akan dilepaskan secara mendatar. Dengan sifat semula jadi ini ekosistem gambut dapat mengawal putaran air (*hydrological cycle*). Kemampuannya menyerap dan menampung limpahan air sama ada di dalam atau di permukaan tanah dapat mengawal kenaikan air secara mendadak dan dapat mengelakkan daripada berlakunya banjir dan kekeringan.

Tanah paya gambut adalah kawasan lembangan tadahan dan penampungan sistem hidrologi air laut dan air tawar. Rawa gambut yang terbentuk di pesisir pantai berfungsi sebagai pengatur tata air yang menghalang kemasukkan air masin dari laut semasa musim kemarau dan mencegah banjir semasa musim tengkujuh. Di kawasan lapisan bawah gambut terdiri dari stratum sulfidik, lapisan rawa gambut bertindak seperti span basah yang membuat lapisan bawah tanah sentiasa basah dan anerobik, satu keadaan yang boleh menghalang pembentukan asid sulfat yang beracun (Ritzema, 1994).

#### **c. Membekal air dan sumber air bawah tanah**

Tanah gambut boleh bertindak sebagai kawasan tadahan yang membekal sumber air bawah tanah kerana sifat fisiknya. Air yang menenggelami akan menyusup masuk ke kawasan takungan air bawah tanah dan mengecaj akuifer air tanah. Air bawah tanah tersebut boleh dibekalkan ke kawasan sekitarnya dan menjadi sumber air kepada kawasan yang jauh dari tanah lembab untuk tempoh yang lama. Semasa musim kering, hutan paya gambut berkemampuan untuk mengalirkan air kembali ke dalam sistem sungai untuk kegunaan penduduk terutama bagi pengairan tanaman pertanian seperti padi. Dianggarkan 10 peratus daripada air tawar dunia berada di hutan gambut (Wosten, 2008).

#### **d. Kepentingan ekologi dan kepelbagaian biologi**

Dalam keadaan alam yang tidak terganggu, paya gambut menjalankan fungsi yang sangat penting untuk ekologi sejagat. Ianya merupakan habitat penting pelbagai flora dan fauna yang sebahagiannya sangat unik dan endemik. Di sini terdapat saki baki hutan hujan tanah rendah yang menjadi habitat penting kepada banyak spesies haiwan, tumbuhan yang luar biasa dan terancam malah ianya amat penting bagi sumber genetik yang masih belum ditemui dan diselongkar untuk kegunaan manusia seperti perubatan dan menjadikan paya ini berfungsi sebagai bank gene yang menyimpan berbagai jenis tumbuhan yang bermanfaat, di samping menjadi sumber rantai makanan kepada kehidupan di

sekelilingnya. Beberapa kajian terhadap kepelbagaian biologi menunjukkan bahawa hutan paya gambut mempunyai pelbagai jenis hidupan amfibia, mamalia, reptilia dan burung serta amat sesuai bagi hidupan akuatik seperti ikan, udang dan sebagainya. Banyak spesies ikan air tawar menjadikannya sebagai tempat untuk bertelur dan kawasan perlindungan, contohnya ikan sepat, dan haruan. Selain hidupan akuatik, terdapat hidupan darat seperti lotong merah, orang utan yang semakin terancam. Tanpa ada kawasan paya gambut hidupan ini tidak dapat menjalankan aktiviti pembiakan populasinya dan sekali gus akan berlaku kekurangan dan kepupusan serta menjejaskan kepelbagaian genetik hidupan.

#### **e. Nilai ekonomi**

Hutan paya gambut ini mempunyai nilai ekonomi yang sangat tinggi. Ia bukan sahaja dapat memberi sumber pendapatan kepada penduduk setempat malah mampu menjana ekonomi sesebuah negara jika diurus dengan baik. Sejak dahulu lagi sama ada di kawasan tropika atau *temperate*, paya gambut telah digunakan oleh masyarakat untuk mendapatkan bahan-bahan keperluan asas. Misalnya kawasan gambut *temperate* telah dilombong dan digunakan sebagai bahan bakar dan baja. Kawasan tropika, menyediakan sumber asli iaitu bahan binaan seperti balak, bahan bakar, kulit kayu, makanan dan ubatan. Terdapat sekurang-kurangnya 120 spesies balak yang bermutu tinggi didapati wujud, seperti Alan (*shorea albida*), Ramin (*gonystylus bancanus*), Kapur Paya (*drypalanops rappa*) Meranti Paya (*shorea pachyphylla*). Pelbagai produk seperti rotan, pandan dan mengkuang yang tumbuh merata dengan baiknya telah digunakan oleh masyarakat pribumi sejak turun temurun. Selain daripada itu, ekosistem gambut juga adalah habitat kepada beberapa spesies ikan air tawar, yang sebahagiannya adalah endemik. Ini termasuk ikan seperti tapah, haruan, dan keli. Binatang seperti babi hutan, payau dan kijang adalah sumber makanan yang berharga bagi menampung sara hidup komuniti setempat. Buah-buahan berharga seperti durian dan sayur-sayuran popular seperti jenis paku pakis, lemiding (*stenochlaena palustris*) dan kekekubok (*nephrolepis biserrata*) tumbuh dengan banyaknya di kawasan paya gambut.

Banyak kegiatan tradisi seperti mengumpul daun rumbia untuk membuat atap, dan mengumpul madu lebah masih diteruskan oleh generasi sekarang. Masyarakat tempatan juga menoreh getah kayu jelutong bagi mendapatkan sumber getah, di samping mengambil rotan dan tumbuhan hiasan. Tumbuhan seperti Hujan Panas (*goniothalamus malayanus*) dan Kacip Fatimah (*labisia pumila*) adalah diantara sumber ubatan yang sangat popular.

#### **f. Nilai-nilai saintifik, pendidikan, kesedaran awam**

Di samping mempunyai nilai ekonomi dan komersial, Penyelidikan mengenai hutan paya gambut ini juga membuka peluang bagi mewujudkan program pendidikan seperti mata pelajaran alam sekitar. Tema yang boleh diterapkan adalah seperti kefahaman mengenai proses semula jadi dan faedah-faedah sejagat untuk manusia dan hidupan liar. Di samping itu ekosistem paya gambut juga dapat memainkan peranan dalam membangun masyarakat prihatin dan sihat apabila mereka, terutama generasi muda dilibatkan dalam pengurusan seperti penanaman pokok, dan kerja-kerja membaikpulih kawasan gambut yang rosak. Kegiatan seperti ini dapat meningkatkan kesedaran awam dan sekali gus menghindar paya gambut dari pembangunan yang tidak mapan.

## **g. Kegunaan Pertanian**

Tanah gambut cetek telah digunakan sebagai lahan pertanian sejak tahun 1970an, terutama di Semenanjung Malaysia. Ianya telah diusahakan dengan jayanya bagi tanaman yang memerlukan masa pendek untuk membuah hasil: seperti sayur-sayuran, jagung dan nenas. Jika pengurusan dan pengelolaan dibuat dengan betul, tanah gambut boleh dijadikan lahan pertanian. Di Malaysia seperti di Pontian, Batu Pahat dan Sitiawan penanaman nenas secara komersial telah diusahakan dengan jayanya. Di Kalimantan penanaman aloe vera juga mendatangkan pulangan yang baik. Namun demikian penanaman ini memerlukan pengurusan dan pengelolaan tanah gambut yang sesuai melalui sistem pengairan dan pembajaan yang sempurna. Hasil penyelidikan menunjukkan penanaman di tanah gambut yang melebihi kedalaman lebih dari satu meter tidak menghasilkan pulangan dengan baik. Secara umumnya tanah gambut yang melebihi tebal satu meter dalam tidak sesuai untuk dijadikan kawasan pertanian, malah mendatangkan risiko kerosakan yang tinggi.

## **Ancaman kemusnahan akibat kegiatan manusia**

Pembentukan hutan paya gambut memerlukan masa ribuan tahun. Di kawasan tropika dianggarkan memakan masa kira-kira 4,000-5,000 tahun untuk mencapai kedalaman 6 meter. Jadi dalam masa beribu tahun, pembentukannya merupakan ekosistem yang telah stabil sebagai hasil dari interaksi antara komponen biotik dan lingkungannya. Kestabilan ini menghasilkan tata air yang seimbang dan mempertahankan keberadaan flora dan faunanya.

Sejak dari dulu ia dianggap sebagai satu ekosistem yang tidak jinak (*hostile*), sukar dimasuki, tidak sesuai untuk pertanian dan mempunyai nilai ekonomi yang rendah. Dalam keadaan asalnya memang tidak sesuai untuk pertanian. Ini telah lama diketahui oleh penduduk pribumi. Misalnya di Sarawak istilah “kerangas” dan “kerapah” dipakai untuk menandakan kawasan gambut di mana ‘padi tidak dapat tumbuh’ dan kawasan-kawasan ini tidak akan disentuh.

Semakin bertambahnya kehendak ekonomi, semakin meningkatnya tekanan untuk membuka dan menebus-guna paya gambut terutama bagi tujuan pertanian komersial. Keterbatasan kawasan tanah produktif menyebabkan hala tuju pertanian mengarah pada lahan-lahan marjinal. Paya gambut adalah pilihan kerana keluasan dan kedudukannya yang di tanah pamah dan berhampiran pantai. Dalam masa dua dekad kebelakangan hutan paya gambut tropika telah menerima tekanan dan hambatan dari kegiatan manusia melalui pembangunan tebus guna dan saluran yang kesemuanya menjejaskan dan mengakibatkan pelbagai kesan yang buruk kepada keutuhan keseluruhan kompleks hutan paya gambut.

Di Malaysia dan Indonesia jutaan hektar tanah paya gambut terus diterokai dan dieksploitasi secara meluas terutama oleh sektor pertanian. Sejumlah 13 milion hektar di Tenggara Asia telah dibersihkan untuk pertanian dan agro-perhutanan, lebih daripada 2 juta hektar untuk tanaman kelapa sawit. Di Sarawak seluas 287,362 hektar telah dibersihkan untuk tujuan ini (Prentice dan Parish, 1992). Selain itu ia juga digunakan bagi pembangunan pemukiman, sarana dan prasarana, penambangan minyak, penempatan bangunan industri, pemeliharaan ikan kolam dan lain-lain. Kesemua perkembangan aktiviti ini memerlukan kawasan yang luas. Paya gambut perlu diubah bagi kesesuaian kegunaan tersebut terutama dari segi hidrologinya. Oleh kerana paya gambut menakungi air, hampir setiap tebus-guna ini

memerlukan pengaliran air di bawah paras zon akar tumbuhan bagi membolehkannya hidup dengan baik dan subur. Selain dari tanaman pertanian ribuan hektar lahan gambut digunakan untuk hutan tanaman industri seperti pokok Jelutung (*Dyera lowii*) dan Akasia (*Acacia Mangium*) (Page et al, 2002).

Penurunan paras air melalui tali air, parit dan longkang menjadikan tanah gambut menjadi kering terutama di permukaan yang meninggikan risiko kebakaran. Kemarau panjang yang membawa kepada kebakaran besar-besaran pada tahun 1997/1998 telah memusnahkan jutaan hektar paya gambut di Sarawak, Kalimantan dan Sumatra. Kemusnahan ini sekali gus menghapus tumbuhan dan hidupan liar yang sebahagiannya belum pernah diinventori serta melupuskan kesemua simpanan bijian (*seed bank*) yang terdapat pada ekosistem tersebut. Kebakaran begini juga bertanggungjawab kepada pelepasan karbon dioksida dengan banyaknya ke udara. Dianggarkan kira-kira 2Gt karbon dioksida telah lepas ke udara pada waktu kebakaran di Asia Tenggara. (Page, 2011)

Pengalihan tanah gambut kepada lahan pertanian mengubah sifat-sifat asli ekosistem dan fungsinya. Pengantian jenis kehidupan sama ada haiwan atau tumbuhan mengubah beberapa ekologi tanah gambut terutamanya perubahan pH, kadar garam dan kandungan zat makanan. Penurunan paras air akan menyebabkan peningkatan proses oksidasi dan pereputan. Kebakaran dan proses oksidasi melenyapkan bahan organik dan sekali gus menurunkan lapisan gambut (*subsidence*), menyebabkan paras air naik, menghasilkan kawasan lopak atau danau yang dalam di genangi air yang kemudian ditumbuhi rumput-rumput dan gulma yang pada sifatnya mudah terbakar. Kawasan bekas pakai yang kering yang ditinggalkan oleh petani menjadi rosak dan tandus serta ditumbuhi oleh tumbuhan sekunder. Kajian di Kalimantan menunjukkan penurunan gambut tebal mencapai 3 - 5 cm/tahun. Di samping itu suhu rata-rata meningkat setinggi 1°C, kelembapan nisbi menurun menjadi 80%, kecepatan angin meningkat 8-12 km/jam, keadaan yang menghalang kepada pertapakan semula tumbuhan kayu secara semula jadi (Wibowo, 2002)

Kebakaran lahan gambut adalah lebih berbahaya dan merugikan dibanding dengan kebakaran hutan biasa kerana susah untuk dipadamkan, apinya akan menjalar ke bawah permukaan tanah, jangkitan dan malaratnya api tidak dapat diramal. Api hanya dapat dipadam oleh hujan lebat. Kebakaran rawa gambut di Sumatra dan Kalimantan pada tahun 1997 telah menjadi berita utama dunia. Dianggarkan seluas 1.5 hingga 2.2. milion hektar kawasan gambut musnah (Page, et al. 2000). Selama kebakaran, berlaku asap, kabut dan jerebu tebal melanda dan merentas sempadan di seluruh Tenggara Asia, mengakibatkan keadaan yang sangat berbahaya dan menimbulkan masalah kesihatan terutamanya yang berhubungan dengan gangguan pernafasan, asma, *bronchitis* dan pnemonia. Kerugian ekonomi di rantau Asia Tenggara dianggarkan bernilai >1.4 billion US\$ dan kerugian dari aspek pelancongan sekitar > 7 bilion US\$.

Disebabkan ketidakfahaman kepada keunikan ekosistem tanah paya gambut ini disertai dengan kurangnya kesedaran dan pengetahuan mengenai amalan pengurusan mampan, terdapat projek-projek pertanian dan pembangunan yang tidak memberikan pulangan yang diharapkan atau mengakibatkan kesan sekitar yang tidak diingini. Salah satu projek besar-besaran yang melibatkan pembukaan jutaan tanah paya gambut ialah “*Projek Mega Satu Milion Padi*” di Kalimantan Tengah pada tahun 1995, seluas 1,457,100, hektar kawasan paya gambut dibersihkan, 4,618km parit dan tali air selebar 5m digali. Kegagalan projek ini adalah disebabkan perancang menganggap lahan rawa gambut seperti tanah lainnya tanpa mengira sifat-sifat kimia dan fizik lahan. Kegagalan ini telah menjejaskan kehidupan masyarakat tempatan yang akhirnya sejumlah besar daripada mereka terlibat dalam kegiatan

pembalakan haram. Kerja pembalakan ini dipermudahkan dengan adanya parit-parit yang sudah tersedia bagi menghayutkan balak keluar hutan. Tambahan lagi pengaliran parit sangat mudah dilakukan di tanah gambut. Pembalakan komersial mengakibatkan perpecahan habitat dan kehilangan spesies utama (*key-stone species*).

Pembukaan hutan dan pengaliran air menjejaskan integriti hidrologi kawasan ini menyebabkan penurunan paras air dan kekeringan gambut, membuatkan ia mudah terbakar. Dianggarkan projek ini telah menjejaskan seluas 1.5 juta hektar paya gambut di Kalimantan dan selepas kebakaran segala fungsi ekologi ekosistem ini terjejas dengan teruk.

### **Pemuliharaan hutan paya gambut**

Memandangkan kemanafatan yang tidak terhingga yang disediakan oleh ekosistem tanah gambut disertai dengan kekerapan kejadian kebakaran di tahun-tahun kebelakangan ini, ditambah dengan kejadian banjir dan hakisan, menunjukkan betapa perlunya mengambil langkah membaik-pulih kawasan yang telah rusak bukan sahaja untuk memastikan penggunaan berkekalan kawasan yang kaya dengan sumber dan tempat perlindungan spesies yang semakin pupus, tetapi juga untuk kestabilan alam sekitar. Perlindungan terhadap kawasan gambut dengan sendirinya akan mengendalikan sistem hidrologi tempat dan berfungsi sebagai penambat air dan pencegah banjir.

Peningkatan fenomena kemusnahan dan kerosakan paya gambut menarik keprihatinan dunia terutama apabila kesedaran tentang kemanafatan paya gambut kepada manusia mulai di terima oleh komuniti global terutama fungsinya dalam pengaturan iklim dunia. Keperhatian ini ditunjukkan dengan adanya beberapa langkah ratifikasi oleh beberapa negara kepada *Kerangka Kerja Konvensi Perubahan Iklim PPB* (UNFCCC) termasuk negara-negara Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia dan Brunei Darussalam

Timbulnya permasalahan pada tebus-guna tanah paya gambut adalah kerana ketidakfahaman kepada kompleksiti ekosistem dual ini iaitu tanah gambut dan hutan paya gambut kerana kedua-duanya saling bergantung dan dipengaruhi oleh yang lain. Kerosakan kepada tanah gambut akan menjejaskan hutannya, begitu juga sebaliknya. Misalnya dalam kedaannya yang asal kawasan hutan paya gambut akan ditenggelami air yang mencapai ketinggian 1 meter dari paras tanah ketika musim tengkujuh. Pada musim kemarau paras air akan menurun lebih dari 1-1.5 meter dalam. Keadaan turun naik paras air ini menimbulkan masalah yang sangat rumit jika kawasan ini hendak dimajukan kerana saluran adalah perlu bagi mencegah banjir dan menangani masalah kekurangan air. Apabila hutan ditebang dan tali air dibina, tanah gambut akan terdedah kepada cuaca, disusuli oleh kekeringan dan proses oksidasi yang melepaskan karbon dioxida ke udara.

Proses pemuliharaan bertujuan untuk memperbaiki kawasan yang rosak supaya fungsi alami dapat dikembalikan terutama proses ekologi ekosistem tanah gambut dikesemua jenis pemakaian sama ada pertanian, agri- perhutanan, hutan tanaman industri, dan hidupan liar. Oleh kerana gambut terbentuk dan mengekal di kawasan yang digenangi air, maka pengurusan sistem hidrologi dan air adalah asas kepada mana-mana ikhtiar pemuliharaan. Dalam masa jangka panjang mengekalkan paras air yang tinggi adalah kunci utama bagi memperbaiki keadaan dan seterusnya membolehkan pertapakan kembali tumbuh-tumbuhan, dan mengekalkan stok karbon di atas dan di bawah tanah.

Untuk mencapai kejayaan di dalam rancangan pemuliharaan ekosistem gambut yang rosak memerlukan pendekatan secara holistik dan integrasi di semua peringkat terutamanya

peringkat akar umbi yang seharusnya menjadi sebahagian daripada penyelesaian bukannya sebagai permasalahan. Ini termasuklah memahami dan mengetahui sebab-sebab asas berlakunya kerosakan.

## **Kesimpulan**

Memahami dan menangani punca asal kerosakan memerlukan penglibatan semua pihak yang berkepentingan termasuklah masyarakat tempatan, pihak industri, pengguna *down stream* dan lain-lain. Setiap perancangan untuk membaik-pulih rawa gambut mestilah berpandukan kepada pengetahuan saintifik dan haruslah relevan kepada keadaan persekitaran setempat dan sosio-ekonomi tempatan. Bagi mencapai kejayaan kerja-kerja membaikpulih kerosakan ekosistem masih harus mengatasi beberapa kekurangan dan rintangan kerana ia memerlukan sumber kewangan yang bukan sedikit, begitu juga dengan keperluan sumber tenaga dan kepakaran yang sangat tinggi. Kejayaan kerja-kerja membaikpulih ini masih di peringkat awal bagi mengukur kejayaannya dan memerlukan penyelidikan yang lebih terperinci bagi memastikan usaha-usaha membaikpulih mencapai objektifnya.

## Rujukan

- Anderson, J.A.R. (1963). *The flora of the peat swamp forest of Sarawak, and Brunei, including a catalogue of all recorded species of flowering plants, ferns and fern allies*. *Garden Bulletin*, Singapore, 20: 131-228.
- Anderson, J.A.R. (1964). *The structure and development of the peat swamps of Sarawak and Brunei*. *Journal of Tropical Geography*, 18: 7-16.
- Anderson, J.A.R. (1976). *Observations on the ecology of five peat swamp forests in Sarawak and Kalimantan*. Soil Research Institute Bogor, Indonesia. Bulletin No. 3, pp. 45-55.
- Anderson, J.A.R. (1983). *The tropical peat swamps of western Malesia*. In: Gore, A.J.P. (Ed.), *Ecosystems of the World: Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor*. 4B, Regional Studies. Elsevier, New York, pp. 181-199.
- Anderson, J.A.R. and Muller, J. (1975). *Palynological study of a Holocene peat and Miocene coal deposit from Northwest Borneo*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 19: 291-351.
- Andriessse, J.P. (1988). *Nature and Management of Tropical Peat Soils*. *FAO Soils Bulletin 59*, Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- Brüenig, E.F. (1990). *Oligotrophic forested wetlands in Borneo*. In: A.E. Lugo, M. Brinson and S.Brown (Editors). *Ecosystems of the World, Vol. 15, Forested Wetlands*. Elsevier, Amsterdam, pp. 299-344. Elsevier, New York, pp. 181-199.
- Flenley J. R. (1998) Tropical forests under the climates of the last 30,000 years. *Climatic Change*, 39: 177-197.
- Husson, S.J., Morrogh-Bernard, H., McLardy, C., Driscoll, R., Fear, N.F. and Page, S.E. (2002). *The effects of illegal logging on the population of orang utan in the Sebangau tropical peat swamp forest, Central Kalimantan*. In: Rieley, J.O. & Page, S.E. (Eds), *Peatlands for People: Natural Resource Functions and Sustainable Management*. Proceedings of the International Symposium on Tropical Peatland, 22-23 August 2001, Jakarta, Indonesia. BPPT and Indonesian Peat Association. Pp. 35-42.
- Immirzi, C.P., Maltby, E. and Clymo, R.S. (1992). *The Global Status of Peatlands and their Role in Carbon Cycling*. A Report for Friends of the Earth by the Wetland Ecosystems Research Group, University of Exeter. Report No. 11. Friends of the Earth, London, UK. 145 pp.
- Johnson D.S. 1967. *Distributional patterns in Malayan freshwater fish*. *Ecology*. 48, 722-730.
- Maltby, E., Immirzi, C.P and Safford, R.J. (1996). *Tropical Lowland Peatlands of Southeast Asia*, Proceedings of a Workshop on Integrated Planning and Management of Tropical Lowland Peatlands held at Cisarua, Indonesia, 3-8 July 1992. IUCN, Gland, Switzerland. 294 pp.
- Morrogh-Bernard, H., Husson, S., Page, S.E. and Rieley, J.O. (2003) *Population status of the Bornean orang-utan (Pongo pygmaeus) in the Sebangau peat swamp forest, Central Kalimantan, Indonesia*. *Biological Conservation*, 110: 141-152.
- Ng, P.K.L, Tay, J.B, and Lim K.K.P 1994. *Diversity and conservation of blackwater fishes in Peninsular Malaysia, particularly in the North Selangor peat swamp forest*. *Hydrobiologia*. 285, 203-218.
- Page, S. E., Rieley, J. O. & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatlands carbon pool. *Global Change Biology*, 17, 798-818.
- Page, S.E. and Rieley, J.O. (1998). Tropical peatlands: a review of their natural resource functions, with particular reference to Southeast Asia. *International Peat Journal*, 8: 95-106.
- Page, S.E., Rieley, J.O. Böhm, H-D.V., Siegert, F. and Muhamad, N.Z. (2000). *Impact of the 1997 fires on the peatlands of Central Kalimantan, Indonesia*. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Peat Congress, Quebec, Canada, 962-970. International Peat Society.
- Page, S.E., Siegert, F., Rieley, J.O., Boehm, H.-D.V., Jaya, A. & Limin, S. (2002). *The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997*. *Nature*, 420: 61-65.
- Page, S. E., Rieley, J. O. & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatlands carbon pool. *Global Change Biology*, 17, 798-818.
- Polak, B. (1975). *Character and occurrence of peat deposits in the Malaysian tropics*. *Modern Quaternary Research in SE Asia*, 2: 71-81.



- Prentice, C. and Parish, D. (1992). Conservation of peat swamp forest: a forgotten ecosystem. Proceedings of the International Conference on Tropical Biodiversity. Malaysian Nature Society, Kuala Lumpur, Malaysia, 1990. pp. 128-144.
- Richard, P.W. (1996) 2<sup>nd</sup> Ed. *The Tropical Rain Forest: An Ecological Study*. Universiti of Wales, Bangor.
- Rieley, J.O. and Page, S.E. (eds.) (2005): *Wise Use of Tropical Peatlands - Focus on Southeast Asia*. Alterra Research Centre, University of Wageningen and the EU STRAPEAT and RESTORPEAT Partnerships, The Netherlands. [www.restorpeat.alterra.wur.nl](http://www.restorpeat.alterra.wur.nl)
- Rieley, J.O., Page, S. and Sieffermann, G. 1995. Tropical Peat Swamp Forests of Southeast Asia: Ecology and Environmental Importance. *Malaysian Journal of Tropical Geography* 26: 131 – 141.
- Rieley, J.O. and Ahmad-Shah, A. (1996). *The vegetation of tropical peat swamp forests*. In: E. Maltby, C.P. Immirzi & R.J. Safford (eds.) *Tropical Lowland Peatlands of Southeast Asia*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland. pp. 55-74.
- Simbolon, H. and Marmanto, E. 1999. Checklist of plant species in peat swamp forest of Central Kalimantan, Indonesia. In Proc. of the International Symposium on Tropical Peatlands, Bogor, Indonesia, 22-23 November 1999, pp 179-190.
- Sorensen, K.W. (1993). Indonesian peat swamp forests and their role as a carbon sink. *Chemosphere* 27: 1065-1082.
- Whitmore, T.C. (1984). *Tropical Rain Forests of the Far East*. (2nd ed.). Clarendon Press, Oxford.
- Wibowo, P. (2001). Pemantauan Hutan Rawa Gambut di Kawasan Berbak-Sembilang. Dalam Prosiding Lahan Gambut untuk perlindungan iklim global dan kesejahteraan masyarakat. CCPI, Wetland International and Wild life Habitata Canada, Bogor hal 215-226.
- Wösten, J.H.M., Clymans, E., Page, S.E., Rieley, J.O. and Limin, S.H. (2008). Interrelationships between peat and water in a tropical peatland ecosystem in Southeast Asia. *Catena*, 73: 212-224.