

PEAT-CO2

**Assessment of CO₂ emissions from
drained peatlands in SE Asia**

Kajian emisi CO₂ dari

lahan gambut yang dikeringkan di Asia Tenggara

1st edition

December 7, 2006

Authors: Aljosja Hooijer, Marcel Silvius, Henk Wösten, Susan Page

Translator: Irwansyah Reza Lubis

Indonesian Editor: Yus Rusila Noor

Contact: aljosja.hooijer@wldelft.nl

marcel.silvius@wetlands.org

To be cited as:

Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. and Page, S. 2006. PEAT-CO2, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943 (2006)

Summary

Forested tropical peatlands in SE Asia store at least 42,000 Megatonnes of soil carbon. This carbon is increasingly released to the atmosphere due to drainage and fires associated with plantation development and logging. Peatlands make up 12% of the SE Asian land area but account for 25% of current deforestation. Out of 27 million hectares of peatland, 12 million hectares (45%) are currently deforested and mostly drained. One important crop in drained peatlands is palm oil, which is increasingly used as a biofuel in Europe.

In the PEAT-CO₂ project, present and future emissions from drained peatlands were quantified using the latest data on peat extent and depth, present and projected land use and water management practice, decomposition rates and fire emissions. It was found that current likely CO₂ emissions caused by decomposition of drained peatlands amounts to 632 Mt/y (between 355 and 874 Mt/y). This emission will increase in coming decades unless land management practices and peatland development plans are changed, and will continue well beyond the 21st century. In addition, over 1997-2006 an estimated average of 1400 Mt/y in CO₂ emissions was caused by peatland fires that are also associated with drainage and degradation. The current total peatland CO₂ emission of 2000 Mt/y equals almost 8% of global emissions from fossil fuel burning. These emissions have been rapidly increasing since 1985 and will further increase unless action is

Ringkasan

Lahan gambut tropis berhutan di Asia Tenggara menyimpan setidaknya 42.000 Mton karbon tanah. Tingkat pelepasan karbon ini ke atmosfer terus meningkat akibat kebakaran dan pengeringan yang terkait dengan kegiatan perkebunan dan penebangan kayu. Lahan gambut mencakup sekitar 12% dari daratan di Asia Tenggara, akan tetapi 25% dari kegiatan deforestasi di wilayah ini terjadi di lahan gambut. Dari 27 juta hektar lahan gambut, 12 juta hektar (45%) saat ini mengalami deforestasi dan sebagian besar mengalami pengeringan. Salah satu komoditas perkebunan di lahan gambut adalah minyak dari kelapa sawit, yang saat ini penggunaannya untuk bio fuel/BBM nabati semakin meningkat di Eropa.

Pada proyek PEAT-CO₂, emisi saat ini dan mendatang dari lahan gambut yang dikeringkan dihitung berdasarkan data terakhir tentang luasan dan kedalaman gambut, tata guna lahan dan praktek pengelolaan air saat ini dan mendatang serta laju dekomposisi dan emisi dari kebakaran. Diperoleh data bahwa emisi CO₂ saat ini dari dekomposisi lahan gambut yang dikeringkan mencapai jumlah 632 Mton/tahun (antara 355 dan 874 Mton/tahun). Emisi ini akan terus meningkat dalam dekade mendatang apabila tidak ada perubahan dalam praktek pengelolaan lahan dan rencana pengembangan lahan gambut, dan akan berlanjut terus melampaui abad ke-21. Selain itu, pada periode tahun 1997-2006, emisi rata-rata sejumlah 1.400 Mton/tahun diperkirakan berasal dari kebakaran di lahan gambut yang juga berkaitan dengan pengeringan dan pengeringan. Total emisi CO₂ lahan gambut sebesar 2.000 Mton/tahun sama dengan hampir 8% emisi global dari pembakaran bahan bakar fosil. Sejak tahun 1985, emisi ini terus meningkat secara cepat dan akan terus meroket apabila tidak ada tindakan

taken. Over 90% of this emission originates from Indonesia, which puts the country in 3rd place (after the USA and China) in the global CO₂ emission ranking.

It is concluded that deforested and drained peatlands in SE Asia are a globally significant source of CO₂ emissions and a major obstacle to meeting the aim of stabilizing greenhouse gas emissions, as expressed by the international community. It is therefore recommended that international action is taken to help SE Asian countries, especially Indonesia, to better conserve their peat resources through forest conservation and through water management improvements aiming to restore high water tables.

yang dilakukan. Lebih 90% emisi ini berasal dari Indonesia, yang memposisikan negara ini pada urutan ke-3 (setelah Amerika Serikat dan Cina) dalam peringkat emisi CO₂ dunia.

Dapat disimpulkan bahwa lahan gambut yang tidak berhutan dan terdegradasi di Asia Tenggara adalah sumber emisi CO₂ yang signifikan secara global dan merupakan suatu kendala besar dalam rangka mencapai penstabilan emisi gas rumah kaca, seperti yang sedang banyak dikumandangkan komunitas internasional. Oleh karena itu sangat direkomendasikan untuk melakukan suatu aksi internasional untuk membantu negara-negara Asia Tenggara, terutama Indonesia, untuk lebih dapat mengkonservasi sumber daya gambutnya melalui konservasi hutan dan perbaikan tata air yang mengarah kepada restorasi tinggi muka air tanah.

Contents / Daftar Isi

1	Introduction / <i>Pendahuluan</i>	1
1.1	Background / <i>Latar belakang</i>	1
1.2	This Study and Report / <i>Tentang kajian dan laporan ini</i>	2
1.3	Acknowledgements / <i>Ucapan terima kasih</i>	3
2	Analysis approach / <i>Pendekatan analisa</i>	4
2.1	Analysis area / <i>Wilayah analisa</i>	4
2.2	Analysis steps / <i>Langkah-langkah analisa</i>	4
2.3	Data sources / <i>Sumber data</i>	5
3	Analyses and results / <i>Analisa dan Hasil</i>	6
3.1	Peatland distribution, thickness and carbon storage / <i>Sebaran lahan gambut, ketebalan dan simpanan karbon</i>	6
3.2	Current (year 2000) and projected land use on peatlands / <i>Tata guna lahan gambut saat ini (tahun 2000) dan proyeksi mendatang</i>	7
3.3	Current and projected CO ₂ emissions from oxidation in drained peatlands / <i>Emisi CO₂ saat ini dan proyeksinya dari oksidasi di lahan gambut yang dikeringkan</i>	17
3.4	CO ₂ emissions from peatland fires / <i>Emisi CO₂ dari kebakaran lahan gambut</i>	22
4	Discussion of uncertainties / <i>Diskusi mengenai ketidakpastian</i>	25
4.1	Uncertainty sources / <i>Sumber-sumber ketidakpastian</i>	25
4.2	Assessment of overall uncertainty / <i>Kajian ketidakpastian keseluruhan</i>	27
4.3	Proposed research activities to reduce uncertainties / <i>Aktivitas penelitian yang diusulkan untuk mengurangi ketidakpastian</i>	28
5	Conclusions and recommendations / <i>Kesimpulan dan Rekomendasi</i>	29
5.1	Recommendations for improved peatland carbon conservation / <i>Rekomendasi untuk peningkatan konservasi karbon di lahan gambut</i>	32
6	References / <i>Pustaka</i>	35

1 Introduction

1.1 Background

Peatlands cover 3% (some 4 million km²) of the Earth's land area (Global Peatlands Initiative, 2002) and store a large fraction of the World's terrestrial carbon resources: up to 528,000 Megatonnes (Gorham 1991, Immirzi and Maltby 1992), equivalent to one-third of global soil carbon and to 70 times the current annual global emissions from fossil fuel burning (approximately 7,000 Mt/y in 2006 in carbon equivalents or 26,000 Mt/y in CO₂ equivalents).

This carbon store is now being released to the Earth's atmosphere through two mechanisms:

- Drainage of peatlands leads to aeration of the peat material and hence to oxidation (also called aerobic decomposition). This oxidation of peat material (which consists of some 10% plant remains and 90% water) results in CO₂ gas emissions. Much of the dry peat matter is carbon (50% to 60% in SE Asia, depending on peat type).
- Fires in degraded peatlands result in further CO₂ gas emissions; fires are extremely rare in non-degraded and non-drained peatlands.

Most rapid peatland degradation presently occurs in SE Asia where the peatlands are being deforested, drained and burnt for development of oil palm and timber plantations, agriculture and logging. Apart from CO₂ emissions, these developments are also a threat to the remaining biodiversity in SE Asia as the peatlands are an important habitat for many endangered species, including Orang Utan in Borneo and Sumatran Tiger in Sumatra. Furthermore, the peat fires cause regional haze (smog) problems that affect public health and economies in the SE Asian region.

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Lahan gambut mencakup 3% (sekitar 4 juta km²) dari daratan bumi (Global Peatlands Initiative, 2002) dan menyimpan sebagian besar sumber daya karbon terestrial dunia: mencapai 528.000 Mton (Gorham 1991, Immirzi dan Maltby 1992), kurang lebih setara dengan 1/3 dari karbon dalam tanah global dan 70 kali lebih besar dari emisi tahunan global saat ini yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (sekitar 7.000 Mton/tahun pada tahun 2006 dilihat dari kandungan Karbon saja atau 26.000 juta ton/tahun apabila dilihat dari kandungan CO₂).

Pada saat ini, simpanan karbon sedang mengalami pelepasan ke atmosfer melalui dua mekanisme:

- Pengerangan lahan gambut yang mengarah kepada aerasi bahan gambut dan kemudian menyebabkan terjadinya oksidasi (disebut juga dekomposisi aerobik). Oksidasi material gambut ini (yang tersusun atas 10% sisa tumbuhan dan 90% air) menghasilkan emisi gas CO₂. Bahan gambut kering ini sebagian besar adalah Karbon (50% sampai 60% di Asia Tenggara, tergantung kepada tipe gambutnya).
- Kebakaran yang terjadi di lahan gambut terdegradasi menghasilkan emisi CO₂; kebakaran sangat jarang sekali terjadi di kawasan gambut yang tidak terdegradasi atau yang tidak dikeringkan

Degradasi lahan gambut yang paling cepat saat ini terjadi terutama di Asia Tenggara, dimana lahan gambut mengalami deforestasi, dikeringkan dan dibakar untuk pengembangan kebun kelapa sawit, hutan tanaman industri, pertanian dan penebangan kayu. Selain berupa emisi CO₂, kegiatan pengembangan ini juga menjadi ancaman bagi keanekaragaman hayati yang masih tersisa di Asia Tenggara, dimana lahan gambut merupakan habitat penting bagi berbagai jenis terancam, termasuk Orang utan di Kalimantan dan Harimau Sumatra di Pulau Sumatra. Lebih jauh lagi kebakaran gambut telah menimbulkan masalah kabut asap regional yang mempengaruhi kesehatan masyarakat dan perekonomian di Asia Tenggara.

The PEAT-CO₂ project (Peatland CO₂ Emission Assessment Tool) aims to quantify the CO₂ emissions resulting from different water management strategies in peatland. The data for SE Asia used in PEAT-CO₂ show that peatlands cover 27.1 Million hectares in SE Asia (defined here as Indonesia, Malaysia, Brunei and Papua New Guinea), or 10% of the total land area. Over 22.5 Million hectares (83%) of this are in Indonesia, with a further 2 Million hectares in Malaysia and 2.6 Million hectares in Papua New Guinea. Peat thicknesses range from less than 1 to over 12 metres; a significant fraction of peatlands are over 4 metres thick (at least 17% in Indonesia). According to PEAT-CO₂ calculations the total carbon store in SE Asian peatlands is at least 42,000 Mt (assuming a carbon content of 60 kg/m³); this estimate is likely to increase when peat thicknesses and peat characteristics are better known.

Scientists have been aware of the link between peatland development and CO₂ emissions for some time, but policy makers and peatland managers are still insufficiently aware of the global implications of local and national peatland management strategies and actions. As a result, CO₂ emissions from SE Asia's drained and burning peatlands are not yet recognized in the global climate change debate, and the major coordinated international action required to help these countries to better manage their peatlands has yet to start.

1.2 This Study and Report

The PEAT-CO₂ project was started in 2005 by Delft Hydraulics in collaboration with Wetlands International and Alterra, to:

- A) Demonstrate the causal links between drainage and CO₂ emissions (i.e. awareness raising);
- B) Quantify the actual emissions caused by peatland drainage (i.e. research), and

Proyek PEAT-CO₂ (Peatland CO₂ Emission Assessment Tool) bertujuan untuk menghitung emisi CO₂ yang dihasilkan dari berbagai strategi pengelolaan air di lahan gambut. Data untuk Asia Tenggara yang digunakan dalam PEAT-CO₂ menunjukkan bahwa lahan gambut mencakup wilayah seluas 27,1 juta hektar di Asia Tenggara (dalam hal ini maksudnya adalah Indonesia, Malaysia, Brunei, dan Papua Nugini), atau 10% dari seluruh luas daratannya. Lebih dari 22,5 juta hektar (83%) berada di Indonesia, sementara 2 juta hektar lainnya berada di Malaysia dan 2,6 juta hektar di Papua Nugini. Ketebalan gambut bervariasi mulai dari 1 sampai dengan 12 meter; gambut dengan ketebalan 4 meter cukup signifikan luasannya (setidaknya 17% berada di Indonesia). Menurut perhitungan PEAT-CO₂, jumlah total karbon yang tersimpan di lahan gambut Asia Tenggara setidaknya berjumlah 42.000 Mton (dengan mengasumsikan bahwa kandungan karbon adalah sebesar 60kg/m³); perkiraan akan dapat lebih besar angkanya apabila ketebalan dan karakteristik gambut telah lebih banyak diketahui.

Selama ini para ilmuwan telah menyadari hubungan antara pengembangan lahan gambut dan emisi, akan tetapi para pengambil kebijakan dan pengelola lahan basah masih kurang menyadari akan implikasi global dari strategi dan tindakan pengelolaan lahan gambut lokal dan nasional mereka. Akibatnya, emisi CO₂ dari lahan gambut yang dikeringkan dan terbakar di Asia Tenggara tidak diperhitungkan dalam debat perubahan iklim global, dan belum dimulai adanya suatu aksi besar skala internasional yang terkoordinasi untuk membantu negara-negara tersebut dalam mengelola lahan gambutnya dengan lebih baik.

1.2 Tentang Kajian dan Laporan Ini

Proyek PEAT-CO₂ dimulai sejak tahun 2005 oleh Delft Hydraulics bekerjasama dengan Wetlands International dan Alterra, untuk:

- A) Mendemonstrasikan kaitan sebab akibat antara pengeringan (drainase) dan emisi CO₂ (terkait dengan peningkatan kesadaran);
- B) Menghitung emisi aktual yang ditimbulkan dari pengeringan lahan gambut (terkait dengan riset), dan

C) Develop peatland management support tools with a focus on water management.

In 2005, the PEAT-CO₂ project determined global CO₂ emissions from drained peatland on a regional basis, and developed a prototype of a PEAT-CO₂ tool for rapid peatland management strategy assessments.

In 2006 the PEAT-CO₂ project determined CO₂ emissions from SE Asia alone, using more accurate data and improved assessment methods. The results of the latter activity are presented here.

This document is a consultancy report. A scientific paper on approach and results of the study will be published in a special issue of *Ecology*, in 2007.

C) Mengembangkan perangkat pendukung pengelolaan lahan gambut dengan fokus pada pengelolaan air.

Pada tahun 2005, Proyek PEAT-CO₂ telah menghitung emisi CO₂ global dari pengeringan lahan gambut dalam skala regional, dan mengembangkan suatu prototipe dari perangkat PEAT-CO₂ untuk pengkajian strategi pengelolaan lahan gambut secara cepat.

Pada tahun 2006, Proyek PEAT-CO₂ telah menghitung emisi CO₂ khusus untuk Asia Tenggara, dengan menggunakan data yang akurat dan metoda kajian yang telah ditingkatkan. Hasil dari kegiatan terakhir disajikan dalam laporan ini.

Dokumen ini merupakan laporan konsultasi. Suatu makalah ilmiah sedang dalam tahap persiapan dan hasil dari kajian ini akan diterbitkan dalam edisi khusus *Ecology* pada tahun 2007.

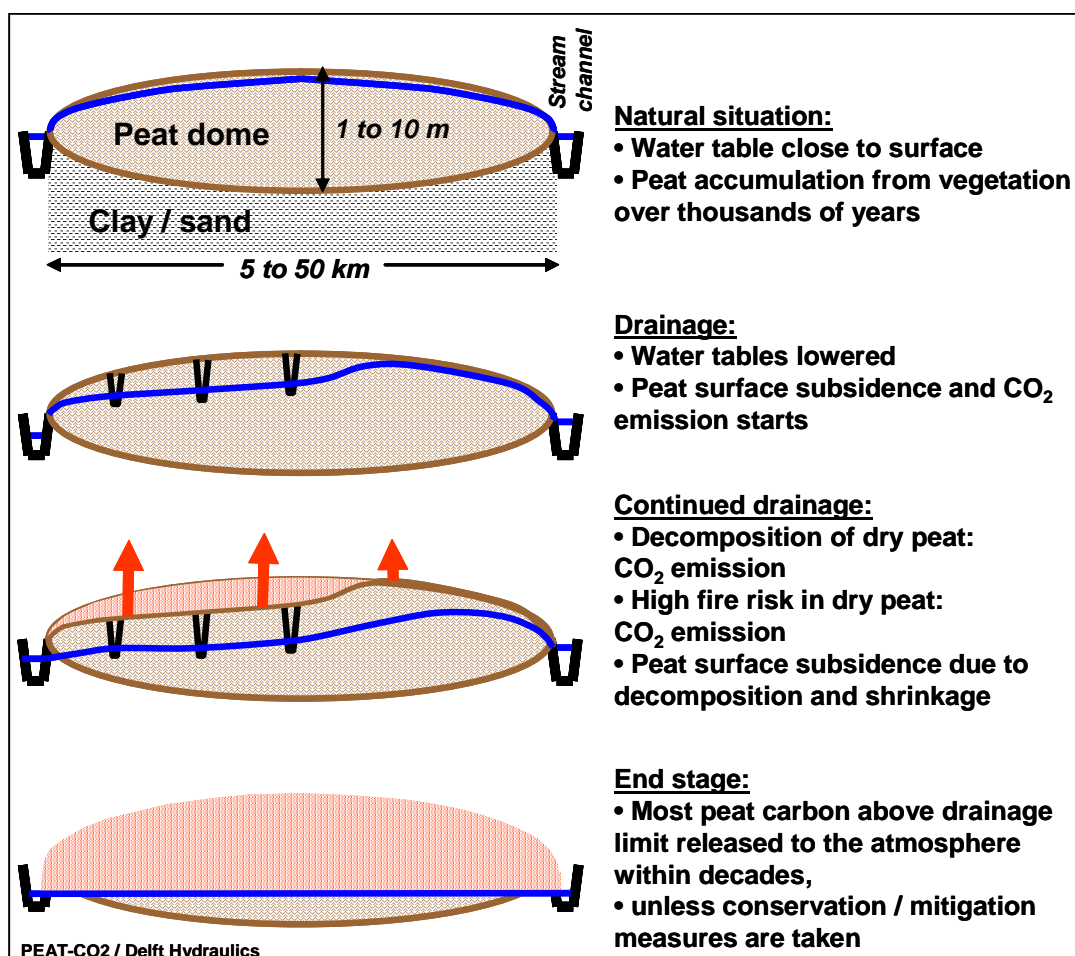


Figure 1 Schematic illustration of CO₂ emission from drained peatlands

1.3 Acknowledgements

Within Delft Hydraulics the following persons contributed to the study and to this report:

Jaap Kwadijk, Rinus Vis, Marcel Ververs, Rolf van Buren, Marjolijn Haasnoot and others.

The following other organizations and persons were actively involved in the study presented here:

- Wetlands International (Marcel Silvius).
- Alterra (Henk Wösten).
- University of Leicester (Susan Page).
- SarVision (Niels Wielaard).

Furthermore, the following organizations and persons are gratefully acknowledged for data and other support:

- Global Carbon Project / CSIRO (Pep Canadell, David Hilbert).
- Global Environment Centre (Faizal Parish).
- Global Forest Watch (Fred Stolle).
- Remote Sensing Solutions (Florian Siegert).
- University of Helsinki (Jyrki Jauhiainen).

The PEAT-CO₂ research for SE Asia was financed by Delft Hydraulics from its R&D budget. Complementary budgets were provided by Wetlands International and WWF Indonesia for production of this report and presentation of results at the UNFCCC COP12 in Nairobi, November 2006.

1.3 Ucapan Terima Kasih

Dalam lingkup Delft Hydraulics, individu-individu berikut memberikan kontribusi dalam kajian dan laporan ini :

Jaap Kwadijk, Rinus Vis, Marcel Ververs, Rolf van Buren, Marjolijn Haasnoot dan lainnya.

Organisasi dan individu berikut ini terlibat secara aktif dalam kajian yang disajikan dalam laporan ini:

- Wetlands International (Marcel Silvius).
- Alterra (Henk Wösten).
- University of Leicester (Susan Page).
- SarVision (Niels Wielaard).

Selanjutnya, ucapan terimakasih dihaturkan kepada organisasi-organisasi dan individu-individu berikut atas kontribusi data dan dukungan lainnya:

- Global Carbon Project / CSIRO (Pep Canadell, David Hilbert).
- Global Environment Centre (Faizal Parish).
- Global Forest Watch (Fred Stolle).
- Remote Sensing Solutions (Florian Siegert).
- University of Helsinki (Jyrki Jauhiainen).

Kajian PEAT-CO₂ untuk wilayah Asia Tenggara dibiayai oleh Delft Hydraulics dari alokasi dana Riset dan Pengembangan-nya. Dana tambahan untuk penulisan laporan dan presentasi hasil kajian pada CoP12 UNFCCC di Nairobi November 2006, disediakan oleh Wetlands International dan WWF Indonesia.

2 Analysis approach

2.1 Analysis area

The current analysis pertains to lowland peatlands in SE Asia:

- For the purpose of this study, 4 countries in SE Asia are included which have major peat resources: Indonesia, Malaysia, Papua New Guinea and Brunei. Smaller peatland areas are found in Thailand, Vietnam, Cambodia and the Philippines. However, these are less well studied and equivalent in area and carbon volume to only a few percent of the region included. They are therefore excluded from the analysis.
- The study includes only lowland peatlands, defined as peatlands under 300m above Sea level. Some peatland areas exist in higher areas in SE Asia, however the area of these peatlands was found to be less than 3% of the peatland area, mostly in Papua (formerly Irian Jaya, in Indonesia) and Papua New Guinea, and probably represents less than 1% of the peatland carbon store as the peat deposits typically have only limited thickness.

2.2 Analysis steps

The present and future CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia were determined in a number of steps:

- A) Develop a peatland distribution map (Figure 2).
- B) Develop a peatland land use map for the year 2000 (Figure 4, Figure 5).
- C) Calculate peatland areas under different land uses, by Province, State and Country, in 2000 (Table 1).

2 Pendekatan Analisa

2.1 Wilayah Analisa

Analisa saat ini diterapkan untuk lahan gambut dataran rendah di Asia Tenggara:

- Untuk keperluan studi ini, kajian dilakukan untuk 4 negara di Asia Tenggara yang memiliki sumber daya gambut terbesar: Indonesia, Malaysia, Papua Nugini dan Brunei. Sebenarnya lahan gambut lebih kecil dapat ditemukan di Thailand, Vietnam, Kamboja dan Filipina. Akan tetapi oleh karena kecilnya persentasi luasan dan volume karbon dan masih sedikitnya kajian, maka negara-negara tersebut tidak disertakan dalam analisa ini.
- Studi ini hanya menyertakan lahan gambut di dataran rendah, yang didefinisikan sebagai lahan gambut yang berada dibawah 300 meter di atas permukaan laut. Beberapa wilayah lahan gambut berada di dataran tinggi Asia Tenggara, akan tetapi luasannya kurang dari 3% keseluruhan wilayah lahan gambut, sebagian besar berada di Papua (dahulu disebut Irian Jaya, di Indonesia) dan Papua Nugini, dan kemungkinan hanya mewakili kurang dari 1% simpanan karbon lahan gambut karena deposit gambutnya pada umumnya hanya memiliki ketebalan yang terbatas.

2.2 Langkah-langkah analisa

Emisi CO₂ saat ini dan mendatang dari lahan gambut yang dikeringkan di Asia Tenggara ditentukan melalui beberapa langkah:

- A) Mengembangkan peta sebaran lahan (Gambar 2).
- B) Mengembangkan suatu peta tata guna lahan gambut untuk tahun 2000.
- C) Mengkalkulasi luasan lahan gambut pada tata guna lahan yang berbeda, menurut Propinsi, Negara Bagian dan Negara, untuk tahun 2000.

- | | |
|---|--|
| <p>D) Determine trends in land use in peatlands, by Province (Indonesia), State (Malaysia) and Country (Brunei, PNG) (Figure 11, Table 2, Table 3, Figure 6).</p> <p>E) Determine drainage depths for land use types and determine the relation between drainage depth and CO₂ emission (Table 5, Figure 12).</p> <p>F) Determine CO₂ emissions from oxidation in drained peatlands by Province, State and Country, in 2000 and in the future (Figure 13, Figure 14).</p> <p>G) Estimate additional CO₂ emissions from degraded and drained peatlands (Figure 16).</p> | <p>D) Menentukan kecenderungan tata guna lahan di lahan gambut, per propinsi (Indonesia), per negara bagian (Malaysia) dan Negara (Brunei dan Papua Nugini) (Gambar 11, Tabel 2, Tabel 3, Gambar 6).</p> <p>E) Menentukan kedalaman drainase untuk berbagai tipe tata guna lahan dan menentukan hubungan antara kedalaman drainase dan emisi CO₂ (Tabel 5, Gambar 12).</p> <p>F) Menentukan emisi CO₂ yang berasal dari oksidasi di lahan gambut yang dikeringkan per propinsi, negara bagian dan negara, untuk tahun 2000 dan masa mendatang (Gambar 13, Gambar 14).</p> <p>G) Memperkirakan emisi CO₂ tambahan dari lahan gambut yang terdegradasi dan dikeringkan (Gambar 16).</p> |
|---|--|

The basic method of analysis enabled determination of the presence of relevant parameters (presence of peat, thickness of peat, presence of drainage, depth of drainage, rate of change in drainage, etc) in GIS maps with a resolution of 1km. The Arc-GIS package was used for this. The results were than summarized in Tables by geographic analysis units, and further calculations were performed using these Tables.

Metoda dasar dari analisa yang digunakan mampu menentukan keberadaan paramater-parameter yang relevan (keberadaan gambut, kedalaman gambut, keberadaan drainase, kedalaman drainase, tingkat perubahan drainase, dan lain sebagainya) pada peta GIS dengan resolusi sampai 1 km. Paket perangkat lunak Arc-GIS digunakan untuk kebutuhan ini. Hasil-hasilnya disarikan dalam tabel menurut unit-unit analisa geografis, dan perhitungan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan tabel-tabel tersebut.

2.3 Data sources

Data were obtained from several sources, including preliminary results of studies that have yet to be published.

2.3 Sumber data

Data diperoleh dari berbagai sumber, termasuk dari berbagai kajian awal yang belum dipublikasikan.

2.3.1 Peat extent and thickness

- Peat extent and peat thickness data for Kalimantan and Sumatra, collected in field surveys over 1990-2002, were provided by Wetlands International. These data are an improvement over the FAO soil data used in earlier analyses, which has lower accuracy and detail and no thickness information. However, numbers can still be improved especially for peat thickness.

2.3.1 Sebaran dan ketebalan gambut

- Data sebaran dan ketebalan gambut untuk Kalimantan dan Sumatra dikumpulkan melalui survey lapangan selama tahun 1990-2002 yang dilakukan oleh Wetlands International. Data tersebut merupakan perbaikan dari data tanah FAO yang digunakan dalam analisa sebelumnya, yang memiliki akurasi dan rincian yang rendah dan tidak memiliki informasi ketebalan. Walaupun demikian, angka-angka tersebut masih dapat diperbaiki terutama untuk ketebalan gambut.

- For the remaining areas, the FAO Digital Soil Map of the World was used to determine peat percentage in soil classes, using decision rules supplied by the International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Peat thickness data for Papua / Irian Jaya were provided by Wetlands International. Peat thickness in other areas was estimated as described later.
- Untuk daerah-daerah lainnya, digunakan peta tanah digital FAO dari *Map of the World* untuk menentukan persentasi gambut dalam kelas-kelas tanah, dengan menggunakan aturan pengambilan keputusan yang diberikan oleh *the International Soil Reference and Information Centre (ISRIC)*. Data ketebalan gambut Papua disediakan oleh Wetlands International. Ketebalan gambut untuk daerah-daerah lainnya diperkirakan, dimana lebih jelasnya akan dikemukakan kemudian.

2.3.2 Land use

- SE Asia land use data for the year 2000 were obtained from the GLC 2000 global land cover classification, an EU-JRC product derived from SPOT VEGETATION satellite data at a 1km resolution.
- Indonesian forest cover data for the years 1985 and 1997, and plantation concession data, were provided by the World Resources Institute (Global Forest Watch).
- Analysis results for land cover datasets (based on satellite data) over the years 2000-2005 were provided by SarVision.

2.3.3 Drainage and CO₂ emission

- Numbers for typical drainage intensity and drainage depth for different land use classes ('cropland', 'mosaic cropland + shrubland', 'shrubland') were estimated in consultation with the experts involved in the study presented here, all of whom have considerable field experience in peatlands in SE Asia.
- The relation between average drainage depth and CO₂ emission was provided by Dr Henk Wösten of Alterra, and is supported by a literature review (the review received additional inputs from Dr Jyrki Jauhiainen of the University of Helsinki). The relation is a simplification

2.3.2 Tata guna lahan

- Data tata guna lahan Asia Tenggara untuk tahun 2000 diperoleh dari klasifikasi tutupan lahan global GLC 2000, produk dari EU-JRC yang dikembangkan menggunakan data satelit SPOT vegetation pada resolusi 1 km.
- Data tutupan hutan Indonesia untuk tahun 1985 dan 1997, dan data konsesi perkebunan, diperoleh dari World Resources Institute (Global Forest Watch).
- Hasil analisa untuk data tutupan lahan (berdasarkan data satelit) sepanjang tahun 2000-2005 diperoleh dari SarVision.

2.3.3 Pengeringan dan emisi CO₂

- Angka-angka untuk intensitas drainase umum dan kedalaman drainase untuk kelas-kelas tata guna lahan yang berbeda ('lahan tanaman pangan', 'mosaik lahan tanaman pangan + lahan bersemak', 'lahan bersemak') dihitung melalui konsultasi dengan para ahli yang terlibat dalam kajian ini, kesemua ahli tersebut telah memiliki pengalaman lapangan yang memadai di lahan gambut di Asia Tenggara.
- Relasi antara kedalaman drainase rata-rata dan emisi CO₂ disediakan oleh Dr Henk Wösten dari Alterra, dan didukung oleh studi pustaka (masukan tambahan diperoleh dari Dr Jyrki Jauhiainen dari Universitas Helsinki). Relasi yang diperoleh merupakan suatu

and needs to be further developed, but is considered applicable for a drainage depth range between 0.5m and 1m, which is the most common drainage depth range in the analysis area.

penyederhanaan dan masih memerlukan pengembangan selanjutnya, tetapi dianggap dapat diterapkan pada kedalaman drainase antara 0,5 m dan 1 m, dimana kedalaman tersebut umum ditemukan di wilayah analisa.

2.3.4 Emissions from peatland fires

- Data on 1997-2006 hotspot counts in Borneo were provided by Dr Florian Siegert of Remote Sensing Solutions; these data will be published separately.
- Analysis of CO₂ emissions during the 1997 peatland fires in Indonesia, published by Dr Susan Page (NATURE, 2002), is the basis for defining average CO₂ emissions over 1997-2006.
- Preliminary results on the relation between land use and fire frequency were provided by Dr Allan Spessa of the Max Planck Institute.

2.3.4 Emisi dari kebakaran di lahan gambut

- Data Titik api tahun 1997-2006 di pulau Kalimantan diperoleh dari Dr Florian Siegert dari Remote Sensing Solutions; data tersebut akan dipublikasikan secara terpisah.
- Analisa emisi CO₂ selama kebakaran lahan gambut tahun 1997 di Indonesia, yang dipublikasikan oleh Dr Susan Page (NATURE, 2002), menjadi dasar bagi penentuan emisi CO₂ rata-rata selama tahun 1997-2006.
- Hasil-hasil awal mengenai relasi antara tata guna lahan dan kekerapan kebakaran disediakan oleh Dr Allan Spessa dari Max Planck Institute.

3 Analyses and results

3.1 Peatland distribution, thickness and carbon storage

Peatland distribution in SE Asia is shown in Figure 2. The total peatland area in SE Asia is calculated at 27.1 million hectares, or 271,000 km² (Table 2). To put this in perspective: this is 10% of the SE Asian land area and approximately equal to the land area of the British Isles. Indonesia alone has 22.5 million hectares, which is 12 percent of its land area and 83% of the SE Asian peatland area.

Peat thickness in Indonesia (Sumatra, Kalimantan and Papua) ranges from less than 1 metre to over 12 metres, as shown in Figure 3. While 42% of the peatland area in Indonesia is over two metres thick, these thicker peat deposits store 77% of the total peat (and carbon, approximately) deposits. It is expected similar distributions apply for the remaining peatlands of SE Asia. Peat thicknesses outside Indonesia were estimated conservatively: an average thickness of 3m was assumed for Malaysia and Brunei (assumed similar to neighbouring Kalimantan), a thickness of 1.5 metres was assumed for Papua New Guinea (assumed similar to neighbouring Papua).

Carbon storage in peatlands depends on the type of peat deposits. In SE Asia, almost all lowland peat is derived from forest vegetation and has a high wood content, however the degree of decomposition varies from peatland to peatland and within peatlands. Most studies (e.g. Page et al, 2002) consider a value in the order of 60 kgC/m³ to be representative for SE Asian peatlands in general. Using this figure, the peat extent- and thickness data used in the current study yield a total approximate carbon storage in SE Asian peatlands of 42,000 Megatons.

3 Analisa dan hasil

3.1 Sebaran lahan gambut, ketebalan dan simpanan karbon

Sebaran lahan gambut di Asia Tenggara disajikan pada Gambar 2. Luas total lahan gambut di Asia Tenggara mencapai 27,1 juta hektar, atau 271.000 km² (Tabel 2). Dengan kata lain: sebanding dengan 10% dari luas daratan di Asia Tenggara dan kurang lebih sama dengan luas daratan the British Isles. Indonesia sendiri memiliki 22,5 juta hektar, atau 12% dari seluruh luas daratannya dan 83% dari keseluruhan lahan gambut di Asia Tenggara.

Ketebalan gambut di Indonesia (Sumatra, Kalimantan dan Papua) berada pada rentang kurang dari 1 meter sampai dengan lebih dari 12 meter, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3. Sementara 42% dari lahan gambut Indonesia memiliki kedalaman lebih dari 2 meter, deposit gambut-tebal tersebut menyimpan 77% dari simpanan gambut (dan karbon) total. Diperkirakan sebaran yang sama berlaku untuk daerah-daerah lahan gambut lainnya di Asia Tenggara. Ketebalan gambut diluar Indonesia diperkirakan secara konservatif: dengan ketebalan rata-rata 3 m untuk Malaysia dan Brunei (diasumsikan sama dengan wilayah Kalimantan di wilayah Indonesia), ketebalan 1,5 meter diasumsikan untuk lahan gambut di Papua Nugini (dengan asumsi yang sama untuk Papua).

Simpanan karbon di lahan gambut bergantung kepada tipe deposit gambutnya. Di Asia Tenggara, hampir keseluruhan gambut dataran rendah berasal dari vegetasi hutan dan memiliki kandungan kayu yang tinggi, namun demikian tingkat dekomposisi berbeda antar satu lahan gambut dengan lahan gambut lainnya dan di dalam lahan gambut itu sendiri. Kebanyakan kajian (misalnya Page et. al, 2002) menganggap nilai sebesar 60 kgC/m³ cukup mewakili lahan gambut Asia Tenggara pada umumnya. Dengan menggunakan angka-angka ini, luasan gambut dan data ketebalan yang digunakan dalam kajian ini memberikan hasil total perkiraan simpanan karbon lahan gambut Asia Tenggara sebesar 42.000 Mton.

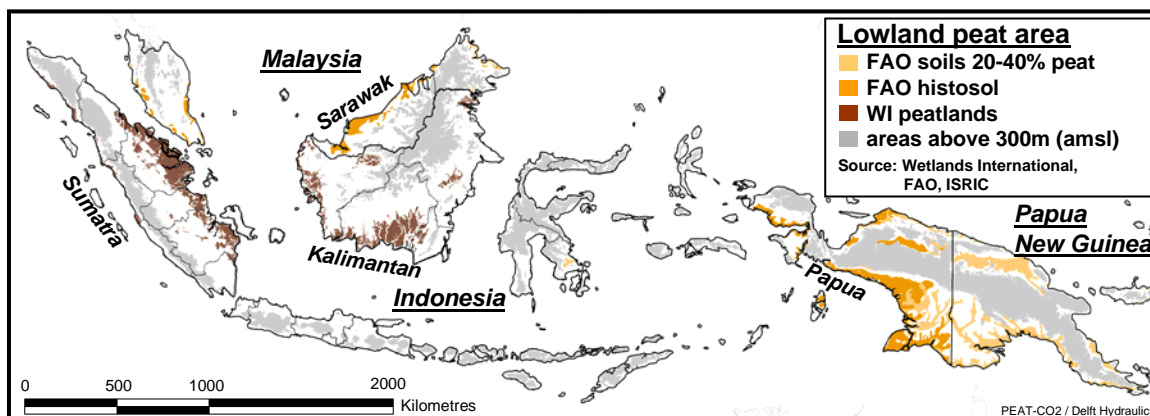


Figure 2 Lowland peat extent in SE Asia. The Wetlands International data have higher detail and accuracy than the FAO data.

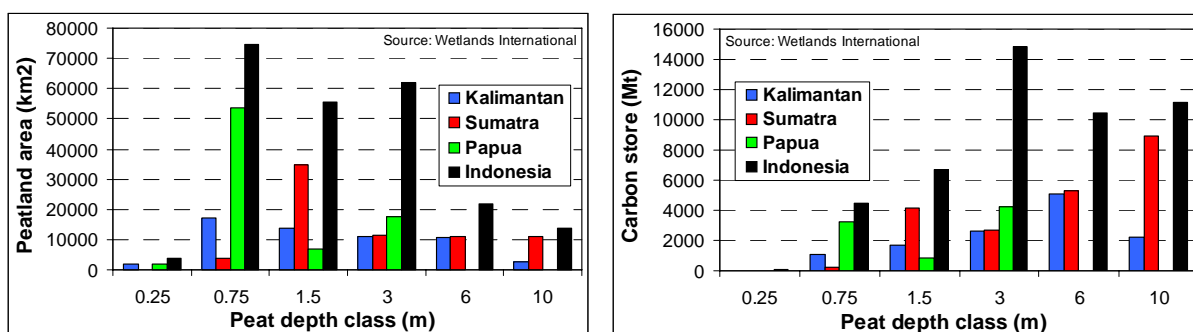


Figure 3 Peat depth/thickness classes by area. Large areas of peatland are in excess of 3 metres deep (Data: Wetlands International 2003, 2004)

3.2 Current (year 2000) and projected land use on peatlands

3.2 Tata guna lahan gambut saat ini (tahun 2000) dan proyeksi mendatang

3.2.1 Distribution of forest cover and land use types on peatlands

3.2.1 Sebaran tutupan hutan dan tipe tata guna lahan di lahan gambut

Land use in the base year 2000 was derived from the GLC 2000 global land use / land cover spatial dataset. This dataset consists of (approximately) 1km cells which have been assigned specific land use classes; cells within geographic analysis units (Provinces, States and Countries) were added up by class to derive total areas for each class within each unit. This was done separately for the entire area and for lowland peatlands (under 300m elevation), by ‘masking’ the land use data with the peat area dataset described

Tata guna lahan pada tahun 2000 dikembangkan dari data set spasial GLC 2000 tentang tata guna lahan / tutupan lahan global. Dataset ini terdiri atas (sekitar) sel-sel seluas 1 km yang telah diberikan kelas-kelas tata guna lahan tertentu; sel-sel dalam unit analisa geografis (propinsi, Negara Bagian dan Negara) ditambahkan kelas demi kelas untuk menghasilkan luasan wilayah total untuk setiap kelas dalam setiap unit. Hal ini dilakukan secara terpisah untuk seluruh wilayah dan untuk lahan gambut di dataran rendah (dengan elevasi dibawah 300 m), dengan memadukan data tata guna lahan

earlier. The results of this analysis are shown in Table 1.

In 2000, 61% of peatlands in SE Asia (that is, the countries included in the analysis: Indonesia, Malaysia, Papua New Guinea and Brunei) were covered in forest according to the GLC 2000 classification (Table 1). The same figure of 61% forest cover in 2000 applies to Indonesia. Within Indonesia, Papua had the highest remaining forest cover on peatlands (72%), Sumatra the lowest (52%).

dengan dataset wilayah gambut yang telah dijelaskan sebelumnya. Hasil analisa ini disajikan dalam Tabel 1.

Pada tahun 2000, seluas 61% lahan gambut di Asia Tenggara (Indonesia, Malaysia, Papua Nugini dan Brunei) masih tertutup oleh hutan menurut klasifikasi GLC 2000 (Tabel 1). Angka yang sama sebesar 61% tutupan hutan juga berlaku untuk Indonesia. Di Indonesia, Papua memiliki tutupan hutan paling luas di atas lahan gambut (72%) sementara Sumatra terendah (52%).

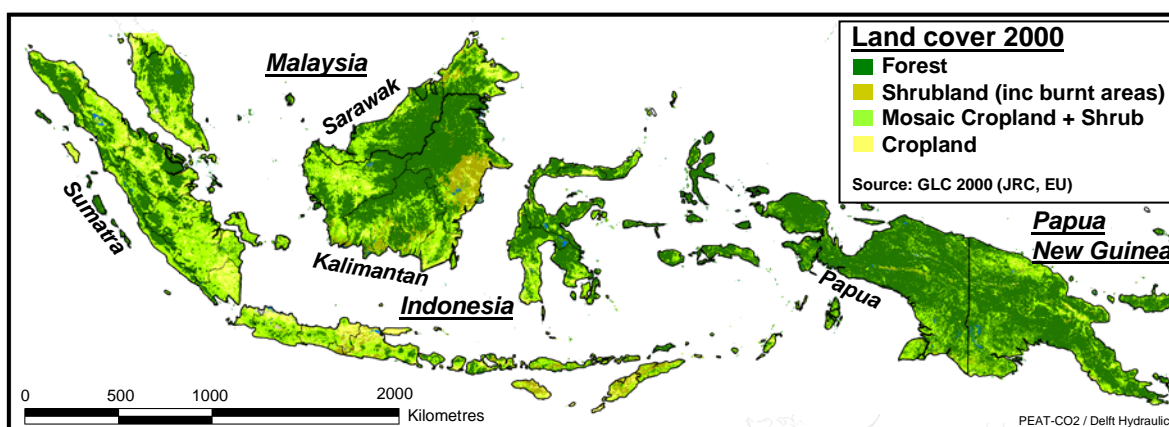


Figure 4 Land use in SE Asia as determined from GLC 2000 dataset.

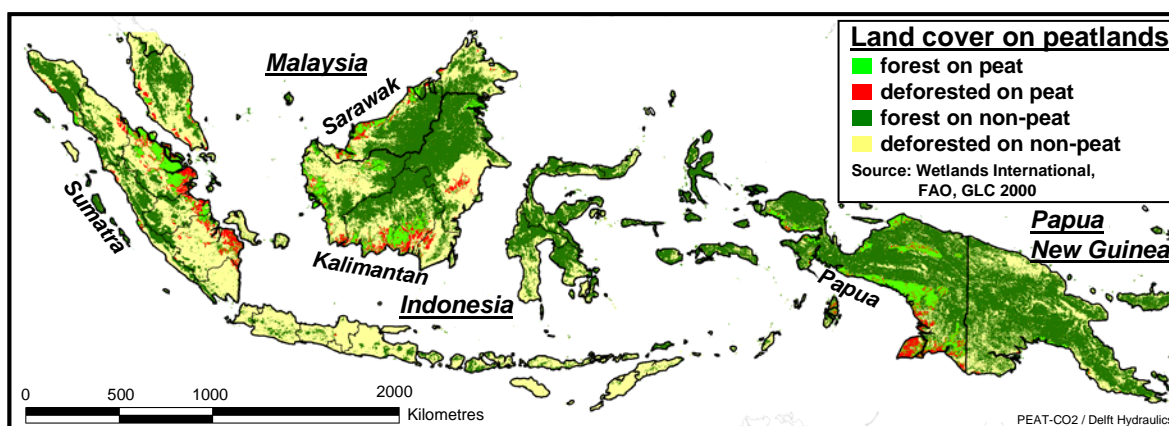


Figure 5 Forest status on peatland and non-peatland, in the year 2000.

Table 1 Peatland land use in the year 2000, as determined from the GLC 2000 global land use dataset.

GLC 2000 class:	Forest				Shrubland + burnt			Mosaic: crop+shrub			Cropland
	1	4	5	1,4,5	6	8	6,8	2	9	2,9	12
	Tree cover, broadleaved, evergreen, closed and closed to open	Tree cover, regularly flooded, Mangrove	Tree cover, regularly flooded, Swamp	Total forest (including logged)	Mosaics & Shrub Cover, shrub component dominant, mainly evergreen	Shrub cover, mainly deciduous, (Dry or burnt)	Total shrubland + burnt	Mosaic: Tree cover / Other nat. vegetation or Cropland (incl. very degraded and open tree cover)	Mosaic of Cropland / Other natural vegetation (Shifting cultivation in mountains)	Total mix cropland + shrub (small-scale agr.)	Cultivated and managed, non irrigated (mixed)
	% area	% area	% area	% area	% area	% area	% area	% area	% area	% area	% area
Total Indonesia	27	4	30	61	4	2	7	3	24	27	5
Kalimantan	30	2	27	58	15	4	20	2	17	19	3
Central Kalimantan	33	1	24	57	19	2	22	2	15	18	3
East Kalimantan	29	4	11	44	22	19	42	0	9	9	5
West Kalimantan	28	3	43	74	5	1	7	2	17	19	1
South Kalimantan	14	0	4	18	15	3	18	6	45	51	14
Sumatra	14	2	35	52	0	1	1	3	34	37	10
D.I. Aceh	37	0	22	59	0	0	0	4	28	32	8
North Sumatra	20	1	16	36	0	2	2	3	39	42	20
Riau	14	3	49	66	0	1	1	2	24	26	7
Jambi	9	0	33	42	0	1	1	3	38	40	17
South Sumatra	11	1	14	26	0	1	2	4	57	61	12
West Sumatra	24	0	13	38	0	5	5	4	42	46	11
Papua	36	9	27	72	0	1	2	4	20	25	1
Malaysia	36	4	15	53	2	1	1	7	32	38	7
Peninsular Malaysia	37	0	0	37	0	1	1	4	47	50	13
Sabah	21	21	2	43	8	2	10	3	28	31	17
Sarawak	38	3	23	59	2	1	2	9	26	35	4
Brunei	39	6	39	84	3	1	4	1	9	10	2
Papua N. Guinea	38	5	19	61	0	1	1	4	32	35	3
SE ASIA	29	4	28	61	4	2	5	4	26	29	5

Source: GLC 2000

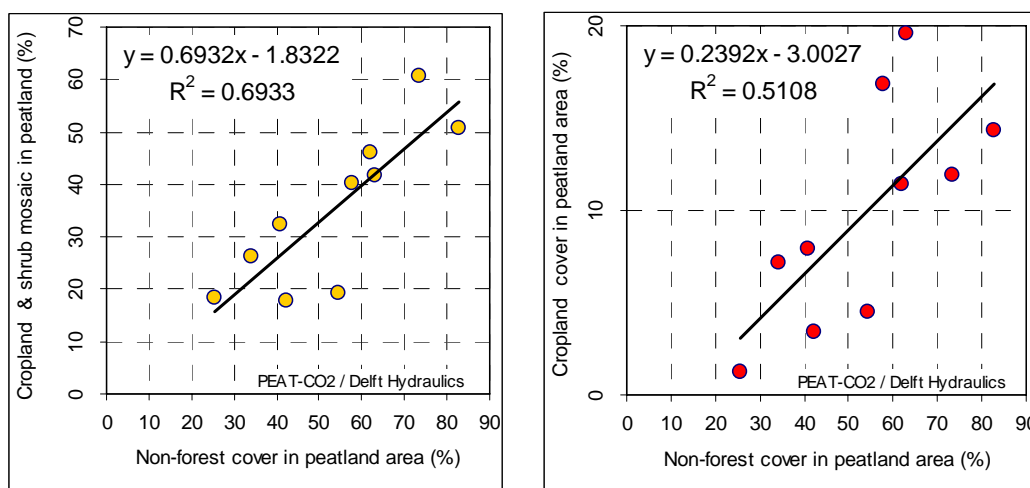


Figure 6 Comparison of peatland land use in Indonesian Provinces yields insight in land use development trends. Areas are expressed as a percentage of total peat area by Province, as in Table 1.

Left: the area of 'cropland & shrubland mosaic' (i.e. small-scale agriculture, more or less) increases proportionally with the total deforested area.

Right: the area of 'cropland' (i.e. large-scale agriculture, more or less) also increases with the total deforested area, but the fraction cropland increases faster than other land uses.

3.2.2 Trends and projections in land use changes on peatlands

Deforestation rate on peatlands

The tropical peat swamp forests are under tremendous pressure from agriculture/silviculture development and logging. Trends in forest cover in SE Asia were derived from changes between 1985 (World Resources Institute data) and 2000 (GLC 2000 data), as shown in Table 2. Over this period, peatlands were deforested at rate of 1.3% per year on average; the highest value is found in East Kalimantan (2.8%/y), the lowest in Papua (0.5%/y). As the 1985 data were only available for Indonesia, trend analysis for the other countries is based on comparison with Indonesia and results are less accurate. Trends for SE Asia were also verified for 2000-2005 using tentative SarVision data (Table 3); it appears the average deforestation rate in peatlands in SE Asia over 2000-2005 is 1.5%/y (of forest cover in 2000). Allowing for the difference in reference years (1985 and 2000), these percentages are very similar and suggest that deforestation on peatlands has continued at a high rate over the past 20 years.

According to Table 2, 10.6 million hectares (39%) of peatland in SE Asia was deforested in 2000. Accounting for continued deforestation at a rate of 1.5%/y, the deforested peatland area in 2006 is around 45% of total peatland area, or 12.1 million hectares.

3.2.2 Kecenderungan dan proyeksi perubahan tata guna lahan di lahan gambut

Laju deforestasi di lahan gambut

Hutan rawa gambut tropis sedang mengalami tekanan berat dari kegiatan pengembangan pertanian/silvikultur dan penebangan. Kecenderungan penutupan lahan di Asia Tenggara dikembangkan dari perubahan antara tahun 1985 (data World Resource Institute) dan 2000 (data GLC 2000), seperti disajikan pada Tabel 1. Selama periode ini, lahan gambut mengalami laju deforestasi rata-rata sebesar 1,3% per tahun; nilai tertinggi ditemukan di Kalimantan Timur (2,8%/tahun), terendah di Papua (0,5%/tahun). Oleh karena data tahun 1985 hanya tersedia untuk Indonesia, analisa kecenderungan untuk negara-negara lain didasarkan kepada perbandingan dengan Indonesia dan hasilnya agak sedikit tidak akurat. Kecenderungan pada tahun 2000-2005 untuk Asia Tenggara juga diverifikasi menggunakan data tentatif SarVision (Tabel 2); nampaknya rata-rata laju deforestasi lahan gambut di Asia Tenggara selama tahun 2000-2005 adalah 1,5 % / tahun (berdasarkan tutupan hutan tahun 2000). Sehubungan dengan perbedaan tahun referensi (1985 dan 2000), persentase tersebut menunjukkan angka yang mirip dan menunjukkan bahwa deforestasi di lahan gambut terus berlangsung dengan laju yang cepat selama 20 tahun belakangan ini.

Sesuai dengan Tabel 1, seluas 10,6 juta hektar (39%) lahan gambut di Asia Tenggara telah mengalami deforestasi pada tahun 2000. Dengan mengambil perhitungan terjadinya deforestasi yang berlangsung dengan laju sebesar 1,5% / tahun, maka didapat areal gambut yang terdeforestasi pada tahun 2006 adalah sekitar 45% dari total wilayah gambut, atau sekitar 12,1 juta hektar.

Table 2 Basic data for PEAT-CO₂ calculations, including the rate of deforestation in lowland peatlands.

Note that the Global Forest Watch forest cover data for 1997 (not shown) indicate lower forest cover than the GLC 2000 data used in the analysis. The rate of deforestation used in PEAT-CO₂ analyses is therefore considered conservative.

Basic data for PEAT-CO ₂ SE Asia calculations	Total Area Lowland Peatland			Total forest cover			Lowland peatland forest cover		
	peat area		% of total area	1985	2000	Forest loss 1985-2000	1985	2000	Forest loss 1985-2000
	ESRI km ²	WI+FAO km ²	%	GFW %	GLC2000 %	%/y	GFW %	GLC2000 %	%/y
Indonesia	1919317	225234	12	67	59	-0.7	81	61	-1.3
Kalimantan	531506	58379	11	72	57	-1.2	87	58	-1.9
Central Kalimantan	154829	30951	20	69	63	-0.6	90	57	-2.2
East Kalimantan	193351	6655	3	88	65	-1.9	85	44	-2.8
West Kalimantan	147527	17569	12	61	50	-0.9	92	74	-1.2
South Kalimantan	35799	3204	9	45	26	-1.5	41	17	-1.6
Sumatra	464301	69317	15	52	40	-1.0	78	52	-1.8
D.I. Aceh	56515	2613	5	71	62	-0.8	87	59	-1.8
North Sumatra	71316	3467	5	40	36	-0.4	76	36	-2.6
Riau	92141	38365	42	69	48	-1.7	87	66	-1.4
Jambi	48518	7076	15	56	44	-1.0	67	42	-1.7
South Sumatra	84198	14015	17	38	20	-1.5	66	26	-2.6
West Sumatra	41585	2096	5	68	62	-0.5	69	38	-2.1
Papua	411649	75543	18	84	80	-0.3	80	72	-0.5
Other Indonesia	511,860	21995	4					61	
Malaysia	327291	20431	6				78*	53	-1.8*
Peninsular M.	131205	5990	5				78*	37	-2.8*
Sabah	72767	1718	2				86*	43	-2.9*
Sarawak	123320	12723	10				76*	59	-1.1*
Brunei	5772	646	11				85*	84	-0.2*
Papua New Guinea	399989	25680	6				80*	61	-1.3*
SE Asia	2652370	271991	10					61	

* Estimated

Comparison of forest cover and trends on peatlands and non-peatlands

The year 2000 forest cover on peatlands in SE Asia is similar to that in non-peatlands (according to the GLC 2000 dataset): 61% vs 59% in Indonesia, 51% vs 56% in Malaysia, 82 vs 80% in Papua New Guinea (Table 1). However, the deforestation rate in peatlands over 1985-2000 was almost double that in non-peatlands: 1.3%/y vs 0.7%/y in Indonesia (Table 2). Tentative findings by SarVision suggest that the deforestation rate in peatlands is stable since 2000 to 1.5%/y (Table 3, Figure 7), while that in non-peatlands is lower (0.85%/y) and has decreased in recent years. As a result, deforestation of peatlands amounted to 25% of all deforestation in SE Asia in the year 2005 (Table 3).

Perbandingan antara tutupan hutan dan kecenderungannya di lahan gambut dan non-gambut

Data tutupan hutan di lahan gambut pada tahun 2000 di Asia Tenggara menunjukkan angka yang serupa dengan data untuk lahan non-gambut (menurut dataset GLC 2000): 61% vs 59% untuk Indonesia, 51% vs 56% untuk Malaysia, 82% vs 80% untuk Papua Nugini (Tabel 1). Namun demikian, laju deforestasi di lahan gambut selama tahun 1985-2000 hampir dua kali lipat dibandingkan di lahan non-gambut: 1,3%/tahun vs 0,7%/tahun untuk Indonesia (Tabel 1). Temuan sementara dari SarVision menunjukkan bahwa laju deforestasi di lahan gambut adalah stabil sejak tahun 2000 yaitu sebesar 1,5%/tahun (Tabel 2, Gambar 4), sementara untuk wilayah non-gambut angkanya lebih rendah (0,85% / tahun) dan terus menurun pada tahun-tahun belakangan ini. Sebagai hasil, deforestasi di lahan gambut berjumlah sekitar 25% dari seluruh deforestasi di Asia Tenggara pada tahun 2005 (Tabel 2).

In relative terms, a greater oil palm and timber plantation area is planned on peatlands than on non-peatlands: 27% of concessions are planned on the 12% land surface that is peatland in Indonesia. No concession data were available for Malaysia at the time of this study, but the percentage of oil palm plantations on peatlands in Sarawak may be even greater (Figure 8).

Land use developments within deforested areas

Projections of land use change within deforested areas were based on the analysis of the relative areas of GLC 2000 classes ('cropland', 'cropland + shrubland' and 'shrubland') within the deforested areas of Indonesian Provinces (Figure 6). Linear relations derived as shown in Figure 6 were applied to the deforested area in the projections, at 5-year time steps. The advantage of this approach is transparency, the drawback is that once 100% of the peatland within a Province or Country is deforested, its land use is fixed. The area of 'cropland', interpreted as large-scale agriculture which has the highest drainage density and the deepest drainage, will not exceed 21% of the total area. The maximum area of 'mosaic cropland + shrubland', interpreted as small-scale agriculture with lower drainage density and depth, is 68% of the total deforested area. In actual fact the very large-scale and intensively drained palm oil and timber plantations concessions alone already cover 27% of the peatland area in Indonesia; a similar percentage may apply in Malaysia). The approach is therefore considered conservative: the future drainage intensity in deforested areas is probably underestimated.

No projections were developed for the degree of degradation within forest areas, due to logging (legal and illegal) and due to

Secara relatif, lebih luas areal perkebunan kelapa sawit dan hutan industri direncanakan dibuka di lahan gambut daripada non-gambut: 27% lahan konsesi direncanakan pada 12 % luas daratan yang merupakan gambut di Indonesia. Tidak ada data konsesi tersedia untuk Malaysia pada saat kajian ini dilakukan, tetapi persentasi perkebunan kelapa sawit di lahan gambut di Sarawak diduga malah lebih besar (Gambar 5).

Pengembangan tata guna lahan di kawasan yang terdeforestasi

Proyeksi perubahan tata guna lahan di kawasan yang terdeforestasi dilakukan berdasarkan analisa kawasan relatif dari kelas-kelas GLC 2000 ('lahan kebun', 'lahan kebun + lahan bersemak' dan 'lahan bersemak') pada kawasan terdeforestasi di berbagai propinsi Indonesia (Gambar 6). Hubungan linear yang diperoleh sebagaimana disajikan dalam Gambar 6 diaplikasikan terhadap kawasan deforestasi pada proyeksi, dengan jarak setiap 5 tahun. Keuntungan dari pendekatan ini adalah transparansi, kekurangannya adalah apabila 100% wilayah lahan gambut dalam suatu propinsi atau negara telah terdeforestasi, maka tata guna lahannya tidak akan berubah. Kawasan 'lahan tanaman pangan', di interpretasikan sebagai pertanian skala besar yang memiliki kerapatan drainase tertinggi dan drainase terdalam, tidak akan melebihi 21 % dari total area. Luasan maksimum 'mosaik lahan tanaman pangan + lahan bersemak' yang di interpretasikan sebagai pertanian skala kecil dengan kerapatan dan kedalaman drainase yang lebih rendah adalah 68% dari total kawasan yang terdeforestasi. Pada faktanya kebun kelapa sawit dan hutan industri skala besar dengan drainase intensif sendiri telah mencakup kawasan seluas 27% dari luas lahan gambut di Indonesia (angka yang sama kemungkinan diperoleh juga untuk Malaysia). Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa pendekatan yang diambil adalah bersifat konservatif: intensitas drainase di masa depan pada areal terdeforestasi kemungkinan lebih kecil dari angka yang sebenarnya.

Tidak ada proyeksi yang dikembangkan untuk mengetahui tingkat degradasi di kawasan berhutan, dikarenakan kurangnya data tentang kegiatan penebangan (legal dan ilegal) dan akibat dampak

regional drainage impacts of plantations, for lack of data on this issue. This degradation is known to be rapidly increasing and to be accompanied by drainage and fires, and hence by CO₂ emissions. Not including forest degradation in the PEAT-CO₂ assessment inherently leads to a further underestimation of drained area in peatlands in this study.

regional drainase di perkebunan. Degradasi ini diketahui terus meningkat secara cepat dan diiringi oleh pengeringan dan kebakaran, dan tentu saja dengan emisi CO₂. Tidak disertakannya degradasi hutan dalam kajian PEAT-CO₂ ini, dengan sendirinya mengarah kepada bertambahnya dugaan bahwa luasan daerah yang dikeringkan di lahan gambut dalam kajian ini sebenarnya lebih rendah dibandingkan dengan angka yang sebenarnya.

Table 3 Recent deforestation rates on peatland and non-peatland, for SE Asia, as determined by SarVision. These are tentative results, for Insular South East Asia, of a systematic forest cover monitoring system for tropical forest regions developed by SarVision. The system uses SPOT Vegetation satellite images (work on integration of MODIS and MERIS is ongoing) and provides forest cover updates on a 3-monthly basis since 1999. Results have been overlain on the peat extent maps used in the PEAT-CO₂ SE Asia study, to identify trends after the year 2000 (the PEAT-CO₂ trend analysis covers the years 1985 and 2000).

Note that the forest determined by SarVision are somewhat different from the ones used in the current study, because SarVision has included part of Thailand and the Philippines in the analysis. This hardly affects the forest cover on peatlands, but it does affect the total forest area. Also, the definition of 'forest cover' used by SarVision appears to be somewhat different from the GLC 2000 definition.

Deforestation rate (2000 - 2005) for Total Forest and Peat Swamp Forest in Insular SE Asia							
Year	Total Forest km ²	Total Forest Loss km ² /y	% of total forest	Peat Swamp Forest km ²	Peat Swamp Forest Loss km ² /y	% of peat forest	% of total forest loss
2000	1869762	22430	1.20	165839	2201	1.33	9.81
2001	1855477	14285	0.76	164036	1803	1.09	12.62
2002	1830239	25237	1.35	160685	3351	2.02	13.28
2003	1819106	11133	0.60	158846	1838	1.11	16.51
2004	1806412	12693	0.68	155863	2983	1.80	23.50
2005	1796804	9609	0.51	153471	2392	1.44	24.90
Average:		15898	0.85		2428	1.46	16.77

Source: SarVision

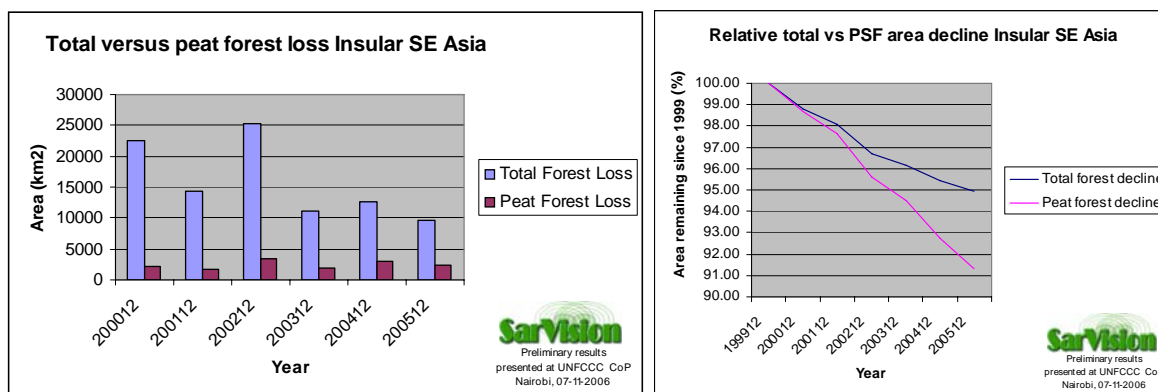


Figure 7 Graphic representation of figures shown in the table above.



Figure 8 Deforestation data for Sarawak (provided by SarVision) show that around 50% of forest lands cleared from 1999 to June 2006 (red areas) are located on peat lands (brown areas). Field observations and rapid assessment of satellite data suggest that many of these areas are cleared for large scale oil palm plantations.

3.2.3 Timber and oil palm plantation concessions on peatlands

Knowing the area of concessions on peatlands is important for quantification of potential future CO₂ emissions from peatlands.

There are three main types of concessions in SE Asian peatlands: logging concessions (HPH in Indonesia), timber plantation concessions much of which is acacia pulp wood plantations for paper production (HTI in Indonesia), and oil palm plantation concessions (BHP in Indonesia). Of these, especially the timber and oil palm plantation concessions on peatlands require intensive drainage.

Logging in peatlands (legally in HPH concessions, and illegally) is often accompanied by construction of transport canals, which also drain the peatlands. This

3.2.3 Konsesi kayu dan kelapa sawit di lahan gambut

Mengetahui daerah konsesi di lahan gambut adalah sangat penting untuk menghitung emisi CO₂ potensial dari lahan gambut di masa mendatang.

Ada 3 macam tipe konsesi utama di lahan gambut Asia Tenggara: konsesi penebangan kayu (HPH di Indonesia), Hutan Tanaman Industri dengan komoditi sebagian besar kayu akasia untuk kebutuhan industri kertas (HTI di Indonesia) dan perkebunan kelapa sawit (BHP di Indonesia). Diantara ketiganya, Hutan industri dan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut yang paling memerlukan drainase intensif.

Penebangan kayu di lahan gambut (legal dan ilegal) umumnya diikuti dengan pembuatan saluran-saluran pengangkut, yang juga turut mengeringkan lahan

drainage is often less deep than in plantation areas, causing less CO₂ emission unless accompanied by fires by unit area, but total emissions may still be significant as the areas involved are vary large.

No concession data were available for Malaysia and Papua New Guinea. Concession data for the main peatland areas in Indonesia (Sumatra, Kalimantan and Papua), provided by the World Resources Institute, were available to determine the planned or potential areas of various land uses on peatlands (Table 4). These data cover both existing and planned developments.

According to the concession data available, 27% of both timber and oil palm concession areas in Indonesia are on peatlands. The total oil palm concession area on peatlands is 28,009 km² (2.8 million hectares), the total timber concession area 19,923 km² (2 million hectares). Both concession types are concentrated in Sumatra and Kalimantan, with only a small oil palm concession area in Papua. Oil palm plantation concessions cover 14% of the total peatland area, oil palm + timber plantation concessions 23% (Table 2). This is not including state-owned and co-operative plantations, other (not BHP or HTI) agricultural developments (e.g. the Mega Rice Project in Central Kalimantan) and drainage schemes for logging purposes (legal and illegal). In addition to the plantation concessions, 12% of peatlands is earmarked as logging concession (HPH).

There are indications that the concession data are not very accurate: overlays between 2 or even 3 concession types are found in some areas. Also, it should be noted that these concession data represent only part of the total current + planned oil palm and timber plantations; co-operative plantations and state plantations appear not to be included. It is concluded that the concession data provide a useful estimate of the planned area of timber and oil palm plantations on peatlands, but better data are needed.

gambut. Umumnya saluran-saluran tersebut tidak sedalam di perkebunan, dapat menyebabkan emisi CO₂ yang lebih sedikit kecuali jika disertai dengan kebakaran, tetapi emisi total tetap signifikan karena luasan yang digunakan biasanya sangat luas sekali.

Tidak ada data konsesi tersedia untuk Malaysia dan Papua Nugini. Data konsesi untuk lokasi-lokasi utama lahan gambut di Indonesia (Sumatra, Kalimantan dan Papua) disediakan oleh World Resources Institute, yang digunakan untuk menentukan berbagai daerah yang direncanakan atau potensial dari berbagai tipe tata guna lahan di lahan gambut (Tabel 4). Dtaa tersebut mencakup baik pengembangan yang ada saat ini maupun yang direncanakan.

Sesuai dengan data konsesi yang tersedia, 27% dari praktek hutan industri maupun perkebunan kelapa sawit di Indonesia berada di lahan gambut. Total luasan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut adalah seluas 28.009 km² (2,8 juta hektar), sedangkan total luas Hutan Tanaman Industri adalah 19.923 km² (2 juta hektar). Kedua konsesi terkonsentrasi lokasinya di Sumatra dan Kalimantan, sedangkan di Papua hanya sedikit sekali terdapat perkebunan kelapa sawit. Konsesi perkebunan kelapa sawit meliputi 14% dari total luasan lahan gambut, konsesi perkebunan kelapa sawit + hutan tanaman industri mencakup 23% (Tabel 2). Angka diatas tidak termasuk perkebunan milik pemerintah dan koperasi, pengembang pertanian lain (non BHP atau HTI, misalnya Proyek PLG di Kalimantan Tengah) dan skema drainase untuk kegiatan penebangan kayu (legal dan ilegal). Selain dijadikan konsesi perkebunan, 12% dari lahan gambut telah ditandai sebagai konsesi kayu tebangan (HPH).

Ada beberapa indikasi yang mengisyaratkan bahwa data konsesi tersebut tidak terlalu akurat; tumpang tindih antara 2 atau bahkan 3 konsesi ditemukan di beberapa daerah. Patut pula diketahui bahwa data konsesi ini hanya mewakili sebagian dari total perkebunan kelapa sawit saat ini + yang direncanakan; perkebunan milik pemerintah dan koperasi nampaknya belum disertakan. Memang dapat disimpulkan bahwa data konsesi menyediakan suatu perkiraan yang berguna bagi daerah-daerah lahan gambut yang direncanakan untuk pengembangan hutan tanaman dan kelapa sawit, akan tetapi data yang lebih baik tetap diperlukan.

With the concession data available it is not possible to precisely determine the current areas of these land uses. However until better data are available we can only assume that the percentage of oil palm and timber plantations currently on peatlands is similar to the planned percentages. We therefore assume that some 25% of current oil palm and timber plantations are on peatlands. The current percentage in Indonesia may be higher: tentative inspection of satellite images of the Province of Riau indicates that at least 50%, and probably more than 75% of the 800,000 ha of oil palm concession in that Province (Figure 10) is already developed. Assuming 75% is developed, these 600,000 hectares of existing oil palm plantations alone represent 15-20% of the present total palm plantation area in the country (3.5 to 4 million hectares according to most estimates).

An interesting assessment of the expected rate of development of oil palm plantations is provided in a report by the Indonesian Ministry of Forestry in co-operation with the European Union (Sargeant, 2001): *“The world demand for palm oil is forecast to increase from its present 20.2 million tonnes a year to 40 million tonnes in 2020. If this demand is to be met, 300 000 ha of new estates will need to be planted in each of the next 20 years. We predict that by far the largest slice of this new land will come from within Indonesia where labour and land remain plentiful. And we expect that Sumatra, with its relatively well-developed infrastructure and nucleus of skilled labour, will absorb 1.6 million hectares of this expansion. It is inevitable that most new oil palm will be in the wetlands, as the more ‘desirable’ dry lands of the island are now occupied. We expect that of the new areas, half will be developed by estates and half by smallholders”* There are two important aspects to this assessment:

Dengan keterbatasan data konsesi yang tersedia, belum memungkinkan untuk secara tepat menentukan luasan saat ini dari berbagai tata guna lahan ini. Namun demikian, sampai dimilikinya data yang lebih baik, dapat diasumsikan bahwa persentasi wilayah perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman di lahan gambut saat ini sama dengan yang telah direncanakan. Oleh karena itu kami mengasumsikan bahwa sekitar 25% kebun kelapa sawit dan hutan tanaman berada di lahan gambut. Persentasi sebenarnya di Indonesia mungkin lebih besar: analisa sementara dari citra satelit di Propinsi Riau menunjukkan bahwa setidaknya 50%, dan kemungkinan lebih 75% dari 800.000 hektar konsesi kelapa sawit di propinsi tersebut sudah dikembangkan (Gambar 7). Dengan asumsi 75% telah dikembangkan, berarti sama dengan 600.000 hektar yang telah ada di propinsi ini merepresentasikan 15 - 20% dari total seluruh perkebunan kelapa sawit di Indonesia (seluas 3,5 sampai dengan 4 juta hektar menurut sebagian besar perkiraan).

Suatu kajian menarik tentang harapan laju pengembangan kebun kelapa sawit disajikan dalam sebuah laporan Departemen Kehutanan Republik Indonesia yang bekerja sama dengan Uni-Eropa (Sargeant, 2001): *“Kebutuhan dunia akan minyak kelapa sawit diperkirakan akan meningkat dari saat ini sebesar 20.2 juta ton per tahun menjadi 40 juta ton pada tahun 2020. Apabila kebutuhan ini akan dipenuhi, maka harus dikembangkan perkebunan baru seluas 300.000 hektar setiap tahunnya selama 20 tahun mendatang. Kami menduga bahwa lahan yang akan dikembangkan tersebut akan dibuka di berbagai daerah Indonesia dimana tenaga kerja dan ketersediaan lahan masih tersedia. Dan kami menduga bahwa Sumatra, dengan infrastrukturnya yang telah dibangun dengan baik dan potensi tenaga ahli yang ada, akan menyerap 1,6 juta hektar dari pengembangan ini. Tidak dapat dielakkan bahwa hampir seluruh perkebunan sawit baru akan dikembangkan di lahan basah, dikarenakan lahan-lahan kering yang sebenarnya lebih diharapkan, telah terlebih dahulu dikuasai. Kami perkiraan bahwa perkebunan-perkebunan baru ini akan dikembangkan sebagian oleh swasta dan sebagian lagi oleh UKM.”* Ada dua aspek penting dari kajian ini :

1. It suggests that over 50% of oil palm plantations, at least in Sumatra (but similar considerations apply in parts of Kalimantan), will be developed on peatlands. This is more than is suggested by concession data available to the study.
2. It suggests that half of the plantations will be developed by smallholders, which may not be represented in the concession data.

As projections for global oil palm demand have been rising in recent years, with biofuel as an increasingly important use, the assessment above should probably be considered conservative at present (5 years later). It is concluded that a figure of 25% oil palm plantations may be a realistic estimate for current conditions, but is a conservative estimate for future conditions.

1. Mengisyaratkan bahwa lebih dari 50% perkebunan sawit, setidaknya di Sumatra (mungkin juga berlaku untuk Kalimantan), akan dikembangkan di lahan gambut. Persentasi ini lebih besar dari pada persentasi yang ditunjukkan dari data konsesi yang tersedia untuk studi ini.
2. Sebagian dari perkebunan ini akan dibangun oleh UKM, yang kemungkinan tidak terwakili dalam data konsesi.

Oleh karena proyeksi kebutuhan minyak kelapa sawit global telah meningkat pada tahun-tahun belakangan ini, dimana bahan bakar nabati makin meningkat penggunaannya, kajian diatas sebaiknya dianggap konservatif untuk saat ini (5 tahun atau lebih). Dapat disimpulkan bahwa angka perkebunan kelapa sawit sebesar 25% adalah perkiraan realistik untuk saat ini, tetapi perkiraan konservatif untuk kondisi mendatang.

Table 4 Concessions on peatland in Indonesia.

Concessions in Indonesia									
Lowland peat area	Logging		Timber plantation		Oil Palm plantation		HTI+ BHP HTI+ BHP		
	HPH total~	HPH on lowland peat~	HTI total~	HTI on lowland peat~	BHP total~	BHP on lowland peat~	total~	on lowland peat~	
km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²
Kalimantan	124217	4451	27274	3104	50255	14725			
Sumatra	23601	6295	33544	11827	49513	12494			
Papua	95902	13686	14036	4992	3610	790			
Total Kal + Sum + Pap	243720	24432	74854	19923	103378	28009	178232	47932	
<i>as a percentage of total plantation area</i>									
Kalimantan		4		11		29			
Sumatra		27		35		25			
Papua		14		36		22			
Total Kal + Sum + Pap		10		27		27			27
	km²	% total area	% peat area	% total area	% peat area	% total area	% peat area	%peat area	%peat area
Kalimantan	58379	23	8	5	5	9	25	15	31
C. Kalimantan	30951	28	5	2	2	18	41		
E. Kalimantan	6655	31	13	6	9	6	16		
W. Kalimantan	17569	11	12	7	11	6	5		
S. Kalimantan	3204	16	0	6	0	7	3		
Sumatra	69317	5	9	7	17	11	18	18	35
D.I. Aceh	2613	11	5	6	0	6	40		
N. Sumatera	3467	3	1	5	0	3	18		
Riau	38365	8	13	16	20	22	23		
Jambi	7076	8	9	5	2	17	8		
S. Sumatera	14015	1	1	10	29	5	6		
W. Sumatera	2096	8	11	1	2	22	23		
Papua	75543	23	18	3	7	1	1	4	8
Total Kal + Sum + Pap	204156	16	12	5	10	7	14	11	23
<i>Data sources: World Resources Institute / Global Forest Watch (concession areas)</i>									
<i>Wetlands International (peatland Kalimantan, Sumatra)</i>									
<i>FAO / ISRIC (peatland Irian Jaya)</i>									
~'total' area is total area of Province (or Region/Country); 'lowland peat' area is peat area under 300m within that Province									

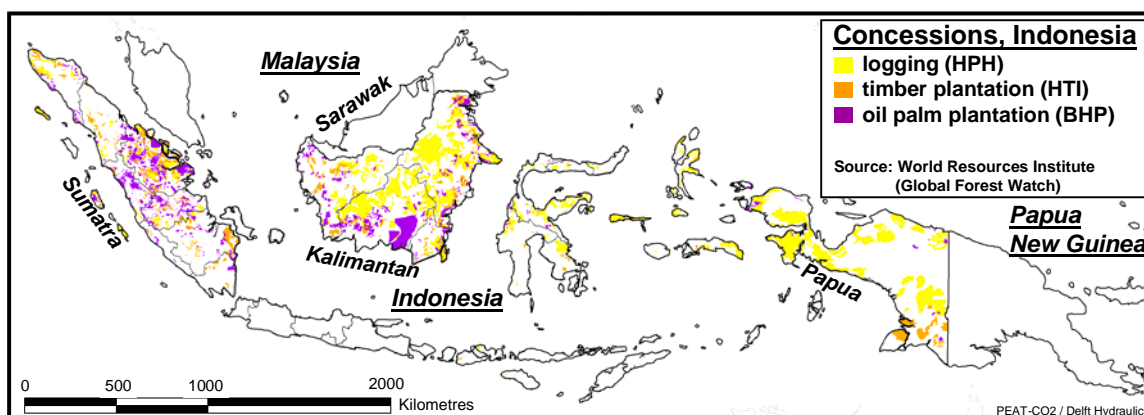


Figure 9 Concessions in Indonesia (Source: World Resources Institute / Global Forest Watch).

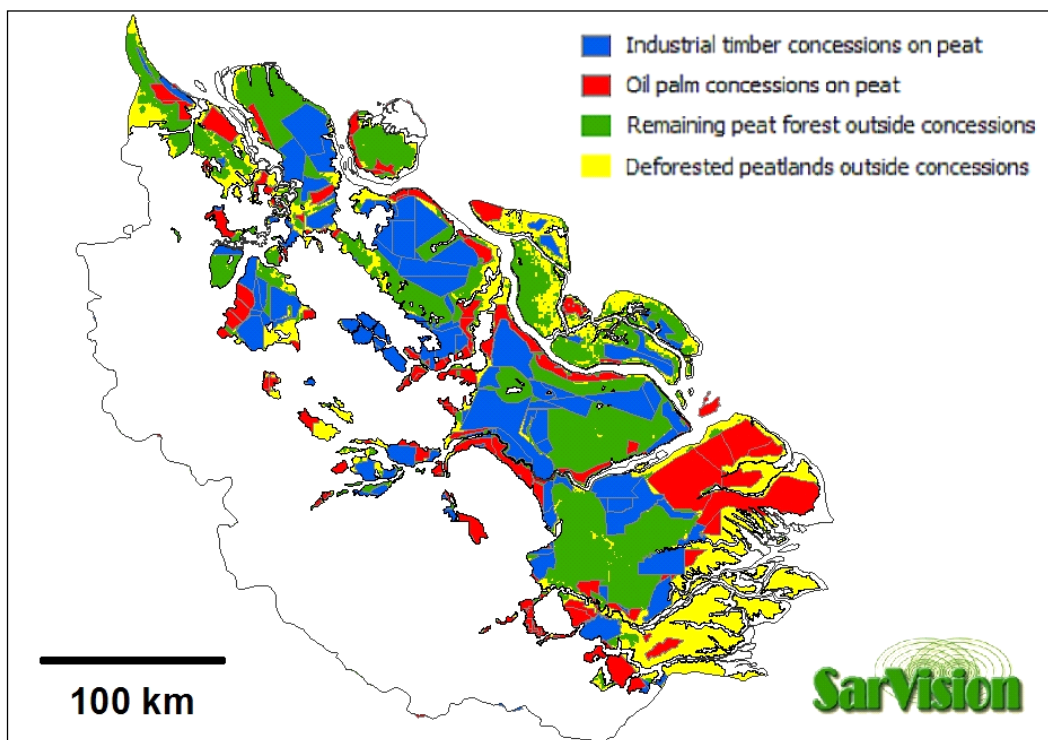


Figure 10 Plantation concessions (i.e. planned and existing plantations) on peatlands in the Province of Riau (Sumatra). Based on concession data provided by the Riau Plantation Service (2004). According to these data, 37.7% (801,555 ha) of existing plus planned oil palm plantations in Riau are located on peat lands. Logging concessions (HPHs) are not shown but cover much of the area marked as ‘remaining forest outside concessions’. It should be noted that the data provided by the Riau Plantation Service are approximate.

3.2.4 Result: land use projections for SE Asian peatlands

Projections of deforestation rate were developed by simply continuing the rate of forest loss between 1985 and 2000 into the future, until all peatland is fully deforested, per Province (Indonesia) or country. The numbers were then added up to derive overall deforestation projections for larger geographic units, as shown in Figure 11.

Predicting future land use developments by projecting past trends is a crude simplification of actual developments of course, but it can be argued in this case that it is realistic, even conservative in some respects, to assume current rates of deforestation and drainage to continue:

- Deforestation rates have continued at a constant rate (on average) for 20 years, as indicated by comparison between deforestation rates over 1985-2000 and over 2000-2005.
- The rate of deforestation in peatlands was shown to be almost twice that in non-peatlands. With non-peatland lowland areas being largely deforested in most of Indonesia, the remaining forested peatlands and mountain ranges are increasingly important sources of timber. Of these, peatlands are the more attractive as they are more easily accessible and are seen to allow agricultural development.
- No policy has been implemented to specifically conserve and protect peatlands forests. The Indonesian Presidential Decree No. 32/1990, stipulates that peat areas deeper than 3 meters should not be developed, but this decree has generally not been enforced. Moreover, this policy warrants review as it would allow reclamation and drainage of the outer zone of a

3.2.4 Hasil: proyeksi tata guna lahan untuk lahan gambut Asia Tenggara.

Proyeksi laju deforestasi dikembangkan dengan meneruskan laju kehilangan hutan antara tahun 1985 dan 2000 ke masa mendatang, sampai seluruh lahan gambut telah terdeforestasi seluruhnya, per propinsi (Indonesia) atau per negara. Angka-angka yang diperoleh kemudian dijumlah untuk mendapatkan proyeksi deforestasi keseluruhan untuk unit geografis yang lebih luas, seperti yang disajikan dalam Gambar 8.

Menduga penggunaan lahan dimasa mendatang dengan cara memproyeksikan kecenderungan di masa lalu tentu saja adalah suatu penyederhanaan kasar dari arah pengembangan yang sebenarnya, meskipun demikian untuk kasus ini dapat di katakan bahwa hal ini tetaplah realistis, bahkan dalam beberapa hal dapat dikatakan cukup konservatif, untuk mengasumsikan laju deforestasi dan drainase yang saat ini terus berlangsung:

- Laju deforestasi terus berlanjut dengan laju yang konstan (rata-ratanya) selama 20 tahun, sebagaimana diindikasikan oleh perbandingan antara laju deforestasi 1985-2000 dan 2000-2005.
- Laju deforestasi di lahan gambut menunjukkan angka hampir dua kali lipat dibandingkan dengan di lahan non-gambut. Berhubung wilayah dataran rendah non-gambut telah mengalami deforestasi secara luas di hampir seluruh wilayah Indonesia, maka hutan gambut dan daerah pengunungan menjadi sumber daya kayu yang semakin penting. Oleh karena itu, lahan gambut akan lebih atraktif karena lebih mudah diakses dan berpotensi untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian.
- Tidak ada kebijakan yang dikembangkan khusus untuk melindungi dan melestarikan hutan gambut. Inpres No. 32/1990 telah menyatakan bahwa gambut sedalam 3 meter seharusnya tidak dikembangkan, akan tetapi peraturan banyak tidak diterapkan. Lebih jauh, peraturan ini perlu segera dikaji ulang karena mengijinkan kegiatan reklamasi dan drainase dibagian

peat dome with a depth of less than 3 meters. This would lead to subsidence of the deeper parts of the dome, a process that could continue until the entire dome would be lower than 3 meters and thus “eligible” for reclamation (Silvius & Suryadiputra, 2005).

- The area of gazetted conservation reserves in peatlands is unclear but is estimated at less than 10 or even 5% of the total peatland area. Moreover, all peatland conservation areas in western Indonesia are being subject to degradation from logging, drainage and fires (e.g. Berbak and Sembilang National Parks in Sumatra, Tanjung Puting and Sebangau National Parks in Central Kalimantan). Almost all remaining peat swamp forests in Malaysia have been subject to degradation from logging and often also drainage.

As noted earlier (Section 3.2.2), the current baseline and projection method limit the area of large intensively drained croplands (including plantations) to 21% of the peatland area after deforestation is completed. We also found that the concession area of timber and oil palm plantations alone covers 23% of peatlands in Indonesia, and that additional plantations outside these concessions exist and more are planned. The projected cropland area should thus be considered conservative.

luar kubah gambut yang memiliki kedalaman kurang dari 3 meter. Padahal kegiatan ini akan dapat menyebabkan terjadinya subsiden pada bagian gambut dalam di kubahnya, suatu proses yang akan terus berlangsung hingga keseluruhan kubah akan lebih rendah dari 3 meter sehingga akhirnya “layak” untuk direklamasi. (Silvius & Suryadiputra, 2005).

- Daerah yang dicanangkan sebagai daerah konservasi di lahan gambut masih belum jelas tetapi diperkirakan jumlahnya kurang dari 10% atau bahkan hanya 5% dari keseluruhan luas lahan gambut. Lebih jauh lagi, seluruh kawasan perlindungan gambut di Indonesia bagian barat sedang mengalami degradasi akibat penebangan, drainase dan kebakaran (misalnya Taman Nasional Sembilang dan Taman Nasional Berbak di Sumatra, Taman Nasional Tanjung Puting dan Taman Nasional Sebangau di Kalimantan Tengah). Hampir seluruh hutan rawa gambut yang tersisa di Malaysia sudah mengalami degradasi dari penebangan dan juga drainase.

Seperti yang telah dicatat sebelumnya (bagian 3.2.2), data dasar dan metode proyeksi saat ini membatasi luasan lahan tanaman yang luas dan didrainase secara intensif (termasuk perkebunan) menjadi 21% dari luasan lahan gambut setelah deforestasi berhenti. Kami juga menemukan bahwa luasan konsesi perkebunan sawit dan hutan tanaman sendiri mencakup 23% dari lahan gambut di Indonesia, dan masih ada banyak perkebunan yang ada di luar konsesi ini dan masih banyak pula yang direncanakan. Proyeksi luasan lahan tanaman dapat dianggap konservatif.

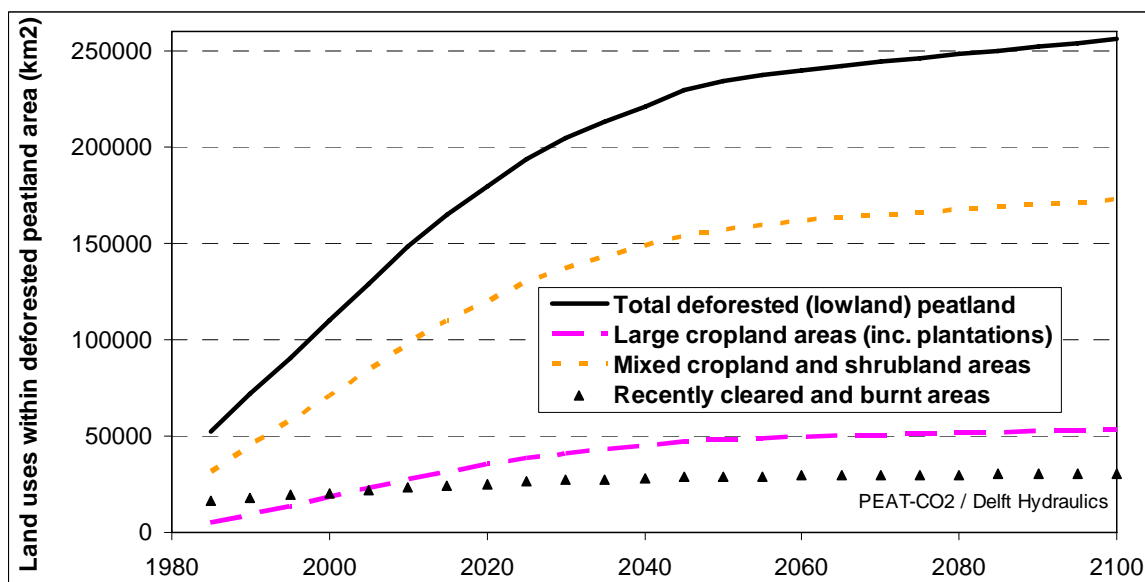
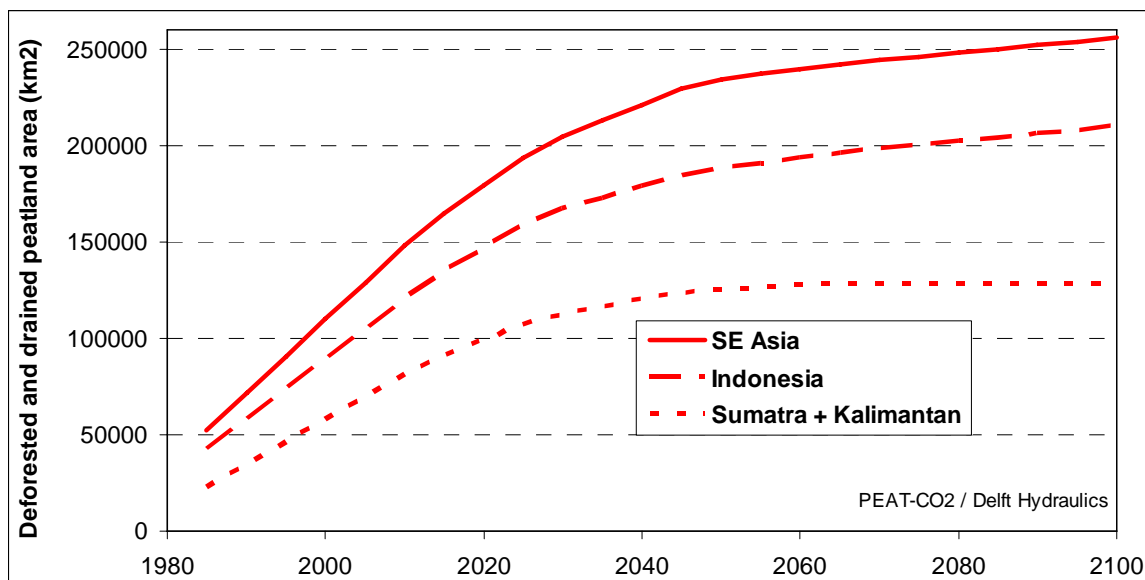


Figure 11 Current trends and future projections of deforestation in lowland peatlands in SE Asia.

Land use classes are derived from the GLC 2000 classification, see Table 1

3.3 Current and projected CO₂ emissions from oxidation in drained peatlands

Emissions from drained peatlands were determined in the following steps:

1. Drained areas within land use classes, and drainage depths, were estimated in consultation with peatland experts (Table 5). Estimates of minimum and maximum values were averaged to determine a 'likely' value. Estimates are considered conservative: e.g. average drainage depths well over 1 metres (up to 3 metres in some cases) are reported for many oil palm and pulp wood (acacia) plantations as well as degraded non-used areas (e.g. the Ex-Mega Rice area in Central Kalimantan) whilst a likely value of 0.95m was used. Some observers report that nearly 100% of the area within the 'mixed cropland / shrubland' and 'shrubland' land use classes should be considered drained whilst values of 88% and 50% were applied.
2. Drainage depths were linked to CO₂ emissions (in tonnes/ha/year) using a relation provided by Henk Wösten (Alterra), shown in Figure 12. This relation was derived primarily from the most reliable source of information: long term monitoring of peat subsidence in drained peatlands, combined with peat carbon content and bulk density analysis to filter the contribution of compaction from the total subsidence rate - the remainder is attributed to CO₂ emission (Wösten et al, 1997; Wösten and Ritzema, 2001). This assessment method is accurate but yields only few measurement points; for lack of a large enough population of observations a linear relation between drainage depth and CO₂ emission was fitted through the data whereas the actual relation is known to be non-linear. In the drainage

3.3 Emisi CO₂ saat ini dan proyeksinya yang berasal dari oksidasi di lahan gambut yang dikeringkan

Emisi dari lahan gambut yang dikeringkan didapatkan melalui langkah-langkah berikut ini:

1. Daerah-daerah yang didrainase didalam berbagai kelas tata guna lahan, dan kedalaman drainase, diperkirakan melalui konsultasi dengan para pakar lahan gambut (Tabel 4). Perkiraan nilai minimum dan maksimum dirata-ratakan agar didapat nilai yang "agak" mendekati. Perkiraan dianggap konservatif: misalnya rata-rata kedalaman drainase adalah jauh diatas 1 meter (sampai dengan 3 meter di beberapa kasus) pada perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman (*Acacia*) dan juga di lahan-lahan tidur (misalnya di kawasan ex. PLG Kalimantan Tengah) sehingga nilai kemungkinan yang digunakan adalah 0,95 m. Beberapa pengamat melaporkan bahwa hampir keseluruhan atau 100% dari wilayah tata guna lahan 'campuran lahan tanaman pangan / lahan bersemak' dan 'lahan bersemak' sebaiknya dianggap telah di keringkan, sementara nilai yang digunakan dalam laporan ini adalah 88% dan 50%.
2. Kedalaman gambut dikaitkan dengan emisi CO₂ (dalam ton/ha/tahun) dengan menggunakan hubungan yang disediakan oleh Henk Wösten (Alterra), disajikan pada Gambar 9. Keterkaitan ini diperoleh dengan menggunakan sumber informasi yang paling terpercaya, yaitu program pemantauan skala panjang dari subsidensi gambut di lahan gambut yang dikeringkan, dipadukan dengan kandungan karbon di gambut dan analisa berat jenis untuk memfilter sumbangan dari proses kompaksi terhadap laju subsiden total – sisanya dianggap sebagai emisi CO₂ (Wösten et al, 1997; Wösten and Ritzema, 2001). Metode kajian ini bersifat akurat tetapi hanya menghasilkan beberapa titik pengukuran; oleh karena kurangnya populasi pengamatan yang lebih besar maka suatu hubungan linear antara kedalaman drainase dan emisi CO₂ diselaraskan dengan data tersebut dimana hubungannya diketahui sebagai non-linear.

depth range most common in SE Asian peatlands, between 0.5 and 1 metre, the relation is supported by results from numerous gas emission monitoring studies in peatlands (Figure 12, Table 6).

3. The resulting typical emissions for land use classes were applied to that the total area of each class in each Province/State/Country, for the drained area assumed (Table 5).

Total emissions per Province/State/Country were calculated for past, current and projected land uses, as shown in Figure 13. Emissions in 2005 were calculated to be between 355 and 874 Mt/y, with a likely value of 632 Mt/y. Applying the land use projections proposed earlier (Section 3.2.4), emissions increase every year for the first decades after 2000. However, as shallow peat deposits become depleted, and the drained peatland area therefore diminishes, emissions are predicted to peak sometime between 2015 and 2035, between 557 and 981 Mt/y (likely value 823 Mt/y), and are predicted to then steadily decline. As the deeper peat deposits will take much longer to be depleted, significant CO₂ emission would continue beyond 2100.

It should be noted that 'forest' is considered non-drained for the purpose of this assessment, while it is known that many remaining forests are affected by drainage: by neighbouring plantations and agricultural areas, by roads, by canals constructed for transport of illegal logs, and by forest fires that create depressions that act as drains within the peatland hydrological system. Those forests are likely to have become net sources of carbon emissions to the atmosphere, instead of the carbon sinks and stores they are in their natural state. This is another reason to consider the calculated CO₂ emission from peatlands conservative. A further reason is that above-ground biomass losses during deforestation are not included in the analysis.

Untuk rentang kedalaman drainase yang paling umum di lahan gambut Asia Tenggara, antara 0,5 dan 1 meter, hubungannya didukung oleh berbagai hasil kajian pemantauan emisi gas di lahan basah (ambar 9, Tabel 5).

3. Untuk wilayah yang diasumsikan dikeringkan, hasil emisi tipikal untuk kelas-kelas tata guna lahan diterapkan pada total area dari setiap kelas di setiap propinsi/negara bagian/negara. (Tabel 4).

Total emisi per propinsi/negara bagian/negara dihitung untuk penggunaan masa lampau, saat ini dan proyeksi mendatang, seperti disajikan pada Gambar 10. Hasil perhitungan emisi pada tahun 2005 berada diantara 355 dan 874 Mt/tahun, dengan nilai yang paling mungkin 632 Mt/tahun. Dengan menerapkan proyeksi tata guna lahan seperti yang dikemukakan diatas (Bagian 3.2.4), emisi meningkat setiap tahun dalam dekade pertama setelah tahun 2000. Namun demikian, karena deposit gambut-dangkal habis, dan lahan gambut yang dikeringkan oleh karena itu menjadi hilang, emisi diperkirakan akan mencapai puncaknya kapan-kapan antara tahun 2015 dan 2035, dengan besaran antara 557 dan 981 Mt/tahun (nilai yang paling mungkin adalah 823 Mt/tahun), dan setelah itu diperkirakan akan berangsur-angsur menurun. Karena deposit gambut-dalam akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk habis, emisi CO₂ yang cukup besar akan terus berlangsung hingga melampaui tahun 2100.

Perlu dicatat bahwa istilah 'hutan' untuk keperluan kajian ini dianggap tidak mengalami pengeringan, meskipun sebenarnya telah diketahui bahwa banyak hutan telah dipengaruhi oleh pengeringan: oleh perkebunan dan pertanian disekitarnya, jalan, saluran-saluran yang dibangun untuk mengeluarkan kayu ilegal dan kebakaran hutan yang menciptakan cekungan yang turut andil dalam mengeringkan sistem hidrologi lahan gambut. Hutan-hutan tersebut kemungkinan akan menjadi sumber pemasok emisi karbon ke atmosfer, bukannya sebagai penyimpan dan penampung karbon seperti fungsi alaminya. Ini adalah salah satu alasan untuk menganggap bahwa perhitungan emisi CO₂ dari lahan gambut dalam kajian ini adalah bersifat konservatif. Tidak disertakan hilangnya biomassa diatas permukaan akibat deforestasi dalam analisa ini, juga menjadi alasan lebih jauh bahwa data yang dihasilkan adalah bersifat konservatif.

Table 5 Parameters used in CO₂ emission calculations

			<i>minimum</i>	<i>likely</i>	<i>maximum</i>
Step A: Drained area (within land use class)	Large croplands, including plantations	%	100	100	100
	Mixed cropland / shrubland: small-scale agriculture	%	75	88	100
	Shrubland; recently cleared & burnt areas	%	25	50	75
Step B: Drainage depth (within land use class)	Large croplands, including plantations	m	0.80	0.95	1.10
	Mixed cropland / shrubland; small-scale agriculture	m	0.40	0.60	0.80
	Shrubland; recently cleared & burnt areas	m	0.25	0.33	0.40
Step C: A relation of 0.91 t/ha/y CO₂ emission per cm drainage depth in peatland was used in calculations.					
Step D: CO₂ emissions (calculated from A, B, C)	Large croplands, including plantations	t/ha/y	73	86	100
	Mixed cropland / shrubland: small-scale agriculture	t/ha/y	27	48	73
	Shrubland; recently cleared & burnt areas	t/ha/y	6	15	27

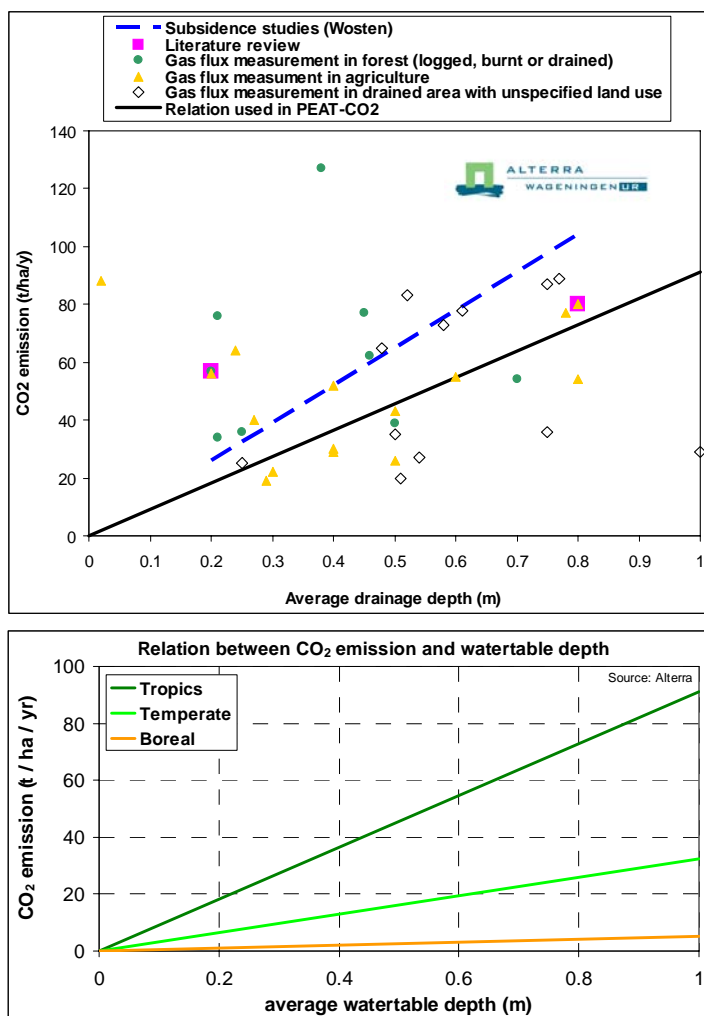


Figure 12 Relation between drainage depth and CO₂ emission from decomposition (fires excluded) in tropical peatlands, as used in PEAT-CO2. Note that the average water table depth in a natural peatland is near the soil surface (by definition, as vegetation matter only accumulates to form peat under waterlogged conditions).

Top: The relation for tropical areas, including SE Asia, is based both on long-term subsidence studies and shorter-term gas flux emission studies applying the ‘closed chamber method’ (see Table 6). Results of different methods were combined to derive a linear relation. This relation needs to be further developed, as it should be non-linear: in reality CO₂ emissions are known to be limited with drainage depths up to 0.2m-0.3m. Also, CO₂ emissions for a given drainage depth will change over time. However, use of a constant and linear relation is deemed acceptable for long-term assessments and for drainage depths between 0.25m and 1.1m as applied in this study.

Bottom: Tropical drained peatlands have far higher CO₂ emissions than temperate and boreal drained peatlands at the same drainage depth, because of higher decomposition rates in permanently hot and humid climates. Moreover, peatlands in SE Asia are generally drained to much greater depths than is common in temperate and boreal peatlands.

Table 6 Literature review of CO₂ emissions related to drainage depth for different land use types.

Provided by Dr Henk Wösten of Alterra.

Author	Measurement method	Country / region	land use	drainage depth	drainage duration	CO ₂ -em. (tonnes /ha/year)
Ali et al. 2006	gas flux measurement with closed chamber method	Jambi, Indonesia	Logged forest	25	variable	36
Ali et al. 2006	gas flux measurement with closed chamber method	Jambi, Indonesia	Recently burned and cleared forest	46	variable	62
Ali et al. 2006	gas flux measurement with closed chamber method	Jambi, Indonesia	Settled agriculture	78	variable	77
Armentano and Menges 1986	from literature: Tate (1980); Stephens & Stewart (1976); Rigg & Gessel (1956); Broadbent (1960)	Florida, Pacific coast	Pasture/Forestry	20		57
Armentano and Menges 1986	from literature: Tate (1980); Stephens & Stewart (1976); Rigg & Gessel (1956); Broadbent (1960)	Florida, Pacific coast	Crops	80		80
Barchia and Sabiham 2002	gas flux measurement with closed chamber method	Central Kalimantan	Rice fields at 3 locations	10		4
Furukawa et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	Jambi, Indonesia	drained forest	18 cm	constant	86
Furukawa et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	Jambi, Indonesia	cassava field	24 cm	constant	64
Furukawa et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	Jambi, Indonesia	upland paddy field	13 cm	constant	73
Furukawa et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	Jambi, Indonesia	lowland paddy field	5 above ground surface		10
Hadi et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber method	South Kalimantan	Secondary forest	0	constant	45
Hadi et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber method	South Kalimantan	Paddy field	2	constant	88
Hadi et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber method	South Kalimantan	Secondary forest	38		127
Hadi et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber method	South Kalimantan	Paddy field	0		51
Hadi et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber method	South Kalimantan	Rice-soybean rotation field	18		74
Inubushi et al. 2003 + Inubushi et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	South Kalimantan	Abandoned upland crops field	0		36
Inubushi et al. 2003 + Inubushi et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	South Kalimantan	Abandoned paddy fields	20		56
Inubushi et al. 2003 + Inubushi et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	South Kalimantan	Secondary forest	18		44
Jauhiainen et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	Sebangau river catchment, Kalimantan, Indonesia	peat swamp forest	Ave -17 cm, Max. 24 cm, Min. -75 cm, Median -10 cm	variable	35
Jauhiainen et al. 2004	gas flux measurement with closed chamber method	Sebangau river catchment, Kalimantan, Indonesia	selectively logged forest (near tree)	Ave -21 cm, Max. 10 cm, Min. -67 cm, Median -15 cm	variable	76
Jauhiainen et al. 2004	gas flux measurement with closed chamber method	Kalimantan, Indonesia	cleared burned area (high surface)	-19	variable	23
Jauhiainen et al. 2004	gas flux measurement with closed chamber method	Kalimantan, Indonesia	cleared burned area (depression)	Ave 1 cm, Max. 46 cm, Min. -49 cm, Median -6 cm	variable	28

Author	Measurement method	Country / region	land use	drainage depth	drainage duration	CO ₂ -em. (tonnes /ha/year)
Jauhiainen et al. 2004	gas flux measurement with closed chamber me.	Kalimantan, Indonesia	farm field	Ave -29 cm, Min. -72 cm, Max. - 5 cm, Median -24 cm	Median -24 cm	19
Jauhiainen et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber me.	Central Kalimantan,	Drained peat and Hollow	0		17
Jauhiainen et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber me.	Central Kalimantan	Drained peat	50		26
Jauhiainen et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber me.	Central Kalimantan	Hummock	50		43
Jauhiainen et al. 2001	gas flux measurement with closed chamber me.	Central Kalimantan	Hollow	40		52
Jauhiainen 2006	gas flux measurement with closed chamber me.	Central Kalimantan		25		25
Jauhiainen 2006	gas flux measurement with closed chamber me.	Central Kalimantan		50		35
Jauhiainen 2006	gas flux measurement with closed chamber me.	Central Kalimantan		75		36
Jauhiainen 2006	gas flux measurement with closed chamber me.	Central Kalimantan		100		29
Melling et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber m.	Sarawak, Malaysia	forest	45 cm	variable	77
Melling et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	Sarawak, Malaysia	oil palm	60 cm	variable	55
Melling et al. 2005	gas flux measurement with closed chamber method	Sarawak, Malaysia	sago	27 cm	variable	40
Murayama and Bakar 1996 a+b	gas flux measurement with closed chamber method	Western Johore, Malaysia	forest	50		39
Murayama and Bakar 1996 a+b	gas flux measurement with closed chamber method	Western Johore, Malaysia	oil palm plantation	80		54
Murayama and Bakar 1996 a+b	gas flux measurement with closed chamber method	Western Johore, Malaysia	pineapple field	40		30
Murayama and Bakar 1996 a+b	gas flux measurement with closed chamber method	Central Selangor, Malaysia	maize field	40		29
Murayama and Bakar 1996 a+b	gas flux measurement with closed chamber method	Central Selangor, Malaysia	fallow peat	30		22
Vijarnsorn et al. and Ueda et al.	gas flux measurement with closed chamber method	Thailand	forest	70		54
Wösten et al. 1997 and Wösten and Ritzema 2001	Measurements of subsidence and soil characteristics	Western Johore and Sarawak	agriculture	An average water level drawdown (by drainage) of 10 cm results in 1cm/year of subsidence and yields 13t/y of CO ₂ emission.		

3.4 CO₂ emissions from peatland fires

The PEAT-CO₂ research focuses on the little known issue of emissions caused by peat decomposition in drained peatlands, not on the better-known issue of emissions caused by peat fires. However, a rapid assessment of emissions due to fire is included in this report for two reasons:

1. Fires, like decomposition, are the direct result of peatland deforestation and drainage (Figure 17). In common with CO₂ emissions from decomposition emissions caused by fires, which combust both above-ground vegetation and the surface peat, provide a powerful argument for conservation and rehabilitation (in remaining forest areas) and management improvements (in plantations and agricultural areas).
2. Studies are underway which will allow calculation of fire risk- and frequency as a function of water depth and land management, similar to the way we now calculate decomposition emissions. Inclusion of fire emissions is likely to be part of further refinements of the PEAT-CO₂ calculations in 2007.

The assessment presented here is based on two main information elements:

1. A study of CO₂ emissions due to peat fires in Indonesia in 1997 (Page et al, NATURE, 2002) puts this figure between 810 and 2470 Million tonnes carbon loss (i.e. 3000 to 9000 Mt CO₂ emission) for that single event, or 15 to 40% of fossil fuel emissions in that year. This number is supported, amongst others, by the fact that 1997 has had the largest annual jump in global atmospheric CO₂ on record.
2. An annual fire hotspot count over 1997-2006 (Figure 15) for Borneo, using satellite data. This data is yet to be published and was kindly provided by Dr

3.4 Emisi CO₂ dari kebakaran lahan gambut

Penelitian PEAT-CO₂ berfokus kepada masalah emisi yang disebabkan oleh dekomposisi lahan gambut yang dikeringkan yang masih sedikit sekali diketahui, bukan kepada emisi yang disebabkan oleh kebakaran gambut yang telah lebih banyak diketahui. Namun demikian, suatu kajian cepat atas emisi yang disebabkan oleh kebakaran disertakan pada laporan ini berdasarkan dua alasan:

1. Seperti halnya pembusukan, kebakaran adalah hasil langsung deforestasi dan drainase lahan gambut (Gambar 14). Serupa dengan emisi CO₂ dari dekomposisi, emisi dari kebakaran, yang membakar vegetasi baik dibawah maupun diatas permukaan gambut, hal ini menjadi alasan kuat untuk melakukan kegiatan pelestarian dan rehabilitasi (di areal hutan yang tersisa) dan meningkatkan pengelolaan (di daerah perkebunan dan pertanian).
2. Kajian sedang berlangsung untuk dapat menghitung resiko kebakaran dan kekerapannya sebagai suatu fungsi dalam pengelolaan kedalaman air dan lahan, serupa dengan cara kami saat ini menghitung emisi dari dekomposisi. Diperhitungkannya emisi dari kebakaran akan menjadi bagian dari penghitungan lebih lanjut PEAT-CO₂ pada tahun 2007.

Kajian yang disajikan disini didasarkan kepada dua elemen informasi utama:

1. Suatu studi tentang emisi CO₂ akibat kebakaran hutan di Indonesia pada tahun 2007 (Page et al, NATURE, 2002), menyebutkan bahwa karbon yang hilang hanya pada kejadian kebakaran tersebut saja adalah antara 810 dan 2.470 juta ton (atau sama dengan 3.000 sampai 9.000 juta ton emisi CO₂), atau 15% sampai 40% emisi bahan bakar fosil pada tahun yang sama. Jumlah ini didukung oleh kenyataan, salah satu diantaranya, bahwa tahun 1997 memiliki lompatan tahunan CO₂ atmosfer global terbesar sepanjang sejarah.
2. Perhitungan jumlah titik api tahunan akibat kebakaran selama tahun 1997-2006 (Gambar 15) untuk pulau Kalimantan didapatkan dari data satelit. Data ini belum dipublikasikan, dan disediakan oleh Dr Florian Siegert dari Remote

Florian Siegert of Remote Sensing Solutions. The data show that over 60,000 fires were counted in three out of 10 years: 1997, 1998 and 2002. The 2006 data in Figure 15 are incomplete (they include fire counts up until mid-October whilst fires continued for a further month) and are likely to be near those of the other major fire years. Publications by Siegert et al (NATURE, 2001) and Page et al (NATURE, 2002) confirm that the 1997 fires occurred mainly in degraded areas (peatland and non-peatland), associated with logging and development projects.

It should be noted that while there were major fire years in 1997, 1998, 2002 and 2006, when millions of hectares were burnt and regional haze problems became a political issue between Indonesia, Malaysia and Singapore, large peat areas are burnt every year and haze problems in areas of Sumatra and Kalimantan are now considered normal in the dry season.

The rapid assessment approach was to relate the 1997 hotspot count for Kalimantan (which is 90% of the Borneo count, Siegert pers. comm.) to the emission range provided by Page et al (NATURE, 2002), and then to apply it to other years proportional to the hotspot count. This results in the annual minimum and maximum emissions shown in Figure 16. These numbers result in a minimum average CO₂ emission (over 1997-2006) of 1418 Mt/y, and a maximum of 4324 Mt/y.

The rapid assessment method applied yields tentative results, and publications on more thorough analyses of CO₂ emissions from peatland fires in SE Asia are expected in the near future. For one thing, the annual hotspot count applies to both peatlands and non-peatlands. While the 1997 hotspot count is almost equal to that of 1998, fires in the latter year are known to have affected peatlands to

Sensing Solutions. Data menunjukkan bahwa lebih dari 60.000 titik api tercatat dalam 3 tahun selama periode 10 tahun: yaitu pada tahun 1997, 1998 dan 2000. Data tahun 2006 pada Gambar 15 tidak lengkap (mereka memasukan penghitungan api hingga pertengahan Oktober sementara api berlanjut hingga bulan berikutnya) dan nampaknya akan menyerupai data dari tahun-tahun dimana kebakaran besar terjadi. Publikasi dari Siegert *et. al.* (NATURE, 2001) dan Page *et. al.* (NATURE, 2002) menegaskan bahwa kebakaran tahun 1997 terjadi utamanya di lahan-lahan yang terdegradasi (gambut dan non-gambut) terkait dengan penebangan dan proyek-proyek pembangunan.

Patut dicatat bahwa kejadian kebakaran besar terjadi pada tahun 1997, 1998, 2002 dan 2006, dimana jutaan hektar terbakar dan masalah kabut asap regional menjadi masalah politis antara Indonesia, Malaysia dan Singapore, seluas besar lahan gambut terbakar tiap tahun dan saat ini kabut asap di Sumatra dan Kalimantan kemudian dianggap sebagai kejadian yang biasa saja selama musim kering

Untuk kebutuhan kajian cepat ini, digunakan pendekatan dengan menghubungkan data penghitungan titik api tahun 1997 untuk Kalimantan (yang merupakan 90% dari data seluruh Pulau Kalimantan, Siegert *pers. comm.*) dengan kisaran emisi yang dikembangkan Page *et. al.* (NATURE, 2002), dan kemudian menerapkannya pada tahun-tahun lainnya proporsional dengan penghitungan titik api. Hasilnya adalah emisi minimum dan maksimum tahunan seperti yang dikemukakan pada Gambar 16. Angka tersebut menghasilkan rerata minimum emisi CO₂ (selama tahun 1997-2006) sebesar 1.418 Mton/tahun, dan maksimum sebesar 4.324 Mton/tahun.

Metoda kajian cepat ini menerapkan hasil tentative penghitungan, dan publikasi tentang analisa yang lebih rinci dari emisi CO₂ dari kebakaran di lahan gambut Asia Tenggara diharapkan dapat diterbitkan dalam waktu dekat. Patut ditekankan bahwa perhitungan titik api tahunan tersebut mencakup baik untuk lahan gambut dan non-gambut. Meskipun penghitungan titik api tahun 1997 hampir sama dengan tahun 1998, kebakaran pada tahun 1998 diketahui lebih sedikit mempengaruhi lahan gambut dibandingkan dengan pada tahun 1997. Perlu

a lesser extent than in the first year. Another point is that single fires in dry years affect greater areas, and burn away deeper layers of peat, than fires in wet years which are unlikely to affect peatlands to the same extent. This implies the hotspot count in peatlands is not fully proportional to CO₂ emissions from peatlands; a doubling of the number of fires more than doubles CO₂ emissions. Yet another point is that emissions from fires outside of Indonesia are not included, while Malaysia and Papua New Guinea are known to have peatland fires as well.

The net effect of these limitations of the rapid assessment method will be an overestimation of CO₂ emissions. We therefore consider the lower number more realistic than the higher number. We accept an annual CO₂ emission from peatlands fires in Indonesia of 1400 Mt/y as a tentative estimate; the emission from peatlands in other SE Asian countries is unknown.

diketahui bahwa kebakaran yang terjadi pada tahun-tahun kering akan mempengaruhi wilayah yang lebih luas, dan membakar lapisan gambut lebih dalam, dibandingkan dengan kebakaran yang terjadi pada tahun-tahun basah yang kemungkinan besar tidak akan terlalu mempengaruhi lahan gambut. Hal ini berarti bahwa perhitungan titik api di lahan gambut tidak secara penuh proporsional dengan emisi CO₂ dari lahan gambut; berlipat gandanya jumlah kebakaran akan lebih banyak daripada berlipat gandanya emisi CO₂. Terlebih pula emisi dari kebakaran yang terjadi di luar Indonesia tidak disertakan, sedangkan kebakaran gambut diketahui terjadi juga di Malaysia dan Papua Nugini.

Akibat dari berbagai keterbatasan yang digunakan dalam metoda kajian cepat ini, maka perkiraan dari emisi CO₂ yang dihasilkan akan terlalu tinggi. Oleh karena itu kami menganggap bahwa angka yang lebih rendah lebih realistis dibandingkan dengan angka yang lebih tinggi. Kami menerima bahwa angka emisi CO₂ tahunan dari kebakaran gambut di Indonesia sebesar 1400 Mton/tahun sebagai perkiraan tentatif; emisi dari lahan gambut di negara-negara lain di Asia Tenggara tidak diketahui.

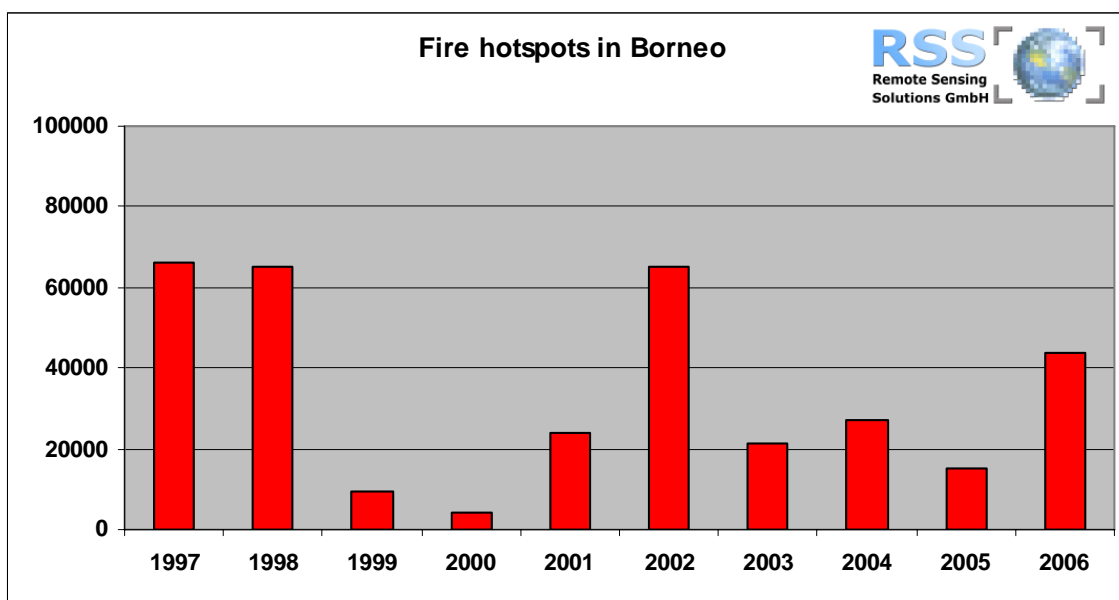


Figure 15 Fire hotspot data (number of fires counted, per year) for Borneo as detected by satellites (NOAA, ATSR and MODIS) from 1997 to 2006. These tentative data are yet to be published but were provided by Dr Florian Siegert (Remote sensing Solutions GmbH, Germany) to allow this study to derive a tentative estimate of annual CO₂ emissions from fires.

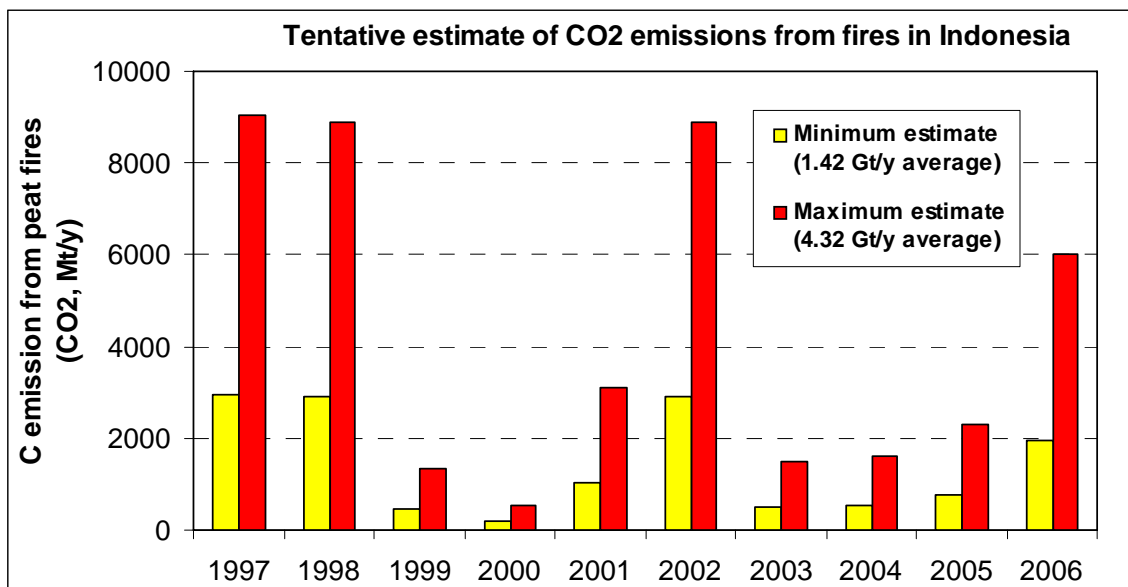


Figure 16 Tentative estimate of annual and average annual carbon emissions due to peatland fires, determined on the basis of hotspot counts for Borneo (see figure above) and the carbon emissions calculated by Page et al for 1997 (NATURE, 2002). Better estimates are being prepared for publication by Page, Siegert and others.

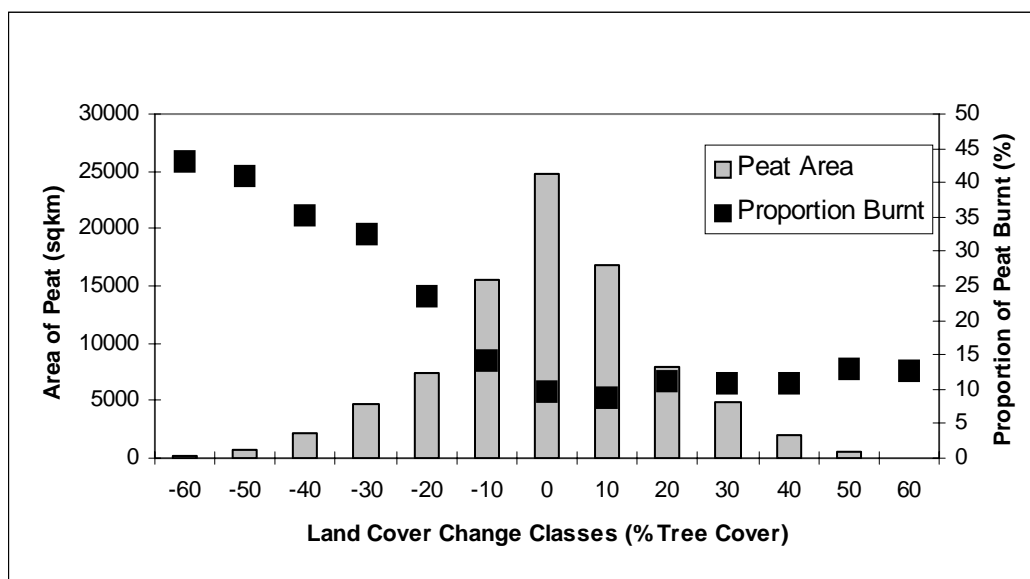


Figure 17 Relationship between Land Cover Change, Total Peat Area and Proportion of Peat Area Burnt for Kalimantan, 1997 to 2003.

This graph was provided by Allan Spessa, Ulrich Weber (Max Planck Institute for Biogeochemistry, Jena, Germany) and Florian Siegert (Remote Sensing Solutions GmbH), and is based on research that will be published separately in the near future. The graph clearly illustrates the close link between deforestation, land management and elevated peat burning. The proportion of peat burnt between 1997-2003 was several orders of magnitude higher in areas experiencing deforestation, that is, negative land cover change, than in other areas. In peatlands experiencing a net loss in land cover between 1997 and 2003, there is a very strong positive correlation between the magnitude of area burnt and the magnitude of land cover change ($R^2 = 0.96$, $N = 7$ classes including the no-change class).

4 Discussion of uncertainties

The current report is the result of an assessment using the latest available data. The subject matter is complex and not well-studied, as the importance of CO₂ emissions from SE Asian peatlands and the role of water management is only now starting to be widely recognized. Therefore, there are several uncertainties in the assessment.

The uncertainties will be discussed here briefly to A) indicate the level of confidence we have in specific results and B) identify areas where better data would allow reduced uncertainty, i.e. identify targets for follow-up research. The discussion shows that we have aimed to use conservative numbers and assumptions at every step of the analysis. As a result, we consider the chance CO₂ emissions are underestimated to be greater than the chance they are overestimated.

4.1 Uncertainty sources

4.1.1 Input data

Peat thickness. There are three main sources of uncertainty:

1. The thickness of the more remote and less well-mapped peatlands in Indonesia is not very well known. As peat thicknesses tend to be greatest in the central parts of these highly inaccessible and often vast (tens of kilometres across) peatlands, this is likely to result in an underestimation of peat thickness and therefore in an underestimate of long-term CO₂ emission.

4 Diskusi mengenai ketidakpastian

Laporan ini adalah hasil dari kajian yang menggunakan data-data terbaru yang tersedia. Subyek yang dikaji cukup kompleks dan masih kurang dipelajari dengan baik karena kepentingan emisi CO₂ dari lahan gambut Asia Tenggara dan peran pengelolaan air baru saja mulai dikenal secara luas. Oleh karena itu, ada beberapa ketidakpastian dalam kajian ini.

Berbagai ketidakpastian akan dibahas dibawah ini secara singkat untuk A) mengindikasikan tingkat kepercayaan pada hasil-hasil tertentu dan B) mengidentifikasi bidang-bidang dimana penggunaan data yang lebih baik akan dapat mengurangi ketidakpastian yang ada, yaitu mengidentifikasi target penelitian selanjutnya. Pembahasan menunjukkan bahwa kami telah mengarah kepada pemakaian angka-angka dan asumsi yang konservatif pada setiap langkah analisa. Sebagai hasilnya, kami menganggap bahwa kemungkinan emisi CO₂ berada dibawah nilai sebenarnya adalah lebih besar dibandingkan kemungkinan nilainya berada diatas nilai sebenarnya.

4.1 Sumber-sumber ketidakpastian

4.1.1 Data yang digunakan

Ketebalan gambut. Ada 3 sumber utama ketidakpastian:

1. Ketebalan gambut di kawasan yang terpencil dan kurang dipetakan masih banyak tidak diketahui. Sementara itu, ketebalan gambut cenderung paling tebal di bagian tengah kubahnya yang merupakan bagian yang sangat sukar diakses dan seringkali merupakan lahan gambut yang sangat luas (berpuluh-puluh kilometer panjangnya), hal ini nampaknya berakibat bahwa perkiraan ketebalan gambut lebih rendah dari angka yang sebenarnya, dan dengan demikian perkiraan untuk emisi CO₂ -pun lebih rendah dari angka yang sebenarnya.

2. Data on the thickness of peatlands in Malaysia and Papua New Guinea were not available at the time of this study. Conservative assumptions were made, which will likely result in an underestimate of long-term CO₂ emission.
3. Data on recent loss of peat in areas with limited peat thickness. Peat thickness data used are based on field surveys between 1990 and 2002. These data were then used as the starting point of the CO₂ emission simulation, in 1985. As some areas were already drained during the field surveys, and therefore reduced in thickness, the peat thickness in 1985 is underestimated for these areas. This means that the simulated rate of depletion of shallow peat deposits is greater than the actual rate, i.e. simulated CO₂ emissions peak earlier and decline slightly faster than actual emissions.
2. Data ketebalan gambut untuk Malaysia dan Papua Nugini tidak tersedia pada saat dilakukannya penelitian ini. Dengan demikian asumsi dilakukan secara konservatif, yang menghasilkan nilai emisi CO₂ jangka panjang yang lebih kecil dari angka yang sebenarnya.
3. Data tentang kehilangan terkini dari gambut di daerah-daerah yang memiliki ketebalan gambut terbatas. Data ketebalan gambut yang digunakan adalah berdasarkan kepada survey lapangan yang dilakukan pada tahun 1990 dan 2002. Data tersebut kemudian digunakan sebagai titik awal simulasi emisi CO₂, tahun 1985. Berhubung beberapa daerah sebenarnya sudah dikeringkan pada saat dilakukan survey lapangan, dan oleh karena itu berkurang ketebalannya, ketebalan gambut di daerah tersebut pada tahun 1985 berada dibawah angka ketebalan yang sebenarnya. Hal tersebut berarti bahwa laju penurunan deposit gambut dangkal yang disimulasikan dalam studi ini lebih besar daripada laju aktualnya, artinya emisi CO₂ yang disimulasikan telah mencapai puncak terlebih dahulu dan penurunannya sedikit lebih cepat daripada emisi yang sebenarnya.

It is concluded that the uncertainties in peat thickness all lead to an underestimate of CO₂ emissions, in the longer (1, 2) or shorter (3) term. The impact on long-term emission simulations is probably greater than on the short-term emission simulations.

Extent and distribution of peat lands. The data on peat extent available to the project can be improved especially for areas outside of Kalimantan and Sumatra, where FAO data from the Digital Soil Map of the World were used. However, comparison of these data for Kalimantan and Sumatra with the more recent and detailed Wetlands International data showed greater differences in distribution than in total extent.

Carbon content of SE Asian peat. Carbon content depends on A) bulk density of the peat material (i.e. percentage solid matter vs water) and B) carbon content of the solid matter, which both vary with source material and degree of decomposition. Carbon

Dapat disimpulkan bahwa ketidakpastian dalam ketebalan gambut semuanya mengarah kepada perkiraan emisi CO₂ yang lebih rendah dari nilai sebenarnya, baik pada jangka panjang (1,2) atau pun jangka pendek (3). Dampak pada simulasi emisi jangka panjang kemungkinan lebih besar daripada simulasi emisi jangka pendek.

Luas dan sebaran lahan gambut. Data luasan gambut yang tersedia bagi proyek ini dapat lebih ditingkatkan terutama untuk daerah-daerah di luar Kalimantan dan Sumatra, dimana data FAO dari Peta Tanah Dunia Digital digunakan. Namun demikian, perbandingan antara data FAO ini dengan data terbaru dan lebih rinci dari Wetlands International untuk Kalimantan dan Sumatra menunjukkan perbedaan yang lebih besar pada distribusi daripada luasan totalnya.

Kandungan karbon di gambut Asia Tenggara. Kandungan karbon bergantung kepada A) berat jenis dari materi gambut (persentasi materi padat vs air) dan B) kandungan karbon dari material padat, yang bervariasi tergantung kepada materi asalnya

contents between 90 kgC/m³ and 45 kgC/m³ have been published for various peat deposits in SE Asia. The relation between subsidence rate and CO₂ emission applied in this assessment (Wösten and Ritzema, 2002) assumes a carbon content of 60 kg/m³ which is fairly conservative and does not introduce a great uncertainty to the result.

Carbon store. The carbon store in SE Asian peatlands is not input data but a function of A) peat thickness, B) peatland extent and C) peat carbon content. As described above, peat thickness is considered to have the greatest uncertainty and is likely to be underestimated. This means the total carbon store may also be underestimated. This will have an impact especially on the CO₂ emission projections in the long term, less in the short term.

Land use / land cover. The GLC 2000 global land cover classification was used to determine land use for SE Asia in the year 2000. The decision rule that 'mosaic cropland + shrubland' on peatland is always accompanied by drainage introduces some uncertainty especially in the case of Papua (in Indonesia). Here, areas are classified as 'mosaic cropland + shrubland' that are known to be a savannah-like landscape created by traditional land management techniques requiring regular burning of the Melaleuca and herbaceous peat swamp vegetation (Silvius & Taufik, 1990). These areas are generally non-drained, agriculture often takes place on elevated islands of dug up mud (from the submerged swamp soil), which probably causes less peat oxidation. It is therefore likely that the emissions (per unit area) from these areas are relatively minor compared to the emissions in Sumatra and Kalimantan. This may have lead to an overestimate of CO₂ emissions from SE Asian peatlands, with a maximum of 16% in the unlikely case that emissions from Papua would actually be negligible.

dan tingkat dekomposisi. Kandungan karbon sebesar 90 kgC/m³ dan 45 kgC/m³ telah dipublikasikan untuk berbagai deposit gambut di Asia Tenggara. Relasi antara laju subsidensi dan emisi CO₂ yang digunakan dalam penelitian ini (Wösten and Ritzema, 2002) mengasumsikan kandungan karbon sebesar 60 kg/m³ dimana angka ini cukup konservatif dan tidak menimbulkan banyak ketidakpastian pada hasilnya.

Simpanan karbon. Simpanan karbon di Asia Tenggara bukan merupakan data masukan akan tetapi sebuah fungsi dari A) ketebalan gambut, B) luasan gambut dan C) kandung karbon di gambut. Seperti dijelaskan diatas, ketebalan gambut dianggap yang paling memiliki ketidakpastian dan kemungkinan besar angkanya lebih rendah dari ketebalan sebenarnya. Hal ini akan memberikan dampak terutama kepada proyeksi emisi CO₂ dalam jangka panjang, dan sedikit mempengaruhi di waktu singkat.

Tata guna lahan/tutupan lahan. Klasifikasi tutupan lahan global GLC 2000 digunakan untuk menentukan tata guna lahan di Asia Tenggara pada tahun 2000. Keputusan aturan tentang 'mosaik lahan tanaman pangan + lahan semak' di lahan gambut selalu disertai oleh drainase memunculkan beberapa ketidakpastian terutama untuk Papua (di Indonesia). Di Papua, daerah-daerah yang diklasifikasikan sebagai 'mosaik lahan tanaman pangan + lahan semak' merupakan bentang lahan seperti savana yang tercipta melalui teknik pengelolaan lahan tradisional yang memerlukan pembakaran Gelam dan semak-semak secara teratur (Silvius & Taufik, 1990). Umumnya daerah tersebut tidak dikeringkan, dimana kegiatan pertanian umumnya dilakukan pada pulau-pulau yang lebih tinggi tersusun dari galian lumpur (dari tanah rawa yang setengah tenggelam), yang mana hal tersebut kemungkinan akan menyebabkan oksidasi gambut yang lebih sedikit. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa emisi (per unit area) dari wilayah tersebut relatif kecil dibandingkan emisi di Sumatra dan Kalimantan. Hal tersebut akan mengarah kepada perkiraan emisi CO₂ dari lahan gambut Asia Tenggara yang lebih tinggi dari emisi sebenarnya, dengan nilai maksimum 16% pada kasus yang kemungkinan besar tidak terjadi, dimana emisi dari Papua sesungguhnya dapat diabaikan.

Percentage of peatland drained. Drainage intensity was estimated as a function of land use / land cover (Table 5), in consultation with the experts involved in the study. The estimate is considered conservative but does introduce some uncertainty. Additional uncertainty is introduced by the fact that an unknown but probably significant drained peatland area is not included in the analysis: forested areas affected by legal and illegal logging (canals are often used in log transport), plantation drainage (which may bring down peatland water levels over several kilometres in the longer term) and fires (which create depressions in the peat surface). In the early 1990s already, over 90% of peat swamp forests in Sumatra were affected by human interventions such as forestry, agriculture and related drainage (Silvius & Giesen, 1992); the present extent and degree of these impacts in remaining forests in SE Asia is very significant but not well-documented. The overall effect of this uncertainty is probably an underestimate of the overall drained peatland area.

Drainage depth. Drainage depth was estimated in consultation with the experts involved in the study. Estimates are considered conservative especially for heavily drained areas (plantations and abandoned plantations like the ex-Mega Rice Project), where drainage depths well over 1 metres are often observed while a 'likely' drainage depth of 0.95m was assumed in the assessment (Table 5). Similarly, a drainage depth approaching 1 metre may be more realistic in many small-scale agricultural areas than the depth of 0.6m used as 'likely' value in the analysis. The overall effect of uncertainties is therefore probably an underestimate of the overall drainage depth.

Percentage of oil palm plantations on peat lands. For precise assessment of the CO₂ emissions caused by palm oil production on peatlands alone, accurate data on the present extent of oil palm plantations on peatlands are needed that are now lacking.

Persentasi lahan gambut yang dikeringkan. Intensitas pengeringan diperkirakan sebagai fungsi dari tata guna lahan dan penutupan lahan (Tabel 5), melalui konsultasi dengan para pakar yang terlibat dalam studi ini. Perkiraan yang dilakukan dianggap konservatif tetapi memberikan beberapa ketidakpastian. Ketidakpastian ini ditambah lagi dengan tidak disertakannya beberapa wilayah gambut yang dikeringkan dalam analisis ini yang faktanya memberikan pengaruh signifikan: wilayah berhutan yang dipengaruhi oleh penebangan legal dan ilegal (saluran-saluran umumnya digunakan untuk mengangkut kayu), drainase di perkebunan (yang dapat menurunkan muka air tanah lahan gambut sampai beberapa kilometer pada jangka waktu yang panjang) dan kebakaran (yang menciptakan cekungan di permukaan gambut). Pada permulaan tahun 1990, sudah lebih 90% hutan rawa gambut Sumatra dipengaruhi oleh kegiatan manusia, seperti kehutanan, pertanian dan drainase terkait (Silvius & Giesen, 1992); luas dan besaran terkini dari dampak tersebut pada hutan-hutan yang tersisa di Asia Tenggara adalah sangat signifikan tetapi belum terdokumentasi dengan baik. Pengaruh umum dari ketidakpastian ini kemungkinan berupa perkiraan seluruh luasan gambut yang dikeringkan lebih rendah dibandingkan angka yang sebenarnya.

Kedalaman drainase. Kedalaman drainase diperkirakan melalui konsultasi dengan para pakar yang terlibat dalam penelitian ini. Perkiraan yang dihasilkan dianggap konservatif terutama untuk daerah-daerah yang mengalami drainase hebat (perkebunan dan perkebunan yang ditinggalkan seperti lahan eks-PLG), dimana drainase dengan kedalaman lebih dari 1 meter sering ditemukan, sementara nilai "paling mungkin" yang diasumsikan dalam kajian ini adalah 0,95m (Tabel 5). Hal yang sama, kedalaman drainase yang mendekati 1 meter kemungkinan lebih realistis di banyak lokasi pertanian skala kecil, dibandingkan dengan kedalaman 0,6 m yang digunakan sebagai nilai "paling mungkin" dalam analisa ini. Pengaruh keseluruhan dari ketidakpastian kemungkinan besar adalah bahwa perkiraan kedalaman drainase yang digunakan berada dibawah angka kedalaman sebenarnya.

Persentasi perkebunan kelapa sawit di lahan gambut. Untuk pengkajian secara tepat emisi CO₂ yang disebabkan oleh produksi kelapa sawit, data akurat mengenai luasan saat ini dari perkebunan

Currently our estimate is that some 25% of palm oil plantations is on peatlands, following from the fact that 27% of oil palm plantation concessions (i.e. existing and planned plantations) are on peatlands. This uncertainty does not affect the assessment of CO₂ emissions from peatlands, but does affect our knowledge of how much of this emission is caused by palm oil production.

4.1.2 Emission relations

Relation between drainage depth and CO₂ emissions. There is significant uncertainty in the CO₂ emission resulting from a specific drainage depth. Few long-term studies of subsidence rates in drained peatlands in SE Asia have been published. Short-term studies of CO₂ emissions are difficult to interpret because A) CO₂ emissions from root respiration must be separated from emissions caused by decomposition, B) short-term effects (shortly after drainage) must be separated from long-term effects, and C) water table and soil moisture regime are often insufficiently monitored. Because of this potential uncertainty, a thorough literature review was compiled (see Table 6). The relation used in the assessment, derived on the basis of this review, is considered conservative.

CH₄ emission. The only form of carbon emission to the atmosphere considered in this assessment is CO₂ (carbon dioxide) emission. CH₄ (methane) emissions from drained peatlands are considered by most experts to be limited in comparison, but may still be significant because CH₄ is a far stronger greenhouse gas (23 times stronger in ‘carbon dioxide equivalents’). CH₄ emissions in peatlands may originate especially where peat areas are flooded for prolonged periods after fires or after subsidence due to drainage, and reduced conditions are created in the peat soil. The uncertainty in this emission, is considered low, as research so far indicates that CH₄

kelapa sawit di lahan gambut sangat diperlukan, sesuatu yang sangat ini sangat kurang. Perkiraan kami saat ini sekitar 25% perkebunan sawit berada pada lahan gambut, dengan mengacu kepada fakta bahwa 27% konsesi perkebunan sawit berada di lahan gambut (yaitu perkebunan yang ada saat ini maupun yang direncanakan). Ketidakpastian ini tidak mempengaruhi kajian emisi CO₂ dari lahan gambut, akan tetapi akan mempengaruhi pengetahuan kita mengenai seberapa banyak emisi ini disebabkan oleh produksi kelapa sawit.

4.1.2 Berbagai keterkaitan emisi

Hubungan antara emisi CO₂ dengan kedalaman drainase. Terdapat ketidakpastian yang signifikan mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari kedalaman drainase tertentu. Beberapa kajian jangka panjang tentang laju subsidensi di lahan gambut yang dikeringkan di Asia Tenggara telah dipublikasikan. Studi jangka pendek tentang emisi CO₂ sulit diinterpretasikan karena A) emisi CO₂ dari pernafasan akar harus dipisahkan dengan emisi yang disebabkan dekomposisi, B) pengaruh jangka pendek (sehabis drainase) harus dipisahkan dengan pengaruh jangka panjang, C) tinggi muka air dan rejim kelembaban tanah sering tidak dipantau dengan baik. Karena banyaknya ketidakpastian potensial tersebut, maka dilakukan kajian literatur secara menyeluruh (lihat Tabel 6). Relasi yang digunakan dalam kajian ini, dikembangkan dari kajian literatur tersebut, dianggap bersifat konservatif.

Emisi CH₄. Satu-satunya bentuk emisi karbon ke atmosfer yang diperhitungkan dalam kajian ini hanyalah emisi CO₂ (karbon dioksida). Emisi CH₄ (methana) dari lahan gambut yang dikeringkan oleh para ahli dianggap terbatas, tetapi mungkin juga cukup signifikan karena CH₄ merupakan gas rumah kaca yang lebih kuat (23 kali lebih kuat pada “setara CO₂”). Emisi CH₄ di lahan gambut kemungkinan berasal dari lahan gambut yang tergenang dalam waktu yang panjang setelah kejadian kebakaran atau setelah subsidensi akibat drainase, sehingga kondisi menurun terjadi di tanah gambut. Ketidakpastian mengenai emisi ini dianggap rendah karena penelitian sejauh ini menunjukkan bahwa emisi CH₄ di lahan gambut dapat diabaikan (Jauhiainen *et. al.*, 2005), oleh karena itu tidak disertakan dalam pengkajian ini. Hal ini bisa jadi akan menyebabkan angka emisi gas rumah kaca

emissions from tropical peatlands are negligible (Jauhiainen et al, 2005), so it has been excluded from the assessment. This may result in an underestimate of the total emission of greenhouse gases (in carbon dioxide equivalents) from drained and burnt peatlands.

Peat fires

The CO₂ emission due to peatland fires is highly uncertain. Separate publications on this issue are expected in the near future. Ideally, fire risk is quantified as a function of land use (drainage depth and land management), so future CO₂ emissions caused by fires can be simulated as was done for CO₂ emissions caused by oxidation. Until that is possible, emissions caused by fires remain the relatively largest uncertainty in emission projections. As explained in the text, the current assumption of 1400 Mt/y of CO₂ emissions from fires is at the lower end of the estimated range (1400 to 4300 Mt/y). The likelihood of this number being an underestimate is therefore considered greater than of it being an overestimate.

4.1.3 Trends and projections

Deforestation trend assessment. The main trend assessment performed was of deforestation between 1985 and 2000, with a verification for 2000-2005. Overall uncertainty in this assessment is fairly limited as well-researched sources were used. There is a greater likelihood that forest area in 2000 is overestimated than underestimated, due to inclusion in the 'forest' area of severely degraded forests and of timber plantations. The rate of deforestation assumed in the assessment is therefore considered conservative.

Drainage trend assessment. Drainage trend was established as a function of derived trends in development of cropland and 'cropland/shrubland mosaics'. These derived trends are highly conservative, e.g. the area of large-scale croplands can not exceed 21%

(pada setara karbon dioksida) dari lahan gambut yang dikeringkan dan terbakar akan lebih rendah daripada angka emisi sebenarnya.

Kebakaran gambut

Emisi CO₂ akibat kebakaran di lahan gambut sarat dengan ketidakpastian. Publikasi terpisah tentang masalah ini akan diterbitkan terpisah di masa mendatang. Idealnya resiko kebakaran dihitung sebagai suatu fungsi dari tata guna lahan (kedalaman gambut dan pengelolaan lahan), sehingga emisi CO₂ akibat kebakaran dapat disimulasikan seperti yang dilakukan pada emisi CO₂ yang disebabkan oleh oksidasi. Hingga hal tersebut memungkinkan untuk dilakukan, emisi akibat kebakaran tetap merupakan ketidakpastian terbesar dalam proyeksi emisi. Seperti yang dijelaskan diatas, asumsi emisi CO₂ saat ini akibat kebakaran adalah sebesar 1.400 Mton/tahun berada pada titik rendah dari kisaran perkiraan (1.400 sampai 4.300 Mton/tahun). Kemungkinan bahwa angka yang diambil sebenarnya lebih rendah dari angka yang sebenarnya oleh karena itu sebenarnya lebih besar dibandingkan dengan lebih tinggi dibanding angka yang sebenarnya.

4.1.3 Kecenderungan dan proyeksi

Kajian kecenderungan deforestasi. Telaah utama kecenderungan yang dilakukan adalah untuk deforestasi yang berlangsung antara tahun 1985 dan 2000, dengan verifikasi untuk tahun 2000-2005. Secara keseluruhan, ketidakpastian pada telaah ini sangat kecil karena sumber-sumber yang digunakan telah ditelaah dengan baik. Nampaknya kemungkinan bahwa angka yang digunakan untuk luasan hutan pada tahun 2000 lebih tinggi diatas angka sebenarnya sebenarnya lebih besar dibandingkan angka tersebut lebih rendah daripada angka luasan sebenarnya, karena dimasukkannya hutan rusak dan hutan industri dalam kategori 'hutan'. Oleh karena itu laju deforestasi dalam telaah ini dianggap bersifat konservatif.

Telaah kecenderungan drainase.

Kecenderungan drainase diperoleh sebagai suatu fungsi dari kecenderungan yang ditimbulkan dari pengembangan lahan tanaman pangan dan 'mosaik lahan tanaman pangan/lahan bersemak'. Kecenderungan yang dibuat ini sangat konservatif,

of the peatland area even if all peatland is deforested, while the concession areas for palm oil and timber plantations alone already cover 23% of the peatlands in Indonesia.

Land use projections. As projections are a simple continuation of past trends, there are two uncertainties: those in the past trends and those in continuation of these trends into the future. The uncertainty in the latter is very significant, of course. The projections may turn out to be too pessimistic if SE Asian countries, supported by the international community, decide to drastically improve peatland conservation and management strategies. If such improvements do not materialize however, the projections may be too optimistic as the remaining peatland resources (forests, but also converted peatlands still suitable for agriculture) dwindle while demands (for timber and for agricultural land) increase.

4.2 Assessment of overall uncertainty

From the discussion of uncertainties presented above it is clear that A) there are significant uncertainties in most data and parameters used, and B) the assessment has consistently aimed to be conservative. Therefore, the resulting range in emissions (355 to 874 in 2006, with a most likely value of 632 Mt/y) is also considered conservative. This range accounts for uncertainties in drainage intensity and drainage depth. Uncertainties that are not included are those in peat thickness, carbon content of peat, relation between drainage depth and CO₂ emission, CH₄ emission and trends and projections in land use, especially in drainage. There is no obvious way to quantify the effect of these uncertainties, but it should be noted that most of them are higher to the upside than to the downside, i.e. emissions are more likely to be underestimated than to be overestimated.

misalnya luasan lahan tananama pangan skala besar tidak dapat melebihi 21% dari daerah lahan gambut bahkan dikala seluruh lahan gambut telah terdegradasi, sementara luasan konsesi kelapa sawit dan hutan tanaman sendiri sudah mencakup 23% dari lahan gambut di Indonesia.

Proyeksi tata guna lahan. Karena diketahui proyeksi adalah penerusan secara sederhana dari kecenderungan di masa lalu, maka terdapat dua ketidakpastian: ketidakpastian dimasa lalu dan kelanjutan kecenderungan tersebut pada kecenderungan masa mendatang. Ketidakpastian di masa mendatang tentu saja sangat signifikan. Proyeksi tersebut dapat berujung terlalu pesimistik apabila negara-negara Asia Tenggara, dengan dukungan dari komunitas internasional, memutuskan untuk secara drastis meningkatkan strategi konservasi dan pengelolaan lahan gambut mereka. Apabila hal ini tidak dilakukan, proyeksi tersebut akan menjadi terlalu optimistik karena sumber daya lahan gambut yang tersisa (hutan dan juga lahan gambut konversi yang masih sesuai untuk pertanian) menjadi tertekan sementara kebutuhan (untuk kayu dan lahan pertanian) semakin meningkat.

4.2 Telaah ketidakpastian secara keseluruhan

Dilihat dari diskusi tentang ketidakpastian yang disajikan di atas, jelas bahwa A) terdapat ketidakpastian yang signifikan pada hampir seluruh data dan parameter yang digunakan, dan B) telaah selalu diarahkan agar tetap konservatif. Oleh karena itu, kisaran emisi yang dihasilkan (355 sampai 874 pada tahun 2006, dengan nilai angka yang paling memungkinkan sebesar 632 Mton/tahun) juga dapat dikatakan konservatif. Kisaran ini sudah memperhitungkan ketidakpastian dari intensitas drainase dan kedalaman drainase. Ketidakpastian yang tidak disertakan adalah ketebalan gambut, kandungan karbon dalam gambut, hubungan antara kedalaman drainase dan emisi CO₂, emisi CH₄ dan kecenderungan serta proyeksi dari penggunaan lahan, terutama dalam drainase. Tidak ada cara yang pasti mengenai bagaimana mengkuantifikasi pengaruh dari ketidakpastian diatas, akan tetapi perlu dicatat bahwa kebanyakan ketidakpastian ini lebih tinggi ke bagian atas daripada bagian bawah, artinya perkiraan emisi kemungkinan berada di bawah emisi sebenarnya daripada diatasnya.

An important point to note regarding these uncertainties is that most of them affect annual release of carbon to the atmosphere over the coming 10 to 50 years. Climate scientists are often interested in emissions in the long term (100 years or longer) and the precise annual emission in the short term is less relevant from that perspective. Halving the emission rate through marginal improvements in for instance fire fighting methods, but without fundamental changes in forest conservation and water management practices, would simply mean it takes twice as long to increase the global atmospheric CO₂ emission by the same amount. The implication is that most uncertainties discussed above may not be very important from a climate change perspective: more important is the fact that it can now be proved that most carbon stored in SE Asian peatlands is likely to be released to the atmosphere in the short or long term if current developments and practices are allowed to continue.

4.3 Proposed research activities to reduce uncertainties

A number of actions can be identified that will significantly reduce the uncertainty in the assessment of CO₂ emissions in the short term and the longer term. In 2007, it may be possible to improve the assessment using data that are expected to become available in the coming months:

1. Use of GLOBCOVER data for land use / land cover assessment. These data will apply to 2005 (data for 2000 were used in the current assessment), will have higher resolution (300m vs the 1000m used in the current assessment) and is expected to have higher accuracy.

Suatu catatan penting terkait dengan ketidakpastian ini adalah bahwa sebagian besar daintaranya mempengaruhi pelepasan karbon tahunan ke atmosfer selama 10 sampai 50 tahun mendatang. Para ilmuwan cuaca kerap kali tertarik dengan emisi dalam jangka panjang (100 tahun atau lebih lama), maka dilihat dari perspektif tersebut, emisi tahunan secara tepat dalam jangka pendek menjadi lebih tidak relevan. Mengurangi laju emisi melalui perbaikan pada kegiatan bukan merupakan kegiatan terpenting, misalnya metoda pemadaman kebakaran, tanpa adanya perubahan fundamental pada praktek pengelolaan konservasi hutan dan air, sama saja dengan melipatgandakan emisi CO₂ ke atmosfer. Implikasinya adalah hampir keseluruhan ketidakpastian yang didiskusikan diatas kemungkinan sebenarnya tidak terlalu penting dari perspektif perubahan iklim: yang lebih penting adalah fakta bahwa hampir seluruh simpanan karbon di Asia Tenggara akan dilepaskan ke atmosfer dalam jangka pendek atau panjang apabila pola pembangunan dan praktek saat ini tetap diteruskan.

4.3 Aktivitas penelitian yang diusulkan untuk mengurangi ketidakpastian

Beberapa aksi telah teridentifikasi yang diharapkan dapat secara signifikan mengurangi ketidakpastian dalam kajian emisi CO₂ baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Pada tahun 2007, kemungkinan kajian dapat ditingkatkan kualitasnya dengan menggunakan data yang akan tersedia beberapa bulan mendatang:

1. Menggunakan data penggunaan lahan/ penutupan lahan dari GLOBCOVER. Data ini berlaku untuk tahun 2005 (data tahun 2000 telah digunakan untuk telaah ini), memiliki resolusi lebih tinggi (300 m vs 1000 m yang digunakan dalam telaah ini) dan diharapkan memiliki akurasi yang lebih baik.

2. Use of improved data on the present and planned distribution of oil palm and timber plantations and other intensively drained areas in peatlands.
 3. Linked to the availability of more detailed and accurate land cover data and plantation data, is the option to develop land use scenarios for individual peatlands, rather than a single projection for all of SE Asia. This will also provide a basis for improved forest conservation and water management plans for these individual areas.
 4. Use of improved data on peat extent and peat depth outside of Sumatra and Kalimantan. Such data are now being finalized by Wetlands International for Papua. Similar data are understood to be available in various databases for Malaysia (especially Sarawak) as well.
 5. Inclusion of lateral processes in the peatland subsidence and emission calculations. These impacts do not stop at the boundary of a drained area, but affect a progressively larger peripheral zone. The width of that zone depends on drainage depth and peat characteristics (hydraulic conductivity, thickness, slope); it may extend for kilometres in years or decades. Inclusion of lateral processes will yield insight in the area affected by a drainage system.
 6. Feedback effects from climate change. It is understood that most climate change models predict that the SE Asian peatland region, notably southern regions in Borneo and Sumatra, will become dryer in the future (Dr Pep Canadell, Director of Global Carbon Project, pers. comm.). This means that the
2. Penggunaan data yang lebih baik mengenai sebaran kebun kelapa sawit dan hutan tanaman pangan saat ini dan yang direncanakan serta daerah-daerah yang dikeringkan secara intensif di lahan gambut.
 3. Terkait dengan ketersediaan data tutupan lahan dan perkebunan yang lebih rinci dan akurat, terdapat opsi untuk mengembangkan skenario penggunaan lahan untuk setiap areal lahan gambut, daripada hanya proyeksi tunggal untuk seluruh Asia Tenggara. Hal ini juga akan menyediakan dasar bagi peningkatan konservasi hutan dan rencana pengelolaan air untuk daerah-daerah tersebut.
 4. Penggunaan data yang lebih baik akan luasan dan kedalaman gambut diluar Sumatra dan Kalimantan. Data semacam itu saat ini sedang dikerjakan oleh Wetlands International untuk Papua. Data-data serupa, juga diketahui tersedia di berbagai pangkalan data untuk Malaysia (terutama Sarawak).
 5. Dimasukkannya proses-proses lateral dalam perhitungan subsidensi dan emisi lahan gambut. Dampak yang terjadi tidak berhenti hanya pada batas daerah yang dikeringkan akan tetapi berpengaruh kepada zona perifer yang lebih luas. Lebarnya zona tersebut akan bergantung kepada kedalaman drainase dan karakteristik gambut (konduktivitas hidrolis, ketebalan, kemiringan); dapat meluas sampai berkilometer-kilometer dalam skala tahun atau dekade. Diikutsertakannya proses-proses lateral akan memberikan gambaran pada daerah-daerah yang dipengaruhi oleh sistem drainase.
 6. Pengaruh umpan balik dari perubahan iklim. Telah dipahami bahwa hampir keseluruhan model perubahan iklim memperkirakan bahwa wilayah lahan gambut Asia Tenggara, terutama bagian selatan dan Pulau Kalimantan dan Sumatra, akan semakin kering di masa mendatang (Dr Pep Canadell, Director of Global Carbon Project, pers. comm.). Hal ini berarti

need for improved conservation and water management will be even greater. Climate change projections can be used to quantify this effect.

Parallel to this, but possibly only yielding major uncertainty reductions in 2 years or more, the following activities are proposed:

7. Development of a physically-based relation between drainage depth, subsidence rate and CO₂ emission. This relation will likely be non-linear and may take into account water depth regime instead of average water depth. Separate relations may need to be defined in different land use types, to account for the effects of vegetation cover and land management (mechanized, fertilized etc).
8. Development of a stochastic relation (supported by physical considerations) between fire risk and land and water management practice, allowing prediction of fire frequency under different management strategies.

kebutuhan akan peningkatan konservasi dan pengelolaan air akan semakin meningkat. Proyeksi perubahan iklim akan dapat digunakan untuk menghitung dampak ini.

Paralel dengan diatas, walaupun kemungkinan hanya mengurangi ketidakpastian utama selama 2 tahun atau lebih, beberapa aktivitas berikut juga diusulkan:

7. Pengembangan suatu hubungan landasan fisik antara kedalaman gambut, laju subsidensi dan emisi CO₂. Hubungan ini nampaknya akan non-linear dan bisa saja mempertimbangkan rejim kedalaman air dibandingkan kedalaman air rata-rata. Berbagai relasi terpisah dapat ditentukan pada tipe penggunaan lahan yang berbeda, untuk menyertakan pengaruh tutupan vegetasi dan pengelolaan lahan (mekanisasi, pemupukan, dsb.).
8. Pengembangan relasi stokastik (didukung oleh pertimbangan fisik) antara resiko kebakaran dan praktek pengelolaan air, yang memungkinkan perkiraan kekerapan kebakaran pada berbagai strategi pengelolaan.

5 Conclusions and recommendations

The total amount of carbon in peatlands in SE Asia is at least 42,000 Megatonnes (depending on assumptions of peat thickness and carbon content), equalling at least 155,000 Megatonnes in potential CO₂ emissions. Present likely CO₂ emissions (fires excluded) from drained peatlands are calculated to be between 355 and 874 Mt/y, with a most likely value of 632 Mt/y. If current rates and practices of peatland development and degradation continue, this may increase to 823 Mt/y (most likely value) in 10 to 30 years, followed by a steady decline over centuries when increasingly thicker peat deposits become depleted.

Current emissions from Indonesia alone are 516 Mt/y. To put this in perspective, this equals:

- 82% of peatland emissions in SE Asia (fires excluded).
- 58% of global peatland emissions (Figure 18; fires excluded).
- Almost 2 times the emissions from fossil fuel burning in Indonesia.

If emissions from peatland fires (which are also caused by deforestation and drainage) are included, the total CO₂ emission number is significantly higher. Over 1997-2006, CO₂ emissions from peatland fires in Indonesia were several times those due to peat decomposition in drained peatland areas: 1400 Mt/y to possibly as much as 4300 Mt/y. The lower (and more likely) figure, added to current likely emissions from peat decomposition, yields a total CO₂ emission figure for SE Asian peatlands of 2000 Mt/y (over 90% of which are from Indonesia), equivalent to almost 8% of global emissions from fossil fuel burning. This is probably the most concentrated (produced on only 0.2% of the global land area) land-use related CO₂ emission in the world. If emissions from

5 Kesimpulan dan Rekomendasi

Jumlah total karbon di lahan gambut Asia Tenggara setidaknya sebesar 42.000 Megaton (tergantung kepada asumsi mengenai ketebalan dan kandungan karbon), setara dengan setidaknya 155.000 Megaton pada potensi emisi CO₂. Emisi CO₂ saat ini (tidak termasuk kebakaran) dari lahan gambut yang dikeringkan diperkirakan berada diantara 355 sampai 874 Mt/tahun, dengan nilai yang paling memungkinkan sebesar 632 Mt/tahun. Apabila laju dan praktek pengembangan lahan gambut dan degradasi terus terjadi, maka emisi dapat meningkat menjadi 823 Mt/tahun dalam 10 sampai 30 tahun, diikuti dengan penurunan secara stabil dalam hitungan abad ketika deposit gambut-tebal menjadi semakin menyusut.

Emisi saat ini untuk Indonesia saja sebesar 516 Mt/y. Untuk lebih jelasnya, angka ini sama dengan\:

- 82% dari emisi lahan gambut Asia Tenggara (kebakaran tidak disertakan).
- 58% dari emisi lahan gambut global (Gambar 15; kebakaran tidak disertakan).
- Hampir 2 kali lipat dari emisi yang ditimbulkan dari pembakaran bahan bakar fosil di Indonesia.

Apabila emisi dari kebakaran hutan lahan gambut disertakan (yang juga disebabkan oleh deforestasi dan drainase), maka angka emisi CO₂ akan semakin meningkat secara signifikan. Selama tahun 1997-2006, emisi CO₂ dari kebakaran hutan di Indonesia meningkat beberapa kali lipat karena terjadinya dekomposisi di lahan gambut yang dikeringkan: sebesar 1.400 Mt/tahun sampai dengan 4.300 Mt/tahun. Jika angka yang lebih rendah dari kebakaran tersebut (dan merupakan angka yang paling mungkin) ditambahkan pada angka yang paling mungkin dari emisi yang berasal dari dekomposisi gambut, maka akan menghasilkan angka total emisi CO₂ untuk lahan gambut Asia Tenggara sebesar 2.000 Mt/tahun (90% diantaranya berasal dari Indonesia), setara dengan hampir 8% emisi global dari pembakaran bahan bakar fosil. Fenomena ini mungkin merupakan emisi CO₂ terkait dengan penggunaan lahan yang paling terkonsentrasi di dunia (karena diproduksi hanya pada 0,2% dari luas

peatland drainage and degradation (including fires) are included, Indonesia takes third place in global CO₂ emissions, behind the USA and China. Without peatland emissions, Indonesia takes 21st place.

Interestingly, the annual CO₂ emission of 2000 Mt/y found for 2005 is supported by an independent study: Wetlands International has estimated an average annual emission of 1480 Mt/y between 1990 and 2002, based on mapping of lost peat areas and measurement of reductions in peat thickness in remaining peatlands. They found an area of 3.7 million hectares of historically mapped peatland to be fully lost by 2002, i.e. all peat was removed and the soil should now be classified as 'mineral' (Wetlands International 2003, 2004).

It should be noted that, while peat fire emissions currently exceed those from slower peat decomposition, this does not mean that the problem can be solved by fire fighting:

- First of all, peatland fires are promoted by deforestation and by forest degradation and peat drying linked to peatland drainage, and can be stopped in the longer term only if these root causes are dealt with.
- Secondly, only stopping the fires but not the drainage merely means it will take a longer time for the carbon resources to be released to the atmosphere. Climate scientists look at total emissions over long time intervals, e.g. 100 years, and may consider the timing of peatland emissions (with or without fires) less relevant.

It is concluded that, while fire fighting and emergency measures may be helpful in the short term, a fundamental change in the management of peatlands in SE Asia, especially Indonesia, is required if the carbon is to remain stored in peatlands. The most effective measure to achieve this is conservation of remaining peatland forests,

daratan dunia). Apabila emisi dari pengeringan dan degradasi lahan gambut (termasuk kebakaran) disertakan, Indonesia berada pada posisi ke-3 dalam hal emisi CO₂ global, setelah USA dan China. Tanpa emisi lahan gambut, posisi Indonesia adalah berada pada posisi ke-21.

Menariknya, angka emisi CO₂ tahunan sebesar 2000 Mt/tahun yang didapat untuk tahun 2005, didukung oleh suatu kajian independen: Wetlands International telah memperkirakan bahwa rata-rata emisi tahunan sebesar 1.480 Mt/thn antara 1990 dan 2002, yang didasarkan pada pemetaan areal gambut yang lenyap dan pengukuran penurunan ketebalan gambut di lahan gambut yang tersisa. Mereka menemukan areal seluas 3,7 juta hektar yang telah dipetakan sebelumnya hilang sepenuhnya pada tahun 2002. Artinya seluruh gambut telah lenyap dan tanah tersebut sekarang seharusnya diklasifikasikan sebagai "tanah mineral" (Wetlands International 2003, 2004).

Patut dicatat, meskipun emisi kebakaran gambut saat ini melampaui emisi dari dekomposisi gambut yang lebih lambat, tidak berarti bahwa masalah tersebut kemudian dapat diatasi hanya dengan pemadaman kebakaran:

- Pertama-tama, kebakaran gambut diawali dari kegiatan deforestasi dan degradasi hutan dan pengeringan gambut yang terkait dengan drainase lahan gambut, dan dapat dihentikan dalam jangka panjang apabila akar penyebab ini dapat diatasi.
- Kedua, dengan hanya menghentikan kebakaran tetapi tidak menghentikan drainase semata-mata hanya akan memperpanjang waktu sumber daya karbon untuk dilepas ke atmosfer. Ilmuwan cuaca mengamati emisi total pada jangka waktu yang panjang, misalnya 100 tahun, dan bisa jadi menganggap bahwa waktu emisi lahan gambut (dengan atau tanpa kebakaran) kurang relevan.

Dapat disimpulkan bahwa walaupun pemadaman kebakaran dan tanggap darurat adalah tindakan penting di jangka pendek, suatu perubahan fundamental dalam pengelolaan lahan gambut di Asia Tenggara, terutama di Indonesia, sangat diperlukan apabila karbon ingin tetap tersimpan di lahan gambut. Cara yang terbaik untuk mencapai ini adalah dengan

alongside rehabilitation of degraded peatlands and improved management of plantations and agricultural areas. In all cases – conservation, rehabilitation and plantation management – the natural water table regime should be restored (or approached as much as possible) through improved water management, i.e. through less severe or no drainage.

Current developments give little reason for optimism: while deforestation rates on non-peatlands in SE Asia have decreased somewhat (at least in part due to depletion of forest resources), those in peatlands have been stable (on average) for up to 20 years. Current (2000-2005) average deforestation rate is 1.5%/y; lower values apply in Papua (and probably Papua New Guinea), higher values apply elsewhere. In 2005, 25% of all deforestation in SE Asia was on peatlands. Apart from logging for wood production, an important driver behind peatland deforestation is development of palm oil and timber plantations, which require intensive drainage and cause the highest CO₂ emissions of all possible land uses.

A particular point regarding CO₂ emissions from SE Asia peatlands, which requires attention from the international community, is that of the relation between palm oil production and peatland drainage. A large fraction (27%) of palm oil concessions (i.e. existing and planned plantations) in Indonesia is on peatlands; a similar percentage is expected to apply in Malaysia. These plantations are expanding at a rapid rate, driven in part by the increasing demand for palm oil as a biofuel on Western markets. Production of 1 tonne of palm oil causes a CO₂ emission between 10 and 30 tonnes through peat oxidation (assuming production of 3 to 6 tonnes of palm oil per hectare, under fully drained conditions, and excluding fire emissions). The demand for biofuel, aiming to reduce global CO₂ emissions, may thus be causing an increase in global CO₂ emissions.

mengkonservasi hutan-hutan gambut yang masih tersisa, dipadukan dengan rehabilitasi lahan gambut terdegradasi dan peningkatan pengelolaan daerah perkebunan dan pertanian. Pada semua opsi, konservasi, rehabilitasi dan pengelolaan perkebunan – rejim muka air tanah alami harus direstorasi (atau mendekati sealami mungkin) melalui peningkatan pengelolaan air, yaitu melalui drainase yang tidak merusak atau tanpa drainase sama sekali.

Perkembangan terakhir memberikan sedikit alasan untuk bersikap optimis: walaupun laju deforestasi pada lahan non gambut di Asia Tenggara telah menurun (setidaknya dikarenakan telah semakin berkurangnya sumber daya hutan), laju deforestasi di lahan gambut tetap stabil (rata-rata) hingga 20 tahun. Laju deforestasi rata-rata saat ini (2000-2005) adalah 1,5%/tahun; nilai yang lebih rendah berlaku untuk Papua (dan kemungkinan Papua Nugini), nilai lebih tinggi berlaku untuk daerah lainnya. Pada tahun 2005, sebanyak 25% dari seluruh deforestasi di Asia Tenggara terjadi di lahan gambut. Selain diambil kayunya, faktor pendorong dibelakang deforestasi lahan gambut adalah pembangunan kebun kelapa sawit dan hutan tanaman, yang memerlukan drainase intensif dan menyebabkan emisi CO₂ tertinggi dari seluruh penggunaan lahan.

Suatu pokok masalah penting terkait dengan emisi CO₂ dari lahan gambut Asia Tenggara, yang memerlukan perhatian komunitas internasional adalah keterkaitan antara produksi minyak kelapa sawit dan drainase lahan gambut. Sebanyak 27% konsesi kelapa sawit (baik yang telah ada maupun direncanakan) di Indonesia berada di lahan gambut; angka yang sama berlaku juga di Malaysia. Konsesi-konsesi tersebut berkembang dengan sangat cepat, didorong oleh naiknya permintaan minyak kelapa sawit sebagai bahan bakar nabati di pasar barat. Produksi 1 ton minyak kelapa sawit menyebabkan emisi CO₂ sebesar 10 sampai 30 ton yang berasal dari oksidasi gambut (dengan mengasumsikan produksi 3 sampai 6 ton minyak kelapa sawit per hektar, dalam kondisi drainase penuh dan tidak termasuk emisi yang berasal dari kebakaran). Kebutuhan akan bahan bakar nabati, yang bertujuan untuk mengurangi emisi CO₂, malahan kemungkinan akan menyebabkan peningkatan emisi CO₂ global.