30 July, 2019

Indonesia:

Pilot Ecosystem Account for Indonesian Peatlands Sumatera and Kalimantan Islands

Neraca Ekosistem Percontohan untuk Lahan Gambut Indonesia Pulau Sumatera dan Kalimantan

Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services (WAVES) Program in Indonesia

Program Perhitungan Kekayaan dan Valuasi Jasa Ekosistem (WAVES) di Indonesia

THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP

WAVES

© The World Bank
International Bank for Reconstruction
and Development
The World Bank Group
1818 H Street NW, Washington,
DC 20433 USA

DISCLAIMER

This work is a product of the staff of the World Bank with external contributions. The findings, interpretations, and conclusions expressed in this work do not necessarily reflect the views of The World Bank, its Board of Executive Directors, or the governments they represent. The World Bank does not guarantee the accuracy of the data included in this work. The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgement on the part of The World Bank concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries. Nothing herein shall constitute or be considered to be a limitation upon or waver of the privileges and immunities of The World Bank, all of which are specifically reserved.

RIGHT AND PERMISSIONS

The material in this work is subject to copyright. Because The World Bank encourages dissemination of its knowledge, this work may be reproduced, in whole or in part, for noncommercial purposes as long as full attribution to this work is given. Any queries on rights and licenses, including subsidiary rights, should be addressed to World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; e-mail: pubrights@worldbank.org.

The required citation will be as follows:

The World Bank and BPS. 2019. [Pilot Ecosystem Account for Indonesian Peatlands Sumatra and Kalimantan Islands]; Washington, DC: World Bank. © World Bank

Forewords

Kata sambutan

Statistics Indonesia (BPS)

Natural Capital Accounting (NCA) is crucial to the achievement of the national development target and the Sustainable Development Goals. Indonesia, through Statistic Indonesia (BPS) has been carrying out Natural Capital Accounting (NCA) for more than 30 years. However, since there was no international consensus on valuation of natural resources, the NCA produced by BPS was not comparable with other international accounts available. In 1997, BPS adopted the System for Environmental and Economic Accounts (SEEA) framework to develop annual asset accounts for forest resources, minerals, and energy into the System for Integrated Environmental and Economic Accounting (known as SISNERLING).

Badan Pusat Statistik (BPS)

Neraca Sumber Daya Alam (Natural Capital Accounting, NCA) sangat penting bagi pencapaian sasaran pembangunan nasional dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals, SDGs) di Indonesia. Indonesia, khususnya Badan Pusat Statistik (BPS) telah menyusun NCA selama kurang lebih 30 tahun. Namun, karena belum ada konsensus rekomendasi internasional untuk penilaian sumber daya alam, BPS menggunakan penilaian berdasarkan pendekatan terbaik yang ada. Tahun 1997 BPS mulai mengadopsi kerangka kerja System of Environmental and Economic Accounting (SEEA) dalam penyusunan Sistem Terintegrasi Neraca Lingkungan dan Ekonomi (SISNERLING) Indonesia guna mengembangkan neraca aset sumber daya kayu, dan sumber daya energi dan mineral.

The Indonesia WAVES has encouraged collaboration across ministries in developing a natural resources accounts that meets the System of Environmental Economic accounting (SEEA) standards. Since 2013, through the support of WAVES, Indonesia's NCA, SISNERLING, was upgraded and improved based on the latest international standards.

Indonesia Waves (I-Waves) menjadi wadah membangun kolaborasi lintas kementerian/ lembaga dalam mengembangkan neraca sumber daya alam yang mengadopsi standar akunting SEEA. Sejak tahun 2013 dengan dukungan WAVES, NCA Indonesia, yaitu SISNERLING, telah disempurnakan dan sejalan dengan standar internasional SEEA terbaru.

Throughout the duration of the program, WAVES has supported BPS on numerous accounts, including upgrade in methodology for asset account valuation, data management support and account compilation under the SISNERLING umbrella, and the development of the first spatially explicit land and extent accounts, as well as monetized accounts for peat ecosystems (Sumatera and Kalimantan). Additionally, WAVES has also provided support in capacity building activities for account production by training the next generation of statisticians, GIS specialists and econometricians and facilitating policy dialogues on Green GDP and BPS's Roadmap for Natural Capital Accounting Utilization, important agenda as Indonesia looks to implement regulation on Environmental Economics PP46/2017.

Selama berlangsungnya program, WAVES telah mendukung BPS dalam berbagai hal termasuk pemutakhiran metodologi penilaian neraca aset, dukungan pengelolaan data serta kompilasi neraca SISNERLING, termasuk pengembangan neraca lahan dan neraca ekosistem yang disusun pertama kalinya menggunakan data spasial, termasuk neraca moneter ekosistem gambut (Sumatera dan Kalimantan). Selain itu WAVES juga memberikan bantuan dalam bentuk pelatihan teknis untuk meningkatkan kompetensi statistisi muda BPS dalam penyusunan neraca NCA, pemetaan (GIS), dan ekonometrik, serta memfasilitasi dialog kebijakan tentang PDB hijau dan peta jalan pemanfaatan neraca sumber daya alam, yang merupakan tindak lanjut Peraturan Pemerintah tentang Instrumen Ekonomi Lingkungan Hidup (PP Nomor 46 tahun 2017).

Our work shall continue on this front through a range of priorities including maintaining natural resource accounts that would benefit from a more systematic NCA. I would like to congratulate, acknowledge, and thank all the committee's hard work in prioritizing Natural Capital Accounting for the country's sustainable growth.

BPS akan terus mengembangkan neraca sumber daya alam melalui SISNERLING. Saya mengucapkan terima kasih dan selamat serta penghargaan sebesar besarnya kepada seluruh Tim yang telah bekerja keras dalam membantu menyelesaikan penyusunan NCA Indonesia, semoga bermanfaat bagi pembangunan yang berkelanjutan.

Regards,
Salam hormat,

Head of Central Statistical Agency (Badan Pusat Statistik/BPS)
Kepala Badan Pusat Statistik

Forewords

Kata sambutan

World Bank

The Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services (WAVES) program aims to promote sustainable development by ensuring that natural resources are mainstreamed in development planning and national economic accounts. The initiative's main and specific objectives are to help countries adopt and implement accounts that are relevant for policies and compile a body of experience, develop internationally agreed guidelines and approaches to develop ecosystem accounts and establish a global platform for training and knowledge sharing.

World Bank

Program Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services (WAVES) bertujuan untuk mempromosikan pembangunan berkelanjutan dengan memastikan bahwa sumber daya alam diutamakan dalam perencanaan pembangunan dan neraca ekonomi nasional. Secara khusus, tujuan utama dari inisiatif ini adalah untuk mendukung upaya berbagai negaradalam mengadopsi dan menerapkan sistem penghitungan neraca yang handal dan akurat untuk penyusunan kebijakan dan mengumpulkan pengalaman,

mengembangkan pedoman dan pendekatan yang disepakati secara internasional untuk mengembangkan akun ekosistem dan menyediakan platform global untuk pelatihan dan sarana untuk berbagi pengetahuan.

The Indonesia WAVES Program (I-WAVES) was established to enable the Government of Indonesia (GOI) to regularly and systematically implement NCA and use it for policy analysis and development planning. In the past several years, the program has successfully supported the Government of Indonesia in implementing its existing NCA, or known as SISNERLING established by the Central Statistics Agency (BPS), for policy analysis and development planning. The support is also in the form of strengthening and expansion of existing system which include aspects related to land, water and ecosystem services.

Program Indonesia WAVES (I-WAVES) didirikan untuk memungkinkan Pemerintah Indonesia untuk secara teratur dan sistematis menerapkan National Capital Accounting (NCA) dan menggunakannya untuk analisis kebijakan dan perencanaan pembangunan. Dalam beberapa tahun terakhir, program ini telah berhasil mendukung Pemerintah Indonesia dalam mengimplementasikan NCA yang ada, atau dikenal sebagai SISNERLING yang dipiawai oleh Badan Pusat Statistik (BPS), untuk menganalisa kebijakan dan perencanaan pembangunan. Dukungan yang diberikan antara lain dalam bentuk penguatan dan perluasan sistem yang mencakup akun-akun yang terkait dengan lahan, air dan ekosistem.

WAVES partners with the United Nations (UN) agencies, governments, international institutes, Non-Government Organizations (NGOs) and academics to implement Natural Capital Accounting (NCA) based on the international standard by ensuring that natural resources are mainstreamed in development planning and national economic accounts. Currently, the WAVES initiative is being implemented in Botswana, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Madagascar, Philippines, Rwanda, and Indonesia.

WAVES bermitra dengan badan-badan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), pemerintah, lembaga internasional, Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dan akademisi untuk menerapkan NCA berdasarkan standar internasional dengan memastikan bahwa sumber daya alam diarusutamakan dalam perencanaan pembangunan dan neraca ekonomi nasional. Saat ini, inisiatif WAVES sedang dilaksanakan di Botswana, Kolombia, Kosta Rika, Guatemala, Madagaskar, Filipina, Rwanda, dan Indonesia.

Since I-WAVES' fruition in Indonesia, we have delivered various data on land, water and peat accounts (as seen in this report), each contributing toward the national development and economic planning. As we conclude the first phase of Indonesia WAVES, we would like to express the utmost gratitude to the key ministries and agencies, namely the National Development Planning Ministry (Bappenas), Central Statistical Agency (BPS), and the Ministry of Finance (MoF) for making this

Sejak I-WAVES berlangsung di Indonesia, kami telah mengirimkan berbagai data tentang akun tanah, air dan gambut (seperti yang terlihat dalam laporan ini), masing-masing berkontribusi terhadap pembangunan nasional dan perencanaan ekonomi. Di penghujung fase pertama program ini, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kementerian dan lembaga terkait, terutama Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional

program a success. As well as donor agencies and countries, namely Denmark, the European Commission, France, Germany, Japan, the Netherlands, Norway, Switzerland and the United Kingdom, which have given their support and trust in this program.

(Bappenas), Badan Pusat Statistik (BPS), dan Kementerian Keuangan (Kemenkeu) atas kerjasama dan dukungannya. Serta lembaga dan negara donor yaitu pemerintah negara Denmark, Komisi Eropa, Prancis, Jerman, Jepang, Belanda, Norwegia, Swiss, dan Inggris yang telah memberikan dukungan dan kepercayaannya pada program ini.

Sincerely,
Hormat Kami,

Ann Jeannette Glauber

Practice Manager
Environment, Natural Resources, and Blue Economy Global Practice
World Bank

Acknowledgement

Ucapan Terima Kasih

This technical report is written by a team led by Juan Pablo Castañeda and Leela Raina. The report was developed in close collaboration with a team from the Statistics Indonesia (BPS) led by Setianto and Etjih Tasriah. The document builds on work done under the Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services (WAVES) Partnership developed between 2013–2019 and on the existing efforts towards maintaining the Integrated System of Environmental and Economic Accounting (SISNERLING) led by BPS.

Laporan teknis ini ditulis oleh tim yang diketuai oleh Juan Pablo Castañeda dan Leela Raina. Laporan ini dikerjakan dengan kolaborasi yang erat bersama tim Badan Pusat Statistik (BPS) yang dipimpin oleh Setianto dan Etjih Tasriah. Publikasi diselesaikan melalui Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services (WAVES) Partnership 2013–2019 dan program yang telah ada di BPS yaitu Sistem Terintegrasi Neraca Ekonomi dan Lingkungan (SISNERLING).

This report has benefited from engagement and support from Alief Aulia Rezza, Magda Adriani, Farhan Helmy, Vionita Permana, Doruntine Rexhepi, Nissa Cita and Khairunnisa Ranguti. Technical inputs were provided by a SarVision and Wageningen University team led by professor Lars Hein and involving Marcela Quinones, Boris Kooij, Elham Sumarga, Aritta Suwarno and Resti Salmayenti in close collaboration with the BPS team. The BPS team includes Dr. Suhariyanto, Sri Soelistyowati, Setianto, Buyung Airlangga, Etjih Tasriah, Tri Isdinarmiati, Budi Ayu Kusumadewi, Ria Arinda, Theresa Novalia, Zanial Fahmi Firdaus, Wiwik Andriyani Lestari Ningsih, Yunofri. Valuable communications support was provided by Puni Anjungsari, Andhikaputri Himawan, Nissa Cita and administrative support by Ariphoerti Dwi Woerasihingtijas

Penghargaan disampaikan atas keterlibatn dan dukungan Alief Aulia Rezza, Magda Adriani, Farhan Helmy, Vionita Permana, Doruntine Rexhepi, Nissa Cita dan Khairunnisa Ranguti. Masukan teknis diberikan oleh tim SarVision dan Wageningen University yang dipimpin oleh Professor Lars Hein, Elham Sumarga dan Resti Salmayenti dari Wageningen University dengan kolaborasi tim BPS. Tim BPS meliputi Dr. Suhariyanto, Sri Soelistyowati, Setianto, Buyung Airlangga, Etjih Tasriah, Tri Isdinarmiati, Budi Ayu Kusumadewi, Ria Arinda, Theresa Novalia, Zanial Fahmi Firdaus, Wiwik Andriyani Lestari Ningsih, Yunofri. Dukungan dari tim komunikasi diberikan oleh Puni Anjungsari, Andhikaputri Himawan, Nissa Cita dan Ariphoerti Dwi Woerasihingtijas memberikan dukungan administratif.

The team gratefully acknowledges the peer reviewers from the World Bank: Richard Damania, Glenn-Marie Lange, Frederico Gill Sander, Raffaello Cervigni, Jan Joost Nijhoff and Andre Aquino. External peer reviewers included: Michael Vardon (Australian National University - ANU), Kenneth Bagstad (United States Geological Service – USGS), Bram Edens (United Nations Statistics Division), Jessica Chang (United Nations Statistics Division), Ricardo Martinez-Lagunes (Interamerican Development Bank). This report has also benefited from technical review conducted on 4–5 September 2018. We would like to thank the participants from BPS, Meteorology, Climatology, and Geophysical Agency (BMKG), Coordinating Ministry Economic Affairs (CMEA), Ministry of Environment and Forestry (MOEF), Geospatial Information Agency (BIG), Ministry of Agriculture (MoAg), Ministry of Planning/BAPPENAS, and Ministry of Energy and Mineral Resources for their active participation and extensive peer review. The national reviewers were Dr. Oka Karyanto (Gadjah Mada University), Dr. Togu Manurung (Bogor Institute of Agriculture), Dr. Elly (World Resource Institute), Dr. Slamet Sutomo (College of Statistics), Dr. Alin Halimatussadiah (University of Indonesia), Dr. Martin Siyaranamual (Padjajaran University), Mrs. Sahad (Ministry of Environment and Forestry), Kadarsyah (Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency), Imam (Ministry of Environment and Forestry), Rahmat (Coordinating Ministry for Economic Affairs), Rianto (Ministry of Finance), Nurhayati (Ministry of Environment and Forestry), Penny Wulandari (Central Statistics Agency), as well as Prita Brada Bumi and Roswidyatmoko Dwihatmodjo (Geospatial Information Agency).

Tim mengucapkan terimakasih kepada peer reviewers dari Bank Dunia: Richard Damania, Glenn-Marie Lange, Frederico Gill Sander, Raffaello Cervigni, Jan Joost Nijhoff dan Andre Aquino. Peer reviewers eksternal meliputi: Michael Vardon (Universitas Nasional Australia - ANU), Kenneth Bagstad (Badan Geologi Amerika Serikat – USGS), Bram Edens (Divisi Statistik PBB), Jessica Chang (Divisi Statistik PBB), Ricardo Martinez-Lagunes (Bank Pembangunan Interamerican). Kami juga berterimakasih kepada Kementerian/Lembaga yang terlibat dalam review teknis pada 4–5 September 2018 atas partisipasinya yang aktif dan kritik yang membangun, yang meliputi peserta dari BPS, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Koordinator (Menko) Perekonomian, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Badan Informasi Geospasial (BIG), Kementerian Pertanian, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (PPN/Bappenas) dan Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM). Reviewer nasional meliputi: Dr. Oka Karyanto (Universitas Gadjah Mada - UGM), Dr. Togu Manurung (Institut Pertanian Bogor - IPB), Dr. Elly (World Resource Institute), Dr. Slamet Sutomo (Sekolah Tinggi Ilmu Statistik - STIS), Dr. Alin Halimatussadiah (Universitas Indonesia), Dr. Martin Siyaranamual (Universitas Padjajaran), Mrs. Sahad (KLHK), Kadarsyah (BMKG), Imam (KLHK), Rahmat (Kemenko Perekonomian), Rianto (Kementerian Keuangan), Nurhayati (KLHK), Penny Wulandari (BPS), serta Prita Brada Bumi dan Roswidyatmoko Dwihatmodjo (BIG).

We thank the support of the steering committee of WAVES comprising of DG Maritime and Environment, Ministry of Planning (Bappenas), Deputy of National Accounts and Statistical Analysis, Statistics Indonesia (BPS) and the team of DG Asset Valuation, Ministry of Finance. Support and guidance from the leadership team of the Environmental and Natural Resources Global Practice is acknowledged. A special thanks to Julia Bucknall, Benoit Blarel, Ann Jeannette Glauber and Rodrigo A. Chaves.

Kami berterimakasih atas dukungan komite pengarah WAVES yang meliputi Deputi Kemaritiman dan Lingkungan Hidup (Kementerian PPN/Bappenas), Deputi Bidang Neraca Nasional dan Analisis Statistik (BPS) dan Direktorat Jenderal Kekayaan Negara (Kementerian Keuangan). Ucapan terimakasih dihaturkan pula untuk Julia Bucknall, Benoit Blarel, Ann Jeannette Glauber dan Rodrigo A. Chaves.

The report was developed under the overall supervision of Dinesh Aryal and Ann Jeannette Glauber as part of the analytics component of the World Bank's Sustainable Landscape Management Program in Indonesia. This document was sponsored by the Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services Global Partnership (WAVES), under the leadership of Raffaello Cervigni and Glenn-Marie Lange.llo Cervigni and Glenn-Marie Lange.

Laporan ini dibuat dibawah pengawasan umum Dinesh Aryal dan Ann Jeannette Glauber sebagai bagian dari komponen analisis Bank Dunia untuk Program Pengelolaan Lansekap di Indonesia. Publikasi ini disponsori oleh Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services Global Partnership (WAVES), yang dipimpin oleh Raffaello Cervigni dan Glenn-Marie Lange.

Disclaimer

Penafian

This report is a pilot of an experimental methodology, i.e. the SEEA EEA. The report is not a statistical publication and is meant to examine how the methodology of the SEEA EEA can potentially be applied to a specific policy relevant ecosystem. The account is based on government data. Additional datasets were used for elements for which such data were not available. A major issue was data availability, in particular for the condition and ecosystem services supply and use accounts. Although it was found that all data required to prepare an accurate, detailed account are available, we could not get access to all data that we needed to develop the account. The single dataset that is most crucial for managing and monitoring peatlands is groundwater level. We had several datasets from various sources and used spatial interpolation to estimate groundwater depths in the peatlands of Sumatera and Kalimantan for the year 2013. This influences the accuracy of our results. Moreover, should better data be made available in the future a more accurate peat ecosystem account can be developed.

Laporan ini adalah suatu percontohan dari sebuah metodologi eksperimental, yaitu SEEA EEA. *Laporan ini bukan publikasi statistik dan dimaksudkan untuk menguji bagaimana metodologi SEEA EEA dapat berpotensi diterapkan pada ekosistem yang relevan dengan kebijakan tertentu. Neraca ini didasarkan pada data pemerintah. Dataset tambahan digunakan untuk elemen yang datanya tidak tersedia. Masalah utama adalah ketersediaan data, khususnya untuk neraca kondisi serta pasokan dan penggunaan jasa ekosistem. Meskipun semua data yang diperlukan untuk menyusun neraca yang akurat dan terperinci tersedia, kami tidak bisa mendapatkan akses ke semua data yang kami butuhkan untuk mengembangkan neraca. Dataset tunggal yang terpenting dalam mengelola dan memantau lahan gambut adalah tingkat air tanah. Kami memiliki beberapa dataset dari berbagai sumber dan menggunakan interpolasi spasial untuk memperkirakan kedalaman air tanah di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan untuk tahun 2013. Hal ini memengaruhi keakuratan hasil-hasil kami. Selain itu, jika data yang lebih baik telah tersedia pada masa depan, sebuah neraca ekosistem gambut yang lebih akurat akan dapat dikembangkan.*

Summary

Ringkasan

Peatlands cover around 7.8% of Indonesia and support an important agricultural sector. However, activities in peatlands lead to various environmental impacts in particular high carbon emissions as well as, in drained, degraded peatlands, fire and smog formation with associated health impacts. In addition, over time, agricultural activities cannot be maintained because of soil subsidence and subsequent flood risks. Therefore, it is very important that a science-based information system to support peat management is established.

Tutupan lahan gambut sekitar 7,8% dari Indonesia dan mendukung sektor pertanian yang penting. *Namun, beragam kegiatan di lahan gambut mengakibatkan berbagai dampak lingkungan khususnya emisi karbon yang tinggi dan, di lahan gambut yang dikeringkan, kerusakan gambut, kebakaran, dan pembentukan kabut asap dengan dampak kesehatan terkait. Selain itu, seiring waktu, kegiatan pertanian tidak dapat dipertahankan karena penurunan tanah dan risiko banjir yang menyertainya. Oleh karena itu, sangat penting untuk membangun sistem informasi berbasis ilmu pengetahuan untuk mendukung pengelolaan gambut.*

The SEEA framework is a comprehensive statistical system for monitoring and analysing environmental information. In order to monitor the changes of peat ecosystems and economic activities concerning their physical and monetary values, this study applies the System of Environmental Economic Accounting – Experimental Ecosystem Accounting (SEEA EEA) framework to develop pilot ecosystem accounts of peatlands in Indonesia. The ecosystem accounting framework comprises a set of connected accounts, dealing with land and ecosystem use (the extent account), the state or health of the ecosystem (the condition account), the supply of ecosystem services including crops and forestry products as

Kerangka SEEA adalah sistem statistik komprehensif untuk memantau dan menganalisis informasi lingkungan. *Untuk memantau perubahan ekosistem gambut dan kegiatan ekonomi terkait nilai fisik dan moneternya, penelitian ini menerapkan Sistem Neraca Ekonomi Lingkungan – Kerangka Neraca Ekosistem Eksperimental (System of Environmental Economic Accounting – Experimental Ecosystem Accounting Approach, SEEA EEA) untuk mengembangkan percontohan neraca ekosistem lahan gambut di Indonesia. Kerangka neraca ekosistem terdiri atas serangkaian neraca terhubung, terkait penggunaan tanah dan ekosistem (neraca luas), keadaan atau kesehatan ekosistem*

accounts) and the monetary ecosystem asset account (depicting the monetary value of the ecosystems). Thematic accounts part of the SEEA EEA include the carbon, biodiversity and water accounts. The SEEA EEA follows a similar approach to monetary analysis as the national accounts, i.e. focusing on measuring the value of ecosystems to economic production and household consumption. It is important that monetary values included in the SEEA EEA do not indicate 'total economic values' (in line with the valuation approach of the System of National Accounts on which SEEA is based). Also, externalities are not explicitly covered. Hence, although the peat ecosystem accounts provide useful information to support policy making, the current version of the accounts is not complete and cannot be the only basis for decision making.

(neraca kondisi), pasokan jasa ekosistem termasuk tanaman dan produk kehutanan, serta layanan pengaturan dan budaya (neraca jasa ekosistem fisik dan moneter), dan neraca aset ekosistem moneter (menggambarkan nilai moneter daru ekosistem). Neraca tematik bagian dari SEEA EEA mencakup neraca karbon, keanekaragaman hayati, dan air. SEEA EEA menerapkan sebuah pendekatan serupa terhadap analisis moneter sebagaimana neraca nasional, yaitu fokus pada penghitungan nilai ekosistem terhadap produksi ekonomi dan konsumsi rumah tangga. Penting untuk nilai moneter yang termasuk dalam SEEA EEA untuk tidak mengindikasikan 'nilai ekonomi total' (selaras dengan pendekatan valuasi dari Sistem Neraca Nasional yang menjadi dasar SEEA EEA). Selain itu, eksternalitas tidak dibahas secara eksplisit. Sehingga, meskipun neraca ekosistem gambut memberikan informasi berguna untuk mendukung pembuatan kebijakan, neraca versi saat ini tidaklah lengkap dan tidak bisa dijadikan dasar tunggal untuk pembuatan keputusan.

The report presents an ecosystem account for peatlands in the Indonesian islands of Sumatera and Kalimantan. The study applies the SEEA EEA framework to develop and monitor the changes of peat ecosystems and economic activities concerning their physical and, to some degree, monetary values in Indonesia. The SEEA EEA is a comprehensive system to analyse and report environmental information. The ecosystem accounting framework comprises a set of connected accounts, dealing with land and ecosystem use (the extent account), the state or health of the ecosystem (the condition account), the supply of ecosystem services including crops and forestry products as well as regulating and cultural services (the physical and monetary ecosystem services accounts) and the monetary ecosystem asset account (depicting the monetary value of the ecosystems. It needs to be noted that the peat account is still incomplete. Several important

Laporan ini menyajikan sebuah neraca ekosistem untuk gambut di pulau Sumatera dan Kalimantan, Indonesia. *Kajian ini menerapkan kerangka SEEA EEA untuk mengembangkan dan memantau perubahan ekosistem gambut dan kegiatan ekonomi terkait dengan fisiknya dan, sampai taraf tertentu, nilai moneter di Indonesia. SEEA EEA adalah sebuah sistem komprehensif untuk menganalisis dan melaporkan informasi lingkungan. Kerangka neraca ekosistem terdiri dari serangkaian neraca yang terhubung, berkenaan dengan penggunaan lahan dan ekosistem (neraca luas), keadaan atau kesehatan ekosistem (neraca kondisi), pasokan jasa ekosistem termasuk tanaman dan produk kehutanan serta mengatur dan jasa budaya (neraca jasa ekosistem fisik dan moneter) dan neraca aset ekosistem moneter (menggambarkan nilai moneter ekosistem). Perlu dicatat bahwa neraca gambut masih belum lengkap. Beberapa*

ecosystem services are missing (e.g. flood occurrence, the control of fires in undrained peatlands, hydrological services, and the supply of non-timber forest products). Also there was a shortage of data (in particular for recent years) on drainage levels in the peat. Hence further work on the peat account is required before it can act as a comprehensive basis for decision making – at this point in time information from the account needs to be considered jointly with other datasets (such as the aforementioned ones on hydrology and fire impacts).

jasa ekosistem penting tidak ada (misalnya, kejadian banjir, pengendalian kebakaran di lahan gambut yang dikeringkan, jasa hidrologi, dan pasokan hasil hutan bukan kayu) Selain itu, terdapat kekurangan data (khususnya untuk beberapa tahun terakhir) tentang tingkat pengeringan di gambut. Oleh karena itu, pekerjaan lebih lanjut terkait neraca gambut diperlukan sebelum neraca tersebut dapat berlaku sebagai dasar komprehensif bagi pengambilan keputusan – pada saat ini informasi dari neraca tersebut perlu dipertimbangkan bersama dengan seperangkat data lain (seperti yang disebutkan di atas mengenai hidrologi dan dampak kebakaran).

By integrating and reporting on various aspects of environment and human activities in peat ecosystem, the pilot ecosystem accounts can support a range of policies in Indonesia. First, the accounts can support the rehabilitation of peatland. Targets are set to restore approximately 2.5 Mha degraded peatland by 2020. Pilot ecosystem accounts for Indonesian peatland can facilitate identifying areas that can be considered a priority for rehabilitation. Second, the pilot ecosystem accounts can support monitoring of the physical and monetary impacts of peat rehabilitation. Third, the results of the carbon account can support the National Action Plan to Reduce Greenhouse Gas (GHG) Emissions, by monitoring carbon emissions from peatland. Another relevant application is to support the payment for

Dengan mengintegrasikan dan melaporkan berbagai aspek lingkungan dan kegiatan manusia dalam ekosistem gambut, neraca ekosistem gambut percontohan ini dapat mendukung serangkaian kebijakan di Indonesia. *Pertama, neraca tersebut dapat mendukung rehabilitasi lahan gambut. Sasaran ditetapkan untuk mengembalikan sekitar 2,5 juta hektar lahan gambut yang rusak pada tahun 2020. Neraca ekosistem percontohan untuk lahan gambut Indonesia dapat memfasilitasi identifikasi wilayah yang dapat dianggap sebagai prioritas untuk rehabilitasi. Kedua, neraca ekosistem percontohan dapat mendukung pemantauan dampak fisik dan moneter dari rehabilitasi gambut. Ketiga, hasil perhitungan karbon dapat mendukung Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK),*

“ Pilot ecosystem accounts for Indonesian peatland can facilitate identifying areas that can be considered a priority for rehabilitation.

Neraca ekosistem percontohan untuk lahan gambut Indonesia dapat memfasilitasi identifikasi wilayah yang dapat dianggap sebagai prioritas untuk rehabilitasi.

ecosystem services (PES) in Indonesia by identifying areas of specific relevance for ecosystem services supply, as well as by providing information on co-benefits of payment schemes.

dengan memantau emisi karbon dari lahan gambut. Penerapan lain yang relevan adalah mendukung pembayaran atas jasa ekosistem (Payment for Ecosystem Services, PES) di Indonesia dengan mengidentifikasi bidang-bidang yang memiliki relevansi khusus terhadap penyediaan jasa ekosistem, serta dengan memberikan informasi tentang manfaat tambahan dari skema pembayaran tersebut.

The peatland account is based on the Indonesian governments (MoEFRI or KLHK) land cover map. Based on the SEEA EEA, four individual ecosystem accounts are compiled for several years in the period 1990–2015. It should be noted that this is a pilot study, and the account is not yet complete. There is still a lack of data, such as drainage and production data (e.g. on non-timber forest products), and extrapolation was required to fill data gaps. Information is missing on the impacts of fires and smog on people's health. Nevertheless, the current account presents a first indication of how a peat account for Indonesia can be developed using various valuation techniques and approaches. There is room to improve the quality of data and to increase the number of services (including water) and monetary values (e.g. of health impacts).

Neraca lahan gambut didasarkan pada peta tutupan lahan dari KLHK Pemerintah Indonesia. *Berdasarkan SEEA EEA, empat neraca ekosistem dikompilasikan untuk beberapa tahun dalam periode 1990–2015. Perlu dicatat bahwa ini adalah kajian percontohan, dan neracanya belum lengkap. Masih ada kekurangan data, seperti data pengeringan dan produksi (misalnya, hasil hutan bukan kayu), dan ekstrapolasi diperlukan untuk mengisi kesenjangan data tersebut. Tidak ada informasi tentang dampak kebakaran dan kabut asap pada kesehatan masyarakat. Namun, neraca saat ini menyajikan indikasi pertama tentang bagaimana neraca gambut untuk Indonesia dapat dikembangkan menggunakan berbagai teknik dan pendekatan penilaian. Ada ruang untuk memperbaiki kualitas data dan untuk meningkatkan jumlah jasa (termasuk air) dan nilai moneter (misalnya dari dampak kesehatan).*

Indonesian peatland cover approximately 8% of Indonesia's land surface and support an important agricultural sector. Peatland are important for the cultivation of oil palm, one of the main agricultural commodities currently produced in Indonesia. Other provisions important to Indonesia's economy include timber and paddy production, and biomass production for pulp. Yet given the increasing scarcity of unused land, the pressure to convert peatland to cropland or plantation forestry areas are still expanding.

Lahan gambut Indonesia mencakup sekitar 8% permukaan tanah Indonesia dan mendukung sektor pertanian yang penting. *Lahan gambut penting untuk penanaman kelapa sawit, yaitu salah satu komoditas perkebunan utama yang saat ini diproduksi di Indonesia. Penyediaan lain yang penting bagi perekonomian Indonesia meliputi produksi kayu dan padi, dan produksi biomassa untuk bubur kayu. Namun dengan meningkatnya kelangkaan lahan yang tidak digunakan, tekanan untuk mengkonversi lahan gambut menjadi lahan pertanian atau perkebunan masih terus berkembang.*

It is found that 52% of peat forests in Kalimantan and Sumatera have been converted to other land covers from 1990 up to 2015 according to government data for this period. In both Sumatera and Kalimantan plantation areas and agricultural lands expanded drastically during 1990 to 2015. This led to increases in the production of plantation crops such as oil palm fruit, rubber and acacia. However, activities in peatland also lead to various environmental impacts such as high carbon emissions, degraded peatlands, fire and smog formation with associated health impacts. In addition, over time, agricultural activities cannot be maintained because of soil subsidence in drained peatlands and subsequent flood risks.

Ditemukan bahwa 52% dari hutan gambut di Kalimantan dan Sumatera telah dialihkan ke tutupan lahan lain sejak 1990 sampai 2015 sesuai data pemerintah untuk periode tersebut. *Baik di Sumatera dan Kalimantan, area perkebunan dan lahan pertanian meluas secara drastis selama tahun 1990 hingga 2015. Hal ini menyebabkan peningkatan produksi tanaman perkebunan seperti buah kelapa sawit, karet, dan akasia. Namun, kegiatan di lahan gambut juga menyebabkan berbagai dampak lingkungan, seperti emisi karbon tinggi, kerusakan lahan gambut, kebakaran, dan pembentukan kabut asap dengan dampak kesehatan terkait. Selain itu, seiring waktu, kegiatan pertanian tidak dapat dipertahankan akibat penurunan tanah di lahan gambut yang dikeringkan dan risiko banjir yang menyertainya.*

Oil palm plantation areas have expanded significantly and generated the highest monetary value in 2015, meanwhile timber production, CO_2 sequestration, and protected land decreased over time. This was established through an ecosystem services account that tracked six main ecosystem services provided by Indonesian peatland, including the production of oil palm, biomass for pulp, paddy, timber, CO_2 sequestration, and protected land as biodiversity habitat. However in economic analyses of land use options in peatlands also externalities (such as health effects of peat fires and CO_2 emissions) and the long term forecasts of production need to be considered. The current and future increases in flood occurrence in peatlands due to soil subsidence are not yet included in the accounts, and this is a priority for further work so the peat accounts can more meaningfully be used to advice policy makers.

Wilayah perkebunan sawit telah diperluas secara signifikan dan menghasilkan nilai moneter tertinggi pada 2015, sedangkan produksi kayu, penyerapan CO_2, dan lahan lindung menurun dari waktu ke waktu. *Hal ini diperlihatkan melalui neraca jasa ekosistem yang melacak enam jasa ekosistem utama yang disediakan oleh lahan gambut Indonesia, termasuk produksi kelapa sawit, biomassa untuk bubur kayu, padi, kayu, penyerapan CO_2, dan lahan lindung sebagai habitat keanekaragaman hayati. Namun, dalam analisis ekonomi, opsi penggunaan lahan di lahan gambut juga eksternalitas (seperti dampak kesehatan dari kebakaran gambut dan emisi CO_2) dan perkiraan produksi jangka panjang perlu dipertimbangkan. Peningkatan kejadian banjir di lahan gambut baik saat ini dan pada masa depan yang diakibatkan oleh penurunan tanah belum dimasukkan dalam neraca, dan ini merupakan prioritas untuk pekerjaan lebih lanjut sehingga neraca gambut dapat digunakan secara lebih bermakna untuk memberikan masukan kepada para pembuat kebijakan.*

Forest conversion and other land use changes in peatland lead to the decrease of carbon stored in vegetation. This was determined through the carbon account, used to monitor the change in carbon stocks and emissions (based on net carbon flux and peat fires) from peatlands. Around 31% of above ground carbon stocks in 1990 was lost by 2015 in Indonesia. Meanwhile, the total emissions from net carbon (CO_2) flux increased by 74% during the same period. Additionally, large parts of peatland were burned every year, resulting in more carbon emissions. It needs to be noted that there is a degree of uncertainty in these estimates. For example, the land use mapping conducted for the extent account shows that there is a possibility that the government of Indonesia underestimates the amount of land already converted to plantations and overestimates remaining forest cover. More accurate data on land use, fire and subsidence rates can lead to more accurate estimates of carbon flows.

Alih fungsi hutan dan perubahan penggunaan lahan lainnya di lahan gambut menyebabkan berkurangnya karbon yang tersimpan dalam vegetasi. *Ini ditentukan melalui neraca karbon, yang digunakan untuk memantau perubahan cadangan dan emisi karbon (berdasarkan fluks karbon bersih dan kebakaran gambut) dari lahan gambut. Sekitar 31% cadangan karbon di atas tanah pada tahun 1990 hilang pada tahun 2015 di Indonesia. Sementara itu, total emisi dari fluks karbon bersih (CO_2) meningkat sebesar 74% selama periode yang sama. Selain itu, sebagian besar lahan gambut dibakar setiap tahun, menghasilkan lebih banyak lagi emisi karbon. Perlu dicatat bahwa ada tingkat ketidakpastian dalam perkiraan ini. Sebagai contoh, pemetaan penggunaan lahan yang dilakukan untuk neraca luas menunjukkan bahwa ada kemungkinan bahwa pemerintah Indonesia merendahkan jumlah lahan yang telah dikonversi menjadi perkebunan dan melebih-lebihkan sisa tutupan hutan. Data yang lebih akurat tentang penggunaan lahan, kebakaran, dan laju subsidensi dapat mengarah pada perkiraan fluks karbon yang lebih akurat.*

This is a pilot study, and the account is not yet complete. There is still a lack of data, such as drainage and production data (e.g. on non-timber forest products), and extrapolation was required to fill data gaps. Information is missing on the impacts of fires and smog on people's health. Nevertheless, the current account presents a first indication of how a peat account for Indonesia can be developed using various valuation techniques and approaches. There is room to improve the quality of data and to increase the number of services (including water) and monetary values (e.g. of health impacts). The peat accounts present a useful partial (and incomplete) basis to support monitoring and policy making on Indonesian peatlands. It is noteworthy that this report only shows relatively coarse, aggregated maps, however

Ini adalah kajian percontohan, dan neracanya belum lengkap. *Masih ada kekurangan data, seperti data pengeringan dan produksi (misalnya, hasil hutan non-kayu), dan ekstrapolasi diperlukan untuk mengisi kesenjangan data. Tidak ada informasi tentang dampak kebakaran dan kabut asap terhadap kesehatan masyarakat. Namun demikian, neraca saat ini menyajikan indikasi pertama tentang bagaimana neraca gambut untuk Indonesia dapat dikembangkan menggunakan berbagai teknik dan pendekatan penilaian. Ada ruang untuk memperbaiki kualitas data dan meningkatkan jumlah jasa (termasuk air) dan nilai moneter (misalnya, terhadap dampak kesehatan). Neraca gambut menyajikan dasar parsial (dan tidak lengkap) yang berguna untuk mendukung pemantauan dan pembuatan kebijakan terkait lahan gambut*

all maps are available at a fine resolution so that scaling down to individual provinces or potentially districts is possible. The summary table below provides a synthesis of the accounts.

Indonesia. Perlu dicatat bahwa laporan ini hanya menunjukkan peta agregat yang relatif kasar, tetapi semua peta tersedia dengan resolusi yang baik, sehingga memungkinkan penskalaan ke masing-masing provinsi atau kabupaten yang berpotensi. Tabel ringkasan di bawah ini menyediakan sebuah sintesis dari neraca-neraca tersebut.

Summary table for peat ecosystems (all data are conform government data)
Tabel ringkasan ekosistem gambut (semua data sesuai data pemerintah)

Peatland *Gambut*	**Indicator** *Indikator*	**Unit**	**Year** *Tahun* 1990	1996	2000	2006	2009	2013	2014
Ecosystem extent *Luas Ekosistem*									
	Undisturbed forest *Hutan belum terganggu*	1000ha	481	450	378	402	281		225
	Disturbed forest *Hutan yang terganggu*	1000ha	4159	3824	2659	2081	1642		1257
	Water *Air*	1000ha	5	5	5	4	4		4
	Degraded peatland[a] *Lahan gambut terdegradasi*	1000ha	768	829	1447	1468	1720		1394
	Bare ground *Lahan terbuka*	1000ha	33	96	213	466	355		380
	Urban *Perkotaan*	1000ha	30	31	35	35	35		34
	Forest plantation *Hutan tanaman*	1000ha	7	32	48	262	420		864
	Perennial crops *Tanaman tahunan*	1000ha	378	535	941	1007	1211		1398
	Dry agricultural land *Lahan pertanian kering*	1000ha	317	365	422	421	479		612
	Paddy field *Sawah*	1000ha	192	202	213	214	215		192
	Others *Lain-lain*	1000ha	7	7	16	17	15		15
Sumatera	Undisturbed forest *Hutan belum terganggu*	1000ha	113	80	68	62	58		50
	Disturbed forest *Hutan yang terganggu*	1000ha	3790	3234	2978	2799	2565		2308
	Water *Air*	1000ha	6	5	5	5	5		6
	Degraded peatland[a] *Lahan gambut terdegradasi*	1000ha	589	1083	1335	1432	1500		1532
	Bare ground *Lahan terbuka*	1000ha	27	44	44	62	94		203
	Urban *Perkotaan*	1000ha	59	73	83	131	256		336

Peatland *Gambut*	Indicator *Indikator*	Unit	Year *Tahun* 1990	1996	2000	2006	2009	2013	2014
	Forest plantation *Hutan tanaman*	1000ha	0	1	0	0	1		300
	Perennial crops *Tanaman tahunan*	1000ha	59	73	83	131	256		336
	Dry agricultural land *Lahan pertanian kering*	1000ha	231	243	248	268	270		284
	Paddy field *Sawah*	1000ha	68	113	113	115	126		126
Kalimantan	Others *Lain-lain*	1000ha	1	1	1	1	2		3
Ecosystem condition *Kondisi ekosistem*									
	Dry biomass[b] *Biomassa kering[b]*	Mt	1475	1409	1170	1079	991		965
	Water level[c] *Tinggi permukaan air[c]*	cm						0–117	
Sumatera	Hotspots[d] *Titik api[d]*	Total pixel				4035	2448		5663
	Dry biomass[b] *Biomassa kering[b]*	Mt	1148	1015	959	928	887		835
	Water level[c] *Tinggi permukaan air[c]*	cm						0–96	
Kalimantan	Hotspots[d] *Titik api[d]*	Total pixel				3879.	2619.		2635
Ecosystem services (physical values) *Jasa ekosistem (nilai fisik)*									
	Timber production* *Produksi kayu**	$1000m^3$			1893	1482	1094		777
	Oil palm production *Produksi sawit*	1000t			10389	16837	20242		23635
	Biomass production for pulp* *Produksi biomassa untuk bubur kayu**	1000t			1011	5503	8833		18161
	Paddy production* *Produksi beras**	1000t			620	625	627		561
	CO_2 sequestration* *Penyerapan CO_2 **	1000t CO_2			7175	7629	5337		4282
Sumatera	Protected habitat* *Habitat lindung**	1000ha			442	451	423		416
	Timber production* *Produksi kayu**	$1000m^3$			794	741	666		576
	Oil palm production *Produksi sawit*	1000t			14	2185	4282		8022
	Biomass production for pulp* *Produksi biomassa untuk bubur kayu**	1000t			0	2	24		624
	Paddy production* *Produksi beras**	1000t			192	196	214		214
	CO_2 sequestration* *Penyerapan CO_2 **	1000t CO_2			1299	1182	1099		958
Kalimantan	Protected habitat* *Habitat lindung**	1000ha			-		-		-

Peatland *Gambut*	Indicator *Indikator*	Unit	Year *Tahun* 1990	1996	2000	2006	2009	2013	2014
Ecosystem services (monetary values) (IDR billion/year) *Jasa ekosistem (nilai moneter) (miliar Rupiah/tahun)*									
	Timber production* *Produksi kayu**				1278	1001	739		525
	Oil palm production *Produksi sawit*				1764	2858	3436		4012
	Biomass production for pulp* *Produksi biomassa untuk bubur kayu**				95	518	831		1709
	Paddy production* *Produksi beras**				1510	1522	1526		1365
	CO_2 sequestration* *Penyerapan CO_2 **				2498	2656	1858		1491
Sumatera	Protected habitat* *Habitat lindung**				5238	5351	5015		4929
	Timber production* *Produksi kayu**				536	500	450		389
	Oil palm production *Produksi sawit*				1	88	173		324
	Biomass production for pulp* *Produksi biomassa untuk bubur kayu**				0	0	2		59
	Paddy production* *Produksi beras**				338	344	375		376
	CO_2 sequestration* *Penyerapan CO_2 **				452	412	383		334
Kalimantan	Protected habitat* *Habitat lindung**				-	-	-		-
Carbon *Karbon*									
	Carbon stocks[b] *Cadangan karbon[b]*	1000t	2707	2585	2148	1980	1819		1770
	CO_2 *emissions* (oxidation)[e] *Emisi CO_2 (oksidasi)[e]*	1000t CO_2	131	146	178	195	225		272
Sumatera	CO_2 emissions (fire)[f] *Emisi CO_2 (kebakaran)[f]*	1000ha				318	183		286
	Carbon stocks[b] *Cadangan karbon[b]*	1000m³	2107	1862	1759	1702	1628		1533
	CO_2 *emissions* (oxidation)[e] *Emisi CO_2 (oksidasi)[e]*	1000t	91	94	95	99	108		115
Kalimantan	CO_2 emissions (fire)[f] *Emisi CO_2 (kebakaran)[f]*	1000t				386	325		324

Note:

* *ES based on land cover data, oil palm production was estimated from several sources.*
Jasa ekosistem berdasarkan data tutupan lahan, produksi sawit diperkirakan menggunakan beberapa sumber

a *land covers of wet shrub, dry shrub, savanna and grasses and open swamp,*
tutupan lahan semak basah, semak kering, sabana dan stepa dan rawa terbuka

b *vegetation,*
vegetasi

c *the values are displayed in maps (see details in the chapter of results,*
nilai ditampilkan dalam peta (lihat rincian di bab hasil),

d *1-km fire pixel based on MODIS fire product, calculated for the minimum confidence value at 80%,*
1-km fire pixel berdasarkan MODIS fire product, dihitung untuk nilai kepercayaan minimum 80%,

e *net carbon flux (excluding from peat fires),*
fluks karbon bersih (tidak termasuk dari kebakaran gambut

f *from burned peat (33-cm depth of burned peat for all types of LC)*
dari gambut yang terbakar (33-cm kedalaman gambut yang terbakar untuk semua jenis tutupan lahan)

Abbreviations

Daftar Singkatan

AGB : Above-Ground Biomass *(Biomassa di Atas Permukaan Tanah)*

BGB : Below-Ground Biomass *(Biomassa di Bawah Permukaan Tanah)*

CO^2 : Carbon dioxide *(Karbon dioksida)*

ES : Ecosystem Services *(Jasa Ekosistem)*

FFB : Fresh Fruit Bunches (of oil palm) *(Tandan Buah Segar (dari kelapa sawit))*

Ha : Hectare *(Hektar)*

LC : Land Cover *(Tutupan Lahan)*

MoARI : Ministry of Agriculture Republic of Indonesia *(Kementerian Pertanian Republik Indonesia)*

MODIS : Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

MoEFRI : Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia *(Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK))*

NCA : National Capital Accounting *(Neraca Modal Nasional)*

SCC : Social Cost of Carbon *(Biaya Sosial Karbon)*

SEEA : System of Environmental-Economic Accounting *(Sistem Neraca Ekonomi-Lingkungan)*

SEEA CF : SEEA Central Framework *(Kerangka Inti SEEA)*

SEEA EEA : SEEA Experimental Ecosystem Accounting *(Neraca Ekosistem Eksperimental SEEA)*

Table of Content

Daftar Isi

i	Forewords	*Sambutan*
i	Forewords from BPS	*Sambutan dari BPS*
iii	Forewords from World Bank	*Sambutan dari World Bank*
vi	Acknowledgement	*Ucapan Terima Kasih*
ix	Disclaimer	*Penafian*
x	Summary	*Ringkasan*
xix	Abbreviations	*Daftar Singkatan*
xx	Table of Content	*Daftar Isi*
xxiii	List of Images	*Daftar Gambar*
xxv	List of Tables	*Daftar Tabel*
xxvi	List of Equations	*Daftar Rumus*
xxvii	List of Annexes	*Daftar Lampiran*

01	1. Introduction	*1. Pendahuluan*
03	1.1 Background	*1.1 Latar Belakang*
07	1.2 Objective of the report	*1.2 Tujuan Laporan*
08	1.3 Scope of work	*1.3 Lingkup Kerja*
09	2. Theoretical framework and indicators	*2. Kerangka Teori dan Indikator*
11	2.1 SEEA-EEA framework	*2.1 Kerangka SEEA-EEA*
13	2.2. Accounts and indicators	*2.2. Neraca dan Indikator*
13	2.2.1 Ecosystem extent account	*2.2.1 Neraca luas ekosistem*
13	2.2.2 Ecosystem condition account	*2.2.2 Neraca kondisi ekosistem*
15	2.2.3 Ecosystem service account	*2.2.3 Neraca jasa ekosistem*
16	2.2.4 Carbon account	*2.2.4 Neraca karbon*
17	2.3. Study area	*2.3. Bidang kajian*
18	2.4. Limitations in the approach	*2.3. Keterbatasan kajian*
21	3. Methodology	*3. Metodologi*
23	3.1 Ecosystem extent account	*3.1 Neraca luas ekosistem*
26	3.2 Ecosystem condition account	*3.2 Neraca kondisi ekosistem*
26	3.2.1. Vegetation biomass	*3.2.1. Biomassa vegetasi*
27	3.2.2. Groundwater level	*3.2.2. Tingkat air tanah*
28	3.2.3. Hotspots	*3.2.3. Titik api*
30	3.3. Ecosystem services account	*3.3. Neraca jasa ekosistem*

33	3.4. Carbon account	*3.4. Neraca karbon*
33	3.4.1. Carbon stocks (vegetation)	*3.4.1. Cadangan karbon (vegetasi)*
35	3.4.2. Carbon emissions	*3.4.2. Emisi karbon*
37	4. Results	*4. Hasil*
39	4.1 Ecosystem extent account	*4.1 Neraca luas ekosistem*
51	4.2. Ecosystem condition account	*4.2 Neraca kondisi ekosistem*
51	4.2.1 Vegetation biomass	*4.2.1 Biomassa vegetasi*
54	4.2.2 Groundwater level	*4.2.2 Tingkat air tanah*
55	4.2.3 Fire hotspots	*4.2.3 Titik api*
56	4.3 Ecosystem service account	*4.3 Neraca jasa ekosistem*
60	4.4 Carbon account	*4.4 Neraca karbon*
60	4.4.1 Carbon stocks (vegetation)	*4.4.1 Cadangan karbon (vegetasi)*
63	4.4.2 Carbon emissions	*4.4.2 Emisi karbon*
67	5. Discussions	*5. Diskusi*
69	5.1 Uncertainties and Limitations	*5.1 Ketidakpastian dan Keterbatasan*
75	5.2 Policy applications	*5.2 Penerapan Kebijakan*
79	6. Conclusions	*6. Kesimpulan*
87	References	*Referensi*
95	Annexes	*Lampiran*

List of Images

Daftar Gambar

12	Figure 1.	Connections between ecosystem and related accounts (Source:20)	*Hubungan antara ekosistem dan neraca terkait (Sumber:20)*
17	Figure 2.	Distribution map of Indonesian peatlands (Source: 41)	*Peta sebaran lahan gambut Indonesia (Sumber: 41)*
41	Figure 3.	Spatial distribution of land cover types in Sumatera in 1990 and 2015	*Sebaran spasial dari jenis tutupan lahan di Sumatera tahun 1990 dan 2015*
45	Figure 4.	Spatial distribution of land cover types in Kalimantan in 1990 and 2015	*Sebaran spasial dari jenis tutupan lahan di Kalimantan tahun 1990 dan 2015*
52	Figure 5.	Total biomass (vegetation) in different land cover types of peatland in Sumatera and Kalimantan 1990–2015	*Total biomassa (vegetasi) di jenis tutupan lahan gambut yang berbeda di Sumatera dan Kalimantan tahun 1990–2015*
54	Figure 6.	Estimated water level map of Sumatera and Kalimantan peatlands in 2013	*Peta perkiraan tinggi permukaan air lahan gambut Sumatera dan Kalimantan pada 2013*
55	Figure 7.	Number of hotspots (with confidence value ≥ 80%) in different land cover types of peatland in Sumatera and Kalimantan for 2006, 2009 and 2014	*Jumlah titik api (dengan nilai kepercayaan ≥ 80%) di jenis tutupan lahan gambut berbeda di Sumatera dan Kalimantan untuk tahun 2006, 2009 dan 2014*
61	Figure 8.	Spatial distribution of carbon stocks (vegetation) in Sumatera and Kalimantan peatlands in 1990 and 2014	*Sebaran spasial cadangan karbon (vegetasi) di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 1990 dan 2014*
65	Figure 9.	Carbon (CO_2-eq) emissions from burned peat in several types of peatland covers in 2006, 2009, and 2014. Note that the emissions were from 33-cm burned peat, applied for all types of land cover	*Emisi karbon (CO_2-eq) dari gambut yang terbakar di beberapa jenis tutupan lahan gambut tahun 2006, 2009, dan 2014. Perlu diperhatikan bahwa emisi berasal dari gambut yang terbakar 33 cm, berlaku untuk semua jenis tutupan lahan*
123	Figure 10.	Spatial distribution of precipitation in Sumatera and Kalimantan peatlands in 2014. estimated from TRMM (2011)	*Sebaran spasial dari curah hujan di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 2014 Diperkirakan dari TRMM (2011)*
125	Figure 11.	Flow chart of kriging interpolation technique	*Diagram alir teknik interpolasi kriging*

127	Figure 12.	Selected variogram model for Sumatera with parameters: partial sill 187.35, range 1.9 and nugget 56.39	*Model variogram terpilih untuk Sumatera dengan parameter: partial sill 187.35, range 1.9 and nugget 56.39*
127	Figure 13.	Selected variogram model for Kalimantan with parameters: partial sill 457.15, range 1.1 and nugget 85.8	*Selected variogram model for Kalimantan with parameters: partial sill 457.15, range 1.1 dan nugget 85.8*

List of Tables

Daftar Tabel

25	Table 1.	The class description of Indonesian peatland cover	*Deskripsi kelas tutupan lahan gambut Indonesia*
29	Table 2.	The meaning of confidence interval in hotspot information	*Arti interval kepercayaan dalam informasi titik api*
30	Table 3.	Indicators for physical valuation of ES provided by peatland ecosystem in Indonesia	*Indikator untuk penilaian fisik Jasling yang disediakan oleh ekosistem lahan gambut di Indonesia*
31	Table 4.	Indicators for monetary valuation of ES provided by peatland ecosystem in Indonesia	*Indikator untuk penilaian moneter Jasling yang disediakan oleh ekosistem lahan gambut di Indonesia*
47	Table 5.	Extent account of peatlands in Sumatera	*Neraca luas lahan gambut di Sumatera*
49	Table 6.	Extent account of peatlands in Kalimantan	*Neraca luas lahan gambut di Kalimantan*
51	Table 7.	Total vegetation biomass in Sumatera and Kalimantan peatlands 1990–2015	*Total biomassa vegetasi di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 1990–2015*
57	Table 8.	Physical values of ecosystem services in Sumatera and Kalimantan peatlands	*Nilai fisik jasa ekosistem di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*
57	Table 9.	Monetary values of ecosystem services in Sumatera and Kalimantan peatlands	*Nilai moneter jasa ekosistem di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*
58	Table 10.	Total area of oil palm plantation in Sumatera and Kalimantan peatlands in 2000, 2005, 2010, and 2015	*Luas perkebunan sawit di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 2000, 2005, 2010, dan 2015*
59	Table 11.	Physical and monetary value of oil palm production in Sumatera and Kalimantan peatlands in 2000, 2005, 2010, and 2015	*Nilai fisik dan moneter dari produksi sawit di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 2000, 2005, 2010, dan 2015*
60	Table 12.	Total carbon (CO_2-eq) stocks as vegetation in Sumatera and Kalimantan peatlands 1990–2015	*Biaya sosial karbon dari emisi karbon gambut yang terbakar tahun 1990–2014/2015*
63	Table 13.	Total carbon (CO_2-eq) stocks as vegetation in Sumatera and Kalimantan peatlands 1990–2015.	*Total cadangan karbon (CO_2-eq) sebagai vegetasi di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 1990–2015*

64	Table 14.	Total burned peatlands and total carbon (CO_2-eq) emissions from burned peat in Sumatera and Kalimantan in 2006, 2009, and 2014	*Total lahan gambut yang terbakar dan total emisi karbon (CO_2-eq) dari kebakaran gambut di Sumatera dan Kalimantan tahun 2006, 2009, dan 2014*
115	Table 15.	Total plantation area in peatlands 2014 (MoEFRI and WRI maps)	*Total luas perkebunan di lahan gambut tahun 2014 (peta KLHK dan WRI)*
116	Table 16.	Total plantation area in peatlands of Central Kalimantan 2012	*Total luas perkebunan di lahan gambut Kalimantan Tengah tahun 2012*
122	Table 17.	The average of annual precipitation in Sumatera and Kalimantan peatlands	*Rata-rata curah hujan tahunan di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*

List of Equations

Daftar Rumus

26	Equation 1.
34	Equation 2.
34	Equation 3.
36	Equation 4.
121	Equation 5.

List of Annexes

Daftar Lampiran

97	Annex 1.	Estimated carbon stocks as vegetation in several land cover types	*Perkiraan cadangan karbon sebagai vegetasi dalam beberapa jenis tutupan lahan*
98	Annex 2.	Hotspots	*Titik api*
101	Annex 3.	Estimated total area of oil palm plantation in Sumatera and Kalimantan peatlands	*Perkiraan luas perkebunan sawit di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*
102	Annex 4.	Annual production rate of ecosystem services in peatlands of Sumatera and Kalimantan	*Tingkat produksi tahunan jasa ekosistem di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*
102	Annex 5.	Estimated net carbon flux in several land cover types	*Perkiraaan fluks karbon bersih dalam beberapa jenis tutupan lahan*
103	Annex 6.	Production cost and market price of commodities	*Biaya produksi dan harga pasar berbagai komoditas*
104	Annex 7.	Spatial distribution of ecosystem services (physical values) in Sumatera and Kalimantan peatlands for 2000 and 2015	*Sebaran spasial jasa ekosistem (nilai fisik) di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan untuk tahun 2000 dan 2015*
114	Annex 8.	Comparison of total area and spatial distribution of plantation in peatlands	*Perbandingan luas dan sebaran spasial perkebunan di lahan gambut*
117	Annex 9.	Burned peatlands in Sumatera and Kalimantan for 2006. 2009 and 2015	*Lahan gambut yang terbakar di Sumatera dan Kalimantan untuk 2006, 2009 dan 2015*
120	Annex 10.	Precipitation	*Curah hujan (presipitasi)*
123	Annex 11.	Oceanic Niño index 1950–2017	*Oceanic Niño Index 1950–2017*
124	Annex 12.	Estimated emission factor and biomass consumption of burned peat	*Perkiraan faktor emisi dan konsumsi biomassa dari gambut yang terbakar*
125	Annex 13.	Kriging interpolation method	*Metode interpolasi kriging*
128	Annex 14.	Selected water table depth data	*Data kedalaman permukaan air tanah yang terpilih*

01

Introduction

Pendahuluan

Peatlands in Indonesia support several economic activities, in particular agriculture and plantation forestry.

Lahan gambut di Indonesia digunakan dalam beberapa kegiatan ekonomi, khususnya pertanian dan kehutanan perkebunan.

01 Introduction
Pendahuluan

1.1 Background
Latar Belakang

Peatlands in Indonesia support several economic activities, in particular agriculture and plantation forestry. Peatlands are important for the cultivation of oil palm, one of the main agricultural commodities produced in Indonesia. Given increasing scarcity of unused mineral land, the pressure to convert peatlands to cropland or plantation forestry areas is still increasing. This has also been facilitated by the decentralisation policies applied as of 1999, that shifted responsibilities for land conversion to lower administrative levels [2–5].

Lahan gambut di Indonesia digunakan dalam beberapa kegiatan ekonomi, khususnya pertanian dan kehutanan perkebunan. *Lahan gambut penting untuk penanaman kelapa sawit, salah satu komoditas pertanian utama yang dihasilkan di Indonesia. Dengan meningkatnya kelangkaan tanah mineral yang tidak digunakan, tekanan untuk mengalihfungsikan lahan gambut menjadi lahan pertanian atau perkebunan masih meningkat. Hal ini juga telah dipermudah oleh kebijakan desentralisasi yang diterapkan sejak tahun 1999, yang mengalihkan tanggung jawab untuk konversi lahan ke tingkat administrasi pemerintahan yang lebih rendah[2–5].*

However, unsustainable peatland uses are cause of environmental concern[6]. The tropical peatlands of Indonesia are one of the world's largest carbon pools, storing around 30–700 tC/ha carbon per every meter of peat soil depth[7]. Burning peat forest, peat drainage, and fertilisation in plantation and agricultural lands lead to substantial emissions of carbon dioxide (CO_2)[8–10]. Cultivation on peatlands

Tetapi, penggunaan lahan gambut yang tidak berkelanjutan merupakan penyebab persoalan lingkungan[6]. *Lahan gambut tropis Indonesia adalah salah satu dari kolam karbon terbesar di dunia, yang menyimpan sekitar 30–700 tC/ha karbon per setiap meter kedalaman tanah gambut[7]. Pembakaran hutan gambut, pengeringan gambut, dan pemupukan di lahan pertanian*

requires drainage, which, in turn, leads to irreversible soil subsidence [11, 12]. Over time, this will lead to flooding of these areas, and consequently soil subsidence will severely hamper crop production in peatlands. In particular, subsidence will lead to peatlands becoming relatively low-lying areas in the landscape, where rain and potentially river and or sea water will collect during the rainy season. Many plantation crops including oil palm, and forestry crops such as acacia are highly sensitive to flooding and production cannot be maintained in these areas in the near to medium future. Furthermore, peat drainage and cultivation also have major social/environmental impacts on biodiversity and health issues.

dan perkebunan mengakibatkan emisi karbon dioksida (CO_2) yang tinggi[8–10]. Pembudidayaan lahan gambut memerlukan pengeringan, yang, pada gilirannya, mengakibatkan penurunan tanah yang tidak bisa dikembalikan lagi[11, 12]. Sejalan dengan waktu, hal tersebut akan mengakibatkan banjir di kawasan tersebut, dan, dengan demikian, penurunan tanah akan sangat menghambat produksi tanaman di lahan gambut. Secara khusus, penurunan tanah akan menyebabkan lahan gambut menjadi kawasan yang relatif rendah dalam bentang lahan, di mana air hujan dan mungkin air sungai dan atau laut akan terhimpun selama musim hujan. Banyak tanaman perkebunan termasuk kelapa sawit, and tanaman kehutanan seperti akasia sangat sensitif terhadap banjir dan produksi tidak dapat dipertahankan di kawasan ini dalam waktu dekat hingga menengah. Lebih lanjut, pengeringan lahan gambut dan penanaman juga memiliki dampak lingkungan/sosial yang besar pada isu-isu keanekaragaman hayati dan kesehatan.

The environmental problems in peat ecosystem have drawn the attention of the government. Better management plans to move towards sustainable development including in peatlands are required. In 2011, a Norway-Indonesia partnership focusing on the reduction of GHG emissions was followed by a Presidential Instruction (inpres) No.10/2011 about a two-year suspension of new licences for primary natural forest and peatland clearing. This instruction has succeeded in protection of carbon and biodiversity in 71% or 11.2 Mha of Indonesian highly threatened peatlands[13]. In 2014, a Government Regulation (PP) No.71/2014 about peatland protection and ecosystem management was issued to protect 30% of Indonesian hydrological unitary peatlands[14]. As a further step, a peat restoration agency (BRG) has been formed by the president of Indonesia with a target to restore approximately 2.5 Mha of degraded peatlands by 2020 (SK.05/BRG/Kpts/2016). This was

Masalah lingkungan di ekosistem gambut telah menarik perhatian pemerintah. *Diperlukan rencana pengelolaan yang lebih baik untuk menuju pembangunan berkelanjutan, termasuk di lahan gambut. Pada 2011, kemitraan Norwegia-Indonesia yang berfokus pada pengurangan emisi GRK ditindaklanjuti dengan Instruksi Presiden (Inpres) No. 10/2011 mengenai dua tahun penangguhan izin baru pembukaan hutan primer dan lahan gambut. Inpres ini telah berhasil dalam perlindungan karbon dan keanekaragaman hayati sebesar 71% atau 11,2 juta hektar lahan gambut yang sangat terancam di Indonesia[13]. Pada 2014, Peraturan Pemerintah (PP) No. 71/2014 mengenai perlindungan dan pengelolaan ekosistem gambut diberlakukan untuk melindungi 30% dari kesatuan hidrologis gambut Indonesia[14]. Sebagai langkah lebih lanjut, Badan Restorasi Gambut (BRG) telah dibentuk oleh Presiden Indonesia dengan sasaran merestorasi sekitar 2,5 juta hektar lahan gambut yang*

followed by a Presidential Decree (Perpres) No.1/2016 about restoration priority in seven provinces (12.9 Mha of peatlands in Riau, Jambi, South Sumatera, West Kalimantan, Central Kalimantan, South Kalimantan and Papua provinces). These priority areas also include most severely burned parts in 2015, shallow peat areas with canals (3 Mha), as well as peat domes with canals and without canals (2.8 Mha and 6.2 Mha)[15].

rusak tahun 2020 (SK.05/BRG/Kpts/2016). Ini diikuti dengan Peraturan Presiden (Perpres) No. 1/2016 mengenai prioritas restorasi di tujuh provinsi (12,9 juta hektar lahan gambut di provinsi Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Papua). Wilayah prioritas ini juga mencakup bagian gambut yang mengalami kebakaran terparah tahun 2015, kawasan gambut dangkal dengan sekat kanal (3 juta hektar), serta kubah gambut dengan dan tanpa sekat kanal (2,8 juta hektar dan 6,2 juta hektar)[15].

A range of studies on Indonesian peatlands have been conducted. Peatland maps for Indonesia, for example, have been published by several research institutions including the governmental agency, the Ministry of Agriculture (MoARI) and BRG. The Ministry of Environment and Forestry (MoEFRI) also continuously publishes Indonesian land cover maps, in which peatlands are included. Furthermore, several research activities have been implemented to analyse the environmental impacts and economic benefits from activities in peatlands, for instance regarding carbon emissions [9, 10], and ecosystem services[6]. However, this information needs to be integrated and disseminated in order to effective monitor and report on the changes of environmental and economic conditions in the peat ecosystem and support policy making on peat management.

Berbagai kajian tentang lahan gambut Indonesia telah dilakukan. *Peta-peta lahan gambut untuk Indonesia, misalnya, telah diterbitkan oleh beberapa lembaga penelitian termasuk lembaga pemerintah, Kementerian Pertanian (Kementan), dan BRG. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) juga terus menerbitkan peta tutupan lahan Indonesia, yang juga menyertakan lahan gambut. Selain itu, beberapa kegiatan penelitian telah dilaksanakan untuk menganalisis dampak lingkungan dan manfaat ekonomi dari kegiatan di lahan gambut, misalnya mengenai emisi karbon[9, 10], dan jasa ekosistem[6]. Tetapi, informasi ini harus diintegrasikan dan disebarluaskan untuk memantau dan melaporkan secara efektif perubahan kondisi lingkungan dan ekonomi di ekosistem gambut dan mendukung pembuatan kebijakan tentang pengelolaan gambut.*

“ The Ministry of Environment and Forestry (MoEFRI) also continuously publishes Indonesian land cover maps, in which peatlands are included.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) juga terus menerbitkan peta tutupan lahan Indonesia, yang juga menyertakan lahan gambut.

The United Nations System of Environmental-Economic Accounting - Experimental Ecosystem Accounting (SEEA EEA) is a framework for monitoring the interaction between ecosystems and economic activities. The SEEA framework is comprehensive (covering ecosystem extent, condition, services and assets), coherent (aligned with the System of National Accounts) and flexible (can be implemented at different institutional scales or for different ecosystem types). This peat account is based upon the SEEA EEA. It is the world's first pilot ecosystem account following the SEEA EEA developed for peatlands.

The United Nations System of Environmental-Economic Accounting - Experimental Ecosystem Accounting (SEEA EEA) adalah kerangka untuk memantau interaksi antara ekosistem dan kegiatan ekonomi. *Kerangka SEEA bersifat komprehensif (mencakup luas ekosistem, kondisi, jasa dan aset), koheren (selaras dengan Sistem Neraca Nasional), dan fleksibel (dapat diterapkan pada skala kelembagaan yang berbeda atau untuk jenis ekosistem yang berbeda). Neraca gambut ini didasarkan pada SEEA EEA. Ini adalah neraca ekosistem pertama di dunia yang mengikuti SEEA EEA dan dikembangkan untuk lahan gambut.*

The Indonesian government has been applying national capital accounting to support analysing the relation between natural resources and economic development in the last two decades. This is supported by regulation (UU) No.32/2009 about environmental protection and management, and regulation (PP) No.46/2017 about economic instruments for the environment. In line with these regulations Statistics Indonesia (BPS) has developed an integrated environmental and economic balance system, called SISNERLING, to account the timber, mineral and energy at national level. SISNERLING is based upon the SEEA Central Framework (CF). The SEEA CF and the SEEA EEA are complementary information systems, covering different ecosystem-environment dependencies. In addition, the SEEA (EEA) is, contrary to the SNA and the SEEA CF, a spatial account, where maps as well as accounting tables are presented for each account.

Pemerintah Indonesia telah menerapkan neraca modal nasional untuk mendukung analisis hubungan antara sumber daya alam dan pembangunan ekonomi dalam dua dekade terakhir. *Hal ini didukung oleh Undang-Undang (UU) No. 32/2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, dan Peraturan Pemerintah (PP) No. 46/2017 tentang instrumen ekonomi untuk lingkungan hidup. Sejalan dengan peraturan-peraturan ini, Badan Pusat Statistik (BPS) telah mengembangkan sistem keseimbangan lingkungan dan ekonomi terpadu, yang disebut SISNERLING, untuk menghitung kayu, mineral, dan energi pada tingkat nasional. SISNERLING didasarkan pada SEEA Central Framework (CF). SEEA CF dan SEEA EEA adalah sistem informasi yang saling melengkapi, yang mencakup berbagai ketergantungan ekosistem-lingkungan hidup. Selain itu, SEEA (EEA), kebalikan dari SNA dan SEEA CF, adalah neraca spasial, di mana peta serta tabel perhitungan disajikan untuk setiap neraca.*

1.2 Objective of the report

Tujuan laporan

The objective of this study is to develop pilot ecosystem accounts for Indonesian peatlands, following the framework of SEEA EEA. Based on the technical recommendations of SEEA EEA, there are four pilot accounts (ecosystem extent account, ecosystem condition account, ecosystem services account and carbon account) included in this study. Specific indicators for each account are selected in this report, based on technical consistency with the SEEA EEA framework, data availability and policy relevance. The accounts identify the ecosystem in physical (applied for all accounts) and monetary (only applied to ecosystem services) terms.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan neraca ekosistem awal untuk lahan gambut Indonesia, yang mengikuti kerangka SEEA EEA. *Berdasarkan rekomendasi teknis SEEA EEA, ada empat neraca dasar (neraca aset ekosistem, neraca kondisi ekosistem, neraca jasa ekosistem, dan neraca karbon) yang termasuk dalam kajian ini. Indikator khusus untuk setiap neraca dalam laporan ini dipilih berdasarkan konsistensi teknis terhadap kerangka EEA SEEA, ketersediaan data, dan relevansi kebijakan. Neraca tersebut mengidentifikasi ekosistem secara fisik (berlaku untuk semua neraca) dan moneter (hanya berlaku untuk jasa ekosistem).*

This study establishes pilot ecosystem accounts for Indonesian peatlands based on data mainly from governmental institutions. The accounts integrate different statistics and thereby provide new insights. They can also guide the monitoring process in the future as new data are collected continually. Several types of missing data were collected from literature reviews. The description of data sources and methods used are explained in the methodology. The results are displayed in tables and maps that allow tracking the temporal and spatial changes of the selected indicators.

Kajian ini menghasilkan neraca ekosistem untuk lahan gambut Indonesia berdasarkan data terutama dari lembaga pemerintah. *Neraca tersebut mengintegrasikan berbagai informasi statistik sehingga dapat memberikan wawasan baru. Neraca tersebut juga dapat memandu proses pemantauan pada masa depan karena data baru dikumpulkan secara terus menerus. Beberapa jenis data yang belum ada dikumpulkan dari tinjauan literatur. Deskripsi sumber data dan metode yang digunakan dijelaskan dalam metodologi. Hasilnya ditampilkan dalam tabel dan peta yang mampu menunjukkan perubahan temporal dan spasial dari indikator yang dipilih.*

1.3
Scope of work
Ruang Lingkup Kajian

The scope of this study is the peat area of Indonesia, specifically in Sumatera and Kalimantan, based on peatland map from MoARI (2011). The scope is a soil type of characterization which is fixed in time. There is no additional or reductional size of peatlands. It is noted that there are still uncertainties about peatland area and cover [16–19]. Where government data are available, this account exclusively uses government data. For indicators for which there were no government data available other sources have been used. The peat ecosystem accounts are established for following years: 1990, 1996, 2000, 2006, 2009, and 2014. The most recent data for 2016 are not presented in this report due to a lack of access to land cover data. In addition, several indicators are limited to certain years due to data limitations. In particular, there are relatively few data on peat drainage and production rate of agricultural products. Since the account is incomplete (not all services, values and externalities are considered), it needs to be kept in mind that the accounts only provide a partial insight in natural capital provided by peat under different uses.

Cakupan kajian ini adalah kawasan gambut Indonesia, khususnya di Sumatera dan Kalimantan, berdasarkan peta lahan gambut dari Kementan (2011). *Lingkupnya adalah karakterisasi jenis tanah yang tidak berubah seiring berjalannya waktu. Tidak ada tambahan atau pengurangan ukuran lahan gambut. Tercatat bahwa masih ada ketidakpastian tentang luas dan tutupan lahan gambut[16–19]. Apabila data pemerintah tersedia, maka neraca tersebut secara eksklusif menggunakan data pemerintah. Untuk indikator yang tidak ada data pemerintah, maka digunakan sumber lain. Neraca ekosistem gambut ditetapkan untuk tahun-tahun berikut: 1990, 1996, 2000, 2006, 2009, dan 2014. Data terbaru untuk 2016 tidak disajikan dalam laporan ini karena kurangnya akses ke data tutupan lahan. Selain itu, beberapa indikator terbatas pada tahun-tahun tertentu karena keterbatasan data. Secara khusus, data tentang pengeringan gambut dan tingkat produksi hasil pertanian relatif sedikit. Karena neraca tersebut tidak lengkap (tidak semua jasa, nilai, dan eksternalitas dipertimbangkan), maka perlu diingat bahwa neraca tersebut hanya memberikan wawasan parsial tentang modal alam yang disediakan oleh gambut dengan berbagai penggunaan.*

02

Theoretical framework and indicators

Kerangka teori dan indikator

Pilot ecosystem accounts for Indonesian peatlands are developed based on SEEA EEA framework.

Neraca ekosistem untuk lahan gambut Indonesia dikembangkan berdasarkan kerangka SEEA EEA.

02 Theoretical framework and indicators

Kerangka teori dan indikator

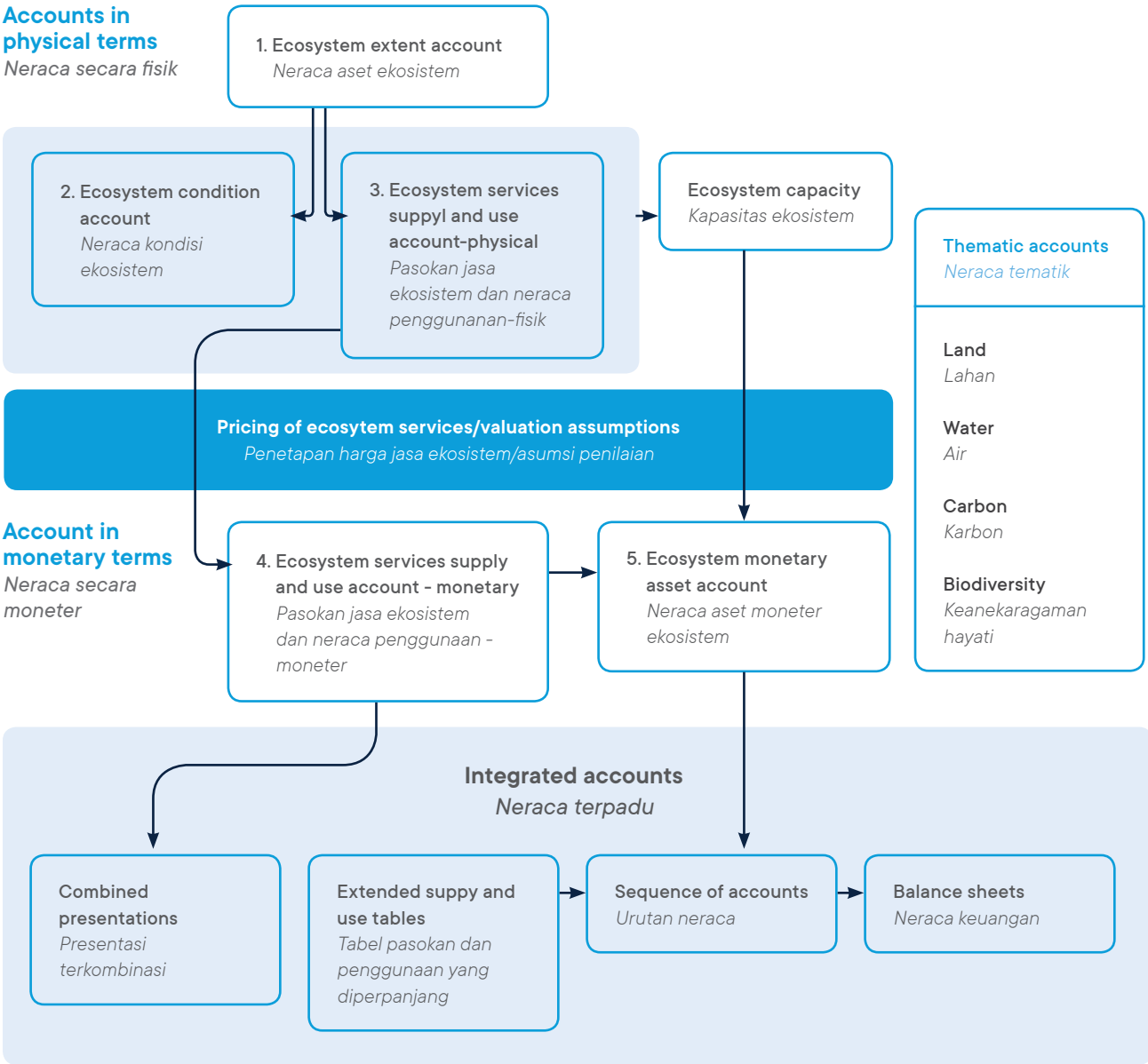
2.1 SEEA-EEA framework

Kerangka SEEA-EEA

Pilot ecosystem accounts for Indonesian peatlands are developed based on SEEA EEA framework. This framework is based on the System of National Accounts (SNA) with a focus on environmental resources and their interactions with economic (human) activities[20]. The framework consists of several individual accounts: ecosystem extent, ecosystem condition, ecosystem services, ecosystem asset and thematic (land, water, carbon and biodiversity) accounts. Technical recommendations for SEEA EEA have been published, and these have been applied in developing the peat ecosystem account. Figure 1 illustrates the relationship between the accounts and the terms of valuation. Physical terms are applied to all accounts, and monetary terms are applied only to ecosystem services, ecosystem asset and thematic accounts[20].

Neraca ekosistem untuk lahan gambut Indonesia dikembangkan berdasarkan kerangka SEEA EEA. *Kerangka ini didasarkan pada Sistem Neraca Nasional (System of National Accounts, SNA) dengan fokus pada sumber daya lingkungan dan interaksinya dengan kegiatan ekonomi (manusia)[20]. Kerangka tersebut terdiri atas beberapa neraca tersendiri: luas ekosistem, kondisi ekosistem, jasa ekosistem, aset ekosistem, dan neraca tematik (tanah, air, karbon, dan keanekaragaman hayati). Rekomendasi-rekomendasi Teknis SEEA EEA telah dipublikasikan dan sudah diterapkan dalam mengembangkan neraca ekosistem lahan gambut. Gambar 1 mengilustrasikan hubungan antara neraca dan ketentuan penilaian. Ketentuan fisik berlaku untuk semua neraca, dan ketentuan moneter hanya berlaku untuk neraca jasa ekosistem, aset ekosistem, dan tematik[20].*

Figure 1. Connections between ecosystem and related accounts (Source:[20])
Gambar 1. *Hubungan antara ekosistem dan neraca terkait (Sumber:[20])*



Referring to SEEA EEA framework, this study develops four specific pilot peatland ecosystem accounts, covering the ecosystem extent account that explains states and changes of land cover (LCs), the ecosystem condition account that monitors the state of peat ecosystems, the ecosystem service (ES) account which estimates the physical and monetary values of main ecosystem services provided by Indonesian peatlands, and lastly carbon account that tracks the stocks, emissions

Mengacu pada kerangka SEEA EEA, kajian ini mengembangkan empat neraca ekosistem lahan gambut yang spesifik, yang mencakup neraca ase ekosistem yang menjelaskan keadaan dan perubahan tutupan lahan (Land Covers, LC), neraca kondisi ekosistem yang memantau keadaan ekosistem gambut, dan neraca jasa ekosistem (Ecosystem System, ES) yang memperkirakan nilai fisik dan moneter dari jasa ekosistem utama yang disediakan oleh lahan gambut Indonesia, dan terakhir

and sequestration of carbon in peat. For reasons of data availability, only the peatlands in Kalimantan and Sumatera are included in the peat account.

neraca karbon yang melacak cadangan, emisi, dan penyerapan karbon di gambut. *Untuk alasan ketersediaan data, hanya lahan gambut di Kalimantan dan Sumatera yang disertakan dalam neraca gambut.*

2.2 Accounts and indicators

Neraca dan indikator

2.2.1 Ecosystem extent account

Neraca aset ekosistem

Ecosystem extent accounting is an initial step that explains the distribution of environmental characteristics and human activities in the ecosystem. In this account, land cover (LC), land use (LU) or ecosystem use are classified. This information facilitates monitoring and reporting the changes in LC over time. This information is also essential to analyse ecosystem services provided by peat, since these services are closely linked to land cover [21, 22]. The indicator of this account follows the same LC categories as the land account of Indonesia published recently (see details in the methodology chapter).

Neraca aset ekosistem adalah langkah awal yang menjelaskan sebaran karakteristik lingkungan dan kegiatan manusia di ekosistem tersebut. *Dalam neraca ini, tutupan lahan (land cover, LC), penggunaan lahan (land use, LU), atau penggunaan ekosistem diklasifikasikan. Informasi ini memfasilitasi pemantauan dan pelaporan perubahan yang terjadi pada tutupan lahan dari waktu ke waktu. Informasi ini juga penting untuk menganalisis jasa ekosistem yang disediakan oleh gambut, karena jasa ini terkait erat dengan tutupan lahan[21, 22]. Indikator neraca ini mengikuti kategori tutupan lahan yang sama seperti neraca tanah Indonesia yang baru-baru ini dipublikasikan (lihan rincian dalam bab metodologi).*

2.2.2 Ecosystem condition account

Neraca kondisi ekosistem

The ecosystem condition account focusses on the physical state or condition of the ecosystem. For this account, three indicators (vegetation biomass, water level and hotspots) were selected based on the characteristics of Indonesian peatlands, policy relevance and data availability.

Neraca kondisi ekosistem berfokus pada keadaan atau kondisi fisik ekosistem. *Untuk neraca ini, tiga indikator (biomassa vegetasi, ketinggian permukaan air, dan titik api) dipilih berdasarkan karakteristik lahan gambut Indonesia, relevansi kebijakan, dan ketersediaan data.*

VEGETATION BIOMASS

In addition to carbon in the soil, peatlands also store noteworthy amounts of carbon in the vegetation. The reduction of vegetation density in peat forests by fires, deforestation and land conversion, decreases the carbon content due to biomass loss and peat decomposition[23]. This indicator is included in the condition account to track the changes of vegetation biomass in peat ecosystem.

BIOMASSA VEGETASI

Selain karbon di dalam tanah, lahan gambut juga menyimpan sejumlah besar karbon di vegetasi. *Berkurangnya kepadatan vegetasi di hutan gambut akibat kebakaran, deforestasi, dan alih fungsi lahan, menurunkan kandungan karbon akibat hilangnya biomassa dan pembusukan gambut[23]. Indikator ini dimasukkan dalam neraca kondisi untuk melacak perubahan biomassa vegetasi di ekosistem gambut.*

WATER LEVEL

Drainage is required to convert peatland into a plantation or agricultural land. For example, a drainage depth of around 50–70 cm is typically needed for oil palm plantation [24], even though drainage can be shallower or deeper in the case of poor water management. The groundwater level varies within a year, and this account includes the annual average groundwater depth. Drainage depth is closely related to CO_2 emissions and subsidence and also increases the risk of fire [25–28]. Therefore, water level is included in this account.

KETINGGIAN PERMUKAAN AIR

Pengeringan dibutuhkan untuk pengalihan fungsi lahan gambut menjadi lahan perkebunan atau pertania. *Sebagai contoh, kedalaman pengeringan sekitar 50–70 cm biasanya diperlukan untuk perkebunan kelapa sawit[24], walaupun pengeringan bisa lebih dangkal atau lebih dalam pada pengelolaan air yang buruk. Ketinggian permukaan air tanah dapat bervariasi dalam satu tahun, dan neraca ini mencakup rata-rata kedalaman air tanah per tahun. Kedalaman pengeringan berkaitan erat dengan emisi* CO_2 *serta penurunan, serta meningkatkan risiko kebakaran [25–28]. Oleh sebab itu, ketinggian permukaan air tanah dimasukkan dalam neraca ini.*

FIRE HOTSPOT

Forest fires have negative impacts on people's health, and lead to ecosystem damages and a reduction of agricultural production[29, 30]. It was estimated that forest fires in Indonesia, including peatlands, also become a large source of CO_2 emissions[10, 23, 31]. This study uses the number of fire (hotspots) as an indicator in order to track the temporal and spatial distribution of fire accidents in peatlands using satellite product.

TITIK API

Kebakaran hutan memiliki dampak buruk terhadap kesehatan manusia, dan mengakibatkan kerusakan ekosistem serta berkurangnya produksi pertanian[29, 30]. *Diperkirakan bahwa kebakaran hutan di Indonesia, termasuk di lahan gambut, juga menjadi sumber emisi* CO_2 *yang tinggi[10, 23, 31]. Kajian ini menggunakan sejumlah kebakaran (titik api) sebagai indikator untuk melacak distribusi temporal dan spasial dari insiden kebakaran di lahan gambut dengan menggunakan hasil satelit.*

2.2.3 Ecosystem service account

Neraca jasa ekosistem

The ecosystem service account provides information about the main ecosystem services (ES) generated in peatlands. This account encompasses the values both in physical and monetary terms. The values of ES can be estimated using several valuation techniques, depending on the characteristic of selected indicators and data availability[20, 32, 33]. Importantly, these indicators should be consistent with the valuation principles of the System of National Accounts, as explained in the SEEA EEA Technical Recommendations. The detailed description of methods used for this account is presented in the methodology chapter.

Neraca jasa ekosistem memberikan informasi tentang jasa-jasa ekosistem (ecosystem services, ES) utama yang dihasilkan di lahan gambut. *Neraca ini dinilai dalam satuan fisik maupun moneter. Nilai jasa ekosistem dapat diperkirakan dengan menggunakan beberapa teknik penilaian, tergantung karakteristik dari indikator yang dipilih dan ketersediaan data[20, 32, 33]. Yang sangat penting adalah indikator tersebut harus konsisten dengan prinsip-prinsip penilaian dari Sistem Neraca Nasional (System of National Accounts, SNA), seperti dijelaskan dalam Rekomendasi Teknis SEEA EEA. Deskripsi terperinci mengenai metode yang digunakan untuk neraca ini disajikan dalam bab metodologi.*

ES (BASED ON MOEFRI LAND COVER DATA)

The estimation of the main ES (physical value) provided by Indonesian peatlands at national level has been conducted using several data sources[6]. To maintain the consistency of data collected by the government, firstly this study focuses on ES estimated based on MoEFRI land cover data (published continuously). From diverse ecosystem services provided by Indonesian peatlands, there are five ES that can be identified. These ES are divided into three provisioning services (biomass (acacia) production for pulp, timber production, and paddy production) measured in terms of annual product harvested, carbon sequestration (a regulating service) measured in terms of total carbon (CO_2) sequestration in undisturbed forests, and a cultural service measured in terms of total area of protected peatlands (peat swamp forest). The protected area network consists of protected forests and conservation areas (national park,

JASA EKOSISTEM (BERDASARKAN DATA TUTUPAN LAHAN KEMENTAN)

Perkiraan jasa ekosistem utama (nilai fisik) yang disediakan oleh lahan gambut Indonesia pada tingkat nasional telah dilakukan dengan menggunakan beberapa sumber data[6]. *Untuk mempertahankan konsistensi data yang dikumpulkan oleh pemerintah, pertama-tama kajian ini berfokus pada jasa ekosistem yang diperkirakan berdasarkan data tutupan lahan KLHK (dipublikasikan terus-menerus). Dari beragam jasa ekosistem yang disediakan oleh lahan gambut Indonesia, ada lima jasa ekosistem yang bisa diidentifikasi. Beragam jasa ekosistem ini dibagi menjadi tiga jasa penyediaan (produksi biomassa (akasia) untuk bubur kertas, produksi kayu, dan produksi padi) yang diukur adalah hal hasil panen tahunan, penyerapan karbon (jasa pengaturan) yang diukur dalam hal total penyerapan karbon (CO_2) di hutan yang belum terganggu, dan jasa budaya yang diukur dalam hal luas lahan gambut yang*

recreation park, nature reserve and wildlife sanctuary) in 2000 which have not been changed to non-forest areas[6]. Comparing to the previous study [6], this report only selects the CO_2 sequestrations instead the CO_2 emissions. The carbon emissions are categorised as an ecosystem disservice and explained independently in the carbon account, which is more aligned with the SEEA EEA Technical recommendations.

dilindungi (hutan rawa gambut). Jaringan kawasan yang dilindungi terdiri atas hutan lindung dan kawasan konservasi (taman nasional, taman rekreasi, cagar alam, dan suaka margasatwa) pada tahun 2000 yang belum diubah menjadi kawasan non hutan[6]. Bila dibandingkan dengan kajian sebelumnya[6], laporan ini hanya memilih penyerapan CO_2 ketimbang emisi CO_2. Emisi karbon dikategorikan sebagai kegagalan jasa ekosistem (ecosystem disservice) dan dijelaskan secara tersendiri dalam neraca karbon, yang lebih selaras dengan Rekomendasi Teknis SEEA EEA.

ES: OIL PALM PRODUCTION

Plantation areas in Indonesian peatlands have been expanded to support the economics of this country. However, LC maps used in this study are not able to distinguish the variations of plantation. Diverse types of the plantation that have been widened in Indonesian peatlands such as oil palm, rubber and coconut plantations[6, 34–37]. Therefore, this study tries to identify more types of ES using other data sources, which might have inconsistency with data from the LC map. However, this report only presents one additional ecosystem service, oil palm production, due to limitation of data sources.

JASA EKOSISTEM: PRODUKSI KELAPA SAWIT

Kawasan perkebunan di lahan gambut Indonesia telah diperluas untuk mendukung ekonomi negara. *Tetapi, peta tutupan lahan yang digunakan dalam kajian ini tidak mampu membedakan variasi perkebunan. Berbagai jenis perkebunan yang diperluas di lahan gambut Indonesia antara lain perkebunan sawit, karet, dan kelapa[6, 34–37]. Oleh karena itu, kajian ini mencoba untuk mengidentifikasi lebih banyak jenis jasa ekosistem dengan menggunakan sumber data lain, yang mungkin tidak konsisten dengan data dari peta tutupan lahan. Tetapi, laporan ini hanya menyajikan satu jasa ekosistem tambahan, yaitu produksi sawit, karena kerterbatasan sumber data.*

2.2.4 Carbon account

Neraca karbon

Carbon account is presented to monitor the trend of carbon stocks and emissions in peatland ecosystem. This account is divided into several indicators, including carbon stocks (vegetation), carbon emissions from peat fires as well as oxidation of soils, and a net carbon flux is assessed.

Neraca karbon disajikan untuk melihat tren cadangan dan emisi karbon di ekosistem lahan gambut. *Neraca ini dibagi menjadi beberapa indikator, termasuk cadangan karbon (vegetasi), emisi karbon dari kebakaran gambut serta oksidasi tanah, dan fluks karbon bersih pun dinilai.*

2.3 Study area
Wilayah kajian

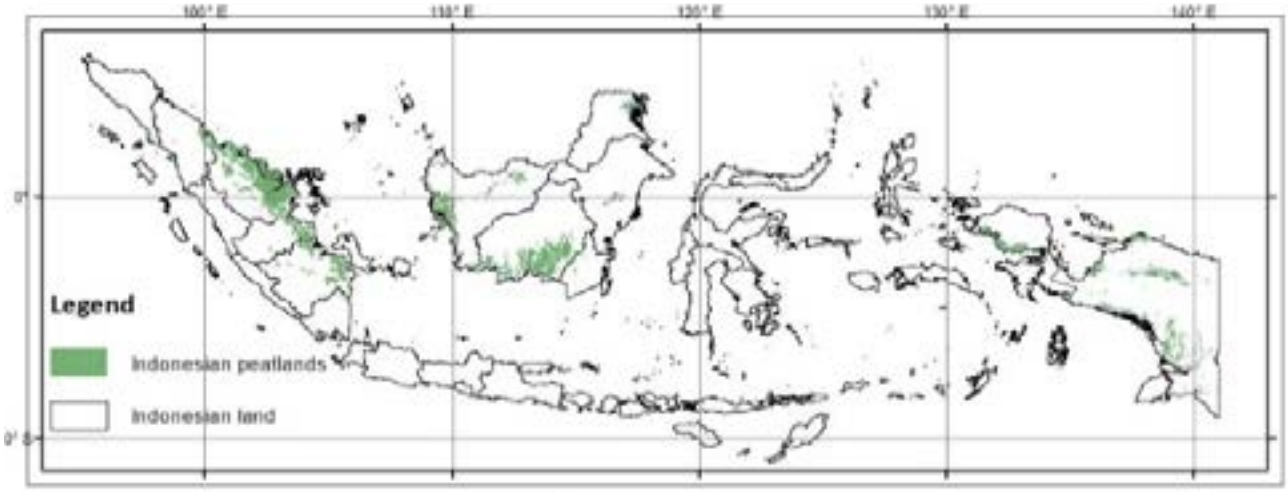
In this section, the boundaries of the study area are defined. The territory analysed in this research comprises all peatlands of Sumatera and Kalimantan as identified in government publications, which together account for around 75% of Indonesian peatlands. The area is distributed between 6° 08' north latitude and 11° 15' south latitude, and between 95° 45' and 141° 05' of east longitude. Located in the equatorial zone makes Indonesia experiences tropical climate with an average temperature around 24–28°C and precipitation ranging from 906–4627 mm/year with three seasonal patterns distributed spatially [39, 40]. The population of Indonesia is still increasing, from around 87.8 million in 1960 to 257.6 million in 2015 [38].

Dalam bagian ini, batasan wilayah kajian ditetapkan. *Wilayah yang dianalisis dalam kajian ini mencakup semua lahan gambut Sumatera dan Kalimantan sebagaimana diidentifikasi dalam publikasi pemerintah, yang keseluruhan menyumbang sekitar 75% lahan gambut Indonesia. Wilayah ini tersebar antara 6° 08' lintang utara dan 11° 15' lintang selatan, dan antara 95° 45' dan 141° 05' bujur timur. Terletak di zona khatulistiwa membuat Indonesia mengalami iklim tropis dengan rata-rata suhu sekitar 24–28°C dan curah hujan berkisar 906–4627 mm/tahun dengan tiga pola musim yang tersebar secara spasial[39, 40]. Jumlah penduduk Indonesia masih terus meningkat, dari sekitar 87,8 juta pada tahun 1960 menjadi 257,6 juta pada tahun 2015[38].*

The ecosystem account of this study is the tropical peatland with peatlands in Sumatera and Kalimantan as the specific ecosystem type (ET). According to peatland map from the Centre for Research and Development of Agricultural Land

Neraca ekosistem dari kajian ini adalah lahan gambut tropis di Sumatera dan Kalimantan sebagai jenis ekosistem (Ecosystem Type, ET) spesifik. *Menurut peta lahan gambut dari Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP), Kementan,*

Figure 2. Distribution map of Indonesian peatlands (Source: [41])
Gambar 2. *Peta sebaran lahan gambut Indonesia (Sumber: [41])*



Resources (BBSDLP), the MoARI, Indonesia has 14.9 Mha peatlands (approximately 7.8% of Indonesian land surface) that are mainly spread in seventeen provinces (of thirty-three provinces) in the three biggest islands (Sumatera, Kalimantan and Papua) [16]. As seen in Figure 2, Indonesian peatlands are scattered, 43% in Sumatera, 32% in Kalimantan, and 25% in Papua [16].

Indonesia memiliki 14,9 juta hektar lahan gambut (sekitar 7,8% permukaan tanah Indonesia) yang terutama tersebar di tujuh belas provinsi (dari tiga puluh tiga provinsi) di tiga pulau terbesar (Sumatera, Kalimantan, dan Papua)[16]. Seperti terlihat pada Gambar 2, lahan gambut Indonesia tersebar, 43% di Sumatera, 32% di Kalimantan, dan 25% di Papua[16].

2.4 Limitations in the approach

Keterbatasan kajian

The peat account covers a range of important ecosystem services provided by peat, but not all services are as yet included (they could be added in the future should the Government of Indonesia decide to continue the approach). In particular, what is missing are first the health effects of peat fires. The costs of fires are an externality of peat use, related to drainage. They lead to smog that can cover large parts of Indonesia and parts of nearby countries. The account (chapter 4) shows in which land cover types the fires are generated, the area burned, and the amount of CO_2 emitted due to the fires, but the health effects are not yet analysed. Second, flooding is not well captured in the accounts yet. Seasonal flooding occurs in peatlands where the surface has subsided. Following several decades of subsidence, peatlands may become the lowest parts in the landscape, and thereby be under water for periods of weeks or months each year. These peatlands can no longer be used for plantations and will be abandoned (this is happening already in parts of South Sumatera). The flood risk and the associated impacts on production are not yet in the accounts. Third, the list of ecosystem services covered in the account is incomplete. For example, the production of non-timber forest products such as rattan,

Neraca gambut mencakup berbagai jasa ekosistem penting yang disediakan oleh gambut, tetapi tidak semua jasa disertakan (ke depannya, jasa dapat ditambahkan jika Pemerintah Indonesia memutuskan untuk melanjutkan pendekatan tersebut). *Secara khusus, keterbatasan yang pertama adalah belum tergambarnya dampak kesehatan dari kebakaran gambut. Akibat kebakaran adalah eksternalitas dari penggunaan gambut, terkait dengan pengeringan. Kebakaran menyebabkan kabut asap yang dapat menutupi sebagian besar wilayah Indonesia dan sebagian dari negara tetangga. Neraca ini (Bab 4) menunjukkan jenis tutupan lahan mana terjadi kebakaran, area yang terbakar, dan jumlah* CO_2 *yang dilepaskan karena kebakaran, tetapi dampak kesehatannya belum dianalisis. Keterbatasan yang kedua adalah belum tergambarnya banjir di neraca-neraca pada kajian ini. Banjir musiman terjadi di lahan gambut di mana permukaan tanahnya telah mengalami penurunan. Setelah beberapa dekade penurunan permukaan tanah, lahan gambut mungkin menjadi bagian terendah dalam bentang lahan, dan karenanya berada di bawah air selama beberapa minggu atau bulan setiap tahun. Lahan gambut ini tidak dapat lagi digunakan untuk perkebunan dan akan ditinggalkan (ini sudah terjadi di beberapa bagian Sumatera*

as well as a range of crops such as sago and liberica coffee are missing. Fourth, the accounts use an SNA-consistent monetary valuation approach based on exchange value (aligned with market prices); they do not measure welfare effects of peat use. Hence, the monetary information in the accounts cannot be used for an environmental CBA without further economic analysis. Fifth, the accounts have as one of the key inputs the land cover map of MoEFRI. However, the land and extent accounting report suggests that the plantation area may be underestimated in these maps, and the forest cover could be overestimated. This adds uncertainty to the figures (among others it may lead to an underestimate of the CO_2 emissions since drainage levels were modelled based on among others land use). Finally, it is important to report that soil subsidence is an irreversible process. Choices made to drain peatland now will be felt for decades to come, also because restoring peatlands by rewetting them is very expensive. It is not yet clearly shown in this account that over time the value of drained peatlands will convert to zero, since production of plantation crops cannot be maintained when the area is seasonally flooded. An alternative is to use profitable crops in peat that do not require drainage (note that even low drainage levels will lead to irreversible soil subsidence over time), such as jelutung rubber or sago (which can be used for starch-based food products as well as bioplastics). These options are also

Selatan). Risiko banjir dan dampak terkait pada produksi belum masuk dalam berbagai neraca ini. Ketiga, daftar jasa ekosistem yang dicakup dalam berbagai neraca ini masih tidak lengkap. Misalnya, tidak adanya produksi hasil hutan bukan kayu seperti rotan, serta berbagai tanaman pangan seperti sagu dan kopi liberica. Keempat, neraca dalam kajian ini menggunakan pendekatan penilaian moneter SNA yang konsisten berdasarkan nilai tukar (selaras dengan harga pasar); neraca ini tidak mengukur dampak kesejahteraan dari penggunaan gambut. Oleh karena itu, informasi moneter dalam neraca tidak dapat digunakan untuk CBA lingkungan tanpa analisis ekonomi lebih lanjut. Kelima, neraca dalam kajian ini menggunakan peta tutupan lahan Kementan sebagai salah satu input utama. Namun, laporan neraca lahan dan luas menunjukkan bahwa ada kemungkinan luas perkebunan mungkin dihitung terlalu rendah dalam peta ini, dan tutupan hutan mungkin ditaksir terlalu tinggi. Ini menambah ketidakpastian angka-angka tersebut (dapat menyebabkan perkiraan emisi CO_2 *yang lebih rendah karena tingkat pengeringan dimodelkan berdasarkan antara lain penggunaan lahan). Terakhir, perlu diketahui bahwa penurunan permukaan tanah merupakan proses yang tidak dapat dipulihkan lagi seperti sediakala. Pilihan yang dibuat untuk mengeringkan lahan gambut pada masa sekarang akan terasa selama beberapa dekade mendatang, karena memulihkan lahan gambut dengan*

“However, the land and extent accounting report suggests that the plantation area may be underestimated in these maps, and the forest cover could be overestimated.

Namun, laporan neraca lahan dan luas menunjukkan bahwa ada kemungkinan luas perkebunan mungkin dihitung terlalu rendah dalam peta ini, dan tutupan hutan mungkin ditaksir terlalu tinggi.

not yet included in the account (the current production of these so-called paludiculture crops is low and further data are needed to include them).

membasahinya kembali sangatlah mahal. Neraca ini belum memperhatikan dengan jelas bahwa seiring waktu nilai lahan gambut yang dikeringkan akan dikonversi menjadi nol, karena produksi tanaman perkebunan tidak dapat dipertahankan ketika daerah tersebut mengalami banjir musiman. Alternatifnya adalah dengan menggunakan tanaman yang menguntungkan di lahan gambut dan tidak memerlukan pengeringan (perlu perhatikan bahwa tingkat pengeringan rendah pun akan menyebabkan penurunan permukaan tanah yang tidak dapat dipulihkan kembali dari waktu ke waktu), seperti karet jelutung atau sagu (yang dapat digunakan untuk produk makanan berbasis pati serta bioplastik). Berbagai opsi ini juga belum dimasukkan dalam neraca (produksi tanaman paludikultur saat ini masih rendah dan data lebih lanjut diperlukan untuk menyertakannya).

03

Methodology

Metodologi

The types of land cover (LC) were classified based on the regulation of director general of forestry planology No. P.1/VII-IPSDH/2015 42 as seen in Table 1.

Jenis tutupan lahan diklasifikasikan berdasarkan peraturan direktur jenderal planologi kehutanan No. *P.1/VII-IPSDH/2015 42 seperti terlihat pada Tabel 1.*

03 Methodology
Metodologi

This section describes the methods and the data sources that were used to estimate the value of the indicators in the ecosystem extent account (land cover), the ecosystem condition account (vegetation biomass, water level and hotspots), the ecosystem services account (physical and monetary values) and the carbon account, for peatlands in Sumatera and Kalimantan.

Bagian ini menjelaskan metode dan sumber data yang digunakan untuk memperkirakan nilai indikator dalam neraca aset ekosistem (tutupan lahan), neraca kondisi ekosistem (biomassa vegetasi, ketinggian permukaan air tanah, dan titik api), neraca jasa ekosistem (nilai fisik dan moneter), dan neraca karbon, untuk lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan.

3.1 Ecosystem extent account
Neraca aset ekosistem

The types of land cover (LC) were classified based on the regulation of director general of forestry planology No. P.1/VII-IPSDH/2015 [42] as seen in Table 1. In this study, the land cover of dry shrub, wet shrub, open swamp and savanna are grouped as degraded lands. Following the land account of Indonesia, the ecosystem extent account is developed for the years, 1990, 1996, 2000, 2006, 2009,

Jenis tutupan lahan diklasifikasikan berdasarkan peraturan direktur jenderal planologi kehutanan No. *P.1/VII-IPSDH/2015* [42] *seperti terlihat pada Tabel 1. Dalam kajian ini, tutupan lahan semak kering, semak basah, rawa terbuka, dan sabana dikelompokkan sebagai tanah yang terdegradasi. Setelah neraca lahan Indonesia, neraca aset ekosistem dikembangkan untuk tahun 1990,*

and 2014. Along with the total area, this account also monitors the additional and the reduction areas of each LC type for every time-period (1990–1996, 1996–2000, 2000–2006, 2006–2009, and 2010–2014. The results are presented as annual data in tables and maps. It is important to note that the account is based on land cover data from MoEFRI. In this dataset, information on land cover for the year 2010 is mostly based on remote sensing images of 2009; and information for the year 2015 is mostly based on remote sensing images of 2014. Hence, the land cover changes would lead to inaccuracies in this account (since there will in some areas have been further land use conversion from 2009 to 2010 and from 2014 to 2015). This underestimation also occurs in the published government data and may lead to an inaccuracy of several percent in the land cover data (thereby affecting estimates of ecosystem services and carbon stocks and emissions). In order to align the estimates of carbon as close as possible to the actual land cover, the carbon stocks and emissions are calculated for 2009 and 2014.

1996, 2000, 2006, 2009, dan 2014. Selain luas keseluruhan lahan, neraca ini juga memantau penambahan dan pengurangan area dari setiap tipe tutupan lahan untuk setiap periode waktu (1990–1996, 1996–2000, 2000–2006, 2006–2009, dan 2010–2014). Hasilnya disajikan sebagai data tahunan dalam bentuk tabel dan peta. Penting untuk dicatat bahwa neraca ini didasarkan pada data tutupan lahan dari Kementan. Dalam dataset tersebut, informasi tentang tutupan lahan untuk tahun 2010 sebagian besar didasarkan pada gambar penginderaan jauh tahun 2009, dan informasi untuk tahun 2015 sebagian besar didasarkan pada gambar penginderaan jauh tahun 2014. Oleh karena itu, perubahan tutupan lahan akan menyebabkan ketidakakuratan dalam neraca ini (karena di beberapa daerah akan terjadi konversi penggunaan lahan lebih lanjut dari 2009 hingga 2010 dan dari 2014 hingga 2015). Perhitungan yang terlalu rendah ini juga terjadi pada data pemerintah yang dipublikasikan dan dapat menyebabkan beberapa persen ketidakakuratan dalam data tutupan lahan (dengan demikian mempengaruhi perkiraan jasa ekosistem serta cadangan dan emisi karbon). Untuk menyelaraskan perkiraan karbon agar sedekat mungkin dengan tutupan lahan sebenarnya, maka cadangan dan emisi karbon dihitung untuk tahun 2009 dan 2014.

The peatland area is included based on government data, including the peatland map of the MoARI [41] and the land cover maps of the MoEFRI [43]. These maps were overlaid to calculate the total area of each LC category using ArcMap 10.5. To measure the total area, projected coordinate system of Asia South Lambert Conformal Conic was selected by modifying the parameters with central meridian at 115, standard parallel 1 at 2, standard parallel 2 at –7, and latitude of origin at 0.

Kawasan lahan gambut dimasukkan berdasarkan pada data pemerintah, termasuk peta lahan gambut dari Kementan[41] dan peta tutupan lahan dari KLHK[43]. *Kedua peta ini ditumpang susun (overlay) untuk menghitung luas total setiap kategori tutupan lahan menggunakan ArcMap 10.5. Untuk mengukur luas lahan keseluruhan, sistem koordinat yang diproyeksikan dari Asia South Lambert Conformal Conic dipilih dengan memodifikasi parameter meridian pusat di 115, standar paralel 1 di 2, standar paralel 2 di –7, dan garis lintang asal di 0.*

Table 1. The class description of Indonesian peatland cover
Tabel 1. *Deskripsi kelas tutupan lahan gambut Indonesia*

Type of land cover *Jenis tutupan lahan*	**Description** *Deskripsi*
Undisturbed forest *Hutan belum terganggu*	Primary and well-preserved secondary forest *Hutan primer dan hutan sekunder yang terpelihara dengan baik*
Disturbed forest *Hutan yang terganggu*	Secondary (degraded) natural forest *Hutan alami sekunder (terdegradasi)*
Water *Air*	Open water areas *Daerah perairan terbuka*
Degraded peatland *Lahan gambut terdegradasi*	Bush (dry shrub), shrub swamp (wet shrub), savanna and grasses, and open swamps *Semak (semak kering), rawa semak (semak basah), sabana dan stepa, dan rawa terbuka*
Bare ground *Lahan terbuka Daerah kosong*	Bare areas *Daerah kosong*
Urban *Perkotaan*	Transmigration and settlement areas *Daerah transmigrasi dan permukiman*
Forest plantation *Hutan tanaman*	Forest vegetation in large areas, dominated by homogeneous trees species, and planted for specific purposes, including reforestation area, industrial plantation forest and community plantation forest *Vegetasi hutan di daerah yang luas, didominasi oleh spesies pohon yang homogen, dan ditanam untuk tujuan tertentu, termasuk daerah reboisasi, hutan tanaman industri, dan hutan tanaman rakyat*
Perennial crops *Tanaman tahunan*	Estate areas, mostly with perennials crops or other agriculture trees commodities *Daerah perkebunan, sebagian besar dengan tanaman tahunan atau tanaman komoditas pertanian lainnya*
Dry agricultural land *Lahan pertanian kering*	Pure and mixed dryland agriculture *Lahan pertanian kering murni dan campuran*
Paddy field *Sawah*	Agricultural land for paddy *Lahan pertanian untuk padi*
Other LCs *Tutupan lahan lain*	Fish ponds (aquaculture), mining areas, ports and harbours *Tambak ikan (akuakultur), daerah penambangan, bandara, dan pelabuhan*
No data *Tanpa data*	Clouds and no-data areas *Awan dan daerah tanpa data*

3.2 Ecosystem condition account
Neraca kondisi ekosistem

Following the ecosystem extent account, this study tries to develop ecosystem condition account for the same years. However, the available data are limited for specific years: vegetation biomass for 1990, 1996, 2000, 2006, 2009, and 2014, water level only for 2013, and hotspots data for 2006, 2009, and 2014.

Setelah neraca aset ekosistem, kajian ini mencoba mengembangkan neraca kondisi ekosistem untuk tahun yang sama. *Namun, data yang tersedia terbatas untuk tahun-tahun tertentu: biomassa vegetasi untuk tahun 1990, 1996, 2000, 2006, 2009, dan 2014, ketinggian permukaan air hanya untuk tahun 2013, dan data titik api untuk tahun 2006, 2009, dan 2014.*

3.2.1 Ecosystem extent account
Neraca aset ekosistem

The estimated biomass is the sum of dry biomass of tree and dead organic matter as displayed in Equation 1. The measurement of dry tree biomass consists of two parts, aboveground biomass (AGB) and belowground biomass (BGB)[44]. The biomass of dead dry matter is the sum of litter biomass (L) (such as fallen leaves, fruits and flowers) and biomass of woody debris (WD) (such as dead trees, fallen trees and part of trees like stems, branches, twigs on the ground).

Biomassa diestimasi setara dengan jumlah biomassa kering pohon dan bahan organik yang telah mati seperti yang diperlihatkan dalam Rumus 1. *Pengukuran biomassa pohon kering terdiri dari dua bagian, biomassa di atas permukaan tanah (aboveground biomass, AGB) dan biomassa di bawah permukaan tanah (belowground biomass, BGB)[44]. Biomassa dari bahan mati kering adalah jumlah dari sampah (litter, L) biomassa (seperti daun, buah, dan bunga yang jatuh) dan sampah kayu (woody debris, WD) biomassa (seperti pohon mati, pohon tumbang, serta bagian pohon seperti batang, dahan, dan ranting di permukaan tanah).*

Equation 1 (*Rumus 1*)

Vegetation biomass (tdm)
Biomassa vegetasi (tdm)

$$= A_t \times (AGB_t + BGB_t + L_t + WD_t)$$

The calculation was conducted based on the total area of each LC type in the extent account (At). Biomass data from a report of the MoEFRI [45] were applied. However only the estimated AGB values (22 different LC classes) were available. This study presents a more detailed information by adding the values of BGB, L and WB collected from various data sources (see details in Annex 1). The values are expressed in an average tonne of dry biomass (tdm) per hectare for each LC category. Some of data are available as the total carbon (C) stored in the vegetation, therefore this unit was converted to tdm with an assumption that 1 tdm contains 0.5 tC (tonne of carbon) [45].

Perhitungan dilakukan berdasarkan luas setiap tipe tutupan lahan dalam neraca luas (At). *Data biomassa dari sebuah laporan KLHK[45] diterapkan. Tetapi hanya perkiraan nilai AGB (22 kelas tutupan lahan berbeda) yang tersedia. Kajian ini menyajikan informasi yang lebih rinci dengan menambahkan nilai BGB, L, dan WB yang dikumpulkan dari berbagai sumber data (lihat rincian dalam Lampiran 1). Nilai-nilai tersebut dinyatakan dalam satu rata-rata ton biomassa kering (tonne of dry biomass, tdm) per hektar untuk setiap kategori LC (tutupan lahan). Beberapa data tersedia sebagai total karbon (C) yang disimpan dalam vegetasi, oleh karena itu unit ini dikonversi menjadi tdm dengan asumsi bahwa 1 tdm mengandung 0,5 tC (ton karbon)[45].*

3.2.2 Groundwater level

Ketinggian permukaan air tanah

The distribution of peat drainage depth, indicated by data on water table depth, was mapped by a combination of two mapping techniques: kriging interpolation and lookup tables. The selection of the method was based on land cover types. Kriging interpolation was applied in perennial crop area, plantation forest, bare land, and degraded peat swamp forest in areas less than 500 m from perennial crop or plantation forest areas (given that groundwater only gradually – in space -reverts to the natural level, close to the surface). For the rests of land cover and land use types, a lookup table technique was applied.

Sebaran kedalaman pengeringan gambut, yang ditunjukkan oleh data pada kedalaman permukaan air, dipetakan oleh kombinasi dua teknik pemetaan: interpolasi kriging dan tabel pencarian. *Pemilihan metode ini didasarkan pada jenis tutupan lahan. Interpolasi Kriging diterapkan pada area tanaman tahunan, hutan tanaman, lahan terbuka, dan hutan rawa gambut terdegradasi di area kurang dari 500 m dari tanaman kawasan hutan tanaman dan tanaman tahunan (mengingat bahwa air tanah hanya secara bertahap – berjarak – beralih ke tingkat alami, dekat ke permukaan). Untuk tutupan lahan dan tipe penggunaan lahan lainnya, teknik tabel pencarian diterapkan.*

The availability of spatial information (coordinates) of water table depth data measured from various drained peat areas allows the application of kriging interpolation. This technique uses some parameters derived from analysis on the spatial autocorrelation between measured

Ketersediaan informasi spasial (koordinat) dari data kedalaman permukaan air yang diukur dari berbagai daerah gambut yang dikeringkan memungkinkan penerapan interpolasi kriging. *Teknik ini menggunakan beberapa parameter yang berasal dari analisis autokorelasi spasial antara data yang*

data to estimate the water table depth in un-measured locations. In total 166 depth data points for Sumatera and 40 depth data points for Kalimantan were used as the input for interpolation. The depth data represent the average level of water table depth in a year. The procedures of kriging interpolation technique include spatial autocorrelation analysis, variogram modelling, kriging interpolation, and accuracy assessment. A brief explanation of the procedures is described in the Annex 13. The period of measurement is for the year of 2013 only.

diukur untuk memperkirakan kedalaman permukaan air di lokasi yang belum diukur. Secara keseluruhan, 166 titik data kedalaman untuk Sumatera dan 40 titik data kedalaman untuk Kalimantan digunakan sebagai input untuk interpolasi. Data kedalaman mewakili tingkat rata-rata kedalaman permukaan air dalam setahun. Prosedur teknik interpolasi kriging meliputi analisis autokorelasi spasial, pemodelan variogram, interpolasi kriging, dan penilaian akurasi. Penjelasan singkat tentang prosedur tersebut dipaparkan pada Lampiran 13. Periode pengukuran hanya untuk tahun 2013.

A lookup table technique was applied by assigning a value of water table depth to a related land cover type, using the spatial analysis tool of ArcMap 10.5. The water table depth data were selected based on a literature review. Annex 14 lists the water table depth values used in this mapping.

Teknik tabel pencarian (lookup table) diterapkan dengan menetapkan nilai kedalaman permukaan air untuk jenis tutupan lahan terkait, menggunakan alat analisis spasial ArcMap 10.5. *Data kedalaman permukaan air dipilih berdasarkan tinjauan literatur. Lampiran 14 mencantumkan nilai kedalaman permukaan air yang digunakan dalam pemetaan ini.*

3.2.3 Hotspots

Titik api

The number of hotspots in peat areas was detected from MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) collection 6 near real-time fire data from Fire Information for Resource Management System (FIRMS), NASA [46]. The fire products contain temporal and spatial distribution information globally with 1 km pixel resolution from two satellites, Aqua (MOD14) and Terra (MYD14). These data are available on The Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) website from NASA. Fire products for Terra satellite can be accessed from November 2000 and from July 2002 for Aqua satellite. The determination of a hotspot in MODIS fire product is explained in Giglio et al. [47].

Jumlah titik api di kawasan gambut dideteksi dari data MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) collection 6 yang mendekati data real time dari Fire Information for Resource Management System (FIRMS) NASA[46]. *Produk citra satelit mengenai kebakaran mengandung informasi sebaran temporal dan spasial secara global dengan resolusi 1 km pixel dari dua satelit, Aqua (MOD14) dan Terra (MYD14). Data ini tersedia di situs web The Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) dari NASA. Produk citra satelit Terra dapat diakses mulai November 2000 dan satelit Aqua mulai Juli 2002. Penentuan titik api dalam MODIS fire product dijelaskan dalam Giglio et al.[47].*

The number of fires in peat areas was extracted using ArcMap 10.5. Peatland distribution map from the MoARI 41 and MODIS fire data were intersected to show the distribution of hotspots in Sumatera and Kalimantan peatlands. It is assumed that hotspots in the same or nearest location (approximately 1 km resolution) within one year are assumed as one pixel hotspot [48, 49]. To improve the certainty of the result, this study also compares the number of hotspots in different confidence levels according to the information in Table 2. This indicator is divided into three classes, which are hotspots with confidential level 0–100%, 30–100% and 80–100%.

Jumlah kebakaran di lahan gambut diambil dengan menggunakan ArcMap 10.5. *Peta sebaran lahan gambut dari Kementan41 dan data kebakaran MODIS disilangkan untuk menunjukkan sebaran titik api di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan. Titik api di lokasi yang sama atau terdekat (resolusi sekitar 1 km) dalam satu tahun diasumsikan sebagai titik api satu pixel[48, 49]. Untuk meningkatkan kepastian hasil, kajian ini juga membandingkan jumlah titik api pada berbagai tingkat kepercayaan (confidence level) sesuai dengan informasi dalam Tabel 2. Indikator ini dibagi menjadi tiga kelas, yaitu titik api dengan tingkat kepercayaan 0–100%, 30–100%, dan 80–100%.*

Table 2. The meaning of confidence interval in hotspot information (Source: [47, 50])
Tabel 2. *Arti interval kepercayaan dalam informasi titik api (Source: [47, 50])*

Confidence value *Nilai kepercayaan*	**Class** *Kelas*	**Action** *Tindakan*
0% ≤ C < 30%	Low *Rendah*	Important to note *Penting untuk dicatat*
30% ≤ C < 80%	Nominal *Nominal*	Alert *Waspada*
80% ≤ C ≤ 100%	High *Tinggi*	Immediate countermeasures *Penanggulangan segera*

It is noted that this indicator indicates the detected number of fire accidents in peat areas, not the total burned area. The measurement of burned area was done separately using different satellite product (see details in section 3.4.2).

Tercatat bahwa indikator ini menunjukkan jumlah insiden kebakaran yang terdeteksi di daerah gambut, bukan luas yang terbakar. *Pengukuran daerah yang terbakar dilakukan secara terpisah menggunakan produk satelit yang berbeda (lihat rincian pada bagian 3.4.2).*

3.3 Ecosystem services account

Neraca jasa ekosistem

An ecosystem services account is developed for 2000, 2006, 2009 and 2014. The methods to estimate the physical and monetary values are explained in Table 3 and Table 4. For physical values, the total

Neraca jasa ekosistem dikembangkan untuk tahun 2000, 2006, 2009, dan 2014. *Metode untuk memperkirakan nilai fisik dan moneter dijelaskan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Untuk nilai fisik, total produksi masing-masing*

Table 3. Indicators for physical valuation of ES provided by peatland ecosystem in Indonesia
Tabel 3. Indikator penilaian fisik dari jasa ekosistem yang disediakan oleh ekosistem lahan gambut di Indonesia

Type of ES *Jenis jasa ekosistem*	**ES specification** *Spesifikasi jasa ekosistem*	**Indicator** *Indikator*	**Method** *Metode*
Provisioning services *Jasa penyediaan*	Timber production[a] *Produksi kayu[a]*	Annual timber harvested (m^3/year) *Panen kayu tahunan (m^3/tahun)*	Timber production rate × total forest area (excluding forest in protected area) *Tingkat produksi kayu × total luas hutan (tidak termasuk hutan di kawasan lindung)*
	Oil palm production *Produksi sawit*	Annual fresh fruit branch (FFB) of oil palm harvested (ton/year) *Panen tahunan tandan buah segar (FFB) sawit (ton/tahun)*	Oil palm (FFB) production rate × total area of oil palm plantation *Tingkat produksi tandan buah segar (FFB) sawit × luas perkebunan sawit*
	Biomass production for pulp[a] *Produksi biomassa untuk bubur kayu[a]*	Annual acacia biomass harvested (m^3/year) *Panen tahunan biomassa akasia (m^3/tahun)*	Biomass (acacia) production rate × total area of acacia plantation *Tingkat produksi biomassa (akasia) × luas perkebunan akasia*
	Paddy production[a] *Produksi padi[a]*	Annual paddy harvested (ton/year) *Panen padi tahunan (ton/tahun)*	Paddy production rate × total area of paddy field *Tingkat produksi padi × luas sawah*
Regulating services *Jasa pengaturan*	CO_2 sequestration[a] *Penyerapan CO_2[a]*	Net carbon (CO_2) flux of undisturbed forests (ton CO_2/year) *Fluks karbon (CO_2) bersih dari hutan belum terganggu (ton CO_2/tahun)*	Net carbon (CO_2) flux of undisturbed forests × total area of undisturbed peat forest *Fluks karbon (CO_2) bersih dari hutan belum terganggu × luas hutan gambut belum terganggu*
Cultural services *Jasa budaya*	Protected habitat[a] *Habitat lindung[a]*	Total area of peat swamp forests inside protected areas that are not converted to other land uses since 2000 (ha) *Luas hutan rawa gambut dalam kawasan lindung yang tidak dialihfungsikan menjadi lahan penggunaan lain sejak 2000 (ha)*	Total area of forest in protected area *Luas hutan di kawasan lindung*

Note:
methods were taken from [6]
metode diambil dari [6]

a *ES estimated from MoEFRI land cover data*
Jasa Ekosistem diperkirakan dari data tutupan lahan KLHK

production of each commodity was estimated by multiplying the production rate in peat area (Annex 4 and Annex 5) and the total area (ecosystem extent account and Annex 3)[6]. Next, monetary values were calculated based on the physical values, using resource rent (RR) approach for provisioning services, the social cost of carbon (SCC) for CO_2 sequestrations, and restoration cost for the protected habitat. Several studies and sources (Annex 6) were referred to estimate the production costs and the total revenue.

komoditas diperkirakan dengan mengalikan tingkat produksi di daerah gambut (Lampiran 4 dan Lampiran 5) dan luas (neraca luas ekosistem dan Lampiran 3)[6]. Selanjutnya, nilai moneter dihitung berdasarkan nilai fisik, menggunakan pendekatan Resource Rent (RR) untuk jasa penyediaan, biaya sosial karbon (social cost of carbon, SCC) untuk penyerapan CO_2, dan biaya restorasi untuk habitat yang dilindungi. Beberapa kajian dan sumber (Lampiran 6) dijadikan rujukan untuk memperkirakan biaya produksi dan total

Table 4. Indicators for monetary valuation of ES provided by peatland ecosystem in Indonesia
Tabel 4. *Indikator penilaian moneter jasa ekosistem yang disediakan oleh ekosistem lahan gambut di Indonesia*

Type of ES *Jenis jasa ekosistem*	**ES specification** *Spesifikasi jasa ekosistem*	**Indicator** *Indikator*	**Method** *Metode*
Provisioning services *Jasa penyediaan*	Timber production[a] *Produksi kayu[a]*	Resource rent (IDR/year) *Nilai sewa sumber daya (Rp/tahun)*	(Timber price × total production) - production cost *(Harga kayu × total produksi) – biaya produksi*
	Oil palm production *Produksi sawit*	Resource rent (IDR/year) *Nilai sewa sumber daya (Rp/tahun)*	(FFB price × total production) - production cost *(Harga tandan buah segar (FFB) × total produksi) – biaya produksi*
	Biomass production for pulp[a] *Produksi biomassa untuk bubur kayu[a]*	Resource rent (IDR/year) *Nilai sewa sumber daya (Rp/tahun)*	(Biomass price × total production) - production cost *(Harga biomassa × total produksi) – biaya produksi*
	Paddy production[a] *Produksi padi[a]*	Resource rent (IDR/year) *Nilai sewa sumber daya (Rp/tahun)*	(Paddy price × total production) - production cost *(Harga padi × total produksi) – biaya produksi*
Regulating services *Jasa pengaturan*	CO_2 sequestration[a] *Penyerapan CO_2[a]*	Social cost of carbon (IDR /year) *Biaya sosial karbon (Rp/tahun)*	Total CO_2 sequestration × cost of carbon (CO_2) *Total penyerapan CO_2 × biaya karbon (CO_2)*
Cultural services *Jasa budaya*	Protected habitat[a] *Habitat lindung[a]*	Social cost of carbon (IDR /year) *Biaya sosial karbon (Rp/tahun)*	Total area of forest in protected area × restoration cost *Luas hutan di kawasan lindung × biaya restorasi*

Note:

a ES estimated from MoEFRI land cover data
Jasa Ekosistem diperkirakan dari data tutupan lahan KLHK

Monetary values of ES were standardised into IDR for 2017 by considering inflation rates (6.96 in 2010; 3.79 in 2011; 4.3 in 2012; 8.38 in 2013; 8.36 in 2014; 3.35 in 2015; 3.02 in 2016)[51] and exchange rate of Bank Indonesia (BI)[52].

pendapatan. Nilai moneter jasa ekosistem distandarisasikan menjadi rupiah (Rp) untuk tahun 2017 dengan mempertimbangkan tingkat inflasi (6,96 pada 2010; 3,79 pada 2011; 4,3 pada 2012; 8,38 pada 2013; 8,36 pada 2014; 3,35 pada 2015; 3,02 pada 2016)[51] dan nilai tukar Bank Indonesia (BI)[52].

RESOURCE RENT (RR) (NOT APPLIED)

The value of RR is counted as the total revenue from the market price of output minus the total production cost [35, 53, 54] (Table 4). Data needed for this measurement are the market price (P), the total production (the physical value of ES) and the total production cost (see details in Annex 6).

NILAI SEWA SUMBER DAYA (RESOURCE RENT, RR) (TIDAK DITERAPKAN)

Nilai RR dihitung sebagai total pendapatan dari harga pasar output dikurangi total biaya produksi[35, 53, 54] (Tabel 4). *Data dibutuhkan untuk pengukuran ini antara lain harga pasar (P), total produksi (nilai fisik jasa ekosistem), dan total biaya produksi (lihat rincian di Lampiran 6).*

RESTORATION COST (NOT APPLIED)

It needs to be noted that the restoration cost approach is not recommended for the SEEA EEA. This because it is unclear if society would indeed restore the peatlands (or any other ecosystem) for these costs if given the choice. If not, it is not realistic to use these costs in the context of accounting. Therefore, the Restoration cost method has been excluded from the accounts, and the habitat service is expressed only in physical indicators. In order to give an idea of potential values that would accrue for restoration, costs for reforestation in peat swamp forest in tropical peatlands have been estimated at 1054 US$/ha (value for 2014) [55, 56]. The cost consists of planning cost, planting cost of 500 trees and the average of annual maintenance cost. Based on the inflation rates of Statistics Indonesia [51] and exchange rate in BI [52] (US$ is equal to 11081 IDR in 2014), the restoration cost would be equivalent to 11,856,417 IDR/ha (value for 2017). In addition, costs may be required for restoring the hydrology of the peatlands. These costs may be substantially

BIAYA RESTORASI (TIDAK DITERAPKAN)

Perlu dicatat bahwa pendekatan biaya restorasi tidak direkomendasikan untuk SEEA EEA. *Karena belum jelas apakah masyarakat akan merestorasi lahan gambut (atau ekosistem lain)*

dengan biaya ini jika diberikan pilihan. *Kalau tidak, tidak realistik untuk menggunakan biaya ini dalam konteks neraca. Oleh karena itu, metode biaya restorasi sudah tidak disertakan dalam neraca, dan jasa habitat hanya disampaikan dalam indikator fisik. Dalam rangka memberikan gagasan potensi nilai yang akan terakumulasi untuk restorasi, biaya penghijauan kembali (reforestasi) di hutan rawa gambut pada lahan gambut tropis diperkirakan mencapai AS$1054/ha (nilai untuk 2014)[55, 56]. Biaya tersebut terdiri atas biaya perencanaan, biaya penanaman 500 pohon, dan rata-rata biaya pemeliharaan tahunan. Berdasarkan tingkat inflasi dari BPS[51] dan nilai tukar mata uang dari BI [52] (AS$1 setara dengan Rp11.081 pada tahun 2014), biaya restorasi akan setara dengan*

higher but will vary strongly as a function of local characteristics (e.g. density and size of drainage canals).

Rp11.856.417/ha (nilai tahun 2017). Selain itu, biaya mungkin dibutuhkan untuk merestorasi hidrologi lahan gambut. Biaya-biaya ini mungkin jauh lebih tinggi tetapi akan sangat bervariasi sebagai fungsi dari karakteristik lokal (misalnya, kepadatan dan ukuran sekat kanal pengeringan).

SOCIAL COST OF CARBON

The monetary value of CO_2 sequestration is valued based on marginal social damage cost technique, the social cost of carbon (SCC)[35]. This study selects the value of SCC for 3% discount rate at 35 US$/t CO_2 (value in 2007)57. Based on the inflation rates [51] and exchange rate in BI [52] (1 US$ is equal to 9,136 IDR in 2007), therefore the SCC value for 2017 was equal to 348,17 IDR/t CO_2.

BIAYA SOSIAL KARBON

Nilai moneter penyerapan CO_2 dihitung berdasarkan teknik biaya kerusakan sosial marjinal, biaya sosial karbon (social cost of carbon, SCC)[35]. *Kajian ini memilih nilai SCC untuk diskonto 3% sebesar AS$35/t CO_2 (nilai tahun 2007)57. Berdasarkan tingkat inflasi[51] dan nilai tukar mata uang BI[52] (AS$1 setara dengan Rp9.136 pada tahun 2007), sehingga nilai SCC untuk 2017 setara dengan Rp348,17/t CO_2.*

3.4 Carbon account
Neraca karbon

A carbon account for peatland is developed for 1990, 1996, 2000, 2006, 2009 and 2014 for carbon stocks and net carbon flux, while the indicator of peat fire emissions is only presented for 2006, 2009, and 2014.

Sebuah neraca karbon untuk lahan gambut dikembangkan untuk tahun 1990, 1996, 2000, 2006, 2009, dan 2014 yang meliputi cadangan karbon dan fluks karbon bersih, sedangkan indikator emisi kebakaran gambut hanya disajikan untuk tahun 2006, 2009, dan 2014.

3.4.1 Carbon stocks (vegetation)
Cadangan karbon (vegetasi)

The total of carbon stocks in vegetation was estimated from biomass data in the ecosystem condition account and the references (in Annex 1) using Equation 2

Total cadangan karbon dalam vegetasi diperkirakan dari data biomassa dalam neraca kondisi ekosistem dan referensi (dalam Lampiran 1) dengan menggunakan

and Equation 3. Carbon fraction used in this report is equal to 50% of dry biomass [45]. The total carbon stocks were converted into CO_2-eq by multipying estimated carbon content with 3.67 (44/12, ratio molecular weight of CO_2 and carbon). Second, using ArcMap 10.5, mapping the carbon stocks applies look up table methods by asigning the value based on land cover types (Annex 1).

Rumus 2 dan Rumus 3. *Fraksi karbon yang digunakan dalam laporan ini setara dengan 50% biomassa kering[45]. Total cadangan karbon dikonversikan menjadi CO_2-eq dengan mengalikan perkiraan kandungan karbon dengan 3,67 (44/12, rasio berat molekul CO_2 dan karbon). Kedua, dengan menggunakan ArcMap 10.5, memetakan cadangan karbon menggunakan metode tabel pencarian dengan menetapkan nilai berdasarkan jenis tutupan lahan (Lampiran 1)*

Equation 2 (*Rumus 2)*

Vegetation Carbon Content (tC) = Dry matter (t) × Carbon Fraction (C)

Kandungan Karbon Vegetasi (tC) = Bahan kering (t) × Fraksi Karbon (C)

Equation 3 (*Rumus 3)*

CO_2-eq = Carbon Content × 3.67

CO_2-eq = Kandungan Karbon × 3,67

3.4.2 Carbon emissions
Emisi karbon

OXIDATION

The total net carbon flux was calculated as the sum of carbon sequestration (positive value) and carbon emission (negative value) multiplied by the total area for every type of land cover. The references of net carbon flux for specific land cover are summarised in Annex 5.

OKSIDASI

Total fluks karbon bersih dihitung sebagai jumlah penyerapan karbon (nilai positif) dan emisi karbon (nilai negatif) dikalikan dengan luas setiap jenis tutupan lahan. *Referensi fluks karbon bersih untuk tutupan lahan spesifik dirangkum dalam Lampiran 5.*

PEAT FIRES

Carbon emissions from peat fires were estimated from the emission of burned scar in peatlands. The size of the burned scar was estimated from burned area products by MODIS (MCD64A1) collection 6 [58]. This product contains the information of burned area (daily) with a resolution of 500 m. It can be accessed online on http://modis-fire.umd.edu/index.php. Data (.shp) that cover regional win 19 were selected for South-East Asia, including Indonesia. Burned area products then were overlaid with the peat map from MoARI and land cover maps from MoEFRI for the selected year and type of LC (forest, plantation area, agricultural land, bare ground and degraded land). The method was conducted in a software, ArcMap 10.5. In the measurement of total burned peatlands, it is assumed that overlapped burned area in the same location (pixel) within the same year was calculated as one datum.

KEBAKARAN GAMBUT

Emisi karbon akibat kebakaran gambut diperkirakan berdasarkan emisi area bekas kebakaran (burned scar) di lahan gambut. *Luas area bekas kebakaran diperkirakan berdasarkan produk citra satelit area kebakaran MODIS (MCD64A1) collection 6[58]. Produk ini memuat informasi area kebakaran (harian) dengan resolusi 500 m. Informasi ini bisa diakses secara daring di http://modis-fire.umd.edu/index.php. Data (.shp) yang mencakup regional win 19 dipilih untuk Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Produk citra satelit area bekas kebakaran tersebut kemudian ditumpang susun (overlaid) dengan peta gambut dari Kementan dan peta tutupan lahan dari KLHK untuk tahun terpilih dan jenis tutupan lahan (hutan, lahan perkebunan, lahan pertanian, lahan terbuka, dan tanah terdegradasi). Metode tersebut dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.5. Dalam pengukuran total lahan gambut yang terbakar, diasumsikan bahwa area kebakaran yang tumpang tindih di lokasi yang sama (pixel) pada tahun yang sama dihitung sebagai satu fakta informasi (datum).*

Equation 4 was applied to estimate the total carbon (CO_2-eq) emissions from burned peat (Efire). The formula was taken from IPCC supplement 2013 [59] as reviewed

Rumus 4 diterapkan untuk memperkirakan total emisi karbon (CO_2-eq) dari gambut yang terbakar (Efire). *Rumus ini diambil dari IPCC supplement 2013[59] sebagaimana*

by MoEFRI [48]. The total carbon emissions (Efire) are the sum of the burned area (BPF) multiplied with the mass of fuel available for combustion per area (MB), the combustion factor (CF, default factor = 1.0) and the CO_2 emission factor (Gef). Assuming the depth of burned peat is 33-cm for all land cover types[48], MB is equivalent to 504.9-ton biomass/ha, and Gef 1,828.2 CO_2 kg/ton dry biomass burned [48, 60, 61].

ditinjau oleh KLHK48. Total emisi karbon (Efire) adalah jumlah area yang terbakar (BPF) dikalikan dengan massa bahan bakar yang tersedia untuk pembakaran per area (MB), faktor pembakaran (CF, faktor default = 1,0) dan faktor emisi CO_2 (Gef). Dengan asumsi kedalaman kebakaran gambut adalah 33-cm untuk semua jenis tutupan lahan[48], MB setara dengan 504,9-ton biomassa/ha, dan Gef 1.828,2 CO_2 kg/ton biomassa kering yang terbakar[48, 60, 61].

Equation 4 (*Rumus 4)*

$$E_{fire} = BPF \times MB \times CF \times Gef$$

04

Results

Hasil

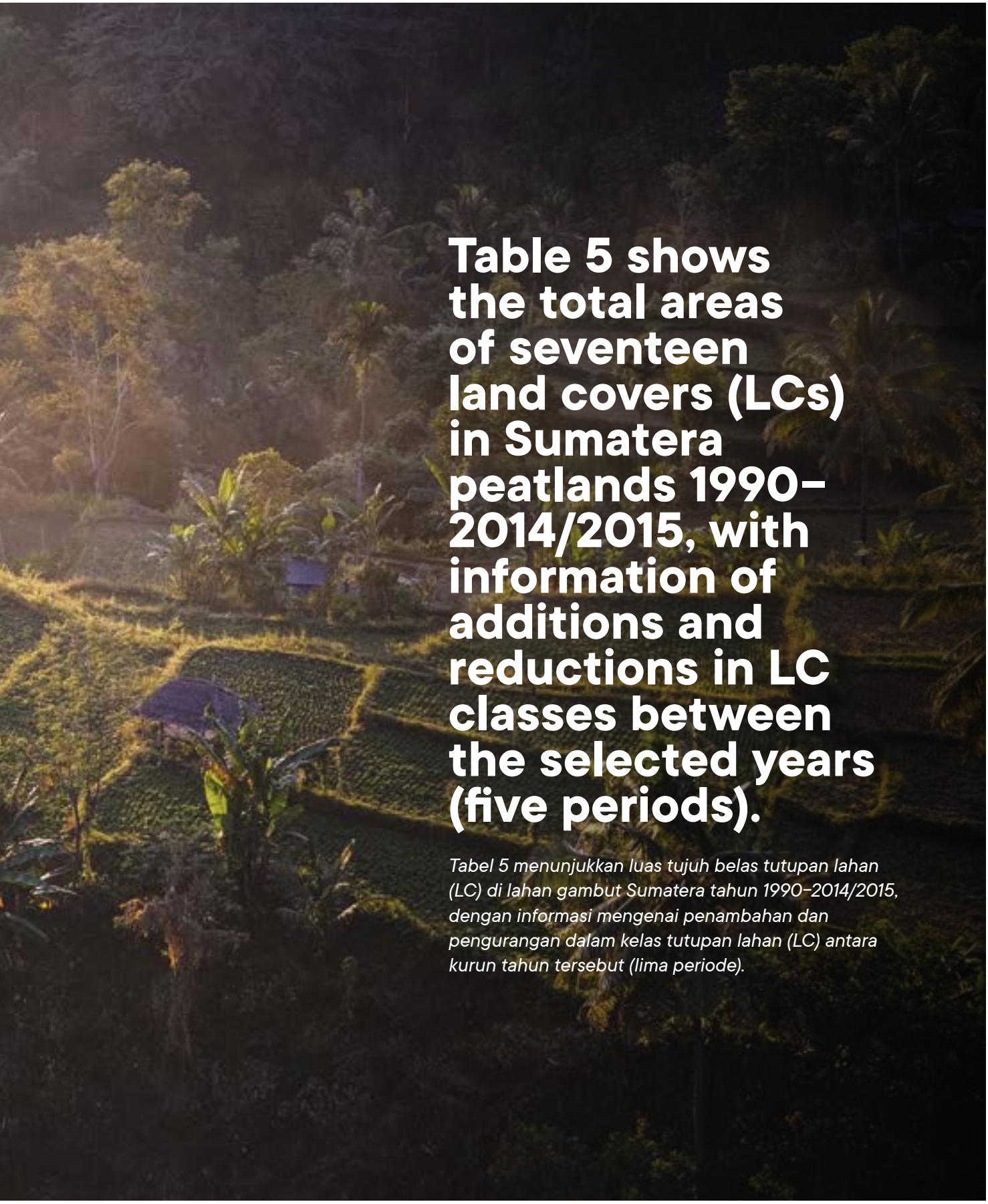


Table 5 shows the total areas of seventeen land covers (LCs) in Sumatera peatlands 1990–2014/2015, with information of additions and reductions in LC classes between the selected years (five periods).

Tabel 5 menunjukkan luas tujuh belas tutupan lahan (LC) di lahan gambut Sumatera tahun 1990–2014/2015, dengan informasi mengenai penambahan dan pengurangan dalam kelas tutupan lahan (LC) antara kurun tahun tersebut (lima periode).

04 Results
Hasil

4.1 Ecosystem extent account
Neraca aset ekosistem

SUMATERAN PEATLANDS

Table 5 shows the total areas of seventeen land covers (LCs) in Sumatera peatlands 1990–2014/2015, with information of additions and reductions in LC classes between the selected years (five periods). Total peat areas in Sumatera is approximately 6.4 Mha. It can be seen from the table that the total LC changes are diverse in each period. A peatland area of 0.46 Mha (7%) has changed during the first period (1990–1995/1996). This number went up dramatically during the second period (1995/1996–2000) to 1.42 Mha (22%). In the next three periods, the total converted areas were still significant, around 1.1 Mha, 1.09 Mha and 1.3 Mha respectively.

LAHAN GAMBUT SUMATERA

Tabel 5 menunjukkan luas tujuh belas tutupan lahan (LC) di lahan gambut Sumatera tahun 1990–2014/2015, dengan informasi mengenai penambahan dan pengurangan dalam kelas tutupan lahan (LC) antara kurun tahun tersebut (lima periode). *Luas gambut di Sumatera adalah sekitar 6,4 juta hektar. Dapat dilihat dari tabel bahwa luas perubahan tutupan lahan berbeda pada setiap periode. Lahan gambut seluas 0,46 juta hektar (7%) telah berubah selama periode pertama (1990–1995/1996). Angka ini meningkat drastis selama periode kedua (1995/1996–2000) menjadi 1,42 juta hektar (22%). Dalam tiga periode berikutnya, luas area yang dialihfungsikan masih signifikan, yaitu masing-masing sekitar 1,1 juta hektar, 1,09 juta hektar, dan 1,3 juta hektar.*

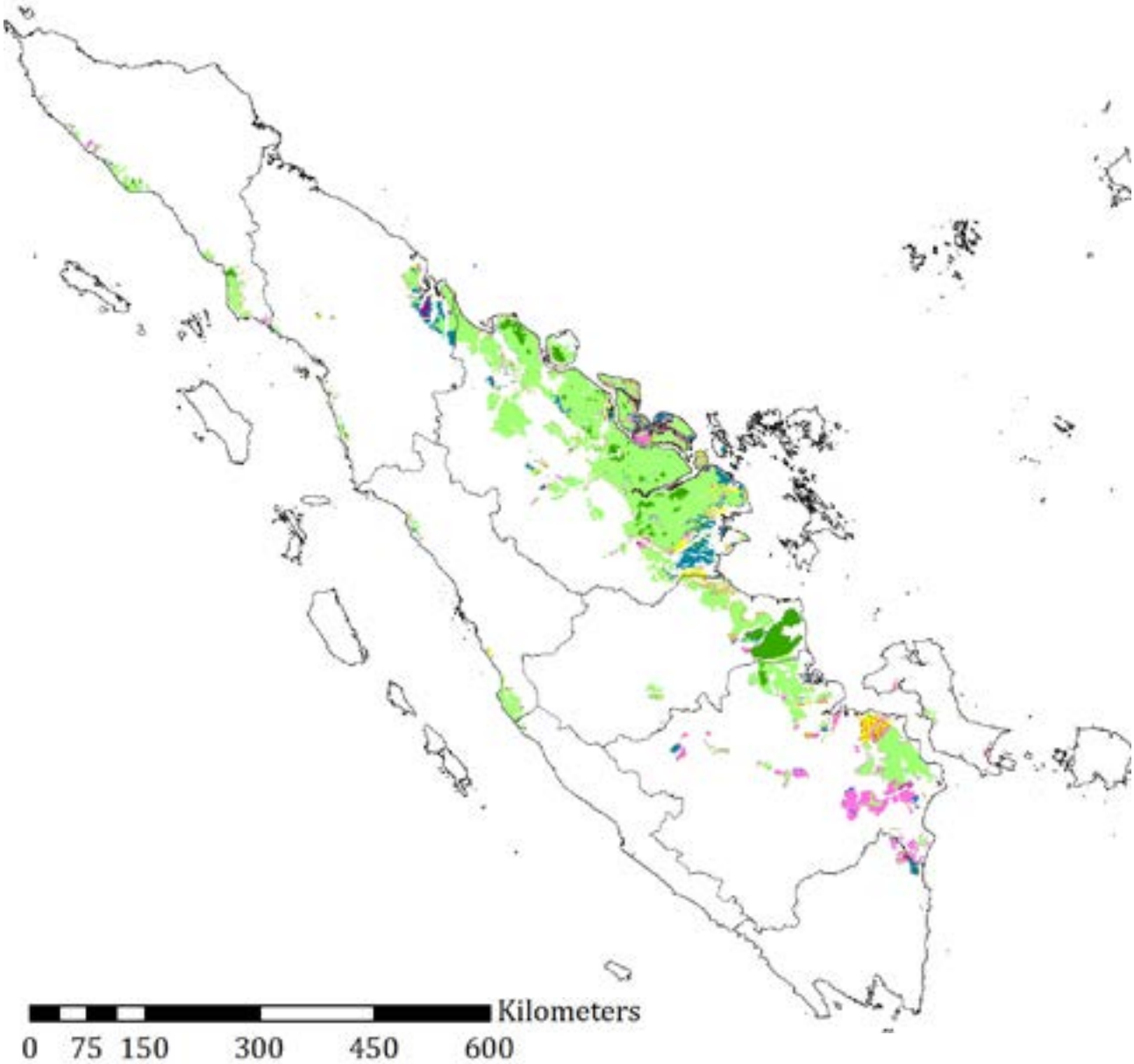
The most notable change of LC in Sumatera peatlands is the reduction of natural forests. In 1990, 73% of peatlands in Sumatera was covered by forests. However, according to government data, in 2014/2015, there was only 22% of peatlands remained as forests as seen in Figure 3. The highest number of deforestations, around 1.2 Mha, was recorded in the second period (1995/1996–2000). After that, the trend of deforestation was going down even though the proportions were still considerably high (0.7 Mha (third period), 0.6 Mha (fourth period) and 0.5 Mha (last period)). On the other hand, the plantation area and agricultural land were escalated, from 0.9 Mha in 1990 to 3 Mha in 2015, which is equal to 48% of total peatlands in Sumatera.

Perubahan yang paling tampak pada lahan gambut Sumatera adalah berkurangnya hutan alam. *Pada tahun 1990, 73% lahan gambut Sumatera ditutupi oleh hutan. Tetapi, menurut data pemerintah, tahun 2014/2015, hanya ada 22% lahan gambut yang tersisa sebagai hutan seperti terlihat pada Gambar 3. Angka deforestasi tertinggi, sekitar 1,2 juta hektar, tercatat pada periode kedua (1995/1996–2000). Setelah itu, kecenderungan deforestasi menurun walaupun proporsinya masih sangat tinggi (0,7 juta hektar (periode ketiga), 0,6 juta hektar (periode keempat) dan 0,5 juta hektar (periode terakhir)). Di sisi lain, kawasan perkebunan dan lahan pertanian meluas, dari 0,9 juta hektar pada 1990 menjadi 3 juta hektar pada 2015, yang setara dengan 48% luas lahan gambut di Sumatera.*

Another noticeable change is the expansion of the degraded lands (wet shrub, dry shrub, savanna, swamp) and the bare ground. Most of the degraded land was wet shrub (79–86% of total degraded lands). This type of land increased significantly by 55% in twenty years (1990–2009/2010) then decreased during last period by 17%. The similar trend is also found for dry shrub, savanna, and open swamp areas. Furthermore, the bare ground was also widened dramatically since 1990 even though it had decreased once during 2005/2006–2009/2010. Other LCs such as the fish pond, port/harbour, urban and mining areas show no significant changes. These types of LC only took a small part of total peatland in Sumatera, around 0.6–0.8%.

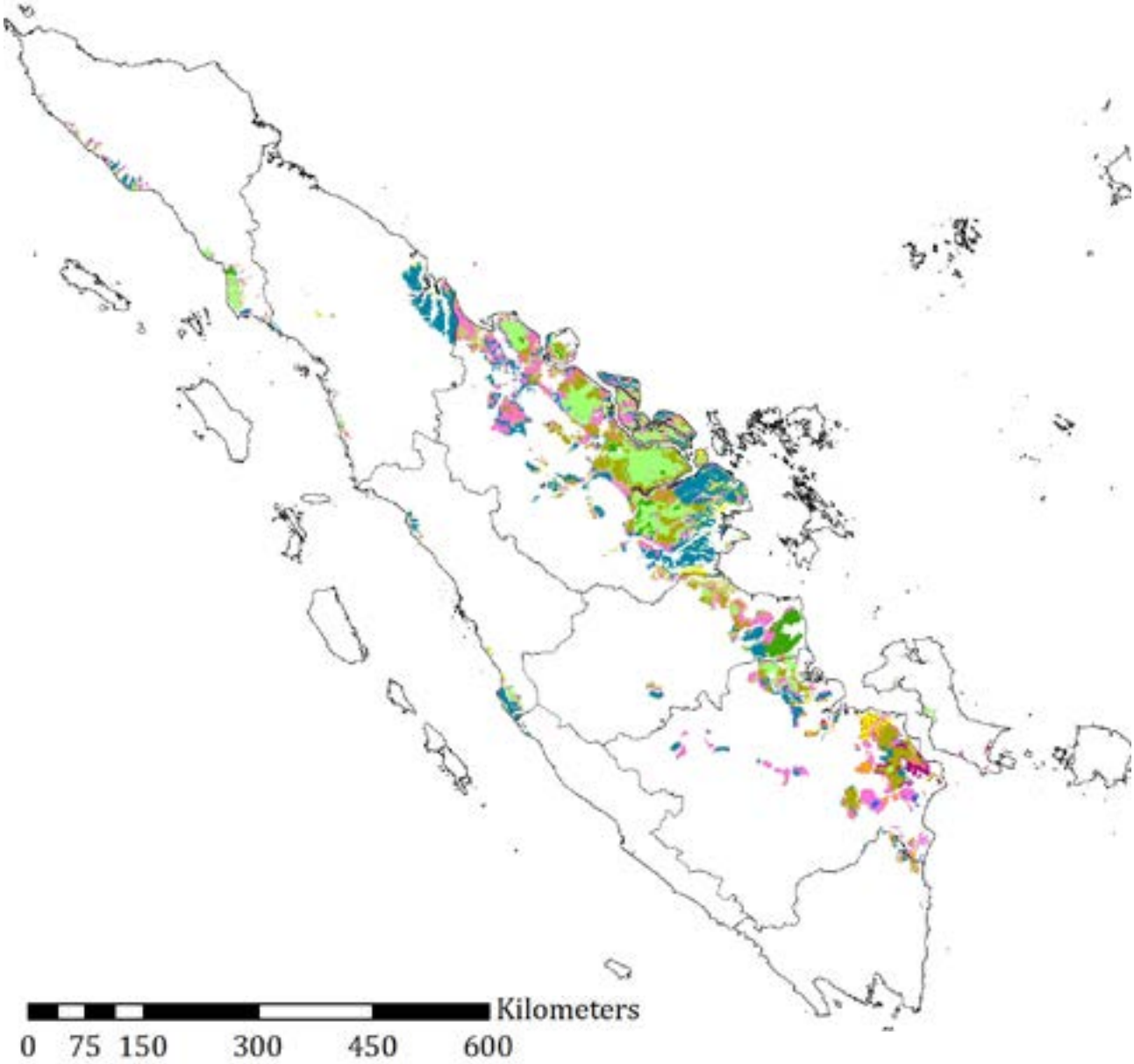
Perubahan nyata lainnya adalah meluasnya lahan terdegradasi (semak basah, semak kering, sabana, rawa) dan lahan terbuka. *Sebagian besar dari lahan terdegradasi tersebut adalah semak basah (79–86% dari total lahan terdegradasi). Jenis lahan ini meningkat secara signifikan sebesar 55% dalam dua puluh tahun (1990–2009/2010), kemudian menurun selama periode terakhir sebesar 17%. Kecenderungan yang sama juga ditemukan pada semak kering, sabana, dan area rawa terbuka. Lebih lanjut, lahan terbuka juga meluas secara drastis sejak 1990, walaupun pernah menurun satu kali selama tahun 2005/2006–2009/2010. Tutupan lahan lainnya seperti tambak ikan, bandara/pelabuhan, kawasan perkotaan, dan pertambangan tidak mengalami perubahan signifikan. Beberapa jenis tutupan lahan ini hanya mengambil sebagian kecil dari luas lahan gambut di Sumatera, sekitar 0,6–0,8%.*

Figure 3. Spatial distribution of land cover types in Sumatera in 1990 and 2015.
Gambar 3. *Sebaran spasial jenis tutupan lahan di Sumatera tahun 1990 dan 2015*



LC Peatland
Tutupan lahan gambut

- Undisturbed forest *Hutan tidak terganggu*
- Disturbed forest *Hutan terganggu*
- Forest plantation *Hutan tanaman*
- Dry shrub *Belukar kering*
- Perennial crops *Tanaman tahunan*
- Cloud covered *Tutupan awan*
- Urban areas *Perkotaan*
- Bare ground *Lahan terbuka*
- Savanna *Sabana*



Open water
Perairan terbuka

Dry agricultural land
Lahan pertanian kering

Fish pon
Tambak ikan

Mining area
Pertambangan

Wet shrub
Belukar basah

Paddy field
Sawah

Port and harbour
Bandara dan pelabuhan

Swamp
Rawa

KALIMANTAN PEATLANDS

As seen in Table 6, Kalimantan island has approximately 4.9 Mha of peatlands. In twenty-five-year period (1990–2014/2015), parts of land covers in Kalimantan peatlands have been changed (Figure 4). It was recorded that the highest total peatland conversion (14% or 0.7 Mha of Kalimantan peatlands) is during the first period, 1990–1995/1996. This number is lower compared to the percentage of peatland cover change in Sumatera.

Deforestation is still the main issue for Kalimantan peatlands. Natural forest covered approximately 80% of Kalimantan peatlands in 1990, then 32% (1,5 Mha) of them have been converted until 2014/2015. About 0.6 Mha of deforestation area was found during the first period, then the number decreased to 0.23–0.28 Mha per period in the next terms. On the other hand, the total degraded land (dry and wet shrub, open swamp) and the cleared area in Kalimantan peatlands were widened significantly from 13% (of total peatland) in 1990 to 35% in 2015, or around 1.1 Mha where

LAHAN GAMBUT KALIMANTAN

Seperti terlihat pada Tabel 6, pulau Kalimantan memiliki sekitar 4,9 juta hektar lahan gambut. *Dalam kurun waktu dua puluh lima tahun (1990–2014/2015), sebagian tutupan lahan pada lahan gambut Kalimantan telah berubah (Gambar 4). Tercatat bahwa pengalihfungsian lahan gambut tertinggi (14% atau 0,7 juta hektar lahan gambut Kalimantan) terjadi pada periode pertama, 1990–1995/1996. Jumlah ini lebih rendah dibandingkan persentase perubahan tutupan lahan gambut di Sumatera.*

Deforestasi masih menjadi masalah utama bagi lahan gambut Kalimantan. *Hutan alami meliputi sekitar 80% lahan gambut Kalimantan pada tahun 1990, lalu 32% (1,5 juta hektar) dari hutan alami ini telah dialihfungsikan sampai tahun 2014/2015. Sekitar 0,6 juta hektar area deforestasi ditemukan selama periode pertama, kemudian jumlahnya menurun hingga 0,23–0,28 juta hektar per periode pada kurun waktu berikutnya. Di sisi lain, luas lahan terdegradasi (semak kering dan basah, rawa terbuka) dan area yang dibuka di lahan gambut Kalimantan meluas secara signifikan*

“ Natural forest covered approximately 80% of Kalimantan peatlands in 1990, then 32% (1,5 Mha) of them have been converted until 2014/2015. About 0.6 Mha of deforestation area was found during the first period, then the number decreased to 0.23–0.28 Mha per period in the next terms.

Hutan alami meliputi sekitar 80% lahan gambut Kalimantan pada tahun 1990, lalu 32% (1,5 juta hektar) dari hutan alami ini telah dialihfungsikan sampai tahun 2014/2015. Sekitar 0,6 juta hektar area deforestasi ditemukan selama periode pertama, kemudian jumlahnya menurun hingga 0,23–0,28 juta hektar per periode pada kurun waktu berikutnya.

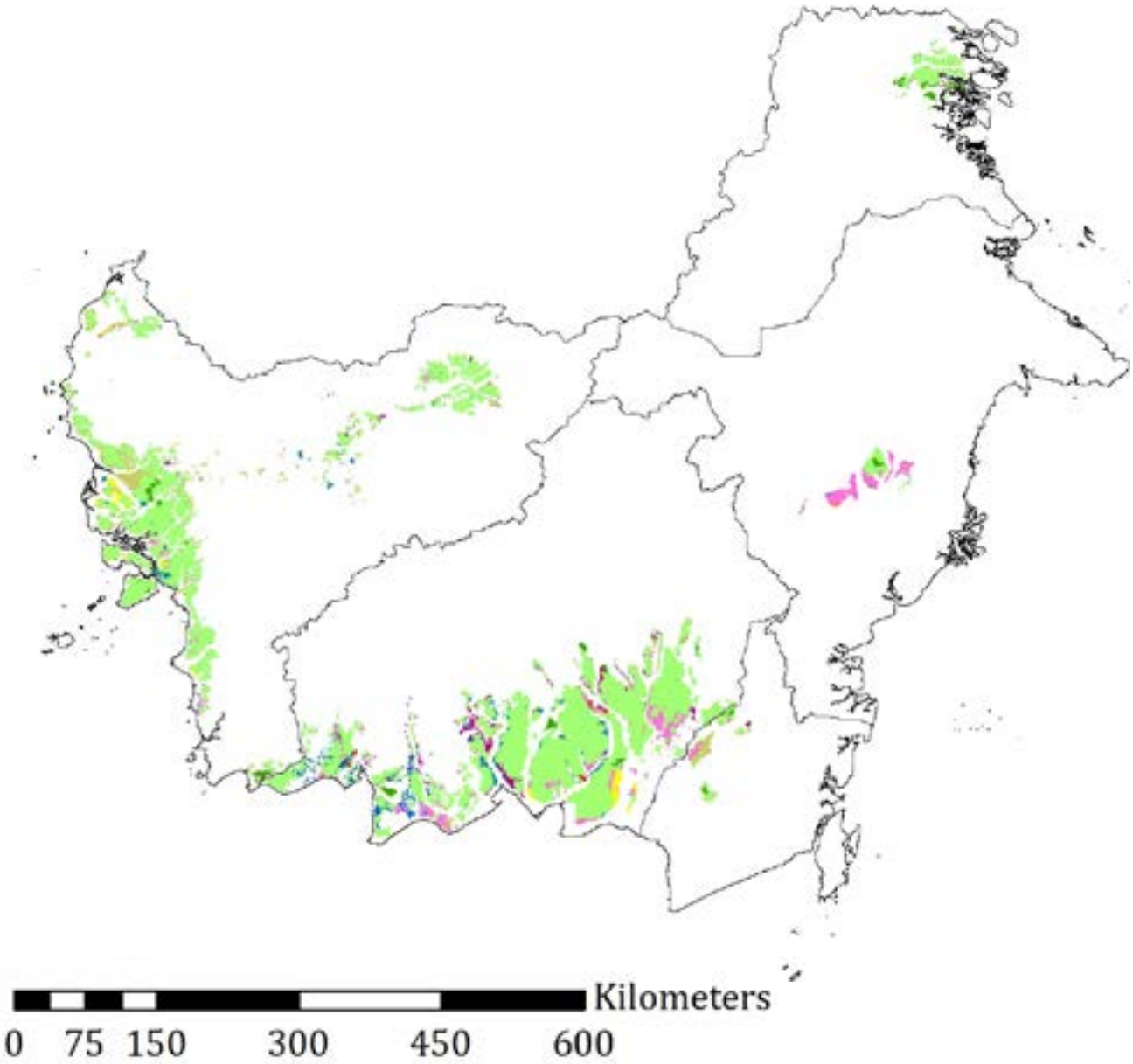
0.57 Mha of it was added during the first period.

dari 13% (dari total luas lahan gambut) pada tahun 1990 menjadi 35% pada tahun 2015, atau sekitar 1,1 juta hektar di mana 0,57 juta hektar di antaranya ditambahkan selama periode pertama.

Plantation and agricultural lands were also widespread in Kalimantan peatlands. In 1990, there were only 0.36 Mha of these types of LC (dominated by dry agricultural lands). However, this number was doubled to 0.77 Mha until 2015. Plantation and agricultural lands were expanded in every period. The highest changes were found during 2005/2006–2009/2010 for perennial crops, during 2010–2014/2015 for forest plantation and 1990–1995/1996 for agricultural lands. Looking at trend for other types of LCs, urban areas in Kalimantan peatlands increased during 1990–1995/1996 and then remained constant in the next period (0.02 Mha). Meanwhile, mining areas went up during the last period.

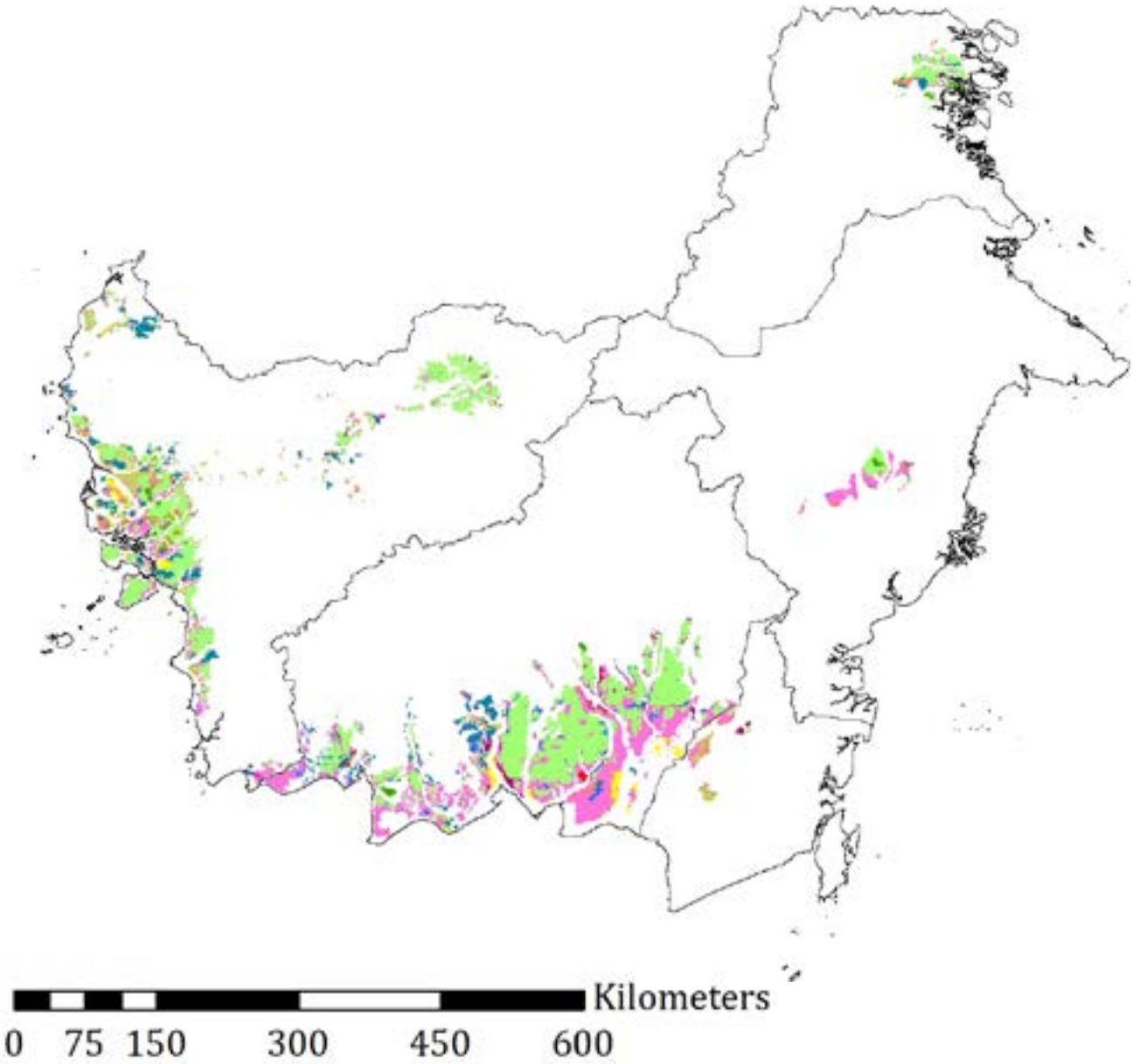
Lahan perkebunan dan pertanian juga menyebar luas di lahan gambut Kalimantan. *Pada tahun 1990, hanya ada 0,36 juta hektar jenis tutupan lahan ini (didominasi oleh lahan pertanian kering). Namun, jumlah ini berlipat ganda menjadi 0,77 juta hektar hingga tahun 2015. Lahan perkebunan dan pertanian diperluas pada setiap periode. Perubahan paling tinggi ditemukan selama tahun 2005/2006–2009/2010 untuk tanaman tahunan, selama 2010–2014/2015 untuk hutan tanaman, dan selama 1990–1995/1996 untuk lahan pertanian. Melihat kecenderungan jenis tutupan lahan lainnya, kawasan perkotaan di lahan gambut Kalimantan mengalami peningkatan selama 1990–1995/1996 dan kemudian tetap konstan dalam periode selanjutnya (0,02 juta hektar). Sedangkan, kawasan pertambangan meningkat selama periode terakhir.*

Figure 4. Spatial distribution of land cover types in Kalimantan in 1990 and 2015
Gambar 4. *Sebaran spasial jenis tutupan lahan di Kalimantan tahun 1990 dan 2015*



LC Peatland
Tutupan lahan gambut

- Undisturbed forest *Hutan tidak terganggu*
- Disturbed forest *Hutan terganggu*
- Forest plantation *Hutan tanaman*
- Dry shrub *Belukar kering*
- Perennial crops *Tanaman tahunan*
- Cloud covered *Tutupan awan*
- Urban areas *Perkotaan*
- Bare ground *Lahan terbuka*
- Savanna *Sabana*



Open water
Perairan terbuka

Dry agricultural land
Lahan pertanian kering

Fish pon
Tambak ikan

Mining area
Pertambangan

Wet shrub
Belukar basah

Paddy field
Sawah

Port and harbour
Bandara dan pelabuhan

Swamp
Rawa

Table 5. Extent account of peatlands in Sumatera
Tabel 5. *Neraca luas lahan gambut di Sumatera*

Peatland cover Sumatera *Tutupan lahan gambut Sumatera*	Undisturbed forest *Hutan yang belum terganggu*	Disturbed forest *Hutan yang terganggu*	Degraded peatland *Lahan gambut terdegradasi*				Bare ground *Lahan terbuka*	Forest plantation *Hutan tanaman*
			Dry shrub *Semak kering*	Wet shrub *Semak basah*	Savanna and Grasses *Sabana dan stepa*	Open swamps *Rawa terbuka*		
Opening stock (1990) *Stok awal (1990)*	481	4159	106	617	7	38	33	7
Additions *Penambahan*	0	22	25	75	0	0	64	30
Reductions *Pengurangan*	30	357	2	37	0	0	1	6
1995/1996	450	3824	128	656	7	38	96	32
Additions *Penambahan*	0	2	49	608	59	26	131	16
Reductions *Pengurangan*	73	1166	26	92	2	3	14	0
2000	37	2659	150	1173	63	61	213	48
Additions *Penambahan*	50	94	19	292	0	0	344	225
Reductions *Pengurangan*	26	673	17	267	6	0	91	12
2005/2006	402	2081	152	1198	57	61	466	262
Additions *Penambahan*	0	59	33	347	0	0	149	219
Reductions *Pengurangan*	121	497	16	111	0	2	260	61
2009/2010	281	1642	169	1434	57	60	355	420
Additions *Penambahan*	0	50	64	166	0	10	183	493
Reductions *Pengurangan*	56	435	134	405	6	22	158	50
2014/2015	225	1257	100	1195	52	47	380	864

Perennial crops *Tanaman tahunan*	Dry agricultural land *Lahan pertanian kering*	Paddy field *Sawah*	Water *Air*	Urban *Perkotaan*	Mining area *Pertambangan*	Fish pond *Tambak ikan*	Airport *Bandar Udara*	Cloud coverage *Tutupan awan*	Total
378	317	192	5	30	6	1	0	1	6376
158	68	15	0	1	0	0	0	0	456
0	20	5	0	0	0	0	0	0	456
535	365	202	5	31	6	1	0	0	6376
421	91	10	0	4	1	6	0	3	1426
15	35	0	0	0	0	0	0	0	1426
941	422	213	5	35	6	7	0	3	6376
81	7	2	0	0	0	1	0	0	1116
15	8	0	0	0	0	0	0	1	1116
1007	421	214	4	35	7	8	0	2	6376
215	65	1	0	0	0	0	0	0	1087
11	7	0	0	0	0	0	0	2	1087
1211	479	215	4	35	6	8	0	0	6376
201	154	3	0	0	0	0	0	0	1324
13	20	25	0	0	0	0	0	0	1324
1398	612	192	4	34	7	8	0	0	6376

Table 6. Extent account of peatlands in Kalimantan
Tabel 6. *Neraca luas lahan gambut di Kalimantan*

Total area (in 1000 ha)								
			Degraded peatland *Lahan gambut terdegradasi*					
Peatland cover Kalimantan *Tutupan lahan gambut Kalimantan*	Undisturbed forest *Hutan yang belum terganggu*	Disturbed forest *Hutan yang terganggu*	Dry shrub *Semak kering*	Wet shrub *Semak basah*	Savanna and Grasses *Sabana dan stepa*	Open swamps *Rawa terbuka*	Bare ground *Lahan terbuka*	Forest plantation *Hutan tanaman*
Opening stock (1990) *Stok awal (1990)*	113	3790	86	398	0	105	27	0
Additions *Penambahan*	0	19	12	435	0	102	23	1
Reductions *Pengurangan*	33	575	25	20	0	11	6	0
1995/1996	80	3234	73	814	0	196	44	1
Additions *Penambahan*	0	9	7	251	0	1	5	0
Reductions *Pengurangan*	11	265	0	8	0	0	4	1
2000	68	2978	79	1058	0	198	44	0
Additions *Penambahan*	0	52	4	274	0	29	21	0
Reductions *Pengurangan*	6	231	3	107	0	99	3	0
2005/2006	62	2799	80	1225	0	127	62	0
Additions *Penambahan*	0	1	5	139	0	2	41	1
Reductions *Pengurangan*	6	236	11	66	0	1	9	0
2009/2010	58	2565	74	1298	0	128	94	1
Additions *Penambahan*	0	14	3	86	0	1	119	29
Reductions *Pengurangan*	7	271	1	52	0	5	9	0
2014/2015	50	2308	77	1332	0	123	203	30

Luas lahan keseluruhan (dalam 1000 ha)

Perennial crops *Tanaman tahunan*	Dry agricultural land *Lahan pertanian kering*	Paddy field *Sawah*	Water *Air*	Urban *Perkotaan*	Mining area *Pertambangan*	Fish pond *Tambak ikan*	Airport *Bandar Udara*	Cloud coverage *Tutupan awan*	Total
59	231	68	6	16	1	0	0	0	4898
33	30	46	0	7	0	0	0	0	708
19	19	1	0	0	0	0	0	1	708
73	243	113	5	22	1	0	0	0	4898
11	12	2	0	0	0	0	0	0	299
1	7	2	0	0	0	0	0	0	299
83	248	113	5	22	1	0	0	0	4898
48	26	5	0	0	0	0	0	0	459
0	6	3	0	0	0	0	0	0	459
131	268	115	5	22	1	0	0	0	4898
126	11	10	0	0	0	0	0	0	337
0	9	0	0	0	0	0	0	0	337
256	270	126	5	22	2	0	0	0	4898
81	15	1	0	0	1	0	0	0	349
1	1	1	0	0	0	0	0	0	349
336	284	126	6	22	3	0	0	0	4898

4.2
Ecosystem condition account
Neraca kondisi ekosistem

4.2.1 Vegetation biomass
Biomassa vegetasi

Table 7 summarises the total dry biomass matter in Sumatera and Kalimantan peatlands, estimated based on references in Annex 1. In a twenty-five-year period (1990 to 2015), 35% and 27% of total vegetation biomass was lost in Sumatera and Kalimantan, respectively. The loss of biomass was mainly caused by the LC changes as explained in the ecosystem extend account. Referring to data sources (Annex 1), the undisturbed forests have the highest biomass density (419 tdm/ha in Sumatera and 383 tdm/ha in Kalimantan), followed by disturbed forests (275 tdm/ha and 276 tdm/ha). Around 91% (Sumatera) and 95% (Kalimantan) of total biomass in 1990 was stored in the form of forests, but this number decreased to 46% and 76% in 2015. The converted areas such as plantation forest, perennial crops, agricultural and degraded lands only had a slight contribution to the additional biomass because of the low density of biomass. The loss from deforestation was much higher (Figure 5).

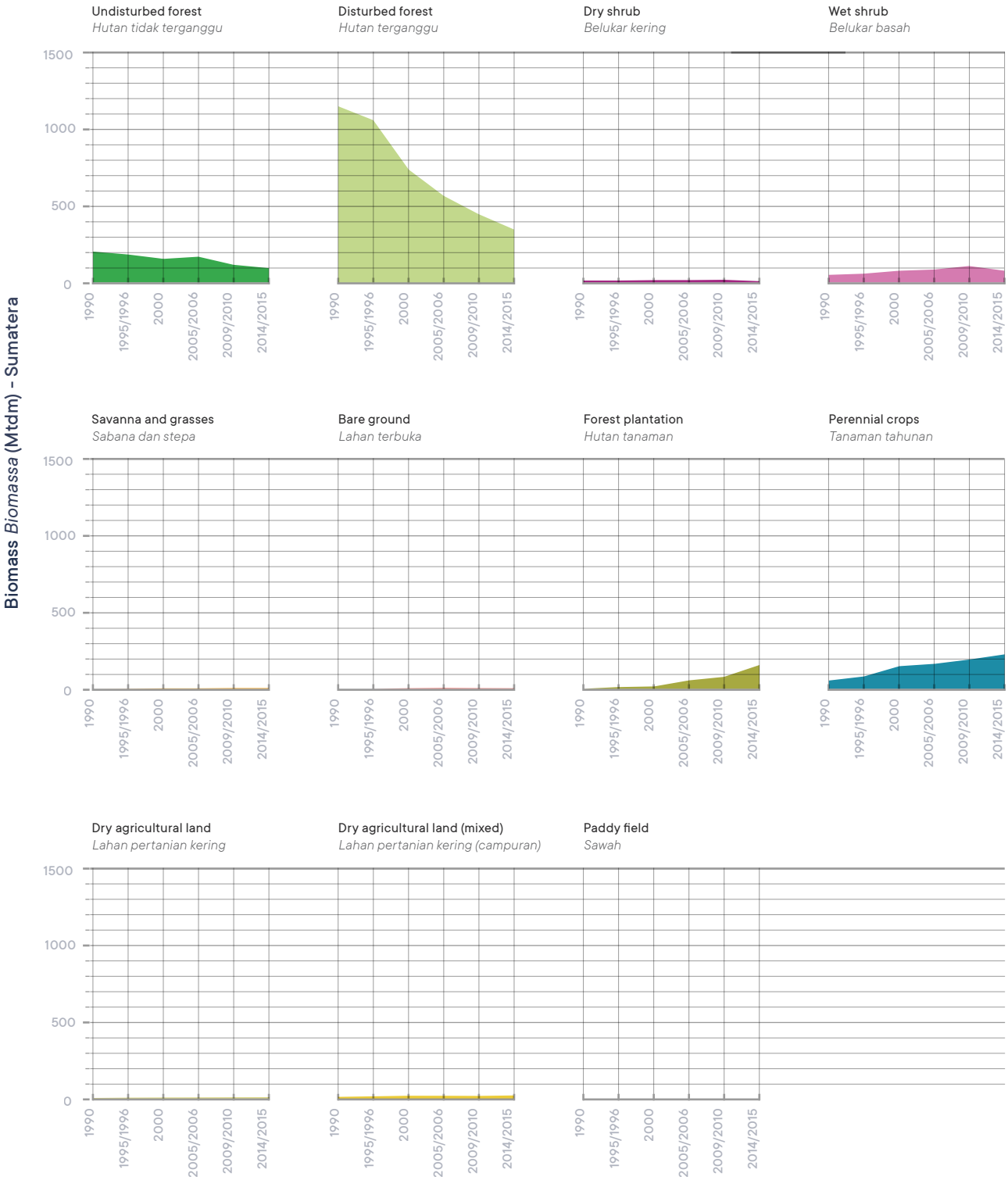
Tabel 7 merangkum total biomassa bahan kering di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan, yang dihitung berdasarkan acuan pada Lampiran 1. *Dalam kurun waktu dua puluh lima tahun (1990 - 2015), 35% dan 27% total biomassa vegetasi hilang masing-masing di Sumatera dan Kalimantan. Hilangnya biomassa terutama disebabkan oleh perubahan tutupan lahan seperti dijelaskan di neraca luas ekosistem. Mengacu pada berbagai sumber data (Lampiran 1), hutan yang belum terganggu memiliki kepadatan biomassa tertinggi (419 tdm/ha di Sumatera dan 383 tdm/ha di Kalimantan), disusul oleh hutan yang telah terganggu (275 tdm/ha dan 276 tdm/ha). Sekitar 91% (Sumatera) dan 95% (Kalimantan) dari total biomassa pada tahun 1990 tersimpan dalam bentuk hutan, tetapi jumlah ini menurun menjadi 46% dan 76% pada tahun 2015. Area yang dialihfungsikan seperti hutan tanaman, tanaman tahunan, lahan pertanian, dan lahan terdegradasi hanya memiliki sedikit kontribusi terhadap tambahan biomassa karena kepadatan biomassa yang rendah. Kehilangan biomassa akibat deforestasi jauh lebih tinggi (Gambar 5).*

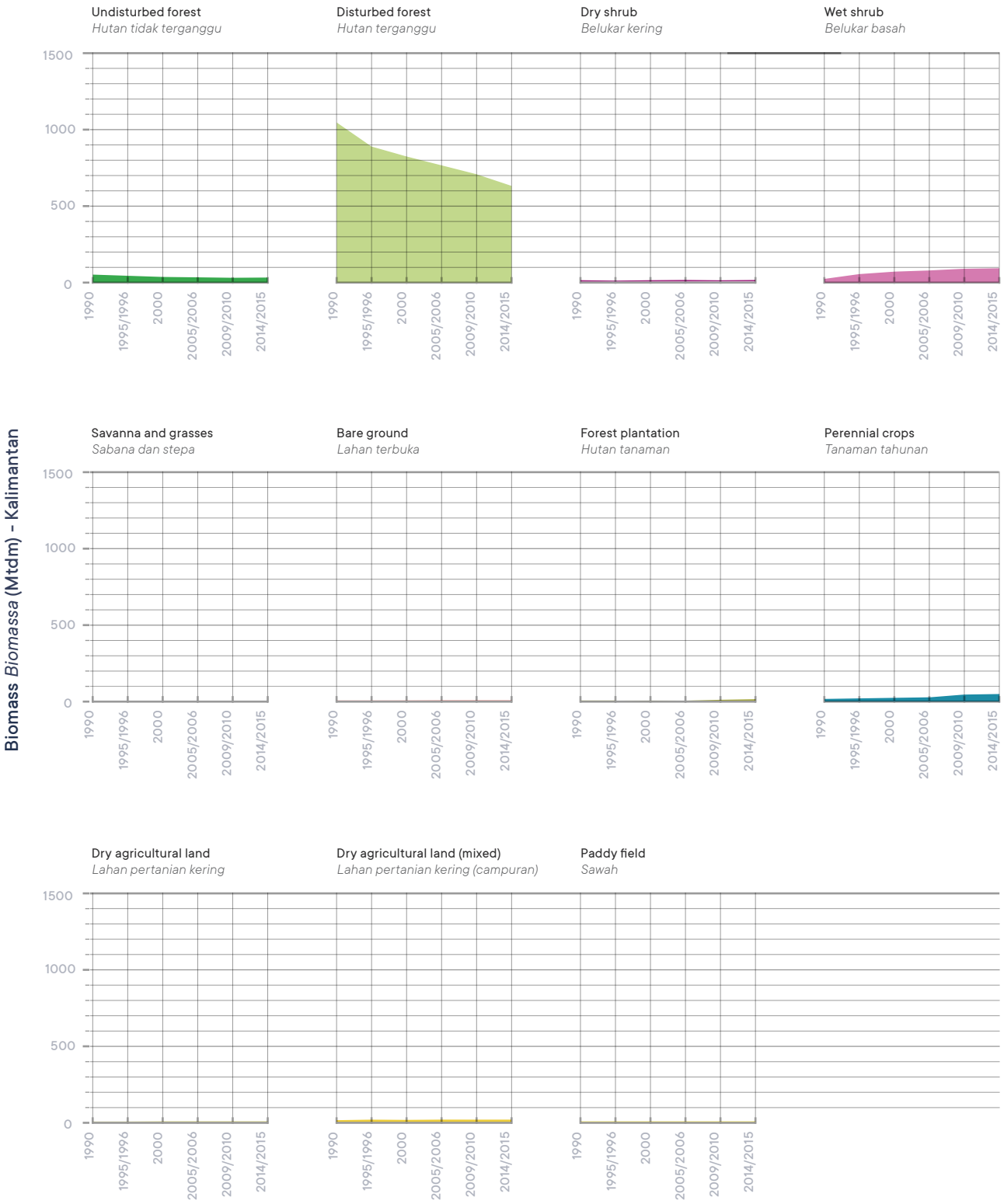
Table 7. Total vegetation biomass in Sumatera and Kalimantan peatlands 1990–2015
Tabel 7. *Total biomassa vegetasi di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 1990–2015*

Indicator *Indikator*	**Peatlands in** *Lahan gambut di*	**1990**	**1995/ 1996**	**2000**	**2005/ 2006**	**2009/ 2010**	**2014/ 2015**
Vegetation biomass (Mtdm) *Biomassa vegetasi (Mtdm)*	Sumatera	1475	1409	1170	1079	991	965
	Kalimantan	1148	1015	959	928	887	835

Figure 5. Total biomass (vegetation) in different land cover types of peatland in Sumatera and Kalimantan 1990–2015

Gambar 5. *Total biomassa (vegetasi) dari beragam jenis tutupan lahan di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan 1990–2015*




Biomass *Biomassa* (Mtdm) - Kalimantan
Undisturbed forest
Hutan tidak terganggu
Disturbed forest
Hutan terganggu
Dry shrub
Belukar kering
Wet shrub
Belukar basah
Savanna and grasses
Sabana dan stepa
Bare ground
Lahan terbuka
Forest plantation
Hutan tanaman
Perennial crops
Tanaman tahunan
Dry agricultural land
Lahan pertanian kering
Dry agricultural land (mixed)
Lahan pertanian kering (campuran)
Paddy field
Sawah
1500
1000
500
0
1990
1995/1996
2000
2005/2006
2009/2010
2014/2015

4.2.2 Groundwater level

Ketinggian permukaan air tanah

The estimated groundwater level is retrieved using interpolation of the (limited set of) available data points. The result (Figure 6) shows that the annual average of water level in 2013 varied from 0–117 cm in Sumatera and from 0–96 cm in Kalimantan. The deepest drainage was in the areas of perennial crop, plantation forest, bare land and degraded peat swamp forest in the distance less than 500 m from those areas. It was deeper in north-eastern parts of Sumatera. The value of coefficient of variation (CV) of root mean square error (RMSE) for the model are 0.15 (Sumatera) and 0.19 (Kalimantan). These numbers are close to 0 (range 0–1) which means that the models are sufficiently accurate, with regards to representing the data points (see details in Annex 13).

Perkiraan ketinggian permukaan air tanah dilakukan dengan menggunakan interpolasi (kumpulan terbatas dari) titik data yang tersedia. *Hasil (Gambar 6) menunjukkan bahwa rata-rata ketinggian permukaan air tanah tahunan pada tahun 2013 bervariasi dari 0 cm hingga 117 cm di Sumatera dan dari 0 cm hingga 96 cm di Kalimantan. Pengeringan terdalam terjadi di area tanaman tahunan, hutan tanaman, lahan terbuka, dan hutan rawa gambut terdegradasi dalam jarak kurang dari 500 m dari area tersebut. Pengeringan lebih dalam terjadi di bagian timur laut Sumatera. Nilai koefisien variasi (Coefficient of Variation, CV) dari akar kesalahan kuadrat rata-rata (root mean square error, RMSE) untuk model tersebut adalah 0,15 (Sumatera) dan 0,19 (Kalimantan). Angka-angka ini dekat dengan 0 (rentang 0–1) yang berarti bahwa model tersebut cukup akurat, dari segi penggambaran titik data (lihat rincian pada Lampiran 3).*

Figure 6. Estimated water level map of Sumatera and Kalimantan peatlands in 2013

Gambar 6. *Peta perkiraan ketinggian permukaan air dari lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan pada tahun 2013*

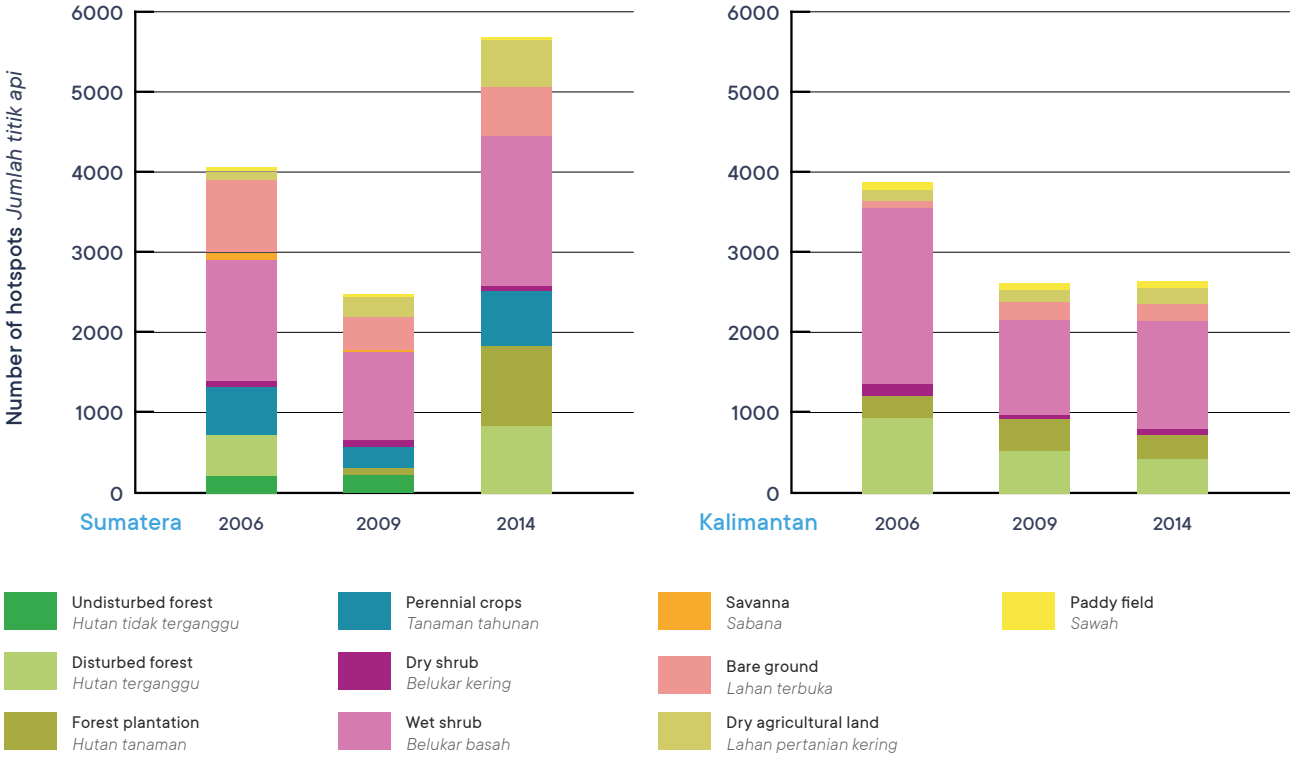
4.2.3 Hotspots
Titik api

The hotspots are detected in different LC types (Figure 7). The highest percentage of total hotspots was in peatlands covered by wet shrub (33–45% in Sumatera, 46–57% in Kalimantan). Hotspots in Sumatera were also found in bare ground (10–22%), perennial crops (11–14%), disturbed forest (9–14%), and other LC types (below 10%). A significant increasing number of hotspots was showed in forest plantation from 1% in 2006 to 18% in 2014. Meanwhile in Kalimantan, other than in wet shrub, 17–25% of total hotspots was detected in disturbed forest, while other LCs experienced hotspots under 8% except the in perennial crops (14% in 2009 and 11% in 2014).

Titik api dideteksi pada berbagai jenis tutupan lahan (Gambar 7). *Persentase tertinggi dari total titik api ada pada lahan gambut yang ditutupi oleh semak basah (33–45% di Sumatera, 46–57% di Kalimantan). Titik api di Sumatera juga ditemukan di lahan terbuka (10–22%), tanaman tahunan (11–14%), hutan yang telah terganggu (9–14%), dan jenis tutupan lahan lainnya (di bawah 10%). Peningkatan jumlah titik api yang signifikan ditunjukkan pada hutan tanaman dari 1% pada tahun 2006 hingga 18% pada tahun 2014. Sedangkan di Kalimantan, selain di semak basah, 17–25% dari total titik api terdeteksi di hutan yang telah terganggu, sedangkan tutupan lahan lain mengalami titik api di bawah 8% kecuali di area tanaman tahunan (14% pada tahun 2009 dan 11% pada tahun 2014).*

Figure 7. Number of hotspots (with confidence value ≥ 80%) in different land cover types of peatland in Sumatera and Kalimantan for 2006, 2009 and 2014

Gambar 7. *Jumlah titik api (dengan nilai kepercayaan ≥ 80%) di beragam jenis tutupan lahan di Sumatera dan Kalimantan tahun 2006, 2009, dan 2014*



MODIS reports uncertainty of hotspot measurements. The higher the applied confidence level, the lower the number of hotspots detected. Around 95–96% of total hotspots have minimal confidence level 30, meanwhile 42–55% of hotspots was found in the higher level (confidence level ≥80). The total hotspots also vary temporally. In total, the least number of hotspots was during 2009, and the highest ones were in 2006 and 2014. A lower number in 2009 could be affected by a La Niña phenomenon in the previous year, where the climate condition of Indonesia is wetter than average (see details about ENSO years in Annex 11). The spatial distribution of hotspots can be seen in Annex 2.

MODIS melaporkan ketidakpastian dalam pengukuran titik api. *Semakin tinggi tingkat kepercayaan yang diterapkan, semakin sedikit jumlah titik api yang dideteksi. Sekitar 95–96% dari total titik api memiliki tingkat kepercayaan 30, sedangkan 42–55% titik api ditemukan di pada tingkat kepercayaan yang lebih tinggi (tingkat kepercayaan ≥80). Total titik api juga bervariasi pada waktu yang berbeda. Secara keseluruhan, jumlah titik api paling sedikit adalah selama 2009, dan yang terbanyak adalah pada 2006 dan 2014. Jumlah yang lebih sedikit pada tahun 2009 bisa dipengaruhi oleh fenomena La Niña pada tahun sebelumnya, ketika keadaan iklim Indonesia lebih basah dari rata-rata (lihat rincian mengenai tahun ENSO pada Lampiran 11). Sebaran spasial titik api dapat dilihat pada Lampiran 2.*

4.3 Ecosystem service account

Neraca jasa ekosistem

Table 8 shows the physical values of five ES estimated based on MoEFRI land cover data. The values of three ES, timber production, CO_2 sequestration and protected habitat decreased since 2000. Timber production in Sumatera and Kalimantan peatlands went down by 59% and 27%. The total CO_2 sequestration declined by 40% (Sumatera) and 26% (Kalimantan) while the total protected habitat was narrowed by 6% (Sumatera) and 11% (Kalimantan). On the other hand, the expansion of forest plantation led to the increasing of total biomass (acacia) production dramatically, in particular Sumatera, from 1 Mt/year in 2000 to 18 Mt/year in 2015. Besides, the results show no notable change on paddy production. The production of paddy has slightly increased from 2000 to 2010, then remained constant

Tabel 8 menunjukkan nilai fisik dari lima jasa ekosistem yang diperkirakan berdasarkan data tutupan lahan KLHK. *Nilai dari tiga jasa ekosistem, produksi kayu, penyerapan CO_2, dan perlindungan habitat menurun sejak 2000. Produksi kayu di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan menurun masing-masing 59% dan 27%. Total penyerapan CO_2 menurun 40% (Sumatera) dan 26% (Kalimantan), sedangkan total habitat lindung menurun tajam 6% (Sumatera) dan 11% (Kalimantan). Di sisi lain, perluasan hutan tanaman menyebabkan peningkatan pada total produksi biomassa (akasia) secara dramatis, khususnya Sumatera, dari 1 Mt/tahun pada 2000 menjadi 18 Mt/tahun pada 2015. Selain itu, hasil tidak menunjukkan perubahan penting pada produksi padi. Produksi padi sedikit meningkat dari tahun*

(in Kalimantan) and has decreased (in Sumatera) in 2015. The spatial distribution of each ES can be seen in Annex 7.

2000 hingga 2010, kemudian tetap konstan (di Kalimantan) dan menurun (di Sumatera) pada tahun 2015. Sebaran spasial dari masing-masing jasa ekosistem dapat dilihat pada Lampiran 7.

Table 8. Physical values of ecosystem services in Sumatera and Kalimantan peatlands
Tabel 8. *Nilai fisik jasa ekosistem di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*

ES specification *Spesifikasi jasa ekosistem*	**Unit** *Unit*		**Physical value of ES** *Nilai fisik jasa ekosistem*			
			2000	2005/2006	2009/2010	2014/2015
Timber production *Produksi kayu*	1000 m3/year (tahun)	Sumatera	1893	1482	1094	777
		Kalimantan	794	741	666	576
Biomass production for pulp *Produksi biomassa untuk bubur kayu*	1000 m3/year (tahun)	Sumatera	1011	5503	8833	18161
		Kalimantan	0	2	24	624
Paddy production *Produksi padi*	1000 m3/year (tahun)	Sumatera	620	625	627	561
		Kalimantan	192	196	214	214
CO_2 sequestration *Penyerapan CO_2*	1000 m3/year (tahun)	Sumatera	7175	7629	5337	4282
		Kalimantan	1299	1182	1099	958
Protected habitat *Habitat lindung*	1000 m3/year (tahun)	Sumatera	442	451	423	416
		Kalimantan	892	851	816	794

Table 9. Monetary values of ecosystem services in Sumatera and Kalimantan peatlands
Tabel 9. *Nilai moneter jasa ekosistem di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*

ES specification *Spesifikasi jasa ekosistem*		**Physical value of ES** *Nilai fisik jasa ekosistem*			
		2000	2005/2006	2009/2010	2014/2015
Timber production *Produksi kayu*	Sumatera	1278	1001	739	525
	Kalimantan	536	500	450	389
Biomass production for pulp *Produksi biomassa untuk bubur kayu*	Sumatera	95	518	831	1709
	Kalimantan	0	0	2	59
Paddy production *Produksi padi*	Sumatera	1510	1522	1526	1365
	Kalimantan	338	344	375	376
CO_2 sequestration *Penyerapan CO_2*	Sumatera	2498	2656	1858	1491
	Kalimantan	452	412	383	334
Protected habitat *Habitat lindung*	Sumatera	-	-	-	-
	Kalimantan	-	-	-	-

Comparing the monetary value of five ES in 2000, CO_2 sequestration had the highest value, following by paddy production and timber production (Table 9). Note that if a restoration cost approach would be followed to value biodiversity based on the values presented in the previous section, then this service would have the highest value (reflecting the high costs of restoring peatlands). Due to the decreasing physical values of timber production and CO_2 sequestration over time (related to land conversion), the monetary values of these ES went down as well. Timber production that provided IDR 1,814 billion throughout 2000 decreased to IDR 914 billion in 2015, the lowest value among five ES.

Membandingkan nilai moneter dari lima jasa ekosistem pada tahun 2000, penyerapan CO_2 memiliki nilai tertinggi, disusul produksi padi dan produksi kayu (Tabel 9). *Perlu diperhatikan bahwa jika pendekatan biaya restorasi akan disertakan untuk menilai keanekaragaman hayati berdasarkan nilai-nilai yang disajikan pada bagian sebelumnya, maka jasa ini akan memiliki nilai tertinggi (mencerminkan tingginya biaya pemulihan lahan gambut). Karena penurunan nilai fisik produksi kayu dan penyerapan CO_2 dari waktu ke waktu (terkait dengan pengalihfungsian lahan), nilai moneter dari jasa ekosistem ini juga turun. Produksi kayu yang menghasilkan Rp1.814 miliar sepanjang tahun 2000 menurun menjadi Rp914 miliar pada tahun 2015, nilai terendah di antara kelima jasa ekosistem.*

OIL PALM PRODUCTION

Table 10 explains the total area of oil palm plantation in peatlands from several data sources. According to the references (Annex 3), there were only 0.6 Mha (Sumatera) and 840 ha (Kalimantan) of oil palm plantation in 2000. The areas of plantation in both islands

PRODUKSI SAWIT

Tabel 10 menjelaskan luas perkebunan sawit di atas lahan gambut yang diperoleh dari beberapa sumber data. *Berdasarkan berbagai referensi (Lampiran 3), hanya ada 0,6 juta hektar (Sumatera) dan 840 hektar (Kalimantan) perkebunan sawit pada tahun 2000. Kawasan perkebunan sawit di kedua*

Table 10. Total area of oil palm plantation in Sumatera and Kalimantan peatlands in 2000, 2005, 2010, and 2014
Tabel 10. *Luas perkebunan sawit di atas lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 2000, 2005, 2010, dan 2014*

ES specification *Spesifikasi jasa ekosistem*		**Luas di lahan gambut (1000 ha)** *Total area in peatland (1000 ha)*			
		2000	2005/2006	2009/2010	2014/2015
Timber production *Produksi kayu*	Sumatera	621[a]	1007[b]	1210[a]	1414[c]
	Kalimantan	1[a]	131[b]	256[a]	480[c]

Note:

a estimated from Gunarso et al. 34, the values were adjusted from Wetlands International map 62, 63 with estimated peat area of 20.8 million ha to MoARI map (14.9 million ha of peatland)
diperkirakan dari Gunarso et al.34, nilai disesuaikan dari peta International Wetlands62, 63 dengan perkiraan luas lahan gambut 20,8 juta hektar ke peta Kementan (14,9 juta hektar lahan gambut

b the total area of perennial crops of LC map of MoEFRI, we used this source because estimated oil palm plantation in peatland from Gunarso et al. 34 in 2005 and 2010 was larger, which could be located in other LC;
luas daerah tanaman tahunan dari peta tutupan lahan KLHK, kami menggunakan sumber ini karena perkiraan perkebunan sawit di lahan gambut dari Gunarso et al.34 tahun 2005 dan 2010 lebih luas, yang dapat ditemukan di tutupan lahan lain

c estimated from plantation map from WRI and Transparent World 37, overlaid with peatland map from MoARI (see details in Annex 3).
diperkirakan dari peta perkebunan WRI dan Transparent World 37, yang ditumpangsusun dengan peta lahan gambut Kementan (lihat rincian di Lampiran 3).

expanded dramatically, and in 2014, they took 22% and 10% of total peatlands in Sumatera and Kalimantan. In total, there were 1.9 Mha of oil palm plantation in peatlands in 2014.

pulau meluas secara drastis, dan pada tahun 2014, perkebunan sawit ini mengambil masing-masing 22% dan 10% dari total lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan. Secara keseluruhan, terdapat 1,9 juta hektar perkebunan sawit di lahan gambut tahun 2014.

The expansion of oil palm plantation resulted to the increasing of total production. It is estimated that there were 32 Mt of FFB produced in 2014, triple times higher than the total production in 2000. The estimated economic value of the production reached IDR 4,336 billion in 2014, of which 93% was produced in Sumatera peatlands (Table 11).

Perluasan perkebunan kelapa sawit mengakibatkan peningkatan total produksi. *Diperkirakan ada 32 Mt tandan buah segar (FFB) yang diproduksi pada tahun 2014, tiga kali lebih tinggi dari total produksi pada tahun 2000. Perkiraan nilai ekonomi dari produksi tersebut mencapai Rp4.336 miliar pada tahun 2014, di mana 93% diproduksi di lahan gambut Sumatera (Tabel 11).*

Table 11. Physical and monetary value of oil palm production in Sumatera and Kalimantan peatlands in 2000, 2005, 2010, and 2014

Tabel 11. *Nilai fisik dan moneter dari produksi kelapa sawit di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan pada tahun 2000, 2005, 2010, dan 2014*

ES specification *Spesifikasi jasa ekosistem*		**Physical value (1000 t FFB/year)** *Nilai fisik (1000 t FFB/tahun)*				**Monetary value of ES (IDR billion/year)** *Nilai moneter jasa ekosistem (Miliar Rp/tahun)*			
		2000	2005/ 2006	2009/ 2010	2014/ 2015	2000	2005/ 2006	2009/ 2010	2014/ 2015
Timber production *Produksi kayu*	Sumatera	10389	16837	20242	23635	1764	2858	3436	4012
	Kalimantan	14	2185	4282	8022	1	88	173	324

4.4 Carbon account
Neraca karbon

4.4.1 Carbon stocks (vegetation)
Cadangan karbon (vegetasi)

Table 12. Total carbon (CO_2-eq) stocks as vegetation in Sumatera and Kalimantan peatlands 1990–2015
Tabel 12. *Total cadangan karbon (CO_2-eq) sebagai vegetasi di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 1990–2015*

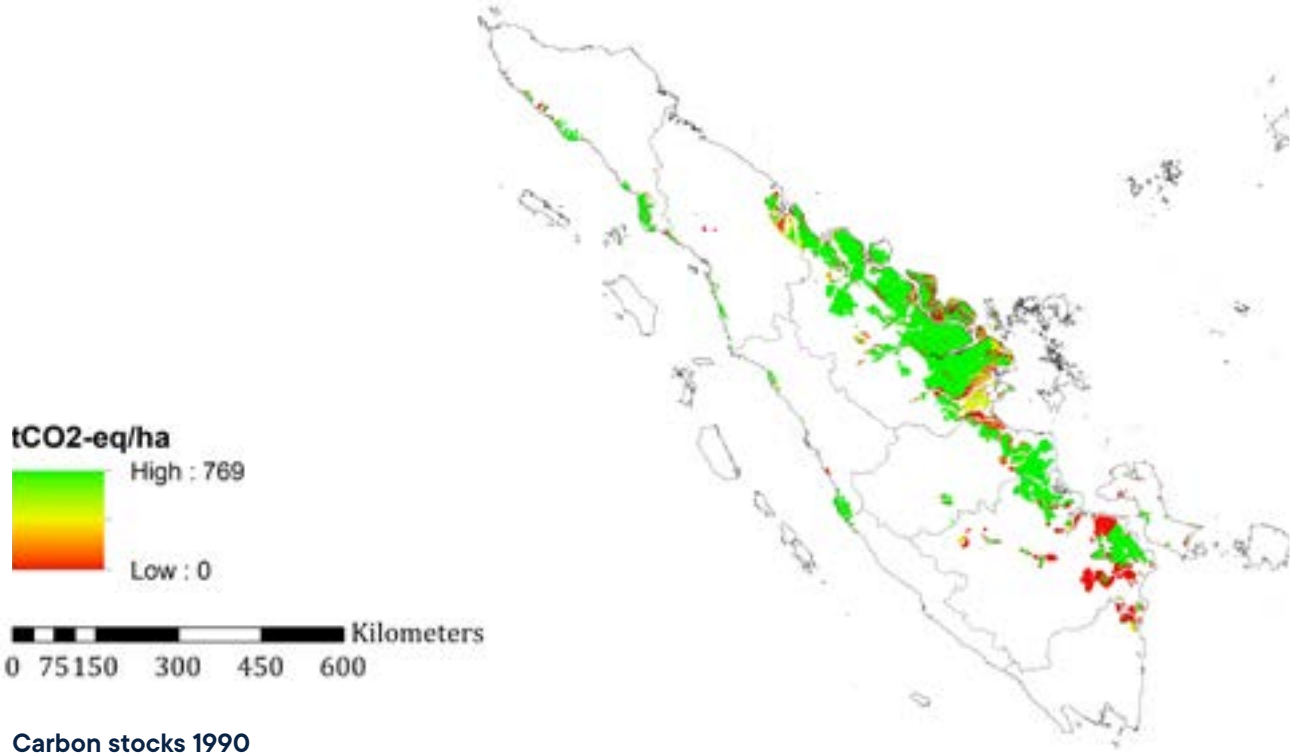
Indicator *Indikator*	**Peatland in** *Rawa*	**Mt CO_2**				
		1990	1995/1996	2005/2006	2009/2010	2014/2015
Carbon stock (Vegetation) *Stok karbon (Vegetasi)*	Sumatera	2707	2148	1980	1819	1770
	Kalimantan	2107	1759	1702	1628	1770

Deforestation and land use changes in peatland lead to the decrease of carbon stored in vegetation. Table 12 explains that vegetation of peatlands in 1990 stored around 4.8 Gt of CO_2-eq, however, 31% (1.5 Gt of CO_2-eq) of this stock was lost in 2015. Spatially, the decrease in carbon stocks was found in every province as seen in Figure 8. The extensive green areas (indicating high carbon stocks) in 1990 faded in next twenty-five years (2014/2015). The largest carbon loss was detected during the first period (1990–1995/1996) and second period (1995/1996–2000), Afterwards, the rate of total carbon loss decreased.

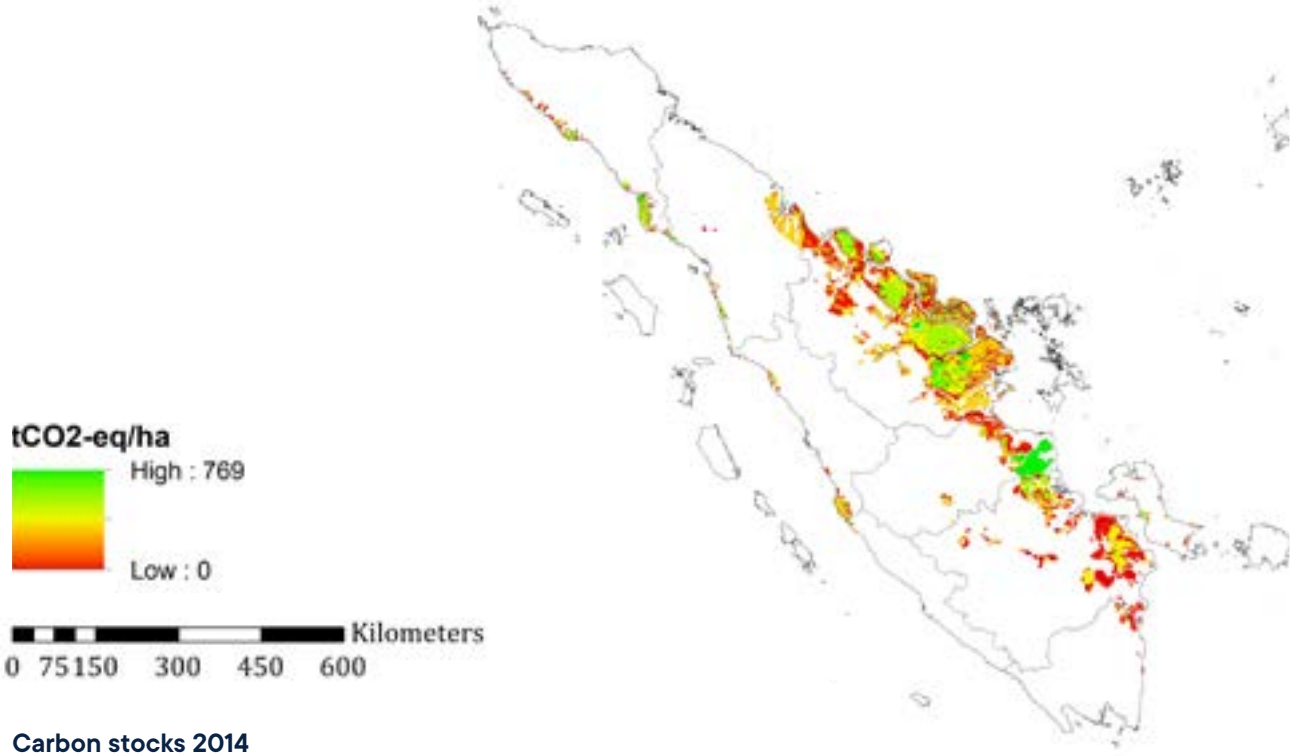
Deforestasi dan perubahan penggunaan lahan di lahan gambut mengakibatkan penurunan karbon yang tersimpan dalam vegetasi. *Tabel 12 menjelaskan bahwa vegetasi lahan gambut pada tahun 1990 menyimpan 4,8 Gt CO_2-eq, tetapi, 31% (1,5 Gt CO_2-eq) dari cadangan ini hilang pada tahun 2015. Secara spasial, penurunan cadangan karbon ditemukan di setiap provinsi seperti yang terlihat pada Gambar 8. Area hijau yang luas (menunjukkan cadangan karbon tinggi) pada 1990 memudar dalam dua puluh lima tahun kemudian (2014/2015). Kehilangan karbon terbesar terdeteksi selama periode pertama (1990–1995/1996) dan periode kedua (1995/1996–2000), Setelah itu, keseluruhan laju kehilangan karbon mengalami penurunan.*

Figure 8. Spatial distribution of carbon stocks (vegetation) in Sumatera and Kalimantan peatlands in 1990 and 2014

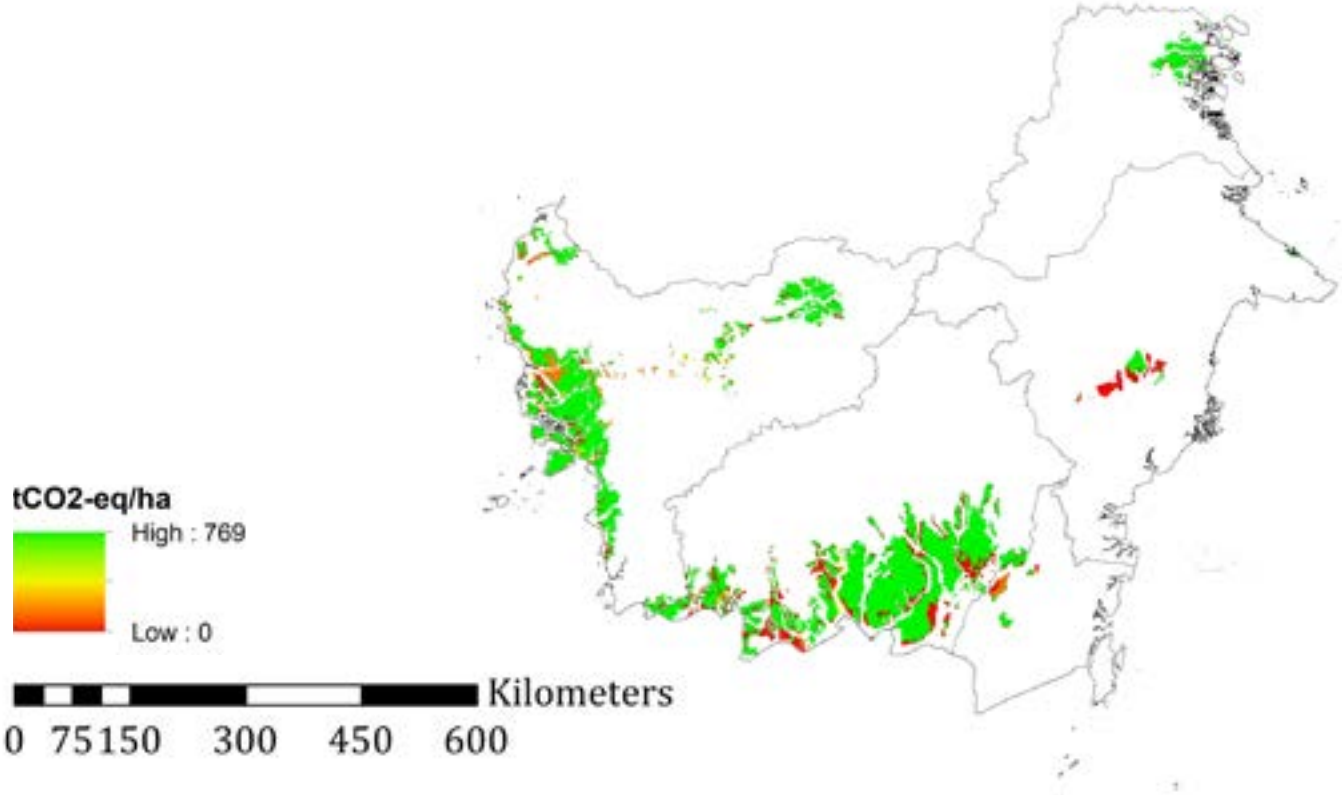
Gambar 8. *Sebaran spasial cadangan karbon (vegetasi) di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 1990 dan 2014*



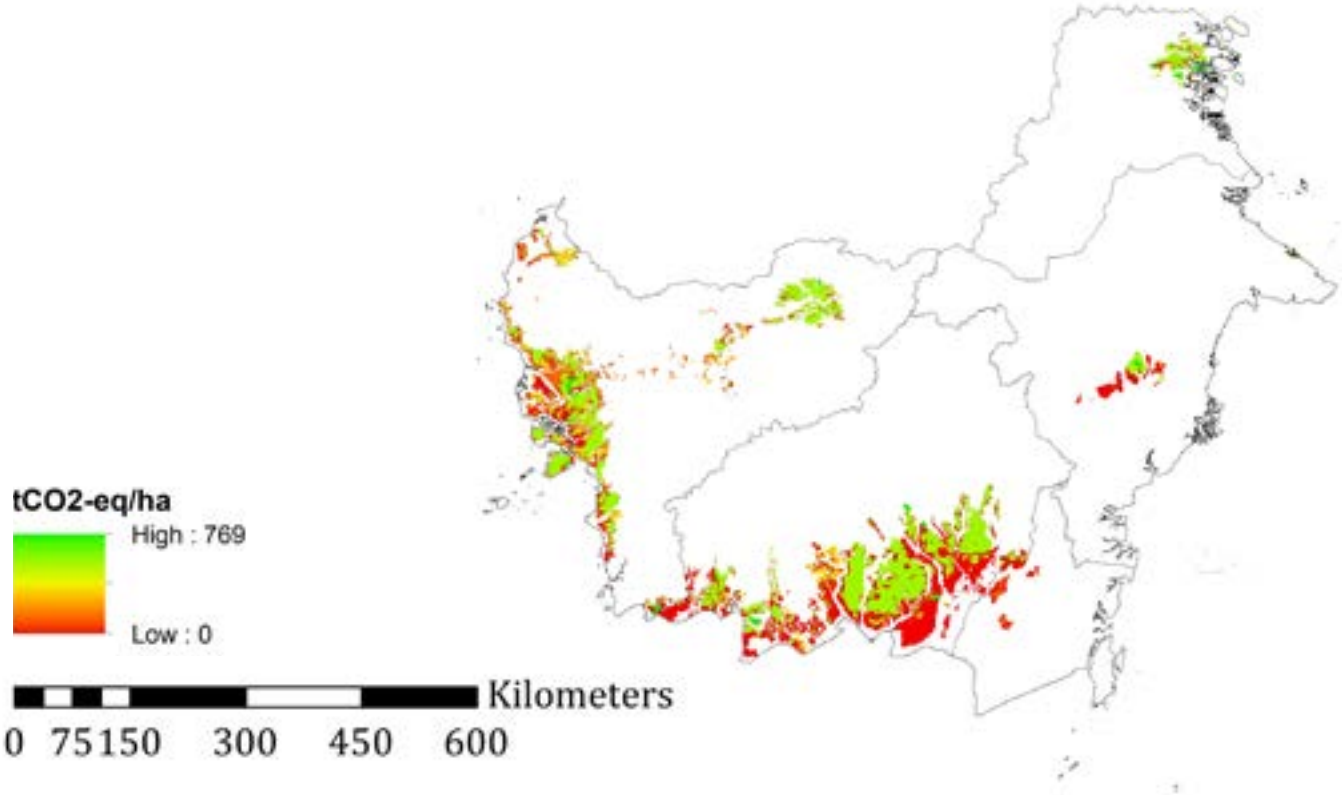
Carbon stocks 1990



Carbon stocks 2014



Carbon stocks 1990



Carbon stocks 2014

4.4.2 Carbon emissions
Emisi karbon

Table 13. Total carbon (CO_2-eq) stocks as vegetation in Sumatera and Kalimantan peatlands 1990–2015
Tabel 13. *Total cadangan karbon (CO_2-eq) sebagai vegetasi di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 1990–2015*

Indicator *Indikator*	**Peatlands of** *Lahan gambut di*	Mt CO_2/year					
		1990	1995/ 1995	2000	2005/ 2006	2009/ 2010	2014/ 2015
Sequestration *Produksi kayu*	Sumatera	9	9	7	8	5	4
	Kalimantan	2	2	1	1	1	1
Emissions *Produksi biomassa untuk bubur kayu*	Sumatera	–140	–155	–185	–202	–230	–276
	Kalimantan	–93	–96	–96	–100	–109	–116
Total	Sumatera	–131	–146	–178	–195	–225	–272
	Kalimantan	–91	–94	–95	–99	–108	–115

OXIDATION (ESTIMATE)

Table 13 displays the net carbon flux (sequestration and emission) from peatlands in Sumatera and Kalimantan based on referenced data (Annex 5). The estimated values also include the emission effected from drainage but not cover the emissions from peat fires. The total carbon fluxes were negative, indicating that CO_2 emissions were higher than the sequestrated CO_2. In total, net CO_2 emissions from peatlands in Sumatera and Kalimantan from drainage were 222 Mt CO_2/year in 1990, then increased by 74% to 387 Mt CO_2/year in 2015. Around 70% of total CO_2 emissions were released from Sumateran peatlands.

OKSIDASI (PERKIRAAN)

Tabel 13 menampilkan fluks karbon bersih (penyerapan dan emisi) dari lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan berdasarkan data yang dirujuk (Lampiran 5). *Nilai yang diperkirakan tersebut juga termasuk emisi yang dihasilkan dari pengeringan tetapi tidak mencakup emisi dari kebakaran gambut. Total fluks karbon adalah negatif, yang mengindikasikan bahwa emisi CO_2 lebih tinggi dari penyerapan CO_2. Secara keseluruhan, emisi CO_2 bersih dari pengeringan lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan adalah 222 Mt CO_2/tahun pada 1990, lalu meningkat sebesar 74% menjadi 387 Mt CO_2/tahun pada 2015. Sekitar 70% dari total emisi CO_2 tersebut lepas dari lahan gambut Sumatera.*

PEAT FIRES

Table 14 presents the total burned peatland areas and the carbon emission emitted from burned peat. Compared to the value of net carbon flux in the previous section, carbon emissions from peat fires were much higher, 704 Mt CO_2-eq in 2006), 508 Mt CO_2-eq in 2009), and 610Mt CO_2-eq in 2014. Although the total peatland in Sumatera is larger than in Kalimantan, the results show that the carbon emissions from Kalimantan peatlands were higher due to larger burned areas every year.

KEBAKARAN GAMBUT

Tabel 14 menyajikan total luas lahan gambut yang terbakar dan emisi karbon yang dilepaskan dari kebakaran gambut tersebut. *Dibandingkan dengan nilai fluks karbon bersih pada bagian sebelumnya, emisi karbon dari kebakaran gambut jauh lebih tinggi, 704 Mt CO_2-eq tahun 2006), 508 Mt CO_2-eq tahun 2009), dan 610Mt CO_2-eq pada 2014. Meskipun keseluruhan lahan gambut di Sumatera lebih luas daripada di Kalimantan, hasilnya menunjukkan bahwa emisi karbon dari lahan gambut Kalimantan lebih tinggi karena area terbakar yang lebih luas setiap tahun.*

Table 14. Total burned peatlands and total carbon (CO_2-eq) emissions from burned peat in Sumatera and Kalimantan in 2006, 2009, and 2014

Tabel 14. *Total lahan gambut yang terbakar dan total emisi karbon (CO_2-eq) dari kebakaran gambut di Sumatera dan Kalimantan tahun 2006, 2009, dan 2014.1990–2015*

Peatlands in *Lahan gambut di*	**Total burned peatlands (1000 ha/year)** *Total lahan gambut terbakar (1000 ha/*			**Carbon emissions from peat fires* (Mt CO_2-eq)/year** *Emisi karbon dari kebakaran gambut* (Mt CO_2-eq)/tahun*		
	2006	2009	2014	2006	2009	2014
Sumatera	345	198	310	318	183	286
Kalimantan	418	352	351	386	325	324

Method are taken from MoEFRI 48 *estimated 33-cm burned peat depth for all types of LCs.

*Metode diambil dari KLHK 48 *diperkirakan kedalaman kebakaran gambut adalah 33-cm untuk setiap jenis tutupan lahan.*

Figure 9 presents the CO_2-eq emissions from different types of LC. Similar to the pattern of hotspot distribution, the highest emissions were from wet shrub 26–58% in Sumatera and 60–83% in Kalimantan. The details for the spatial distribution of burned scars can be seen in Annex 9.

Gambar 9 menyajikan emisi CO_2-eq dari berbagai tutupan lahan berbeda. *Sama dengan pola sebaran titik api, emisi tertinggi berasal dari semak basah 26–58% di Sumatera dan 60–83% di Kalimantan. Rincian mengenai sebaran spasial bekas kebakaran dapat dilihat pada Lampiran 9.*

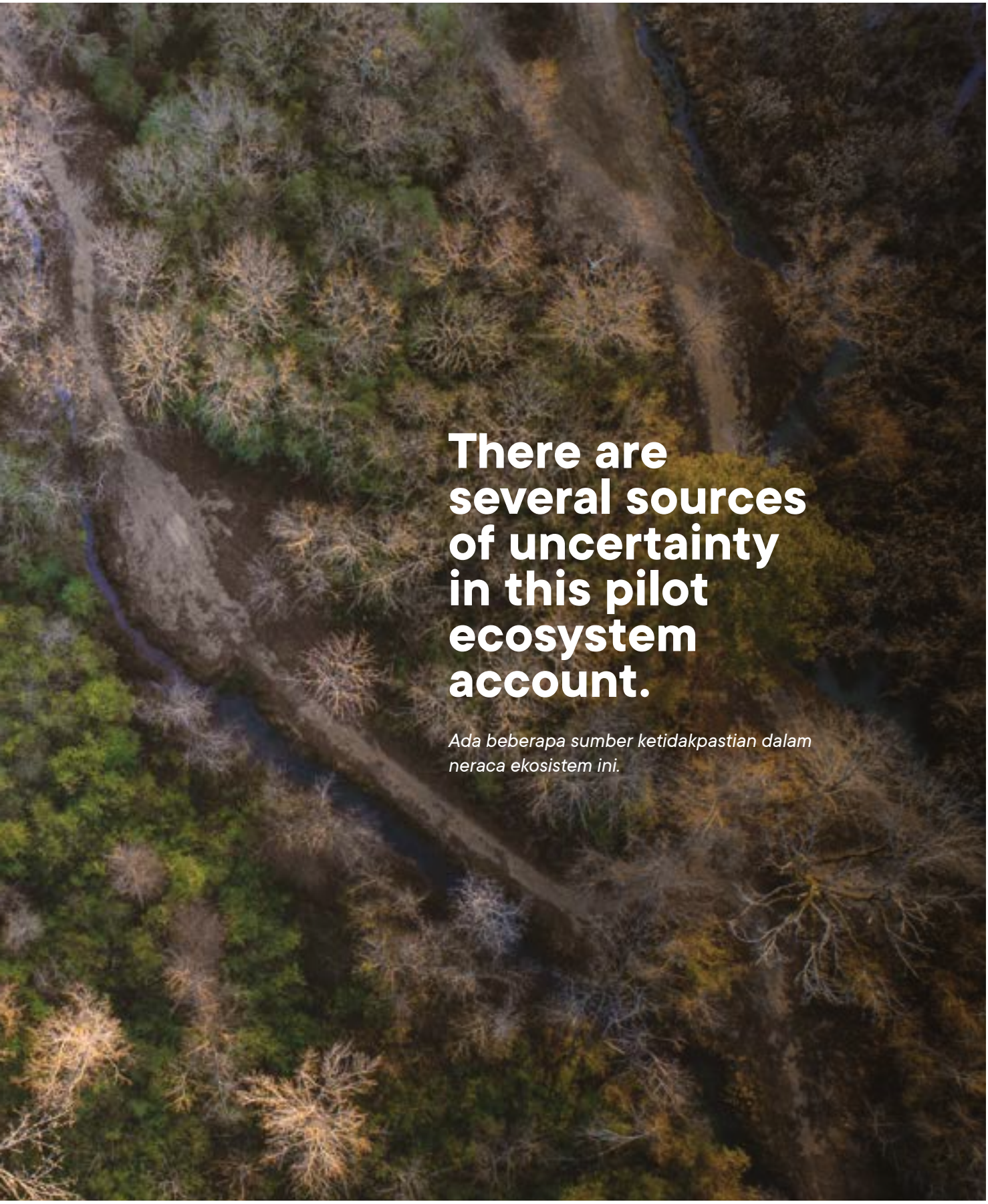
Figure 9. Carbon (CO_2-eq) emissions from burned peat in several types of peatland covers in 2006, 2009, and 2014. Note that the emissions were from 33-cm burned peat, applied for all types of land cover. Note that the land cover classes were attributed based on the MoEFRI or KLHK land cover map

Gambar 9. *Emisi karbon (CO_2-eq) dari gambut yang terbakar di beberapa jenis tutupan lahan gambut pada tahun 2006, 2009, dan 2014. Perlu diperhatikan bahwa emisi berasal dari gambut yang terbakar 33 cm diterapkan untuk semua jenis tutupan lahan. Perlu dicatat juga bahwa kelas tutupan lahan dikaitkan berdasarkan peta tutupan lahan KLHK*

05

Discussion

Diskusi



There are several sources of uncertainty in this pilot ecosystem account.

Ada beberapa sumber ketidakpastian dalam neraca ekosistem ini.

05 Discussions
Diskusi

5.1 Uncertainties and Limitations
Ketidakpastian dan Keterbatasan

PEATLAND MAP AND LAND COVER MAPS

There are several sources of uncertainty in this pilot ecosystem account. The first concerns the peatland area and land cover data. Several peatland maps have been published in the period 1952–2016 by different authors (and using different assumptions and methods) with total areas reported varying from 13 Mha to 26.5 Mha[6,16]. The account uses the peat map of the Indonesian government, BBSDLP, MoARI, which is the result of combined analyses of Landsat and ground survey data with 2,409 observation points for peat thickness and maturity[16]. Comparing to the other versions of peat map from Wetland International ([62, 63, 64]) for example, the total peatlands in MoARI map are 5.7 Mha smaller. In addition, the same peat map is used for the whole period of analysis (1990–2015). This means that the assumption is that the

PETA LAHAN GAMBUT DAN PETA TUTUPAN LAHAN

Ada beberapa sumber ketidakpastian dalam neraca ekosistem ini. *Yang pertama menyangkut data kawasan lahan gambut dan tutupan lahan. Beberapa peta lahan gambut telah diterbitkan pada periode 1952–2016 oleh penulis yang berbeda (serta menggunakan asumsi dan metode berbeda) dengan luas yang dilaporkan bervariasi dari 13 juta hektar hingga 26,5 juta hektar[6,16]. Neraca ini menggunakan peta gambut pemerintah Indonesia dari BBSDLP, Kementan, yang merupakan hasil analisis gabungan data Landsat dan survei tanah dengan 2.409 titik pengamatan untuk ketebalan dan kematangan gambut[16]. Membandingkan dengan peta gambut lain dari Wetland International ([62, 63, 64]) misalnya, luas lahan gambut di peta Kementan adalah 5,7 juta hektar lebih kecil. Selain itu, peta gambut yang sama digunakan*

peatland areas have remained the same and the changes of the spatial distribution and peat characteristics including peat depth are excluded[16].

untuk seluruh periode analisis (1990–2015). Ini berarti asumsinya adalah bahwa lahan gambut tetap sama dan perubahan sebaran spasial dan karakteristik gambut termasuk kedalaman gambut tidak dimasukkan[16].

Also, as mentioned, the account is based on land cover data from MoEFRI. In this dataset, information on land cover for the year 2010 is partly based on remote sensing images of 2009; and information for the year 2015 is partly based on remote sensing images of 2014. Hence, the land cover changes are underestimated in this account (since there will in some areas have been further land use conversion from 2009 to 2010 and from 2014 to 2015). This underestimation may lead to an inaccuracy in the land cover data (affecting also the accounts for ecosystem services and carbon stocks and emissions).

Selain itu, sebagaimana disebutkan, neraca ini didasarkan pada data tutupan lahan dari KLHK. *Dalam seperangkat data (dataset) ini, informasi tutupan lahan untuk tahun 2010 sebagian didasarkan pada gambar penginderaan jarak jauh tahun 2009; dan informasi untuk tahun 2015 sebagian didasarkan pada gambar penginderaan jarak jauh tahun 2014. Oleh karena itu, perubahan tutupan lahan dihitung terlalu rendah dalam neraca ini (karena akan ada di beberapa daerah mengalami konversi penggunaan lahan lebih lanjut dari 2009 hingga 2010 dan dari 2014 hingga 2015). Perkiraan yang terlalu rendah ini dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam data tutupan lahan (yang juga memengaruhi neraca jasa ekosistem serta cadangan karbon dan emisi).*

Second, there are uncertainties in land cover in peatlands, related to the accuracy of land cover maps from the MoEFRI. Over time these maps have been increasing in quality, with particularly for the years before 2000 a somewhat higher uncertainty due to a lack of ground truth data. With the improvement of methodology, the newest map (2015) reached overall accuracy 67% (forest) and 93% (non-forest) using stratified random sampling approach ([18] as reviewed in the report of FAO[19]). These uncertainties, as reported by the government of Indonesia, are confirmed when the peat map is compared with the land cover map. For instance, some (relatively small) areas are classified as mangrove in the land cover map and peat in the peat map, mostly in Papua (which is not ecologically consistent). In addition, some inconsistencies are found between the government maps and the maps of WRI and OFI (as explored in Annexe 8). In particular, some parts of plantation areas indicated in

Kedua, ada ketidakpastian tutupan lahan di lahan gambut, terkait dengan keakuratan peta tutupan lahan dari KLHK. *Seiring waktu, peta-peta ini telah meningkat kualitasnya, khususnya untuk tahun-tahun sebelum tahun 2000 ketidakpastian agak lebih tinggi karena kurangnya data kebenaran di lapangan. Dengan peningkatan metodologi, peta terbaru (2015) mencapai keakuratan keseluruhan sebesar 67% (hutan) dan 93% (non-hutan) dengan menggunakan pendekatan stratified random sampling ([18] seperti ditinjau dalam laporan FAO[19]). Berbagai ketidakpastian ini, seperti yang dilaporkan oleh pemerintah Indonesia, dikonfirmasi ketika peta gambut dibandingkan dengan peta tutupan lahan. Sebagai contoh, beberapa daerah (yang relatif kecil) diklasifikasikan sebagai hutan bakau dalam peta tutupan lahan dan gambut dalam peta gambut, sebagian besar di Papua (yang tidak konsisten secara ekologis). Selain itu, beberapa ketidakkonsistenan ditemukan antara peta pemerintah dan peta WRI dan*

WRI and OFI maps are located outside the plantation area of MoEFRI maps.

OFI (seperti yang digali dalam Lampiran 8). Secara khusus, beberapa bagian dari area perkebunan yang ditunjukkan dalam peta WRI dan OFI berlokasi di luar area perkebunan peta KLHK.

SATELLITE PRODUCTS

Satellite products are commonly used due to large coverage area and data scarcity in the field. Satellite products are also applied in this study, in particular to estimate the number of fire hotspots and burned area in peatlands. The gridded 500m burned area products from MODIS were used in the carbon account to estimate burned peatlands. Hotspot data from MODIS have an accuracy of 64–84% in estimating fire occurrence in Indonesia (66% for peatlands), when compared to higher resolution maps such as SPOT–4 images and SPOT–5[65, 66]. However, this accuracy is higher than another hotspot product, Indofire hotspot product[65]. In response, this account, in line with government practices, uses only MODIS fire detection data with a high confidence value (≥80, around 45% of total hotspots). Note that this may lead to an underestimate of hotspots, since also areas with a lower confidence value may have been subject to fire [65], [67].

PRODUK SATELIT

Produk satelit biasanya digunakan karena luas cakupan yang besar dan kelangkaan data di lapangan. *Produk satelit juga digunakan dalam kajian ini, khususnya untuk memperkirakan jumlah titik api dan area yang terbakar di lahan gambut. Produk-produk ber-grid mengenai area terbakar seluas 500 m dari MODIS digunakan dalam neraca karbon untuk memperkirakan lahan gambut yang terbakar. Data titik api dari MODIS memiliki akurasi 64–84% dalam memperkirakan dengan peta beresolusi lebih tinggi seperti gambar SPOT–4 dan SPOT–5[65, 66]. Tetapi, keakuratan ini lebih tinggi daripada produk citra titik api lainnya, yaitu produk citra titik api Indofire[65]. Akibatnya, neraca ini, sejalan dengan praktik pemerintah, hanya menggunakan data deteksi kebakaran MODIS dengan nilai kepercayaan tinggi (≥80, sekitar 45% dari total titik api). Perlu diperhatikan bahwa hal ini dapat menyebabkan perkiraan titik api yang lebih rendah, karena area dengan nilai kepercayaan yang lebih rendah juga mungkin telah mengalami kebakaran.[65], [67].*

> **Note that this may lead to an underestimate of hotspots, since also areas with a lower confidence value may have been subject to fire 65, 67.**

> *Perlu diperhatikan bahwa hal ini dapat menyebabkan perkiraan titik api yang lebih rendah, karena area dengan nilai kepercayaan yang lebih rendah juga mungkin telah mengalami kebakaran.65, 67.*

Further improvement of methods and data to estimate peat fire occurrence in Indonesia is needed. There is a new fire product from NASA, called VIIRS I-Band 375 that has a finer spatial resolution (375 m) than MODIS, available from 2012 to present [68]. It is recommended to validate this data source in order to increase the accuracy of hotspot monitoring in Indonesia [69, 70]. Note also that it was found that burned area products from MODIS perform better than other products like L3JRC, even though MODIS product could underestimate the burned area in the forest[71].

Diperlukan perbaikan lebih lanjut dari metode dan data untuk memperkirakan terjadinya kebakaran gambut di Indonesia. *Ada produk api baru dari NASA, yang disebut VIIRS I-Band 375 yang memiliki resolusi spasial yang lebih baik (375 m) dari MODIS, tersedia mulai 2012 hingga sekarang[68]. Disarankan untuk memvalidasi sumber data ini untuk meningkatkan keakuratan pemantauan titik api di Indonesia[69, 70]. Perlu diperhatikan juga bahwa MODIS burned area product berkinerja lebih baik daripada produk lain seperti L3JRC, meskipun produk MODIS dapat menghasilkan perhitungan terlalu rendah terkait area yang terbakar di hutan[71].*

DATA SCARCITY

Lack of available ground truth information is also a main source of uncertainty. First, there was a lack of sufficient data points to estimate groundwater level. The groundwater level varies within and between land cover classes, in peat in particular as a function of drainage. More data are available on groundwater levels in peat (e.g. with Deltares and Hokkaido university) but in spite of repeated requests data holders were not willing to share any data for the peat account. Ultimately, the account has been based on 206 measurement points of groundwater levels in peat in combination with an extrapolation process that considers land cover and distance from (drained) plantations. Further improvements to the account are possible if access to more data are provided.

KELANGKAAN DATA

Kurangnya ketersediaan informasi lahan juga merupakan sumber utama ketidakpastian. *Pertama, tidak tersedia cukup poin data untuk memperkirakan ketinggian permukaan air tanah. Ketinggian permukaan air tanah bervariasi di dalam dan di antara kelas tutupan lahan, di gambut khususnya sebagai fungsi pengeringan. Lebih banyak data tersedia mengenai permukaan air tanah di gambut (misalnya, dengan Deltares dan Universitas Hokkaido) tetapi meskipun ada permintaan berulang, pemegang data tidak bersedia membagikan data apa pun untuk neraca gambut. Pada akhirnya, perhitungan ini didasarkan pada 206 titik pengukuran ketinggian permukaan air tanah di gambut dan dikombinasikan dengan proses ekstrapolasi yang mempertimbangkan tutupan lahan dan jarak dari perkebunan (yang dikeringkan). Perbaikan lebih lanjut neraca ini dimungkinkan jika tersedia akses ke lebih banyak data.*

Second, the ecosystem service (ES) account has uncertainties related to the flows of ecosystem services. This study tries to develop the account by using governmental data. However only data of market prices can be accessed in some governmental publications. Information

Kedua, neraca jasa ekosistem (ES) memiliki ketidakpastian terkait dengan aliran jasa ekosistem. *Kajian ini mencoba mengembangkan neraca dengan menggunakan data pemerintah. Namun hanya data harga pasar yang dapat diakses di beberapa publikasi pemerintah. Informasi*

regarding average production rate of provisioning services are also available, however as average value, not specifically from particular ecosystem type (peatland). Therefore, data from research articles were applied (Annex 4, 5, and 6). Still, the available data are generalised at island (Sumatera and Kalimantan) and national level, not at specific area (provincial or district level) due to the limited number of sources. Further refinements would be possible with inserting production data specific for peatlands.

mengenai tingkat produksi rata-rata dari jasa penyediaan juga tersedia, namun sebagai nilai rata-rata, tidak secara khusus dari jenis ekosistem tertentu (lahan gambut). Oleh karena itu, digunakan data dari artikel penelitian (Lampiran 4, 5, dan 6). Namun, data yang tersedia digeneralisasi pada tingkat pulau (Sumatera dan Kalimantan) dan nasional, bukan pada area spesifik (tingkat provinsi atau kabupaten) karena terbatasnya jumlah sumber. Penyempurnaan lebih lanjut mungkin dilakukan dengan memasukkan data produksi khusus untuk lahan gambut.

Uncertainty is also found in the combustion and emission factor for carbon emissions[71]. It is assumed that all categories of LC have the same value, and that the emission factor is only a function of burned peat depth and standing biomass (not of the type of vegetation). However, this could affect the accuracy of the results because the depth of burned peat could vary between 25 and 85 cm[72] in different LC types. Compared to other sources, the total carbon emissions estimated in this account are lower number than the estimation in[10, 72] (value in 2006) but higher numbers than recent estimates by FAO (http://www.fao.org/faostat/en/#data)[73]. The estimation of this study and FAO used the same burned product MODIS, but different land cover data and emission factors[73, 59, 74], see details in Annex 12).

Ketidakpastian juga ditemukan dalam faktor pembakaran dan emisi untuk emisi karbon[71]. *Diasumsikan bahwa semua kategori tutupan lahan memiliki nilai yang sama, dan bahwa faktor emisi hanyalah sebuah fungsi dari kedalaman gambut terbakar dan biomassa tegakan (bukan dari jenis vegetasi). Namun, ini dapat mempengaruhi keakuratan hasil karena kedalaman gambut terbakar dapat bervariasi antara 25 cm hingga 85 cm[72] pada jenis tutupan lahan yang berbeda. Dibandingkan dengan sumber lain, total emisi karbon yang diperkirakan dalam neraca ini lebih rendah dari perkiraan dalam[10, 72] (nilai tahun 2006) tetapi lebih tinggi dari perkiraan terkini oleh FAO (http://www.fao.org/faostat/en/#data)[73]. Perkiraan kajian ini dan FAO menggunakan MODIS burned product yang sama, tetapi data tutupan lahan dan faktor emisi yang berbeda[73, 59, 74], lihat rincian pada Lampiran 12).*

POSSIBLE IMPROVEMENTS

KEMUNGKINAN PERBAIKAN

This pilot study does not yet cover all aspects relevant for managing peat ecosystem, including for instance a lack of information on the hydrological ecosystem services provided by peatland, and a lack of information on the health effects of peat fires. In addition, more data would increase the quality of the accounts, in particular on fire occurrence and drainage depth. Additionally, more provisioning services

Kajian percontohan ini belum mencakup semua aspek yang relevan untuk mengelola ekosistem gambut, termasuk kurangnya informasi tentang jasa ekosistem hidrologi yang disediakan oleh lahan gambut, dan kurangnya informasi tentang efek kesehatan akibat kebakaran gambut. *Selain itu, ketersediaan data yang lebih banyak akan meningkatkan kualitas neraca, khususnya mengenai peristiwa kebakaran dan kedalaman*

such as rattan and sago cultivation could be included. Also, the habitat service could be mapped in more detail, for example by including habitats for two iconic species occurring in the peatlands, tiger and orangutan. The effects of seasonal flooding in subsided peatlands (already occurring in parts of Sumatera) and the effects of further soil subsidence on crop production should be included in an ecosystem asset account that would be an important part of a peat account (reflecting the natural capital contained in the peat ecosystems, under current management). Furthermore, the accounts should be extended to Papua to inform land management (and rapid land use change) in this part of the country. Lastly, MoEFRI has published a new map of peat hydrology unit (called KHG in Indonesian) with finer resolution (1:50,000). This map could be applied (reanalysis) to improve the certainty of total peat area in Indonesia, therefore the quality of the results of peat accounts can be improved.

pengeringan. Selain itu, jasa penyediaan lainnya seperti rotan dan budidaya sagu dapat disertakan. Kemudian, jasa habitat dapat dipetakan secara lebih rinci, misalnya dengan memasukkan habitat untuk dua spesies ikonik yang ada di lahan gambut, harimau dan orangutan. Dampak banjir musiman di lahan gambut yang surut (sudah terjadi di sebagian Sumatera) dan dampak penurunan tanah lebih lanjut pada produksi tanaman harus dimasukkan dalam neraca aset ekosistem yang akan menjadi bagian penting dari neraca gambut (mencerminkan modal alam yang terkandung dalam ekosistem gambut, di bawah pengelolaan saat ini). Selain itu, neraca harus diperluas ke Papua untuk menginformasikan pengelolaan lahan (dan perubahan penggunaan lahan yang cepat) di bagian negara tersebut. Terakhir, KLHK telah menerbitkan peta baru kesatuan hidrologi gambut (KHG) dengan resolusi yang lebih baik (1:50.000). Peta ini dapat digunakan (analisis ulang) untuk meningkatkan kepastian luas gambut di Indonesia, sehingga kualitas hasil neraca gambut dapat ditingkatkan.

5.2
Policy applications
Penerapan kebijakan

By integrating and reporting on various aspects of environment and human activities in peat ecosystem, the pilot ecosystem accounts can support a range of policies in Indonesia.

Dengan mengintegrasikan dan melaporkan berbagai aspek lingkungan dan kegiatan manusia dalam ekosistem gambut, neraca ekosistem percontohan ini dapat mendukung berbagai kebijakan di Indonesia.

First, the accounts can support the rehabilitation of peatlands. Formed in 2016, the peat restoration agency (BRG) has a target to restore approximately 2.5 Mha degraded peatlands by 2020 (SK.05/BRG/Kpts/2016)[15]. Pilot ecosystem accounts for Indonesian peatlands can facilitate identifying areas that can be considered a priority for rehabilitation for example because they emit high amounts of carbon and do not have a productive use at present. This can help increase effectiveness and efficiency of the BRG work programme. Also, the accounts can support monitoring the peat restoration activities and the impacts of changes that have been implemented. In particular, the peat accounts can support the local, provincial governments and the BRG in monitoring the progress of the restoration program. This pilot account presents maps for the two islands, but the resolution is high (30m grid size) and local level maps can also be produced using the same data. These data can support activities at district or provincial level including monitoring and reporting land-cover change in degraded peatlands, vegetation rehabilitation, restoration of hydrology, and rehabilitation of carbon sequestration and storage[13, 75].

Pertama, neraca ini dapat mendukung rehabilitasi lahan gambut. *Dibentuk pada tahun 2016, Badan Restorasi Gambut (BRG) memiliki target untuk mengembalikan sekitar 2,5 juta hektar lahan gambut terdegradasi pada tahun 2020 (SK.05/BRG/Kpts/2016)[15]. Neraca ekosistem untuk lahan gambut Indonesia dapat memfasilitasi identifikasi area yang dapat dianggap sebagai prioritas rehabilitasi, misalnya, karena area tersebut melepaskan karbon dalam jumlah besar dan tidak memiliki penggunaan produktif saat ini. Hal ini dapat membantu meningkatkan keefektifan dan efisiensi program kerja BRG. Selain itu, neraca tersebut dapat mendukung pemantauan kegiatan restorasi gambut dan dampak dari perubahan yang telah dilaksanakan. Secara khusus, neraca gambut dapat mendukung pemerintah daerah, provinsi, dan BRG dalam memantau kemajuan program restorasi. Neraca ini menyajikan peta untuk kedua pulau, tetapi resolusinya tinggi (ukuran grid 30 m) dan peta tingkat lokal juga dapat dibuat dengan menggunakan data yang sama. Data ini dapat mendukung kegiatan pada tingkat kabupaten atau provinsi termasuk memantau dan melaporkan perubahan tutupan lahan di lahan gambut terdegradasi, rehabilitasi vegetasi, pemulihan hidrologi, dan rehabilitasi penyerapan dan penyimpanan karbon[13, 75].*

Second, the pilot ecosystem accounts can support projects of the MoFRI on financial reporting of natural resources use (policy under development), and of the MoEFRI on assessing the Carrying Capacity and Resilient Power in the Environment (DDDTLH) under regulation (UU) No.32/2009. These are basic information sets for planning and development control supporting related policies including the preparation or evaluation of spatial plans (RTRW), long-term and medium-term development plans (RPJP and RPJM) as well as policies, plans and/or programs that have potential to impact and/or risk the environment through a Strategic Environmental Assessment (KLHS). The pilot ES account in this study is consistent with the project since ecosystem services are the main method used in DDDTLH, and peatland is one of the targeted ecosystems in this policy instrument. The developed ES account can be used to facilitate further analysis concerning land use planning in diverse types of ecosystem. Comparing ES values between peatland and mineral soil, for example. It is found that oil palm plantation in peatland emits high CO_2 emissions but produces less around 12–18 tFFB/ha/year, which is classified as the third class of oil palm production in mineral soil [77–79]. Furthermore, the production costs of plantation in peatland are much higher compared to in mineral soil. This is mainly because there are additional costs for drainage and for constructing and maintaining infrastructure (for example roads need more regular upkeep in peat areas due to subsidence) [35, 36]. Note also that the basic framework of ecosystem accounting is flexible. The list of ecosystem services can be adjusted depending on the priority of policy and location.

Kedua, neraca-neraca ekosistem percontohan ini dapat mendukung berbagai proyek Kemenkeu tentang pelaporan keuangan pemanfaatan sumber daya alam (kebijakan sedang dikembangkan), dan KLHK tentang penilaian Daya Dukung dan Daya Tangguh Lingkungan Hidup (DDDTLH) berdasarkan Undang-Undang (UU) No. *32/2009. Ini adalah seperangkat informasi dasar untuk perencanaan dan pengendalian pembangunan yang mendukung kebijakan terkait, termasuk persiapan atau evaluasi rencana tata ruang wilayah (RTRW), rencana pembangunan jangka panjang dan jangka menengah (RPJP dan RPJM) serta kebijakan, rencana dan/atau program yang berpotensi berdampak pada dan/atau membahayakan lingkungan melalui Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS). Neraca jasa ekosistem dalam kajian ini konsisten dengan proyek tersebut, karena jasa ekosistem adalah metode utama yang digunakan dalam DDDTLH, dan lahan gambut adalah salah satu ekosistem yang disasar dalam instrumen kebijakan ini. Neraca jasa ekosistem yang dikembangkan dapat digunakan untuk memfasilitasi analisis lebih lanjut tentang perencanaan penggunaan lahan di berbagai jenis ekosistem. Membandingkan nilai jasa ekosistem antara lahan gambut dan tanah mineral, misalnya. Ditemukan bahwa perkebunan kelapa sawit di lahan gambut melepaskan emisi CO_2 yang tinggi tetapi menghasilkan lebih sedikit sekitar 12–18 tFFB/ha/tahun, yang diklasifikasikan sebagai produksi kelapa sawit kelas tiga di tanah mineral[77–79]. Selain itu, biaya produksi perkebunan di lahan gambut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan di tanah mineral. Ini terutama karena ada biaya tambahan untuk pengeringan dan untuk membangun serta memelihara infrastruktur (misalnya, jalan memerlukan pemeliharaan yang lebih teratur di daerah gambut karena penurunan permukaan tanah)[35, 36]. Perlu diperhatikan juga bahwa kerangka dasar neraca ekosistem bersifat fleksibel. Daftar jasa ekosistem dapat disesuaikan tergantung pada prioritas kebijakan dan lokasi.*

Third, peatlands in Indonesia contribute substantially to the total carbon (CO_2) emissions of the country. The carbon account in this study can support the National Action Plan to Reduce Greenhouse Gas (GHG) Emissions as per Presidential Decree No.61/2011, by monitoring carbon emissions from peatlands. Furthermore, the carbon account facilitates monitoring not only the carbon emissions, but also the change of carbon stocks. Both carbon stocks and emissions are also related to the National forest reference emissions level for REDD+, in the Context of Decision 1/CP.16 Paragraph 70 UNFCCC [48]. The carbon account provides very detailed and spatially explicit information by combining several sources of carbon stocks for all land cover classes of peatland, in combination with models for estimating carbon emissions from peat drainage and fire.

Ketiga, lahan gambut di Indonesia berkontribusi besar terhadap total emisi karbon (CO_2) negara ini. *Neraca karbon dalam kajian ini dapat mendukung Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN GRK) sesuai Peraturan Presiden No.61/2011, dengan memantau emisi karbon dari lahan gambut. Selanjutnya, neraca karbon memfasilitasi pemantauan tidak hanya emisi karbon tetapi juga perubahan cadangan karbon. Baik cadangan maupun emisi karbon juga terkait dengan tingkat acuan emisi hutan nasional untuk REDD+, dalam Context of Decision 1/CP.16 Paragraf 70 UNFCCC[48]. Neraca karbon memberikan informasi yang sangat terperinci dan eksplisit secara spasial dengan menggabungkan beberapa sumber cadangan karbon untuk semua kelas tutupan lahan bagi lahan gambut, dan dikombinasikan dengan beberapa model untuk memperkirakan emisi karbon akibat pengeringan dan kebakaran gambut.*

Fourth, the peat account can support the design of fiscal transfer programs. The Government of Indonesia is currently considering if and how the sustainability of natural resource management could be

Keempat, neraca gambut dapat mendukung rancangan program transfer fiskal. *Pemerintah Indonesia saat ini sedang mempertimbangkan apakah dan bagaimana keberlanjutan pengelolaan sumber daya*

> **The carbon account provides very detailed and spatially explicit information by combining several sources of carbon stocks for all land cover classes of peatland, in combination with models for estimating carbon emissions from peat drainage and fire.**

> *Neraca karbon memberikan informasi yang sangat terperinci dan eksplisit secara spasial dengan menggabungkan beberapa sumber cadangan karbon untuk semua kelas tutupan lahan bagi lahan gambut, dan dikombinasikan dengan beberapa model untuk memperkirakan emisi karbon akibat pengeringan dan kebakaran gambut.*

an indicator to be considered as a basis for evaluating the performance of district governments. The peat account provides information on, for example, the sustainability of land use, fire occurrence or CO_2 emissions by district (for those districts that have peat soils in their territory).

alam dapat menjadi indikator untuk dipertimbangkan sebagai dasar mengevaluasi kinerja pemerintah kabupaten. Neraca gambut memberikan informasi tentang, misalnya, keberlanjutan penggunaan lahan, peristiwa kebakaran, atau emisi CO_2 per kabupaten (untuk kabupaten-kabupaten yang memiliki tanah gambut di wilayah mereka).

Another relevant application is the payment for ecosystem services (PES) in Indonesia. There are at least fourteen regulations and several projects that are related to the application of PES in Indonesia [80]. Ecosystem services implemented for PES projects in Indonesia are mostly related to preserving regulation and cultural services such as watershed protection, landscape/seascape beauty, recreation/biodiversity and carbon sequestration. The results (ES account) of this study are consistent with the potential application of PES in Indonesian peatlands, particularly for carbon sequestration, watershed protection and biodiversity habitat. The framework is flexible to be applied depending on the data availability and policy priority, not limited by the listed ecosystem services. The accounts can be used both to use the effectiveness of the payments (in terms of actual changes in ecosystems compared to nearby ecosystems) and to analyse co-benefits (e.g. of REDD+ projects).

Penerapan lain yang relevan adalah pembayaran untuk jasa ekosistem (payment for ecosystem service, PES) di Indonesia. *Setidaknya ada empat belas peraturan dan beberapa proyek yang terkait dengan penerapan PES di Indonesia[80]. Jasa ekosistem yang diterapkan untuk proyek-proyek PES di Indonesia sebagian besar terkait dengan pelestarian peraturan dan jasa budaya seperti perlindungan daerah aliran sungai, keindahan bentang lahan/bentang laut, rekreasi/keanekaragaman hayati, dan penyerapan karbon. Hasil (neraca jasa ekosistem) dari kajian ini konsisten dengan potensi penerapan PES pada lahan gambut Indonesia, khususnya untuk penyerapan karbon, perlindungan daerah aliran sungai, dan habitat keanekaragaman hayati. Kerangka kerja ini fleksibel untuk diterapkan tergantung pada ketersediaan data dan prioritas kebijakan, tidak dibatasi oleh jasa ekosistem yang ada pada daftar. Neraca ini dapat digunakan baik untuk menggunakan keefektifan pembayaran (dalam hal perubahan aktual dalam ekosistem dibandingkan dengan ekosistem di sekitarnya) dan untuk menganalisis manfaat tambahan (misalnya, Proyek REDD+).*

06

Conclusions

Kesimpulan

The pilot ecosystem account for peatlands is developed to test the SEEA EEA framework for a specific, highly policy-relevant ecosystem.

Neraca ekosistem untuk lahan gambut ini dikembangkan untuk menguji kerangka SEEA EEA bagi ekosistem spesifik yang sangat relevan dengan kebijakan.

06 Conclusions
Kesimpulan

The pilot ecosystem account for peatlands is developed to test the SEEA EEA framework for a specific, highly policy-relevant ecosystem. Data were available to produce four pilot ecosystem accounts (extent, condition, services, carbon) for peat ecosystems in Sumatera and Kalimantan for multiple years in the period 1990–2015.

Neraca ekosistem untuk lahan gambut ini dikembangkan untuk menguji kerangka SEEA EEA bagi ekosistem spesifik yang sangat relevan dengan kebijakan. *Data tersedia untuk menghasilkan empat neraca ekosistem dasar (aset, kondisi, jasa, karbon) untuk ekosistem gambut di Sumatera dan Kalimantan selama beberapa tahun dalam periode 1990–2015.*

The ecosystem extent account summarises the trend of land cover changes spatially and temporally. The overlay of the peat distribution map and the land cover maps provide information on seventeen peatland land cover categories. The results show that the trends in land cover change in Sumatera and Kalimantan are different. The conversion of peat forests in Sumatera started earlier than in Kalimantan, and has been more thorough, to date. In the period 1990 to 2015, Sumatera has lost 47% of peat forest while in Kalimantan this was 32%. As a result, according to government data, in 2015, Sumateran peatlands were covered

Neraca aset ekosistem menampilkan tren perubahan tutupan lahan secara spasial dan temporal. *Tumpang susun peta sebaran gambut dan peta tutupan lahan memberikan informasi tentang tujuh belas kategori tutupan lahan gambut. Hasilnya menunjukkan bahwa tren perubahan tutupan lahan di Sumatera dan Kalimantan berbeda. Pengalihfungsian hutan gambut di Sumatera dimulai lebih awal daripada di Kalimantan dan sampai saat ini lebih menyeluruh. Pada periode 1990 hingga 2015, Sumatera telah kehilangan 47% hutan gambut, sementara Kalimantan 32%. Akibatnya, menurut data pemerintah, pada 2015, lahan gambut*

dominantly by plantation and agricultural land (48%). Meanwhile, only 16% of Kalimantan peatlands was covered by plantation (7%) and agricultural land (8%), in 2015. However, land cover change is still ongoing in Kalimantan whereas it has slowed (but not stopped) in Sumatera.

Sumatera didominasi oleh perkebunan dan lahan pertanian (48%). Sementara itu, hanya 16% lahan gambut Kalimantan yang ditanami oleh perkebunan (7%) dan lahan pertanian (8%), pada tahun 2015. Namun, perubahan tutupan lahan masih terus berlangsung di Kalimantan, sedangkan telah melambat (tetapi tidak berhenti) di Sumatera.

The condition account comprises three key indicators for the state/health of peatland ecosystems (vegetation biomass, water level and fire hotspots). The condition account shows both temporal (1990–2015) and spatial patterns (30m grid) in these indicators. The account shows that land cover change evokes a reduction in total above ground biomass in the ecosystem – since annual and perennial crops and plantation forests have overall a much lower standing biomass than natural forests. The account shows that groundwater levels in peatlands in Indonesia range from 0 to 117 cm – for the points for which data were available. In undrained forests, the annual average groundwater table is close to the surface (allowing the peat to keep on accumulating carbon) and in plantations and drained, degraded lands the groundwater level varied from 30 to 117 cm. The deepest drained areas where the located in the north-eastern part of Sumatera. The recording of fire hotspots (based on MODIS) also provides a number of insights relevant for peat management. First, there were no fire hotspots in forests located at least 500m away from plantations where water tab les are still high. The number of fires was highest in drained, degraded (i.e. unused) peatlands followed by annual and perennial croplands and forestry plantations. Also, in the peatland zones close (<500 m) to the plantations, where forests are heavily degraded, and land is drained due to spill-over effects of drainage in plantations (near a drained area, the groundwater table reverts to close to the surface over a distance of around 500 meters), there are frequent fires. Draining and converting these lands to plantations, of

Neraca kondisi terdiri dari tiga indikator utama untuk keadaan/kesehatan ekosistem lahan gambut (biomassa vegetasi, ketinggian permukaan air, dan titik api). *Neraca kondisi menunjukkan pola temporal (1990–2015) dan spasial (grid 30 m) dalam indikator ini. Neraca ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan memicu pengurangan total biomassa di atas permukaan tanah dalam ekosistem – karena tanaman tahunan dan hutan tanaman secara keseluruhan memiliki biomassa yang jauh lebih rendah daripada hutan alami. Neraca tersebut menunjukkan bahwa ketinggian permukaan air tanah di lahan gambut Indonesia berkisar dari 0 hingga 117 cm – untuk titik-titik yang datanya tersedia. Di hutan yang tidak dikeringkan, rata-rata tahunan ketinggian air tanah dekat dengan permukaan (memungkinkan gambut untuk terus mengakumulasi karbon) dan di perkebunan, lahan yang dikeringkan dan lahan terdegradasi ketinggian air tanah bervariasi dari 30 cm hingga 117 cm. Daerah dengan pengeringan terdalam terletak di bagian timur laut Sumatera. Rekaman titik api (berdasarkan MODIS) juga memberikan sejumlah wawasan yang relevan untuk pengelolaan gambut. Pertama, tidak ada titik api di hutan yang terletak setidaknya 500 m dari perkebunan di mana permukaan air tanah masih tinggi. Jumlah kebakaran tertinggi terdapat di lahan gambut yang dikeringkan, terdegradasi (misalnya, tidak digunakan), diikuti oleh lahan pertanian tanaman tahunan, serta hutan tanaman. Selain itu, di zona lahan gambut yang dekat (<500 m) dengan perkebunan, di mana hutan sangat terdegradasi, dan tanah dikeringkan karena efek limpahan dari pengeringan di perkebunan (dekat daerah*

course, does not solve the problem since this case the next strip of land to become drained and vulnerable to fire. Lastly, the number of hotspots varies considerably from one year to the next. It was highest in 1997 and 2017 (years not covered in the accounts) when there was an El Nino effect, and relatively low in 2015 which was a year in which the rainfall patterns were dominated by ENSO.

yang dikeringkan, permukaan air tanah kembali mendekati permukaan dengan jarak lebih dari sekitar 500 meter), sering mengalami kebakaran. Mengeringkan dan mengubah lahan ini menjadi perkebunan, tentu saja, tidak menyelesaikan masalah karena hal ini mengakibatkan bidang tanah berikutnya menjadi terkuras dan rentan terhadap kebakaran. Terakhir, jumlah titik api sangat bervariasi dari satu tahun ke tahun berikutnya. Jumlah titik api tertinggi ditemukan pada tahun 1997 dan 2017 (tahun tidak tercakup dalam neraca) ketika ada efek El Niño, dan relatif rendah pada tahun 2015 yang merupakan tahun di mana pola curah hujan didominasi oleh ENSO.

The ecosystem service account includes the physical and monetary values of the main services provided by peat ecosystem in Indonesia. The expansion of plantation and agricultural areas has led to increased agricultural production of, in particular, oil palm and acacia biomass (for pulp). On the other hand, there was a decline in timber production, CO_2 sequestration and in the area of protected peatland as biodiversity habitat. It is noted that the monetary values in the account do not cover all aspect of ecosystem services in peatlands. It is also not an indicator of sustainability since the externalities and ecosystem disservices were not quantified.

Neraca jasa ekosistem mencakup nilai fisik dan moneter dari jasa utama yang disediakan oleh ekosistem gambut di Indonesia. *Perluasan area perkebunan dan pertanian telah menyebabkan peningkatan produksi pertanian, khususnya kelapa sawit dan biomassa akasia (untuk bubur kayu). Di sisi lain, ada penurunan produksi kayu, penyerapan CO_2, dan area lahan gambut yang dilindungi sebagai habitat keanekaragaman hayati. Perlu dicatat bahwa nilai moneter dalam neraca ini tidak mencakup semua aspek jasa ekosistem di lahan gambut. Ini juga bukan merupakan indikator keberlanjutan karena eksternalitas dan kerugian ekosistem tidak diukur.*

> **The expansion of plantation and agricultural areas has led to increased agricultural production of, in particular, oil palm and acacia biomass (for pulp).**

> *Perluasan area perkebunan dan pertanian telah menyebabkan peningkatan produksi pertanian, khususnya kelapa sawit dan biomassa akasia (untuk bubur kayu).*

Lastly, the carbon account points to the contribution of Indonesian peatlands to greenhouse gas emissions in the country. The results indicate that peatland in Indonesia is a large source of carbon emissions. The total emissions from peat oxidation have increased over time while also fires in peatland release high carbon emissions every year, depending on the total burned area. In addition to this, the carbon account also shows that the total carbon stocks in above ground biomass (vegetation) have been decreasing.

Terakhir, neraca karbon menunjuk pada kontribusi lahan gambut Indonesia terhadap emisi gas rumah kaca di negara ini. *Hasilnya menunjukkan bahwa lahan gambut di Indonesia adalah sumber besar emisi karbon. Total emisi akibat oksidasi gambut telah meningkat dari waktu ke waktu, sementara kebakaran di lahan gambut juga melepaskan emisi karbon tinggi setiap tahun, tergantung pada luas yang terbakar. Selain itu, perhitungan karbon juga menunjukkan bahwa total cadangan karbon dalam biomassa (vegetasi) di atas tanah telah berkurang.*

The pilot peatland account has numerous potential policy applications including the monitoring of ongoing land conversion in peatlands and the success of rehabilitation programs (in terms of both area and positive impacts achieved on CO_2 emissions and ecosystem services). The accounts can also support local land use planning. In particular, the peatlands can identify areas that are of priority for rehabilitation because they lead to high CO_2 emissions and have a low current productive use. It is also helpful for local governments including district and provincial level governments) to have access to the peat account for their jurisdiction, and at high resolution. This would assist local governments with better managing peat resources for example by supporting the allocation of permits to convert (or decisions to protect) land, and by allowing them monitoring of economic impacts of peat uses. Various projects indicate that local governments often have a major lack of information on peat (location, depth, CO_2 emissions, biodiversity) and that their management decision are hampered by a lack of such information.

Neraca lahan gambut percontohan memiliki banyak potensi penerapan kebijakan, termasuk pemantauan alih fungsi lahan yang sedang berlangsung di lahan gambut dan keberhasilan program rehabilitasi (baik dalam hal luas maupun dampak positif yang dicapai pada emisi CO_2 dan jasa ekosistem). *Neraca ini juga dapat mendukung perencanaan penggunaan lahan setempat. Secara khusus, lahan gambut dapat mengidentifikasi area yang diprioritaskan untuk rehabilitasi karena menyebabkan emisi CO_2 yang tinggi dan saat ini memiliki penggunaan produktif yang rendah. Selain itu, pemerintah daerah, yaitu pemerintah tingkat kabupaten dan provinsi, akan terbantu apabila mereka memiliki akses ke neraca gambut untuk wilayah hukum mereka, dan dengan resolusi tinggi. Hal ini akan mendukung pemerintah daerah dalam mengelola sumber daya gambut secara lebih baik, misalnya, dengan mendukung alokasi izin untuk mengubah (atau keputusan untuk melindungi) tanah, dan dengan memungkinkan mereka memantau dampak ekonomi dari penggunaan gambut. Berbagai proyek menunjukkan bahwa pemerintah daerah seringkali sangat kekurangan informasi tentang gambut (lokasi, kedalaman, emisi CO_2, keanekaragaman hayati) dan bahwa keputusan pengelolaan mereka terhambat oleh kurangnya informasi tersebut.*

It is also recommended to explore how the account (at high resolution) can be made available to local governments, potentially using a specific app/ tool with which information can be downloaded for specific areas of interest (e.g. a district, province, or part thereof). This because detailed information on land use, ecosystem services and natural capital is often lacking at lower government levels (provinces, districts) – where nevertheless much of the policy making and implementation on land use is conducted. Furthermore, the condition account could be expanded with the location of peat domes (an important aspect to be considered in peat management, data are available but have not yet been included in the account) and the location of canals (data are available for part of the country, including at BRG). In addition, it is recommended to update the account to a recent year, for example 2017 and potentially to add more ecosystem services (e.g. water regulation, control of fires and avoiding health effects from smoke, supply of non-timber forest products, and habitat for key species such as tiger and orangutan).

Sangat dianjurkan untuk mengeksplorasi bagaimana neraca (dengan resolusi tinggi) dapat disediakan bagi pemerintah daerah, kemungkinan melalui penggunaan aplikasi/ perangkat tertentu untuk mengunduh informasi mengenai bidang minat tertentu (misalnya kabupaten, provinsi, atau bagian daripadanya). *Ini karena informasi terperinci tentang penggunaan lahan, jasa ekosistem, dan modal alam seringkali kurang di tingkat pemerintahan yang lebih rendah (provinsi, kabupaten), di mana sesungguhnya banyak penyusunan dan pelaksanaan kebijakan terkait penggunaan lahan dilakukan. Selain itu, neraca kondisi dapat diperluas dengan lokasi kubah gambut (aspek penting untuk dipertimbangkan dalam pengelolaan gambut, data tersedia tetapi belum dimasukkan dalam neraca) dan lokasi sekat kanal (data tersedia untuk sebagian wilayah Indonesia, termasuk di BRG). Selain itu, dianjurkan juga untuk memperbarui neraca untuk mencakup tahun yang lebih baru, misalnya 2017, dan berpotensi menambah lebih banyak jasa ekosistem (misalnya pengaturan air, pengendalian kebakaran, dan menghindari dampak kesehatan akibat asap, pasokan hasil hutan bukan kayu, dan habitat untuk spesies kunci seperti harimau dan orangutan).*

References

Daftar Pustaka

1. Sunderlin, W. D., Between danger and opportunity: Indonesia and forests in an era of economic crisis and political change. *Society & Natural Resources* **1999,** *12*, (6), 559–570.

2. Abood, S. A.; Lee, J. S. H.; Burivalova, Z.; GarciaUlloa, J.; Koh, L. P., Relative contributions of the logging, fiber, oil palm, and mining industries to forest loss in Indonesia. *Conservation Letters* **2015,** *8*, (1), 58–67.

3. Koh, L. P.; Miettinen, J.; Liew, S. C.; Ghazoul, J., Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2011,** *108*, (12), 5127–5132.

4. Broich, M.; Hansen, M.; Stolle, F.; Potapov, P.; Margono, B. A.; Adusei, B., Remotely sensed forest cover loss shows high spatial and temporal variation across Sumatera and Kalimantan, Indonesia 2000–2008. *Environmental Research Letters* **2011,** *6*, (1), 014010.

5. Margono, B. A.; Potapov, P. V.; Turubanova, S.; Stolle, F.; Hansen, M. C., Primary forest cover loss in Indonesia over 2000–2012. *Nature Climate Change* **2014,** *4*, (8), 730–735.

6. Uda, S. K.; Hein, L.; Sumarga, E., Towards sustainable management of Indonesian tropical peatlands. *Wetlands Ecology and Management* **2017**, 1–19.

7. Agus, F.; Subiksa, I. M., Lahan Gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. *Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor* **2008**.

8. Agus, F.; Hairiah, K.; Mulyani, A., *Measuring carbon stock in peat soils: practical guidelines.* World Agroforestry Centre: 2010.

9. Hooijer, A.; Page, S.; Canadell, J.; Silvius, M.; Kwadijk, J.; Wösten, H.; Jauhiainen, J., Current and future CO_2 emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences* **2010,** *7*, 1505–1514.

10. Hooijer, A.; Silvius, M.; Wösten, H.; Page, S.; Hooijer, A.; Silvius, M.; Wösten, H.; Page, S., PEAT-CO_2. *Assessment of CO_2 emissions from drained peatlands in SE Asia, Delft Hydraulics report Q* **2006,** *3943.*

11. Carlson, K. M.; Curran, L. M.; Ratnasari, D.; Pittman, A. M.; Soares-Filho, B. S.; Asner, G. P.; Trigg, S. N.; Gaveau, D. A.; Lawrence, D.; Rodrigues, H. O., Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2012,** *109*, (19), 7559–7564.

12. Miettinen, J.; Liew, S., Degradation and development of peatlands in Peninsular Malaysia and in the islands of Sumatera and Borneo since 1990. *Land degradation & development* **2010,** *21*, (3), 285–296.

13. Murdiyarso, D.; Dewi, S.; Lawrence, D.; Seymour, F., *Indonesia's forest moratorium: A stepping stone to better forest governance?* Cifor: 2011.

14. MoJHRRI [Ministry of Justice and Human Right Republic of Indonesia], Peraturan Pemerintah No. 71/2014. In Direktorat Jenderal Peraturan Perundang-undangan: Jakarta, Indonesia, 2014.

15. BRG [Peat restoration agency] Quarterly Report of the Indonesian Agency for Restoration of Peatlands to the President of the Republic of Indonesia http://www.mongabay.co.id/wp-content/uploads/2016/11/Laporan-triwulan-program-BRG.pdf (12 April),

16. Ritung, S.; Wahyunto, N. K.; Sukarman, H.; Suparto, T. C., Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1: 250.000 (Indonesian peatland map at the scale 1: 250,000). *Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development, Bogor* **2011**.

17. Wahyunto; Nugroho, K.; Ritung, S.; Agus, F. In *Indonesian peatland map: Method, Certainty, and uses*, Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Indonesian Agency or Agricultural Research and Development, Jakarta, Indonesia, 2014; 2014; pp 81–96.

18. Nugroho, S., the existing of Indonesia National Forest Monitoring System presenting its milestone, objectives, roadmap, process flow and method, accuracy assessment, FREL, burn scar monitoring system, and future improvement. In *Training workshop: Land cover map accuracy and training workshop on FAO SEPAL remote sensing tool*, FAO: Bogor, 2017.

19. FAO [Food and Agriculture Organization] *Report on land cover map accuracy and training workshop on FAO SEPAL remote sensing tool* Bogor, Indonesia, 2017.

20. *SEEA Experimental Ecosystem Accounting: Technical Recommendations*; 2017.

21. Metzger, M.; Rounsevell, M.; Acosta-Michlik, L.; Leemans, R.; Schröter, D., The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **2006,** *114*, (1), 69–85.

22. Sumarga, E.; Hein, L., Mapping ecosystem services for land use planning, the case of Central Kalimantan. *Environmental management* **2014,** *54*, (1), 84–97.

23. Indonesia, W., Deforestation, forest degradation, biodiversity loss and CO_2 emissions in Riau, Sumatera, Indonesia. *One Indonesian Province's Forest and Peat Soil Carbon loss over a Quarter Cebtury and its Plans for the Future* **2008**.

24. Huan, P. L. K.; Lim, S. S.; Parish, F.; Suharto, R. *Ikhtisar: buku panduan rspo untuk praktik pengelolaan terbaik (ppt) bagi budidaya kelapa sawit sedang berjalan di lahan gambut*; RSPO: 2012.

25. Wösten, J.; Ismail, A.; Van Wijk, A., Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma* **1997,** *78*, (1), 25–36.

26. Wösten, J.; Clymans, E.; Page, S.; Rieley, J.; Limin, S., Peat–water interrelationships in a tropical peatland ecosystem in Southeast Asia. *Catena* **2008,** *73*, (2), 212–224.

27. Rieley, J.; Wüst, R.; Jauhiainen, J.; Page, S.; Wösten, J.; Hooijer, A.; Siegert, E.; Limin, S.; Vasander, H.; Stahlhut, M., Tropical peatlands: carbon stores, carbon gas emissions and contribution to climate change processes. In *Peatlands and climate change*, International Peat Society: 2008; pp 148–181.

28. Agency for Forestry Research and Development, Center for Conservation and Rehabilitation Research and Development, RPI 5 Management of Peat Swamp Forest. In Ministry of Forestry Republic Indonesia: Jakarta, 2010.

29. Harrison, M. E.; Page, S. E.; Limin, S. H., The global impact of Indonesian forest fires. *Biologist* **2009,** *56*, (3), 156–163.

30. Tacconi, L. *Fires in Indonesia: causes, costs and policy implications*; CIFOR, Bogor, Indonesia: 2003.

31. Van der Werf, G. R.; Randerson, J. T.; Giglio, L.; Collatz, G.; Mu, M.; Kasibhatla, P. S.; Morton, D. C.; DeFries, R.; Jin, Y. v.; van Leeuwen, T. T., Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997–2009). *Atmospheric Chemistry and Physics* **2010,** *10*, (23), 11707–11735.

32. De Groot, R. S.; Wilson, M. A.; Boumans, R. M., A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics* **2002,** *41*, (3), 393–408.

33. Hein, L. *Biophysical Modelling and Analysis of Ecosystem Services in an Ecosystem Accounting Context*; 2014.

34. Gunarso, P.; Hartoyo, M.; Agus, F.; Killeen, T., Oil palm andland usechange in Indonesia, Malaysia and Papua New Guinea. Reports from the Technical Panels of the 2nd greenhouse gas working Group of the Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). **2013**, 29–62.

35. Sumarga, E.; Hein, L.; Edens, B.; Suwarno, A., Mapping monetary values of ecosystem services in support of developing ecosystem accounts. *Ecosystem Services* **2015,** *12*, 71–83.

36. Suwarno, A.; Hein, L.; Sumarga, E., Who benefits from ecosystem services? A case study for Central Kalimantan, Indonesia. *Environmental management* **2016,** *57*, (2), 331–344.

37. WRI [World Resources Institute], Carbon emissions from peat drainage, Accessed through Global Forest Watch Climate [climate.globalforestwatch.org]: 2015. In.

38. The World Bank, World Bank Open Data. Availale online: http://data.worldbank.org/: 2016. In.

39. Statistics Indonesia, BPS-Statistics Indonesia. In 2015.

40. Aldrian, E.; Dwi Susanto, R., Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology* **2003,** *23*, (12), 1435–1452.

41. MoARI [Ministry of Agriculture Republic of Indonesia], Indonesia peat lands, Accessed through Global Forest [www.globalforestwatch.org]. In.

42. MoEFRI [Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia], Peraturan Direktur Jenderal Planologi Kehutanan Nomor: P.1/VII-IPSDH/2015 Tentang Pedoman Pemantauan Penutupan Lahan. In Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia: Jakarta, 2015.

43. MoEFRI [Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia] Peta penutupan lahan Indonesia. http://webgis.menlhk.go.id:8080/pl/pl.htm (15 March),

44. Krisnawati, H.; Imanuddin, R.; Adinugroho, W. C.; Hutabarat, S., Standard Methods for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Forests and Peatlands in Indonesia (Version 2). In Research, Development and Innovation Agency of the Ministry of Environment and Forestry: Bogor, Indonesia, 2015.

45. Tosiani, A. *Buku kegiatan serapan dan emisi karbon* Directorate of inventory and monitoring of forest resources. Directorate general of forestry planology and environmental order. Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia: Jakarta, 2015.

46. MODIS Collection 6 NRT Hotspot / Active Fire Detections MCD14DL. Available on-line [https://earthdata.nasa.gov/firms].DOI: 10.5067/FIRMS/MODIS/MCD14DL.NRT.006. In.

47. Giglio, L., MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide Revision A. *Unpublished Manuscript, Department of Geographical Sciences, University of Maryland. Available online: https://lpdaac. usgs. gov/sites/default/files/public/product_documentation/mod14_user_guide. pdf (accessed on 22 February 2016)* **2015**.

48. MoEFRI [Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia], National Forest Reference Emission Level for REDD+ In the Context of Decision 1/CP.16 In Directorate General of Climate Change. The Ministry of Environment and Forestry: Indonesia, 2015.

49. MRI *Green House Gas Reduction Project through Forest Conservation in Peat land in Central Kalimantan*; Mitsubisi Rerearch Intititute, Inc: 2013.

50. Deputy for Remote Sensing LAPAN, Technical guide (v.01): Informasi titik panas (hotspot) kebakaran hutan/lahan In Center for Remote Sensing Utilization, LAPAN: 2016.

51. Statistics Indonesia, Indeks Harga Konsumen dan Inflasi Bulanan Indonesia. In Indonesia, S., Ed. Indonesia, 2017.

52. BI [Bank Indonesia], Foreign exchange reference rate. In Indonesia, 2017.

53. UN; EC; FAO; IMF, System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework. In 2014.

54. Edens, B.; Hein, L., Towards a consistent approach for ecosystem accounting. *Ecological Economics* **2013,** *90*, 41–52.

55. Budiharta, S.; Meijaard, E.; Erskine, P. D.; Rondinini, C.; Pacifici, M.; Wilson, K. A., Restoring degraded tropical forests for carbon and biodiversity. *Environmental Research Letters* **2014,** *9*, (11), 114020.

56. MoFRI [Ministry of Forestry Republic of Indonesia], Regulation of the Directorate General of Watershed Management and Social Forestry No. P.6/V-SET/ 2012: Estimation of Standard Costs of Programs for Watershed Management for the Year 2013. In Ministry of Forestry: Jakarta, Indonesia, 2012.

57. Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, U. S. G., Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866 In 2016.

58. MCD64A1, Modis Active Fire And Burned Area Products. Burned area products. http://modis-fire.umd.edu/pages/BurnedArea.php

59. Hiraishi, T.; Krug, T.; Tanabe, K.; Srivastava, N.; Baasansuren, J.; Fukuda, M.; Troxler, T., 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. *IPCC, Switzerland* **2014**.

60. Ballhorn, U.; Siegert, F.; Mason, M.; Limin, S., Derivation of burn scar depths and estimation of carbon emissions with LIDAR in Indonesian peatlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2009,** *106*, (50), 21213–21218.

61. Mulyani, A.; Susanti, E.; Dariah, A.; Maswar, W.; Agus, F., Basis data karakteristik tanah gambut di Indonesia. *Badan litbang Pertanian, Kementerian Pertanian Indonesia* **2012**.

62. Wahyunto; Ritung, S.; Subagjo, H., Peta luas sebaran lahan gambut dan kandungan karbon di Pulau Sumatera 1990–2002. *Bogor, Indonesia: Wetlands International, Indonesia Program and Rapid assessment in Tripa and Batang Toru117Wildlife Habitat Canada* **2003**.

63. Wahyunto; Ritung, S.; Subagjo, H., Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Kalimantan/ Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan, 2000–2002. *Wetlands International Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada, Bogor, Indonesia* **2004**.

64. Wahyunto; Heryanto, B.; Bekti, H.; Widiastuti, F., Peta-Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Papua/Maps of Peatland Distribution, Area and Carbon Content in Papua, 2000–2001. *Wetlands International–Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC)* **2006**.

65. Zubaidah, A.; Vetrita, Y.; Khomarudin, M. R., Validasi Hotspot MODIS di Wilayah Sumatera dan Kalimantan Berdasarkan Data Penginderaan Jauh SPOT–4 Tahun 2012. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Analisa Citra Digital* **2014,** *11*, (1–14), 114.

66. Zubaidah, A.; Vetrita, Y.; Priyatna, M.; Ayu, K., Analisis pemanfaatan dan validasi hotspot viirs nightfire untuk identifikasi kebakaran hutan dan lahan di indonesia (analysis of use and validation viirs nightfire hotspot for identification of forest and land fire in indonesia). *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* **2015,** *12*, (1).

67. Tansey, K.; Beston, J.; Hoscilo, A.; Page, S.; Paredes Hernández, C., Relationship between MODIS fire hot spot count and burned area in a degraded tropical peat swamp forest in Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* **2008,** *113*, (D23).

68. NRT VIIRS 375 m Active Fire product VNP14IMGT. Available on-line https://earthdata.nasa.gov/firms]. DOI:10.5067/FIRMS/VIIRS/VNP14IMGT.NRT.001. In.

69. MoEFRI [Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia], National Forest Reference Emission Level for REDD+ In the Context of Decision 1/CP.16 Paragraph 70 UNFCCC. In Directorate General of Climate Change: Indonesia, 2015.

70. Roy, D. P.; Boschetti, L., Southern Africa validation of the MODIS, L3JRC, and GlobCarbon burned-area products. *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing* **2009,** *47*, (4), 1032–1044.

71. Chang, D.; Song, Y., Estimates of biomass burning emissions in tropical Asia based on satellite-derived data. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2010,** *10*, (5), 2335–2351.

72. Page, S. E.; Siegert, F.; Rieley, J. O.; Boehm, H.-D. V.; Jaya, A.; Limin, S., The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* **2002,** *420*, (6911), 61–65.

73. FAO [Food and Agriculture Organization], FAOSTAT Emissions Database. In FAO.

74. Rossi, S.; Tubiello, F. N.; Prosperi, P.; Salvatore, M.; Jacobs, H.; Biancalani, R.; House, J. I.; Boschetti, L., FAOSTAT estimates of greenhouse gas emissions from biomass and peat fires. *Climatic Change* **2016,** *135*, (3), 699–711.

75. Page, S.; Hosciło, A.; Wösten, H.; Jauhiainen, J.; Silvius, M.; Rieley, J.; Ritzema, H.; Tansey, K.; Graham, L.; Vasander, H., Restoration ecology of lowland tropical peatlands in Southeast Asia: current knowledge and future research directions. *Ecosystems* **2009,** *12*, (6), 888–905.

76. Jaenicke, J.; Wösten, H.; Budiman, A.; Siegert, F., Planning hydrological restoration of peatlands in Indonesia to mitigate carbon dioxide emissions. *Mitigation and adaptation strategies for global change* **2010,** *15*, (3), 223–239.

77. Lubis, A. U., Bull. *Pusat Penelitian Marihat* **1990,** *10*, (2).

78. Risza, I. S., *Kelapa sawit, upaya peningkatan produktivitas.* Kanisius: 1994.

79. Saragih, J. M., Pengelolaan Lahan Gambut di Perkebunan Kelapa Sawit di Kebun Teluk Bakau, PT Bhumireksa Nusa Sejati, Minamas Plantation, Riau. **2014**.

80. Amalia, M.; Syahril, S. *Overview of the Payment for the Environmental Services Implementation in Indonesia*; Economic and Envrionmental Program for Sout-east Asia-WorldFish: Laguna, Philippines, 2016.

81. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Cadangan Karbon Pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia Seri 2. In Badan Litbang Kehutanan, Kementerian Kehutanan: Bogor, 2014.

82. GOFC-Gold *A source book of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation.*; GOFC-GOLD Project office Natural Resources Canada: Alberta, Canda, 2009.

83. Verwer, C.; Van der Meer, P. *Carbon pools in tropical peat forest: towards a reference value for forest biomass carbon in relatively undisturbed peat swamp forests in Southeast Asia*; 1566–7197; Alterra: 2010.

84. Delaney, M.; Brown, S.; Lugo, A.; Torres-Lezama, A.; Quintero, N. B., The distribution of organic carbon in major components of forests located in five life zones of Venezuela. *Journal of tropical ecology* **1997,** *13*, (5), 697–708.

85. Brown, I. F.; Martinelli, L. A.; Thomas, W. W.; Moreira, M. Z.; Ferreira, C. C.; Victoria, R. A., Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondonia, Brazil. *Forest Ecology and Management* **1995,** *75*, (1–3), 175–189.

86. Yoneda, T.; Tamin, R.; Ogino, K., Dynamics of aboveground big woody organs in a foothill dipterocarp forest, West Sumatera, Indonesia. *Ecological Research* **1990,** *5*, (1), 111–130.

87. Syahrinudin, *The potential of oil palm and forest plantations for carbon sequestration on degraded land in Indonesia: to 25; Pages: 26 to 50; Pages: 51 to 75; Pages: 76 to 100; Pages: 101 to 125.* Cuvillier Verlag: 2005.

88. Miettinen, J.; Hooijer, A.; Shi, C.; Tollenaar, D.; Vernimmen, R.; Liew, S.; Page, S., Extent of industrial plantations on Southeast Asian peatlands in 2010 with analysis of historical expansion and future projections. *GCB Bioenergy* **2012,** *4*, (6), 908–918.

89. Miettinen, J.; Shi, C.; Liew, S., Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatera and Borneo in 2015 with changes since 1990. *Global Ecol Conserv* **2016,** *6*, 67–78.

90. Statistics Indonesia, Forestry. In *2004–2014*, Jakarta, Indonesia, 2017.

91. Salwati, R.; Purnamayani; Firdaus; Endrizal *Respone of oil palm planted on peatland to ameliorants : A case study in Arang-arang, Jambi* Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi: 2014.

92. Rochmayanto, Y., Perubahan kandungan karbon dan nilai ekonominya pada konversi hutan rawa gambut menjadi hutan tanaman industri pulp. **2009**.

93. Ananto, E. E.; Pasandaran, E. *Pengelolaan lahan gambut di provinsi Sumatera Selatan*; Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian: 2007; pp 194–211.

94. Ananto, E. E.; Supriyo, A.; Soentoro; Hermanto; Sulaeman, Y.; S, I. W.; Nuryanto., B., Pengembangan usaha pertanian lahan pasang surut Sumatera Selatan: Mendukung Ketahanan Pangan dan Pengembangan Agribisnis. In Badan Litbang Pertanian: 2000; p 166.

95. Suzuki, S.; Ishida, T.; Nagano, T.; Waijaroen, S., Influences of deforestation on carbon balance in a natural tropical peat swampforest in Thailand. *Environ Control Biol* **1999,** *37*, 115–128.

96. Jauhiainen, J.; Hooijer, A.; Page, S., Carbon dioxide emissions from an Acacia plantation on peatland in Sumatera, Indonesia. *Biogeosciences.* **2012**.

97. Hirano, T.; Segah, H.; Harada, T.; Limin, S.; June, T.; Hirata, R.; Osaki, M., Carbon dioxide balance of a tropical peat swamp forest in Kalimantan, Indonesia. *Global Change Biol* **2007,** *13*, (2), 412–425.

98. MoTRI [Ministry of Trade Republic of Indonesia], Ministry of Trade regulation (Permendag) No. 22 year 2012 about the amendment to the Regulation of Minister of Trade No. 12/M-DAG/PER/3/2012 on pricing of forest product benchmark for the calculation of forest resources provision. In Ministry of Trade Republic of Indonesia: Indonesia, 2012.

99. Directorate General of Estate Crops, Tree crop estate statistics of Indonesia 2013–2015: Oil palm. In Ministry of Agriculture: Jakarta, Indonesia, 2014.

100. Statistics Indonesia, Producer Price Indices. In 2017.

101. TRMM, Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) (TMPA/3B43) Rainfall Estimate L3 1 month 0.25 degree x 0.25 degree V7, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC). In 2011.

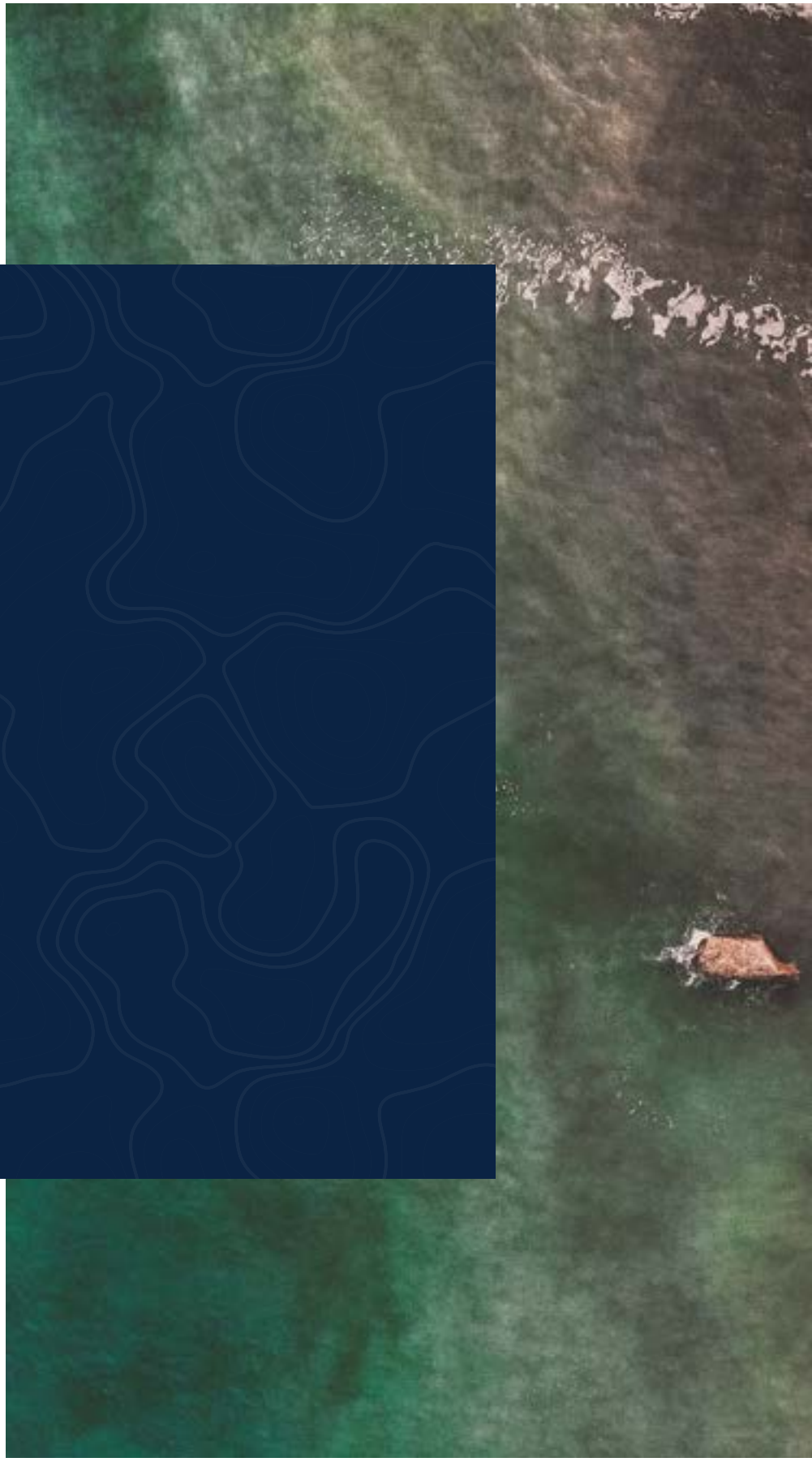
102. Climate Prediction Center / NCEP, ENSO: recent evolution, current status and predictions. In 2017.

103. Sofan, P., Karakteristik pola curah hujan di wilayah Indonesia berdasarkan data satelit TRMM (1998–2011). *Bunga Rampai Penginderaan Jauh Indonesia 2013* **2015**, 2–20.

104. Pebesma, E.; Graeler, B.; Pebesma, M. E., Package 'gstat'. **2018**.

105. Isaaks, E. H.; Srivastava, M. R., *Applied Geostatistics*. 1989.

106. Furukawa, Y.; Inubushi, K.; Ali, M.; Itang, A.; Tsuruta, H., Effect of changing groundwater levels caused by land-use changes on greenhouse gas fluxes from tropical peat lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **2005,** *71*, (1), 81–91.



Annexes

Lampiran

Annex 1. Estimated carbon stocks in vegetation by land cover type
Lampiran 1 Perkiraan cadangan karbon dalam vegetasi berdasarkan jenis tutupan lahan

Land cover *Tutupan lahan*		**Carbon stocks (tC) in** *Cadangan karbon (tC) di*			
		AGB *AGB*	**Root** *Akar*	**Dead wood** *Kayu mati*	**Litter** *Sampah*
Primary peatland forest *Hutan lahan gambut primer*	Sumatera	157.1[a]	27.7[a]	1.95[a]	22.75[a]
	Kalimantan	125.95[a]	34.55[a]	2.45[a]	28.4[a]
Secondary peatland forest *Hutan lahan gambut sekunder*	Sumatera	96.15[a]	19.2[a]	1.95[a]	20.1[a]
	Kalimantan	91.65[a]	21.65[a]	2.2[a]	22.65[a]
Plantation forest *Hutan tanaman*	Sumatera	76.7[b]	18.2[d]	n.a.	2.9[e]
	Kalimantan	54.7[b]	18.2[d]	n.a.	2.9[e]
Perennial crops *Tanaman tahunan*		63[c]	11[d]	5.2[f]	1.8[e]
Settlement *Permukiman*		4[c]	1[d]	n.a	n.a
Transmigration areas *Daerah transmigrasi*		10[c]	1[d]	n.a	n.a
Bare ground *Lahan terbuka*		2.5[c]	4[g]	n.a	n.a
Savannah *Sabana*		4[c]	2[d]	n.a	n.a
Dry agricultural land *Lahan pertanian kering*		10[c]	1.0[d]	n.a	n.a
Dry agricultural land (mixed) *Lahan pertanian kering (campuran)*		30[c]	1.0[d]	n.a	n.a
Paddy field *Sawah*		2[c]	1.0[d]	n.a	n.a
Open water/mining area/open swamp *Perairan terbuka/tambang/rawa terbuka*		0[c]	n.a	n.a	n.a
Shrub *Semak*		30[c]	3.9[d]	1.8[f]	0.6[e]

Note:

n.a: data are not available.
n.a: data tidak tersedia.

a [44; 48]
[44; 48]

b *81 as reviewed in [45].*
81 seperti ditinjau dalam [45].

c *Juknis PEP RAD GRK (2013) as reviewed in [45].*
Juknis PEP RAD GRK (2013) seperti ditinjau di [45].

d *Estimated from above ground carbon based on the ratio from GOFC-Gold [82] as reviewed in [83].*
Diperkirakan dari karbon di atas permukaan tanah berdasarkan rasio dari GOFC-Gold [82] seperti ditinjau di [83].

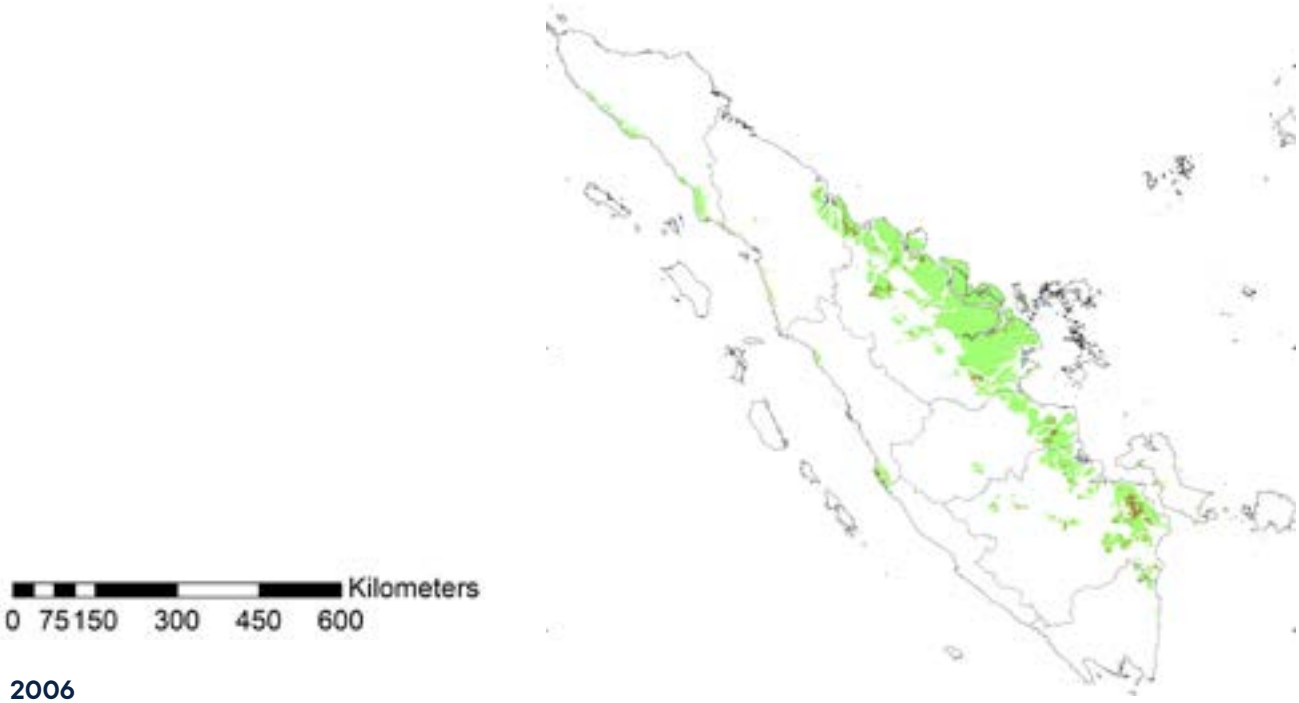
e *Estimated from above ground carbon based on the average ratio from [84] and [85] as reviewed in [83].*
Diperkirakan dari karbon di atas permukaan tanah berdasarkan rasio rata-rata dari [84] dan [85] seperti ditinjau di [83]

f *Estimated from above ground carbon based on the ratio from [86] as reviewed in [83].*
Diperkirakan dari karbon di atas permukaan tanah berdasarkan rasio dari [86] seperti ditinjau di [83].

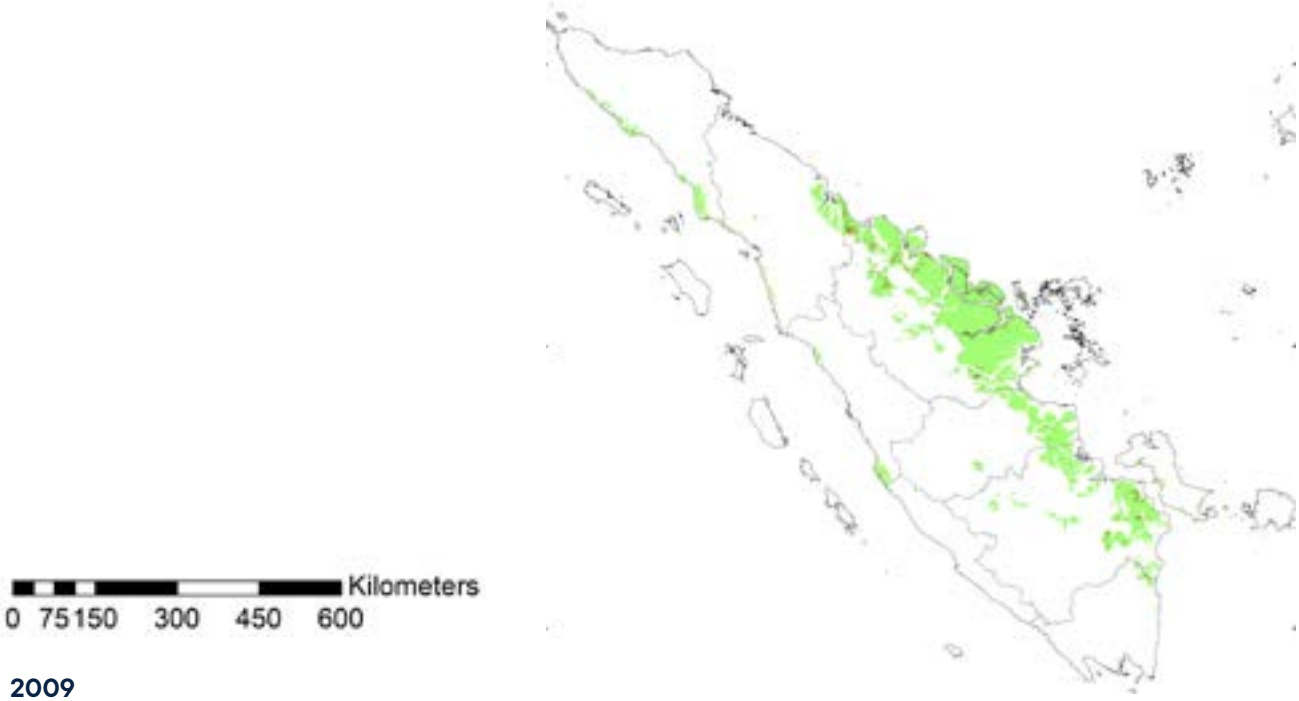
g [87]
[87]

Annex 2. Hotspots
Lampiran 2 Titik api

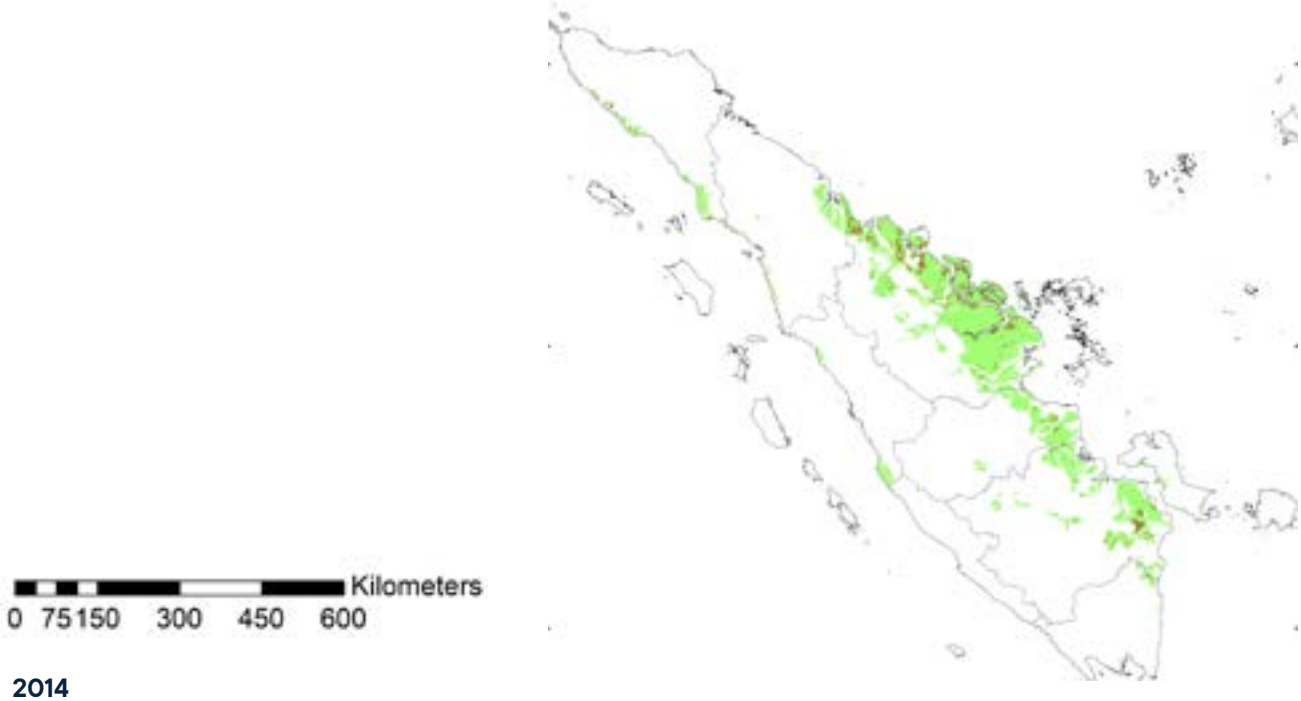
2.A Spatial distribution of hotspots (CV ≥ 80%) in 2006. 2009 and 2014
2.A Sebaran spasial titik api (CV ≥ 80%) tahun 2006, 2009, dan 2014



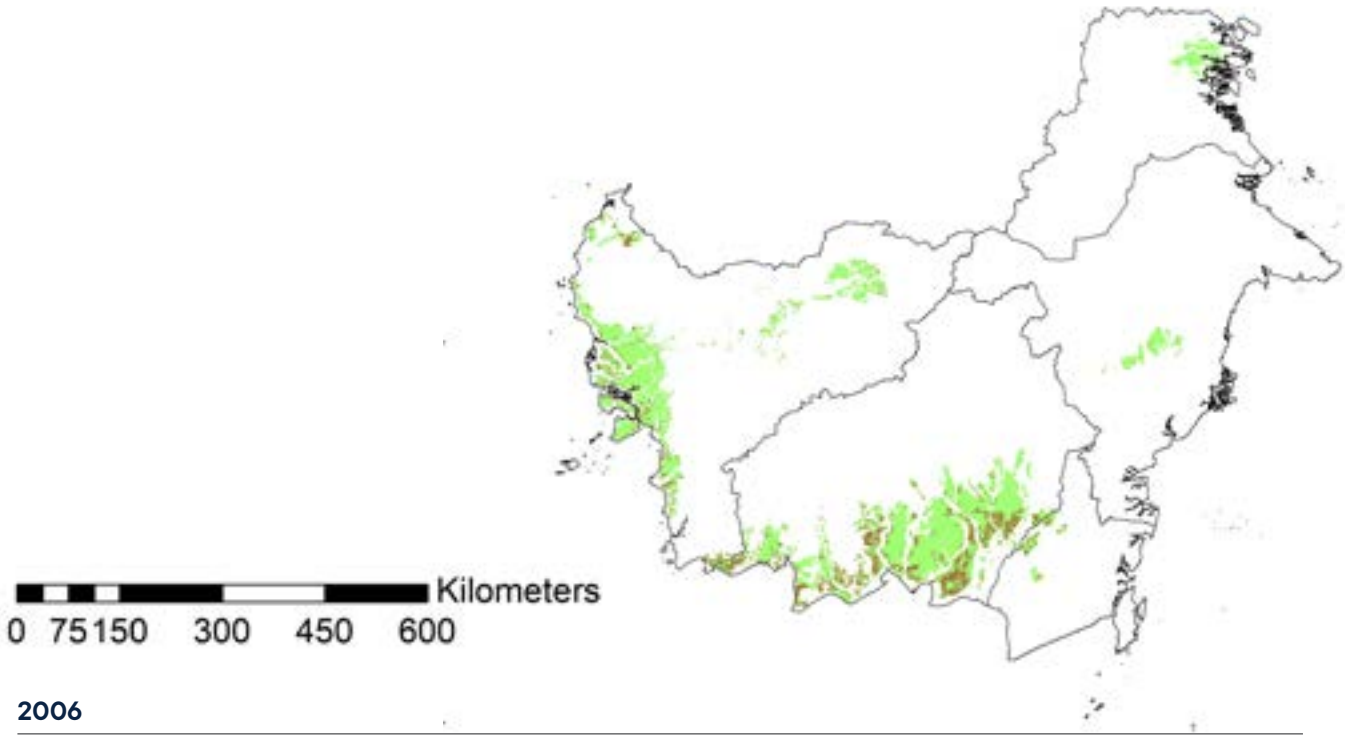
2006



2009

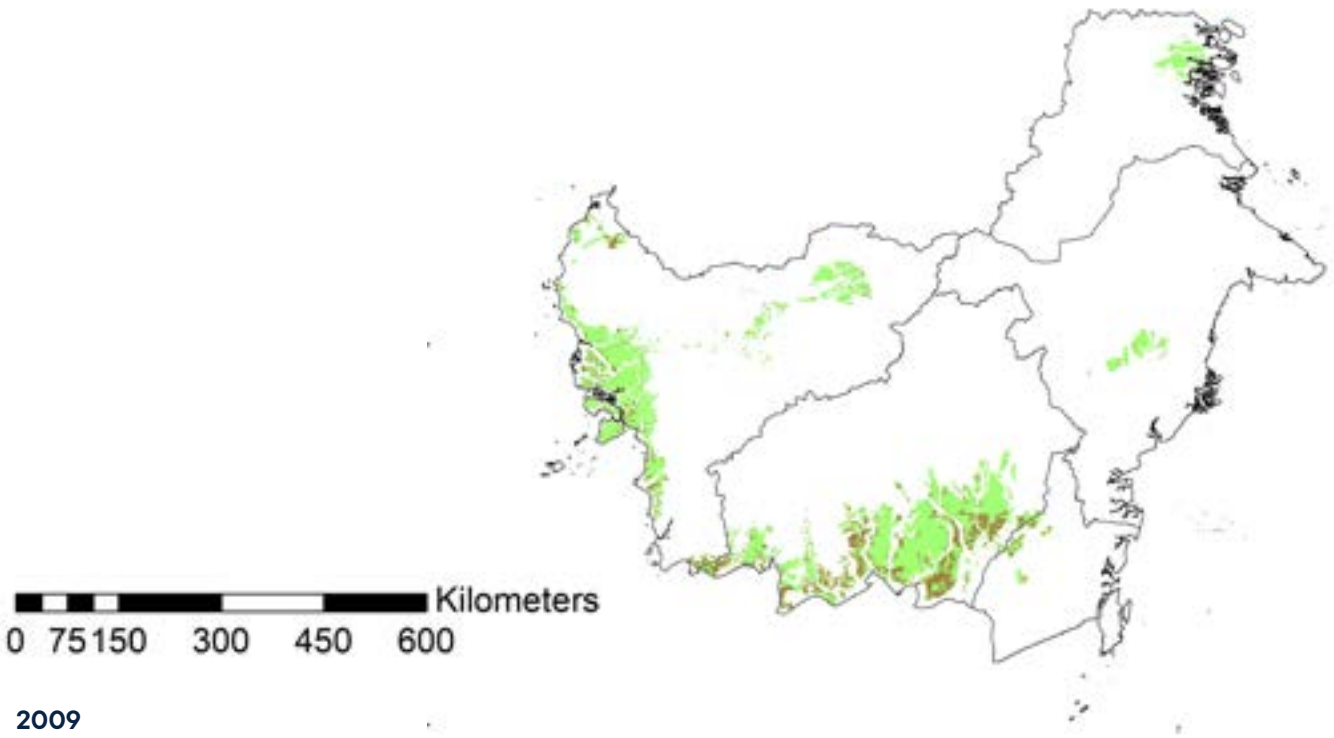

Kilometers
0 75 150 300 450 600

2014

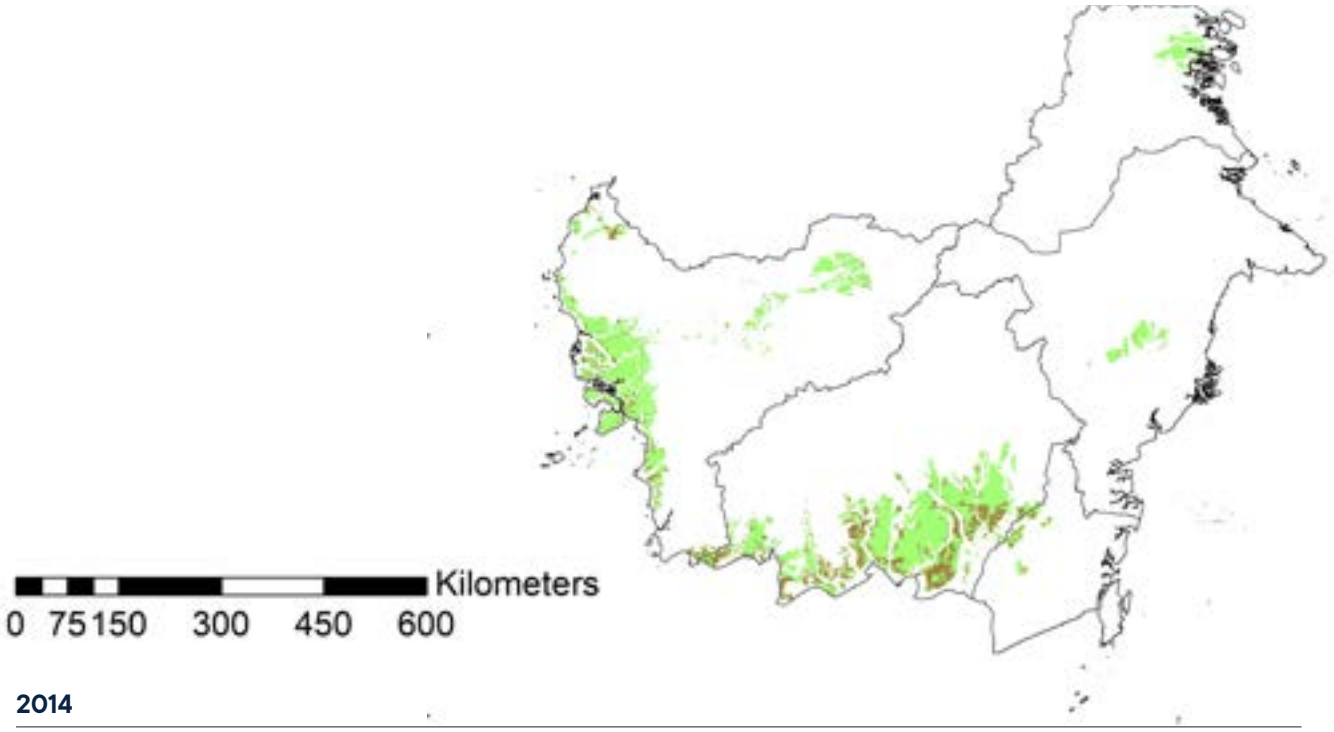

Kilometers
0 75 150 300 450 600

2006

Data sources: peatland map [41] and fire product MODIS [46]
peta lahan gambut [41] dan MODIS fire product [46]



2009



2014

2.B Number of hotspots in Sumatera and Kalimantan peatlands 2006, 2009, and 2014 estimated from the MODIS fire product
2.B Jumlah titik api di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 2006, 2009, dan 2014 diperkirakan dari MODIS fire product

Number of hotspots in peatlands *Jumlah titik api di lahan gambut*	**At minimum confidence level (≥)** *Pada tingkat kepercayaan minimum (≥)*								
	0			30			80		
	2006	2009	2014	2006	2009	2014	2006	2009	2014
Sumatera	8638	5856	10246	8236	5538	9777	4035	2448	5663
Kalimantan	8456	5904	5778	8005	5638	5527	3879	2619	2635
Total	17094	11760	16024	16241	11176	15304	7914	5067	8298

Note:
hotspots in the same or nearest location (approximately 1 km resolution) detected in the same year are assumed as one hotspot.
Titik api di lokasi yang sama atau terdekat (resolusi sekitar 1 km) yang terdeteksi pada tahun yang sama dianggap sebagai satu titik api.

Annex 3. Estimated total area of oil palm plantation in Sumatera and Kalimantan peatlands.
Lampiran 3 *Perkiraan luas perkebunan kelapa sawit di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*

Year *Tahun*	**Estimated total peatlands** *Perkiraan luas lahan gambut*	**Oil palm plantation (ha) in** *Perkebunan kelapa sawit (ha) di*				**Source** *Sumber*
		Sumatera	Kalimantan	Papua	Total	
	Indonesia (20.8 Mha).	700000	1000	0	701000	34
	Sumatera (7.21 Mha)					
	Kalimantan (5.83 Mha).					
	Papua (7.8 Mha)					
	Sumatera (7.23 Mha).	512341	15982	n.a	528323	88
2000*	Kalimantan (5.77 Mha)					
	Indonesia (20.8 Mha).	1200000	50000	1500	1251500	34
	Sumatera (7.21 Mha).					
	Kalimantan (5.83 Mha).					
2005*	Papua (7.8 Mha)					
	Indonesia (20.8 Mha).	1400000	308000	1700	1709700	34
	Sumatera (7.21 Mha).					
	Kalimantan (5.83 Mha).					
	Papua (7.8 Mha)					
	Sumatera (7.23 Mha).	1026922	258299	n.a	1285221	88
2010*	Kalimantan (5.77 Mha)					
	Indonesia (14.9 Mha).	1413628	479816	1850	1895294	37
	Sumatera (6.4 Mha).					
	Kalimantan (4.9 Mha).					
2014	Papua (3.6 Mha)					
	Sumatera (7.23 Mha).	1315830	730750	n.a	2046580	89
2015*	Kalimantan (5.78 Mha)					

Annex 4. Annual production rate of ecosystem services in peatlands of Sumatera and Kalimantan
Lampiran 4 *Tingkat produksi tahunan jasa ekosistem di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*

ES specification *Spesifikasi jasa ekosistem*	**Unit** *Unit*	**Peatlands in** *Lahan gambut di*		**Source** *Sumber*
		Sumatera	*Kalimantan*	
Timber production *Produksi kayu*	m^3/ha *m^3/ha*	0.73*	0.37*	Statistics Indonesia [90] *Badan Pusat Statistik [90]*
Oil palm production *Produksi sawit*	ton FFB/ha *ton FFB/ha*	16.7	14.8	[79, 35, 91]
Biomass production for pulp *Produksi biomassa untuk bubur kayu*	ton biomass/ha *ton biomassa/ha*	21.03	21.03	[92]
Paddy production *Produksi beras*	ton paddy/ha *ton padi/ha*	2.92	1.7	[36, 93, 94]
CO_2 sequestration *Penyerapan CO_2*	ton CO_2/ha *ton CO_2/ha*	19	19	[95] as reviewed in [6] *[95] seperti ditinjau di [6]*

average value 2004–2015
**nilai rata-rata 2004–2015*
Note: the values might vary at provincial or district level
Catatan: nilai dapat bervariasi di tingkat provinsi atau kabupaten

Annex 5. Estimated net carbon flux by land cover type
Lampiran 5. *Perkiraan fluks karbon bersih berdasarkan jenis tutupan lahan*

Land cover *Tutupan lahan*	**Net carbon (CO_2) flux** *Fluks karbon (CO_2) bersih*	**Source** *Sumber*
Undisturbed natural forest *Hutan alami yang belum terganggu*	19	[9, 10, 95–97]
Disturbed natural forest *Hutan alami yang terganggu*	–17	
Forest plantation (Acacia) *Hutan tanaman (Akasia)*	–81	
Oil palm. other types of plantation *Kelapa sawit. Jenis perkebunan lainnya*	–85	
Dry land agriculture *Lahan pertanian kering*	–48	
Paddy field *Sawah*	–48	
Open water *Perairan terbuka*	0	
Degraded land. bare ground *Lahan terdegradasi. Lahan terbuka*	–15	
Other land uses *Pengunaan lahan lain*	–15	

Note: data are taken from 6
Catatan: data diambil dari 6

Annex 6. Production cost and market price of commodities
Lampiran 6. *Biaya produksi dan harga pasar berbagai komoditas*

ES *Jasa ekosistem*	**Indicator** *Indikator*	**Unit** *Unit*	**Value** *Nilai*	**Value at** *Nilai pada*	**Source** *Sumber*
Timber production *Produksi kayu*	Price *Harga*	1000 IDR/m3	1658.5[a]	2012	98
	Production cost *Biaya produksi*	1000 IDR/m3	991	2010	36
Oil palm production *Produksi sawit*	Price *Harga*	1000 IDR/tFFB	1102	2013	99
	Production cost *Biaya produksi*	1000 IDR/ha	15424	2010	35
Acacia biomass production *Produksi biomassa akasia*	Price *Harga*	1000 IDR/t	350	2009	92
	Production cost *Biaya produksi*	1000 IDR/ha	5459	2009	92
Paddy production *Produksi padi*	Price *Harga*	1000 IDR/ton	3.3	2013	100
	Production cost *Biaya produksi*	1000 IDR/ha	2652	2010	35
CO_2 sequestration *Penyerapan CO_2*	Social cost of carbon *Biaya sosial karbon*	US$/ton CO_2	36[b]	2007	57
Protected habitat *Habitat lindung*	Restoration cost *Biaya restorasi*	US$/ha	1054	2014	55

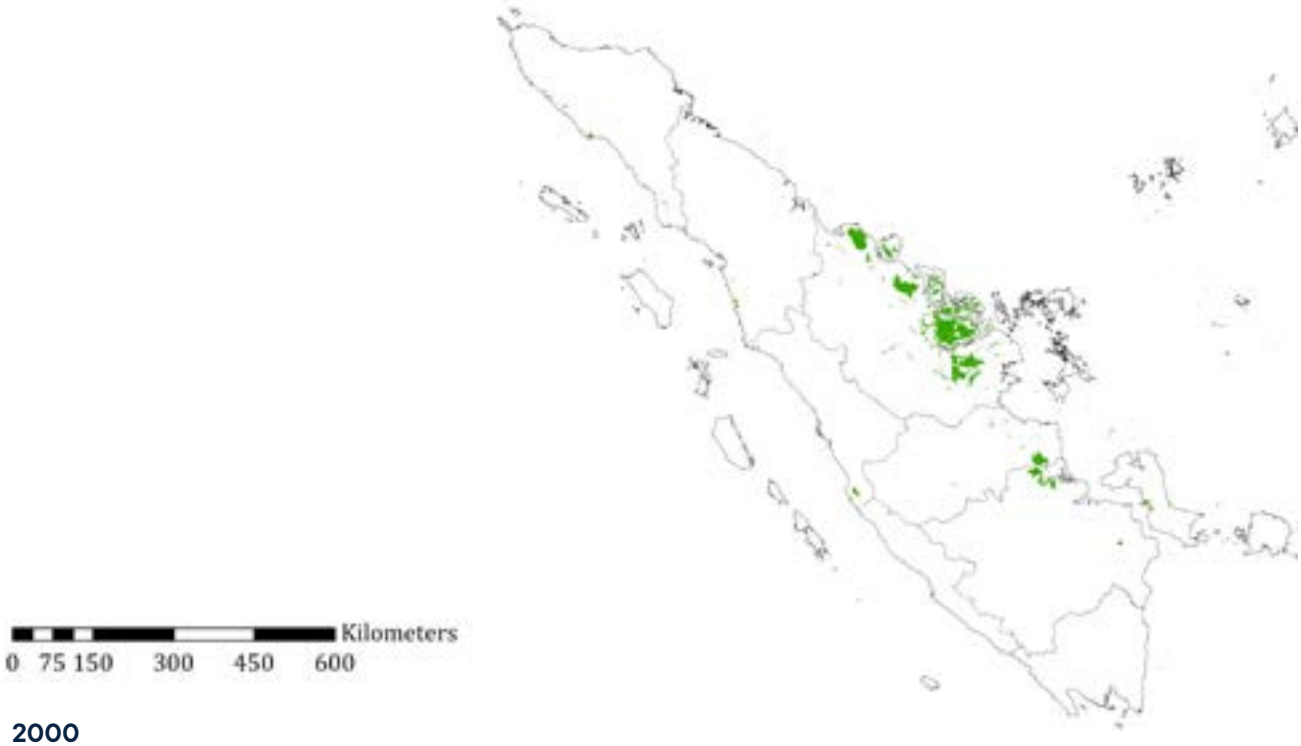
a average timber (of several types) price.
rata-rata harga kayu (dari beberapa jenis).

b value with discount rate at 3%
nilai dengan tingkat diskonto 3%

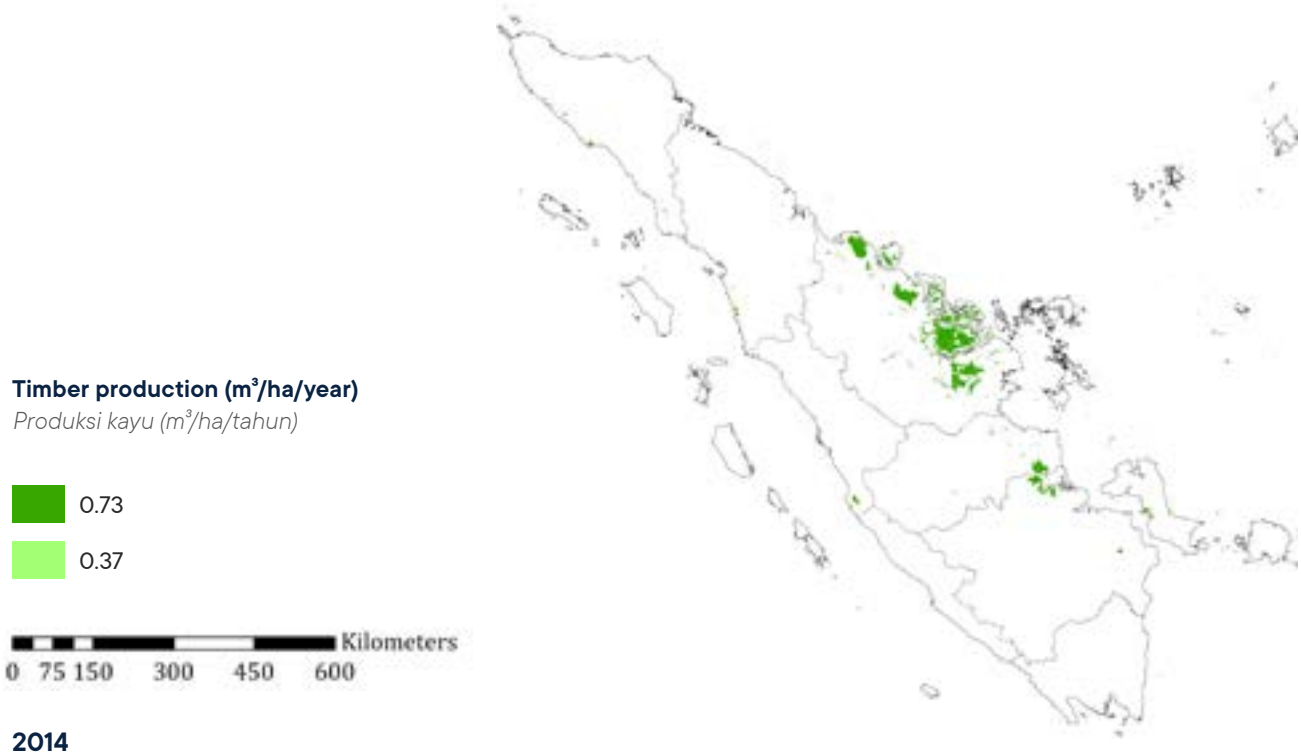
Note:
the values, particularly the production cost, might vary at provincial or district level. In the calculation of monetary values, all data were converted to the values at 2017 (considering inflation rates 6.96 in 2010; 3.79 in 2011; 4.3 in 2012; 8.38 in 2013; 8.36 in 2014; 3.35 in 2015; 3.02 in 2016 [51], and exchange rates based on Bank Indonesia [52].
nilai-nilai tersebut, khususnya biaya produksi, mungkin bervariasi di tingkat provinsi dan kabupaten. Dalam perhitungan nilai moneter, semua data dikonversi ke nilai pada tahun 2017 (dengan mempertimbangkan tingkat inflasi 6,96 pada 2010; 3,79 pada 2011; 4,3 pada 2012; 8,38 pada 2013; 8,36 pada 2014; 3,35 pada 2015; 3,02 pada 2016 [51], dan nilai tukar mata uang menurut Bank Indonesia [52].

Annex 7. Spatial distribution of ecosystem services (physical values) in Sumatera and Kalimantan peatlands for 2000 and 2014

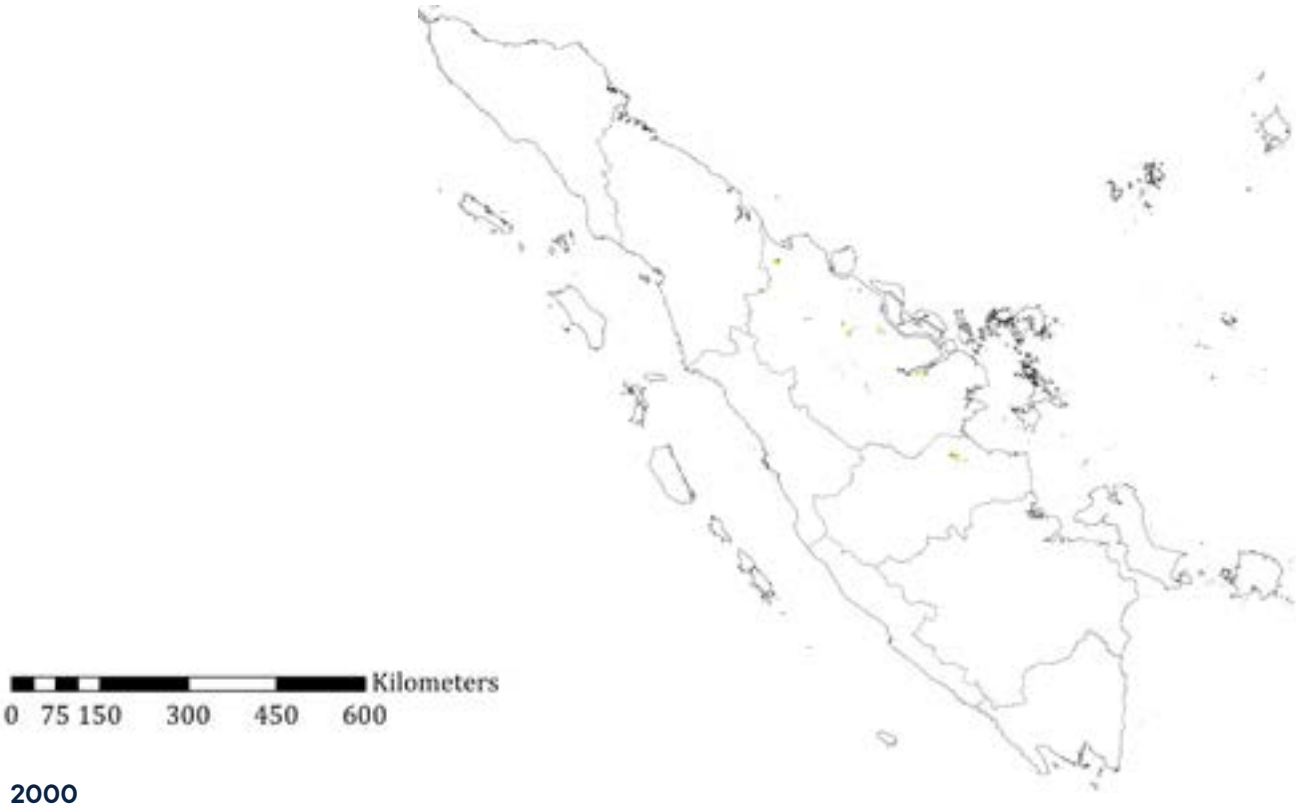
Lampiran 7. *Sebaran spasial jasa ekosistem (nilai fisik) di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan untuk tahun 2000 dan 2014*



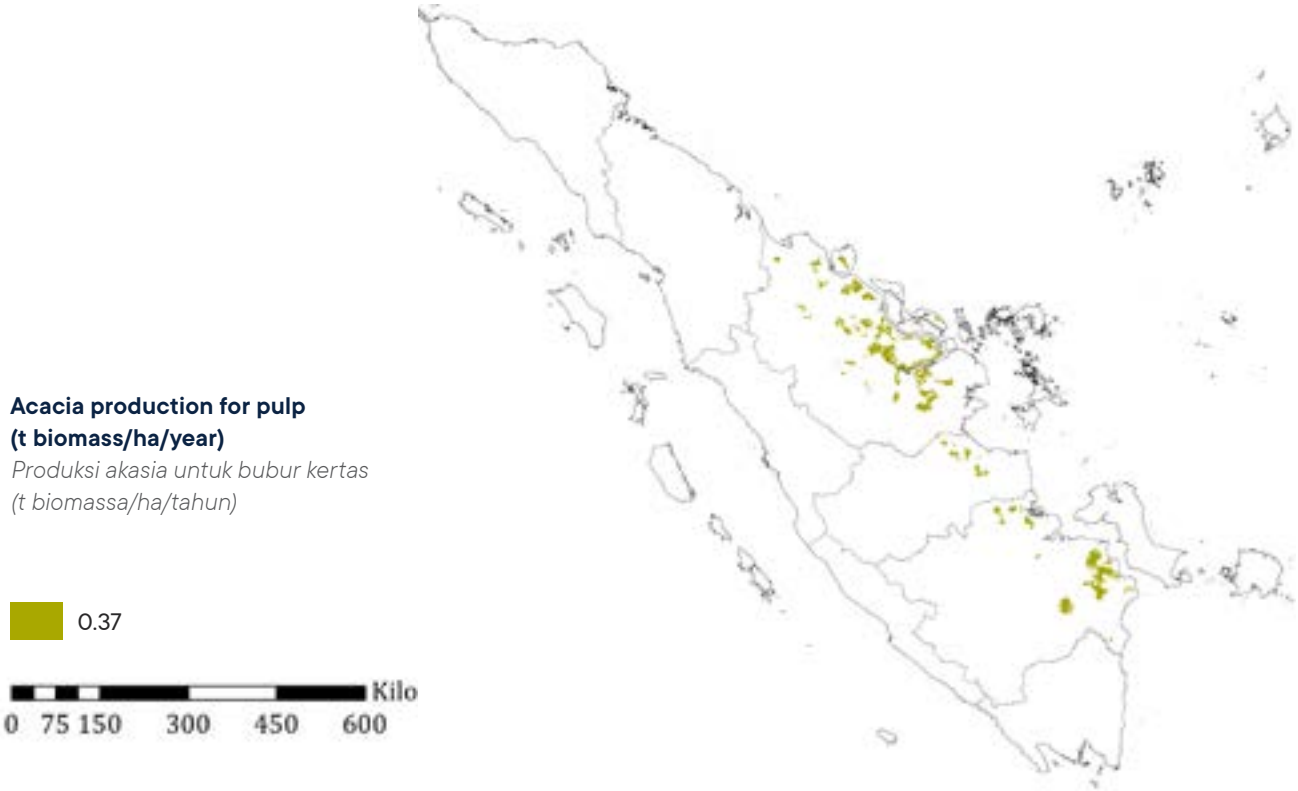
2000



2014



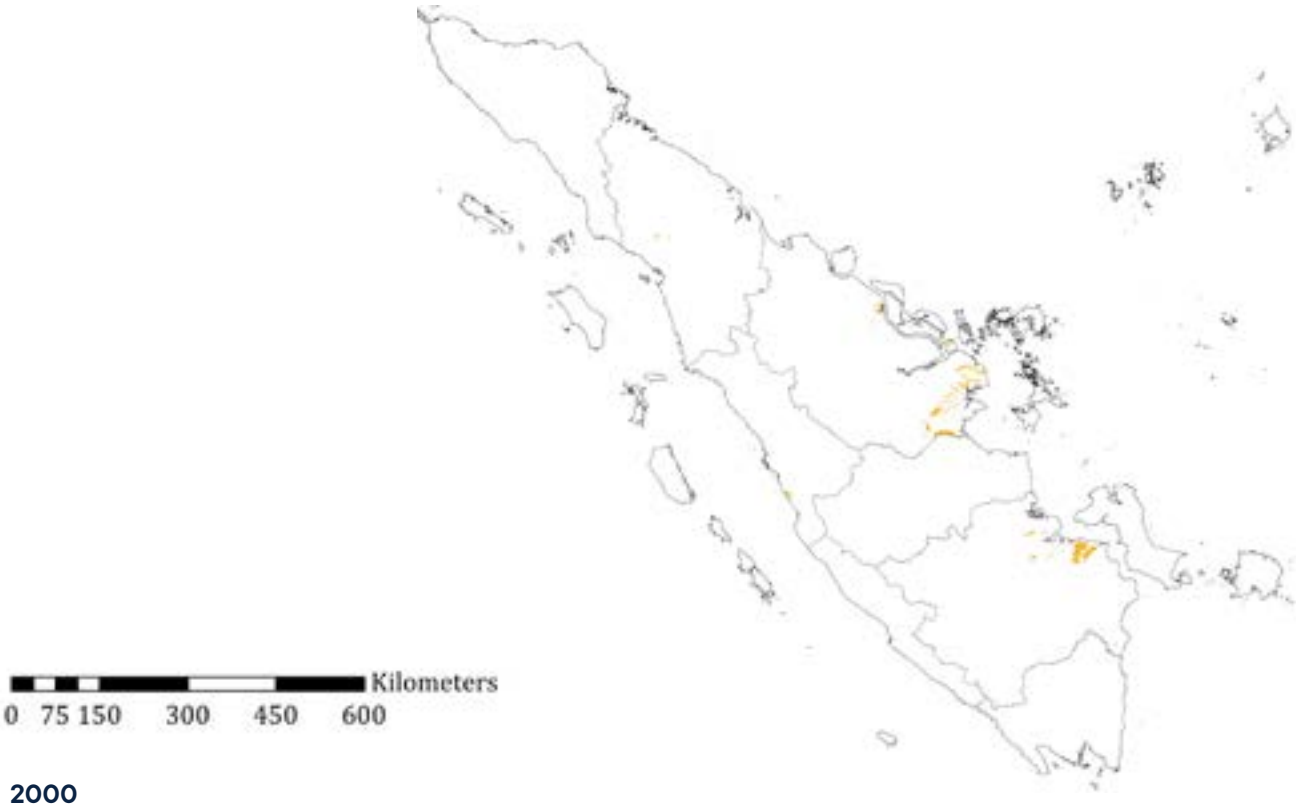
2000



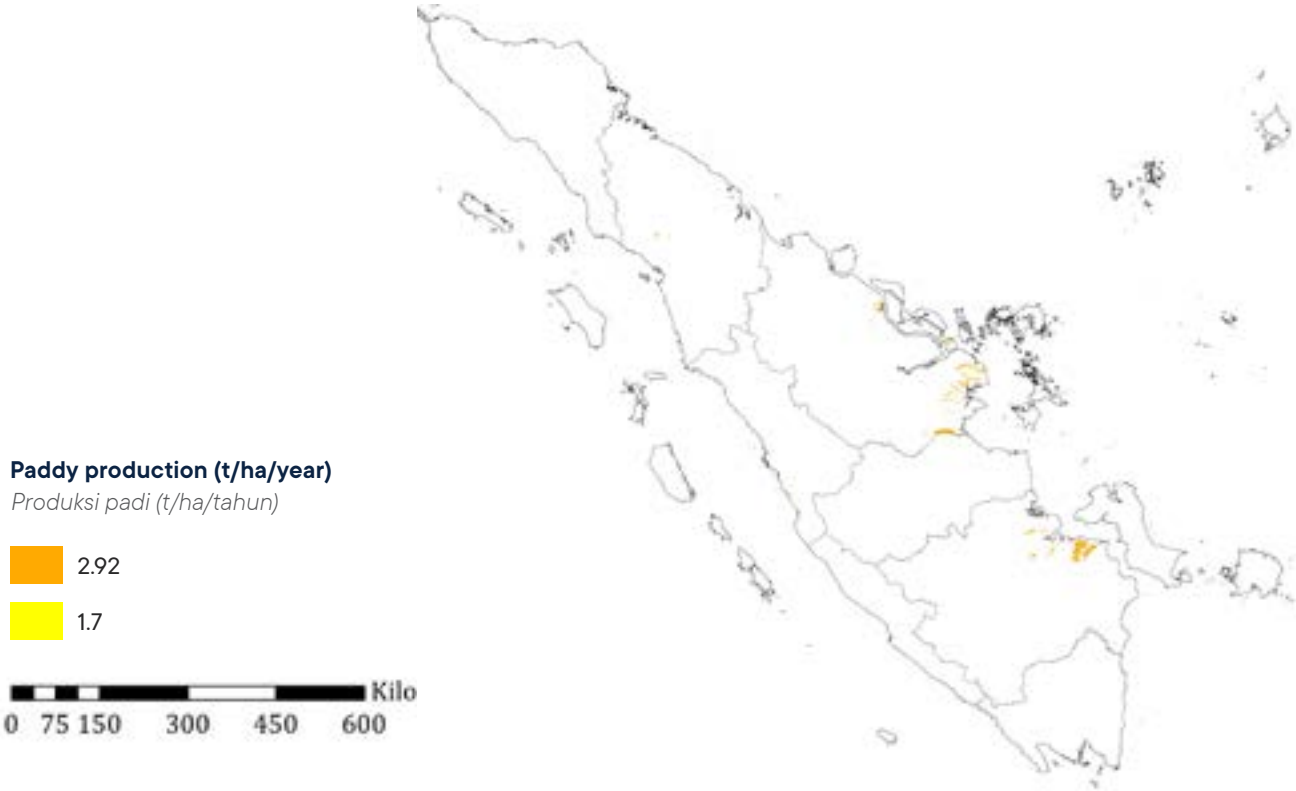
Acacia production for pulp (t biomass/ha/year)
Produksi akasia untuk bubur kertas (t biomassa/ha/tahun)

0.37

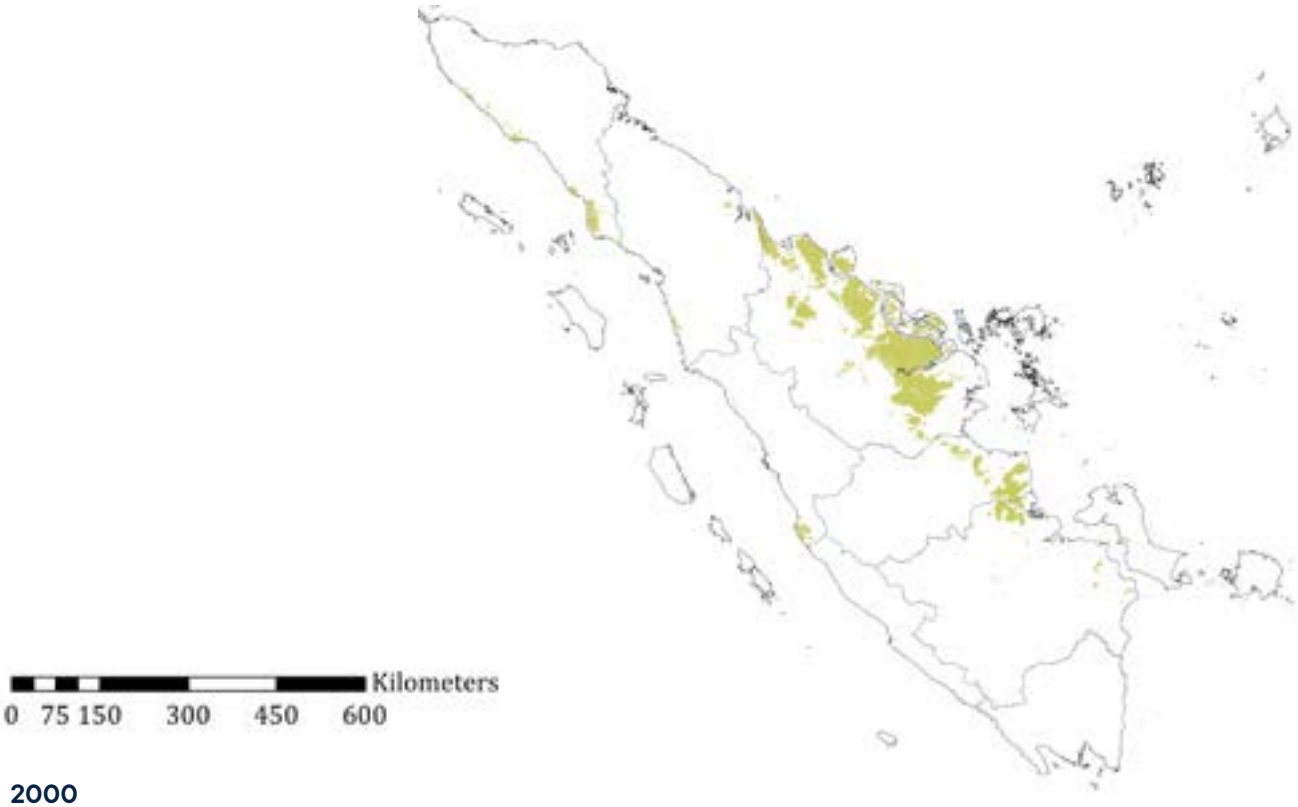
2014


Kilometers
0 75 150 300 450 600

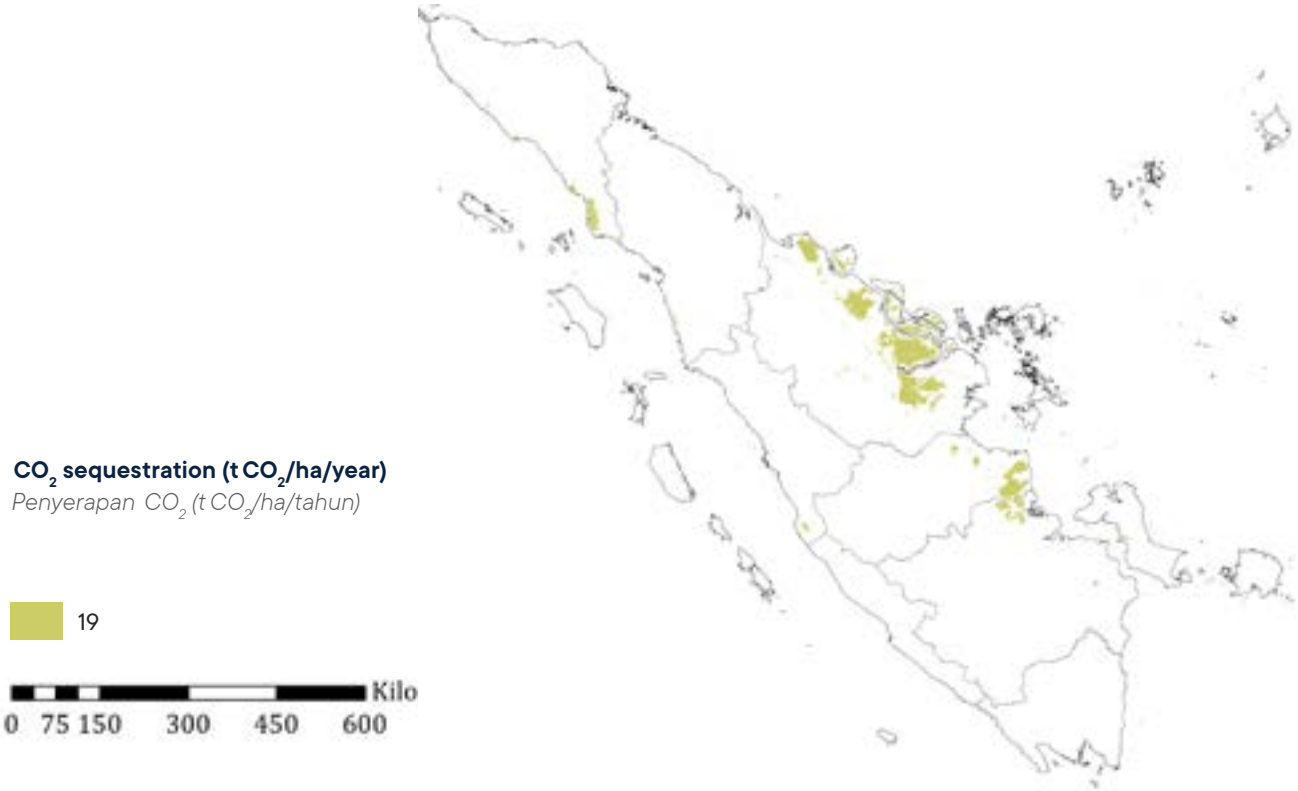
2000


Paddy production (t/ha/year)
Produksi padi (t/ha/tahun)
2.92
1.7
Kilo
0 75 150 300 450 600

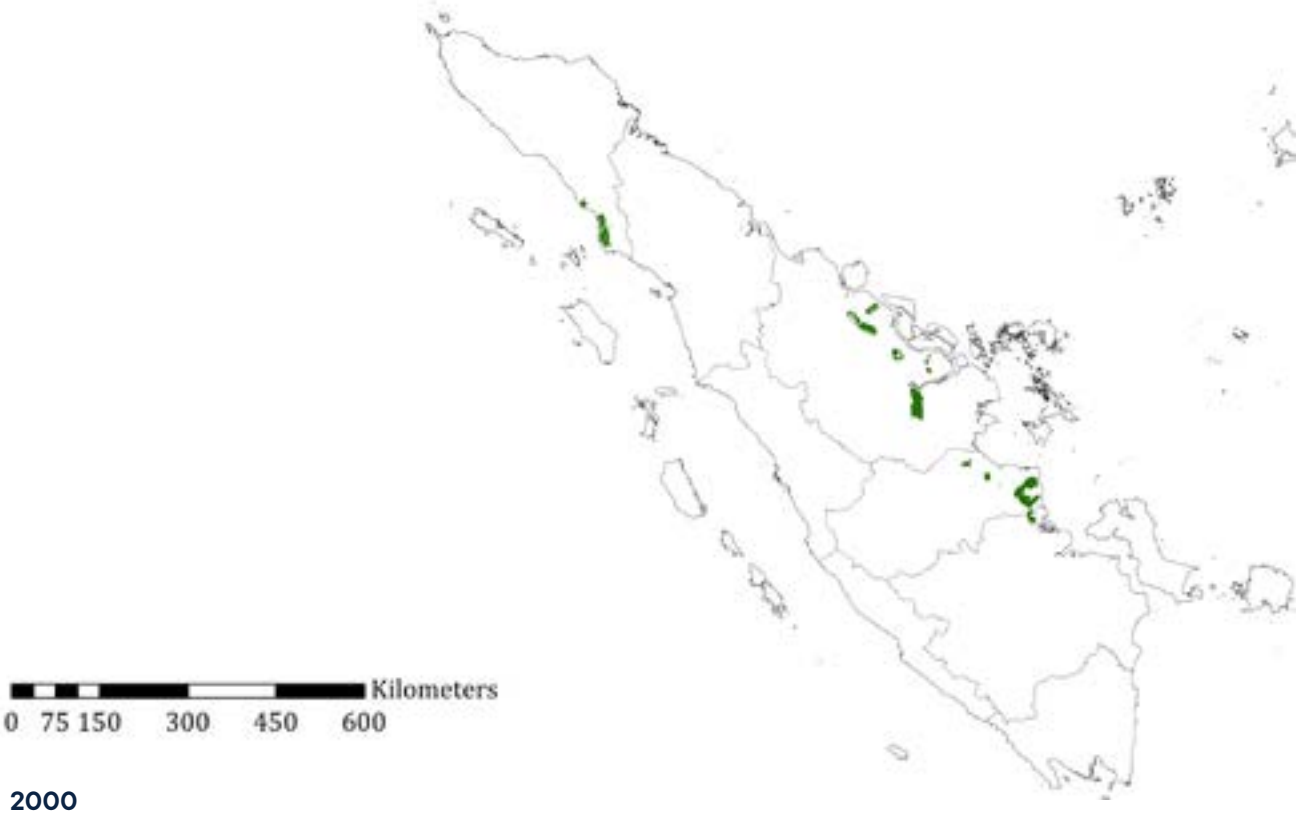
2014


Kilometers
0 75 150 300 450 600

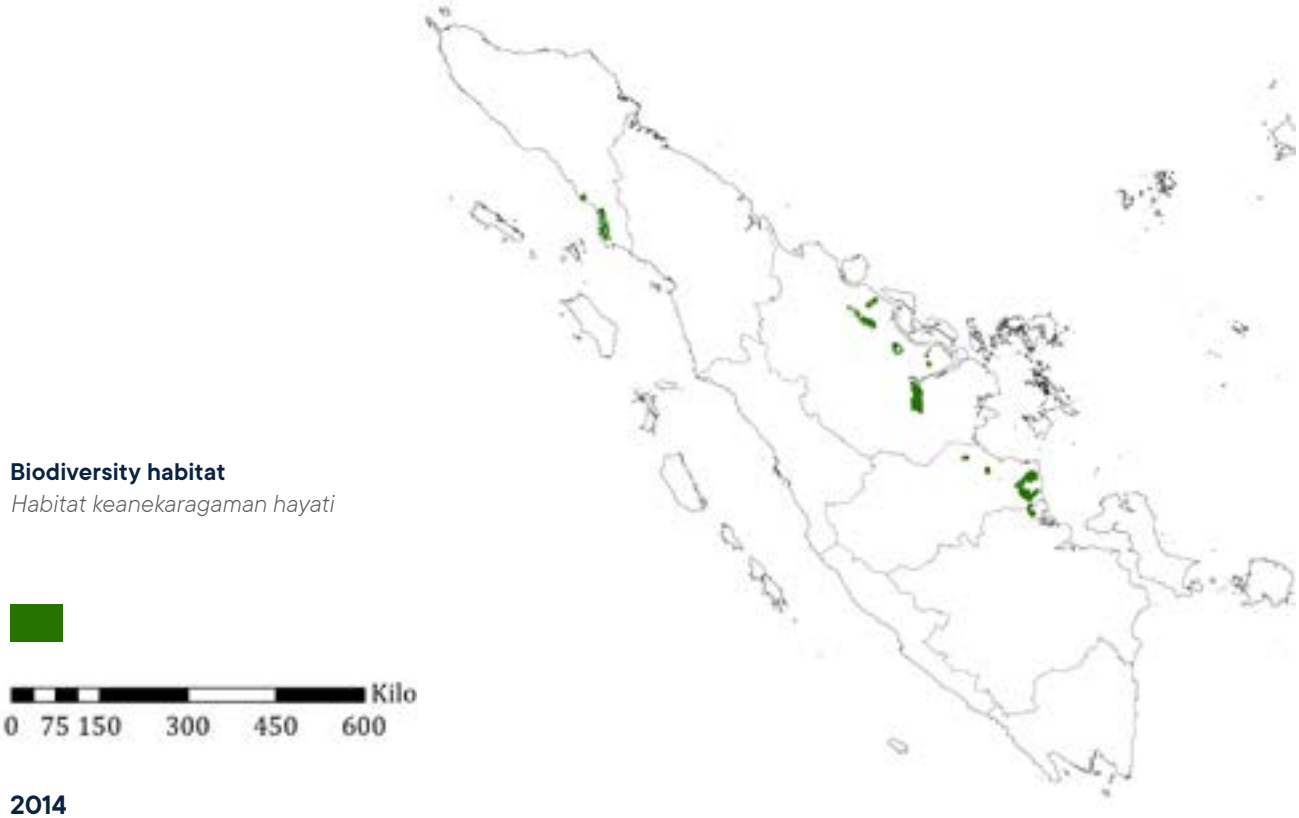
2000


CO_2 sequestration (t CO_2/ha/year)
Penyerapan CO_2 (t CO_2/ha/tahun)
19
Kilo
0 75 150 300 450 600

2014

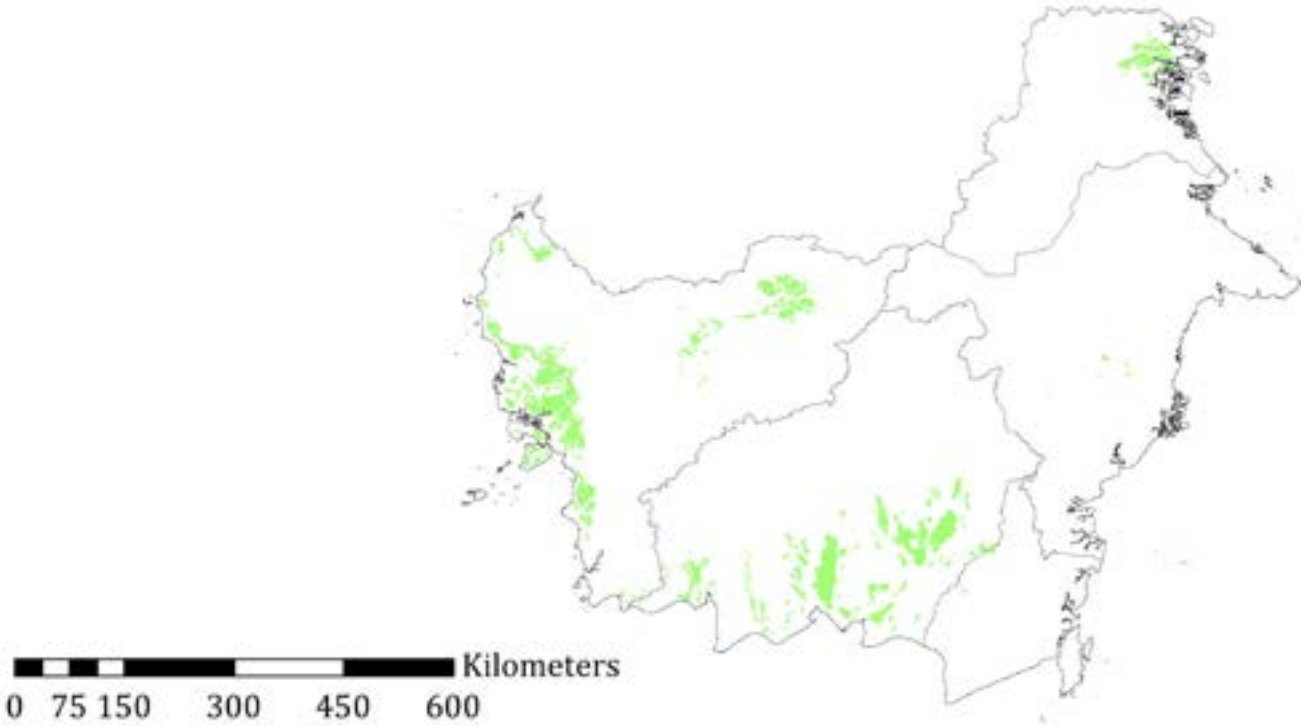


2000

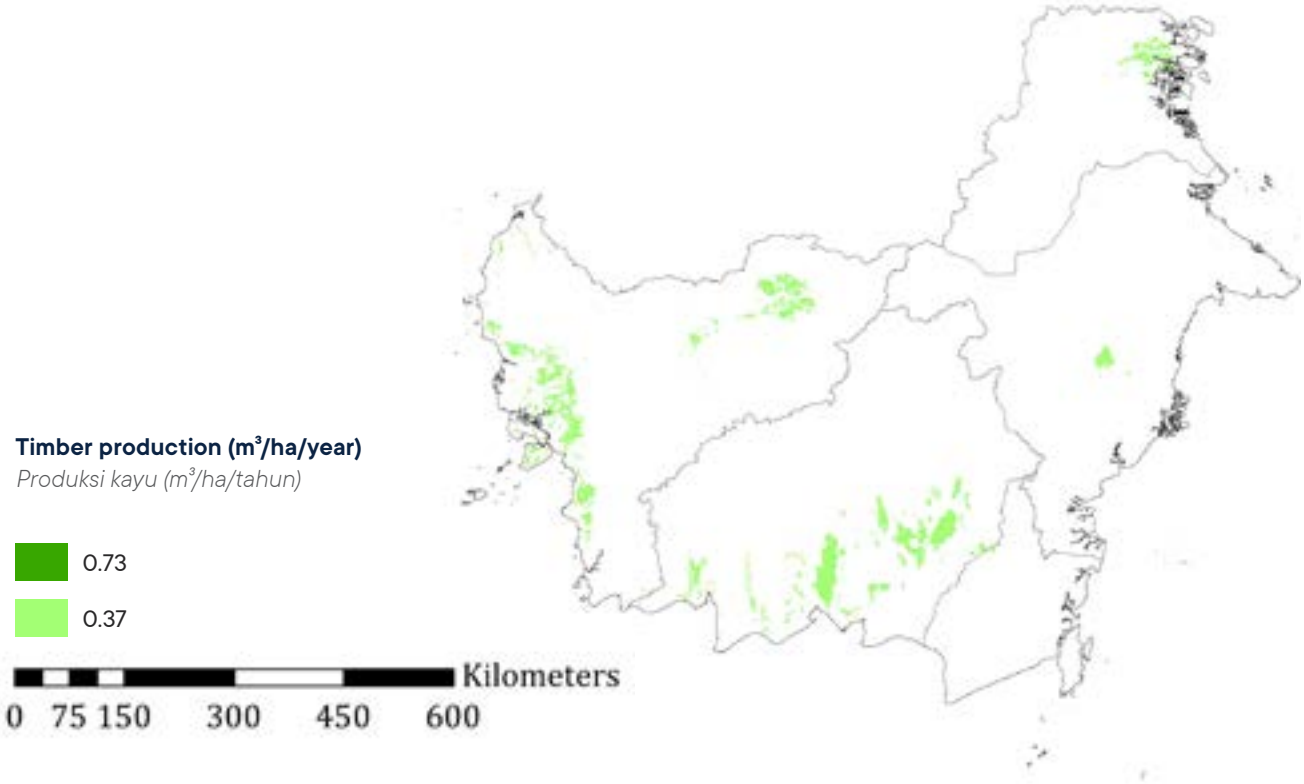


Biodiversity habitat
Habitat keanekaragaman hayati

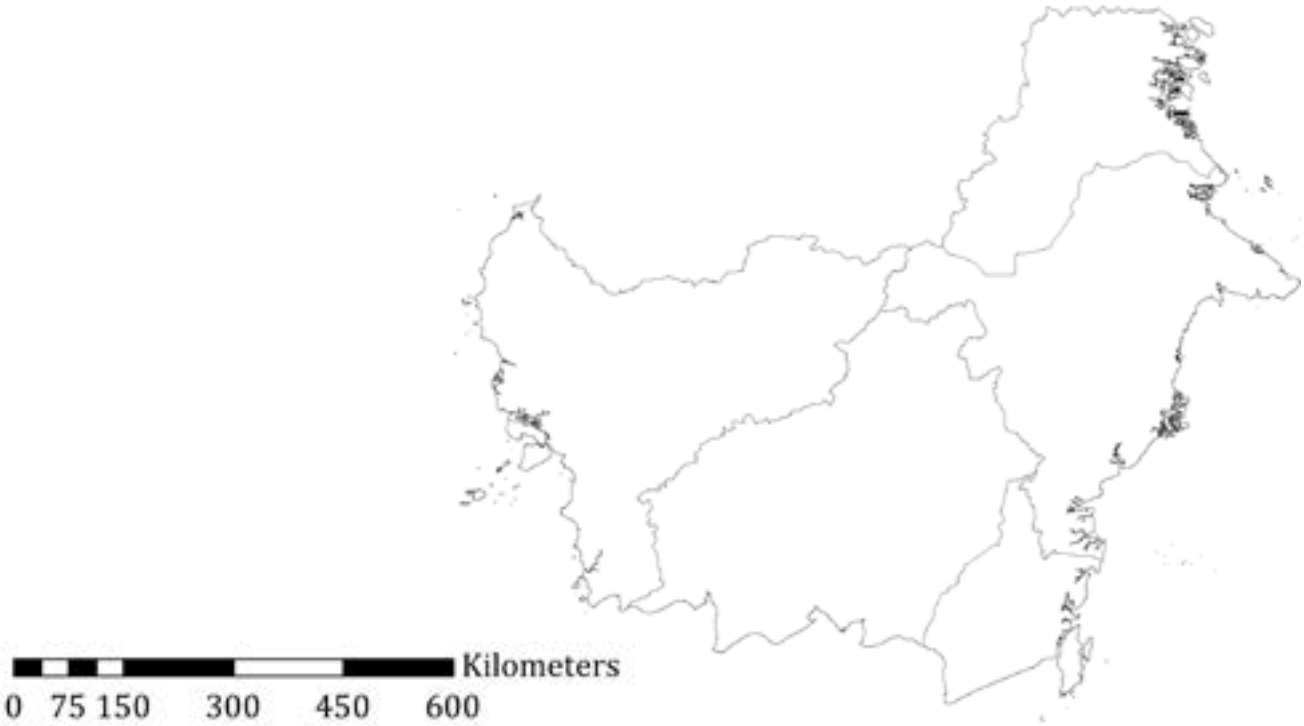
2014


Kilometers
0 75 150 300 450 600

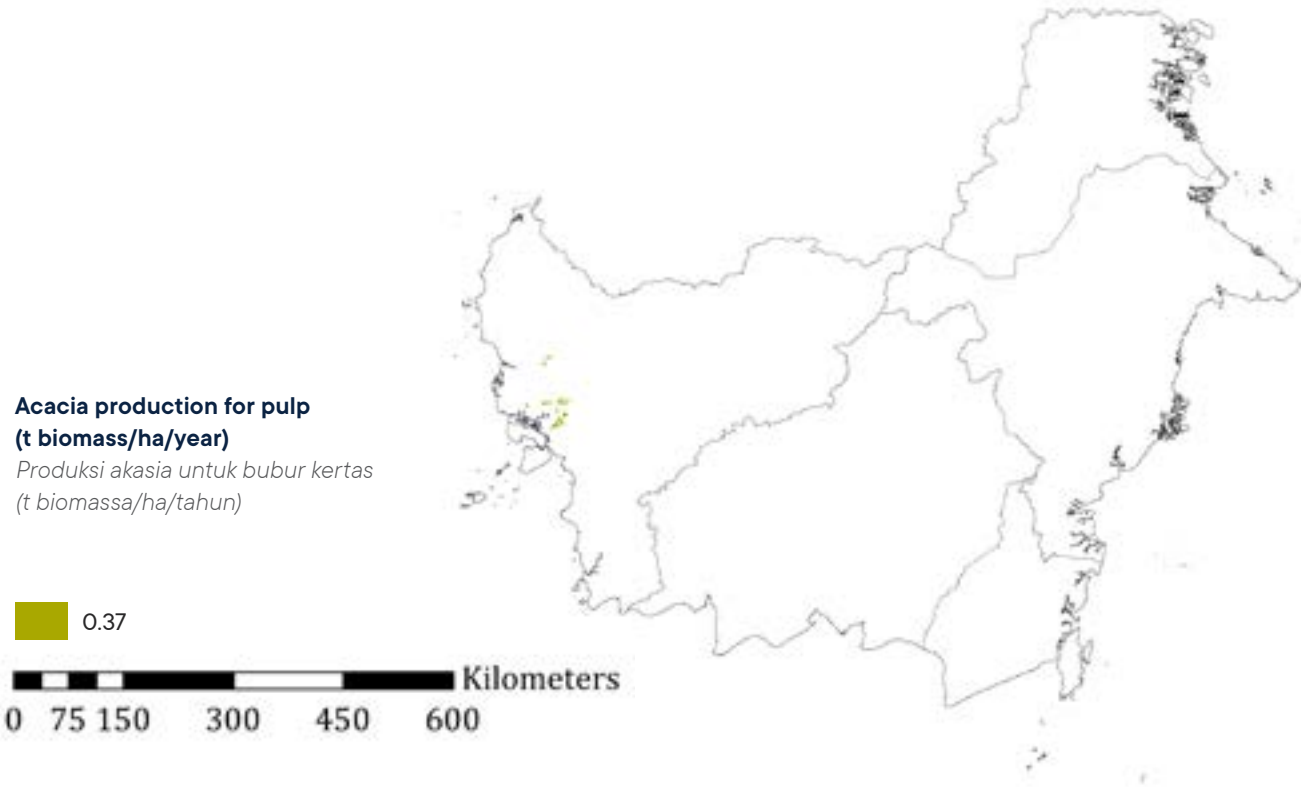
2000


Timber production (m³/ha/year)
Produksi kayu (m³/ha/tahun)
0.73
0.37
Kilometers
0 75 150 300 450 600

2014



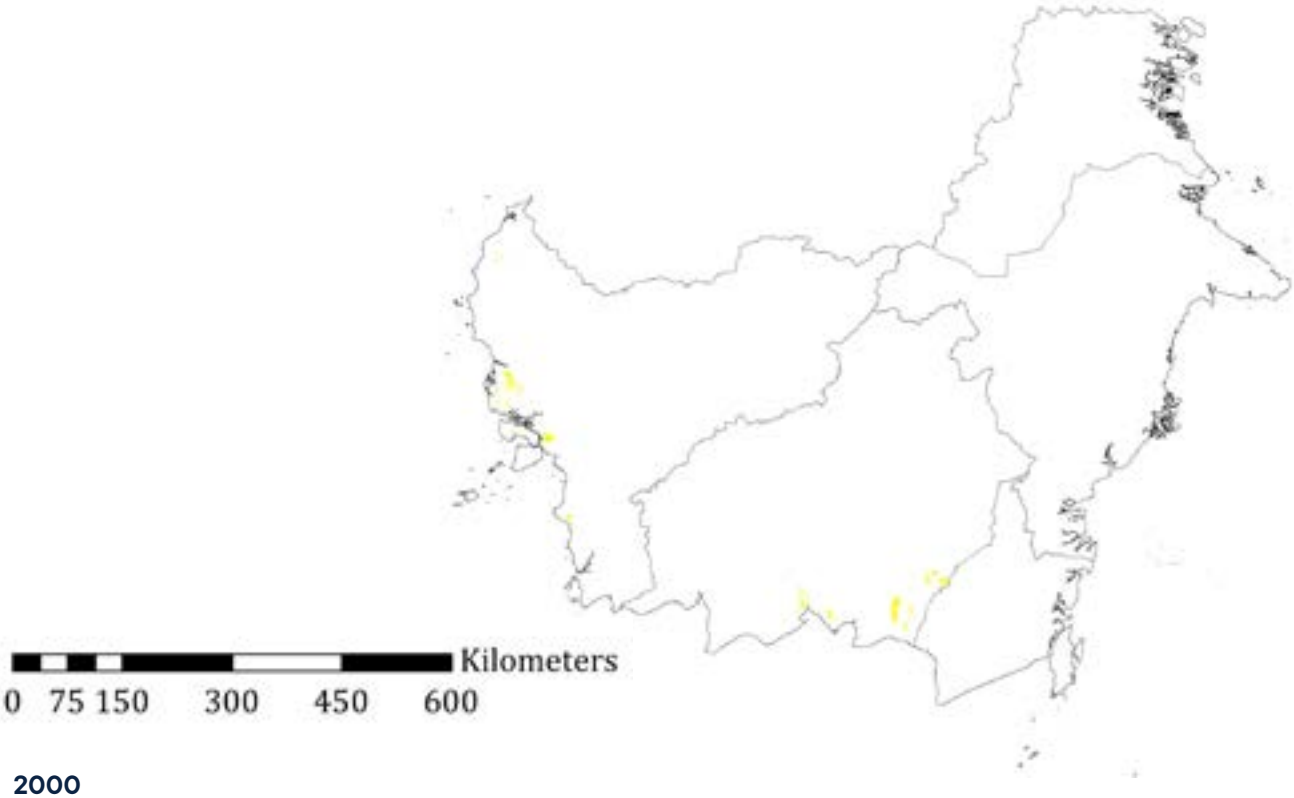
2000



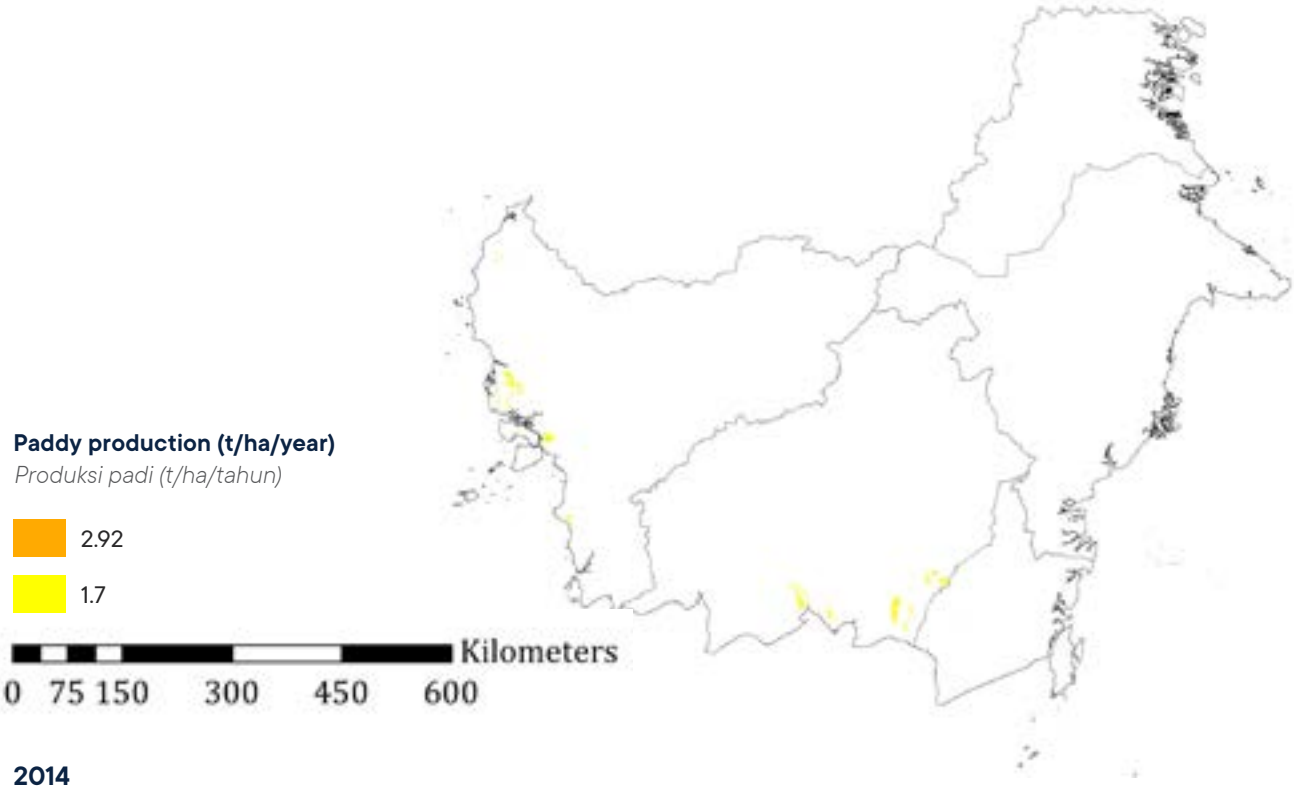
Acacia production for pulp (t biomass/ha/year)
Produksi akasia untuk bubur kertas (t biomassa/ha/tahun)

0.37

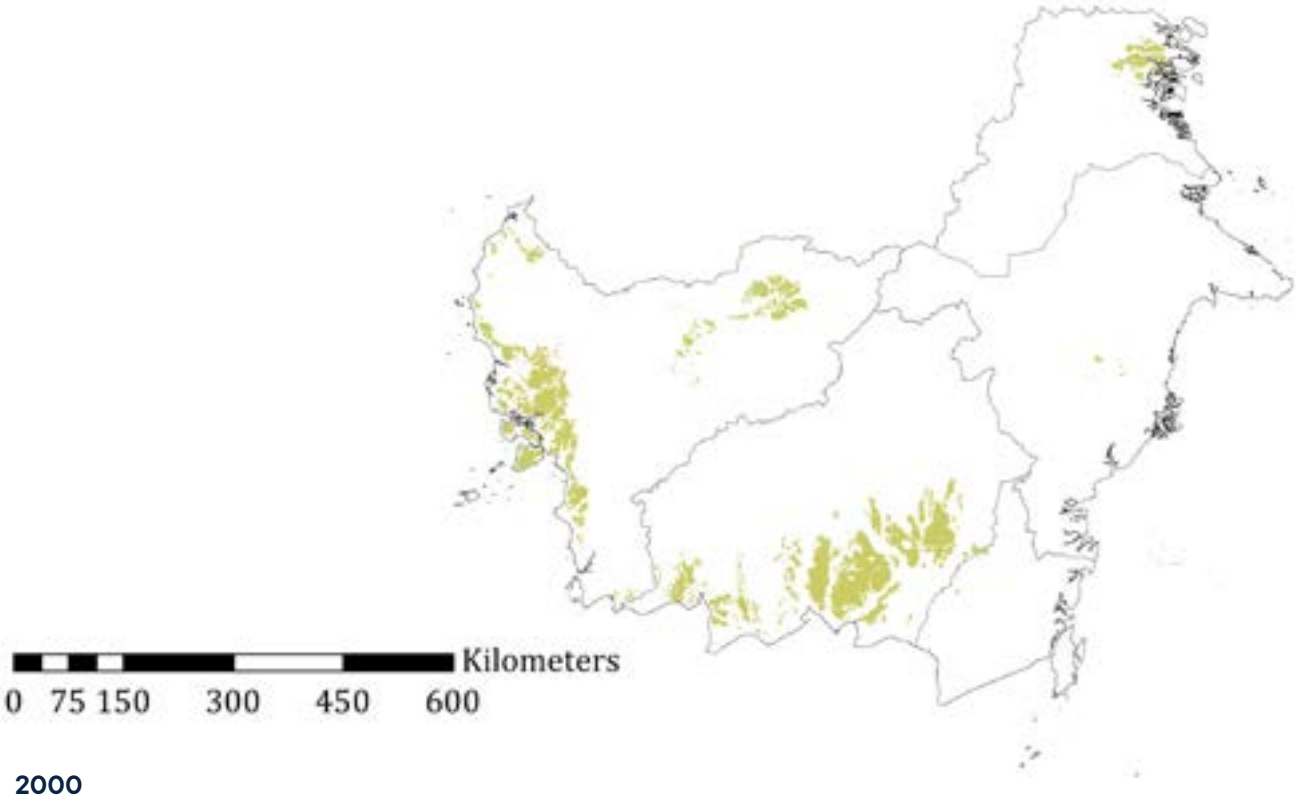
2014


Kilometers
0 75 150 300 450 600

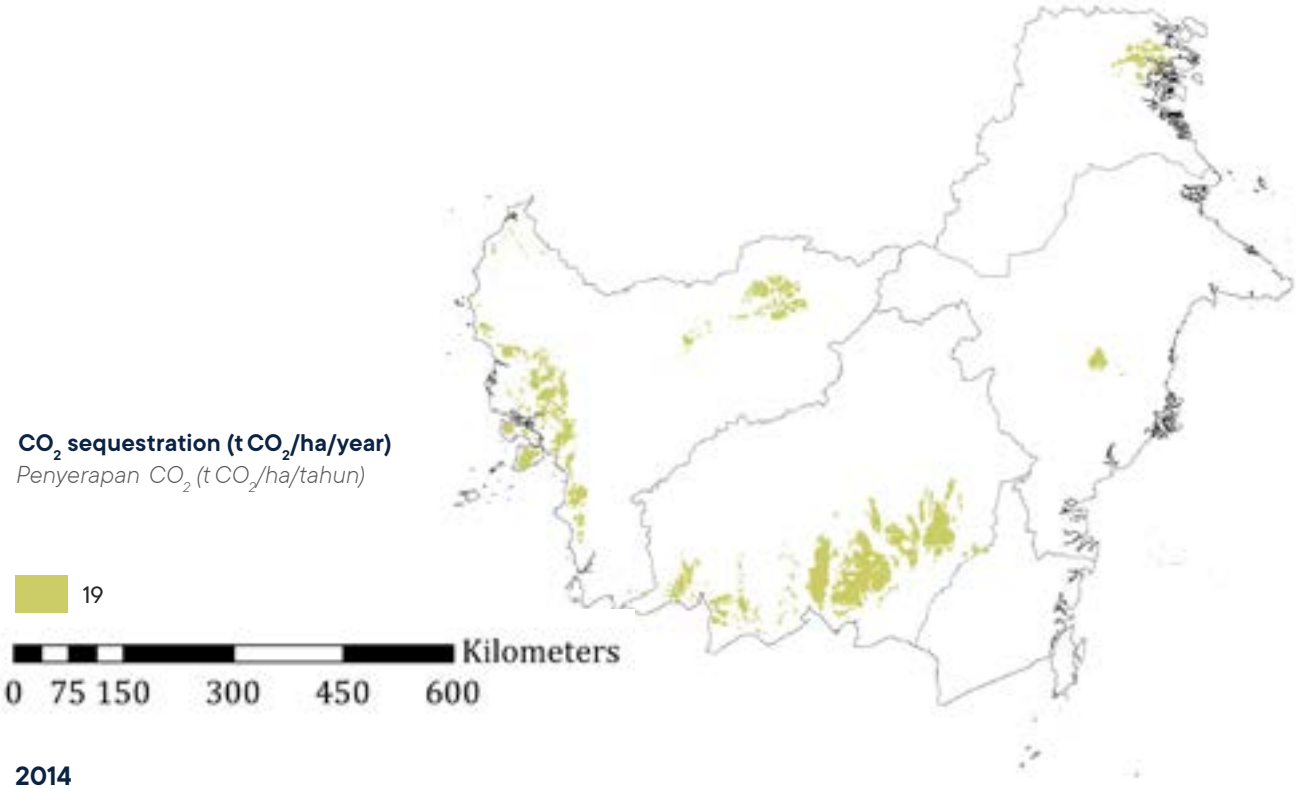
2000


Paddy production (t/ha/year)
Produksi padi (t/ha/tahun)
2.92
1.7
Kilometers
0 75 150 300 450 600

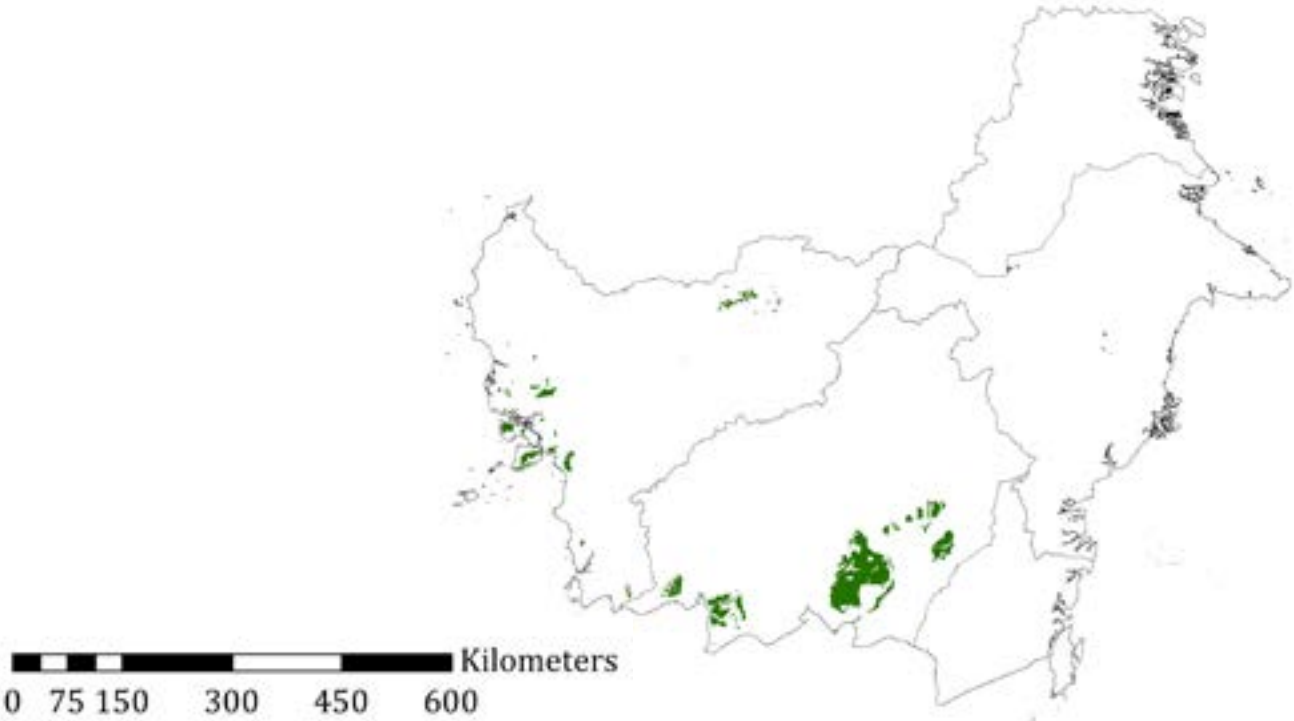
2014


Kilometers
0 75 150 300 450 600

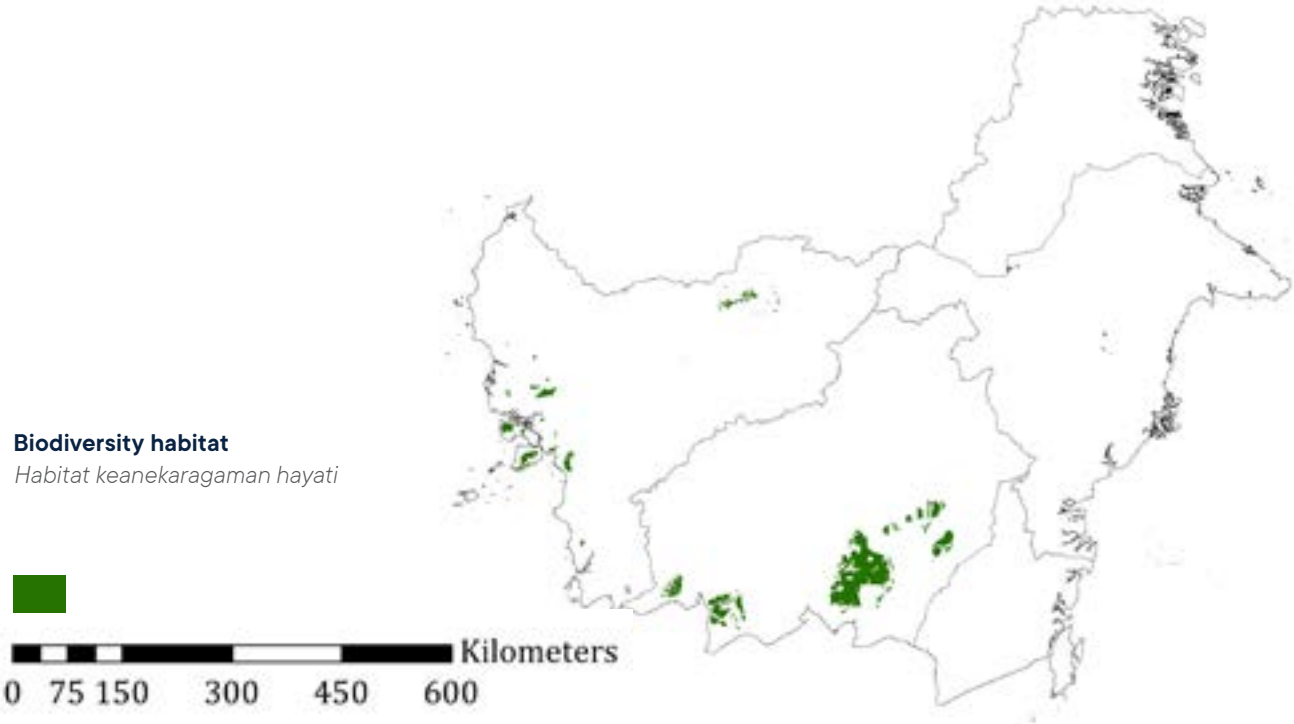
2000


CO_2 sequestration (t CO_2/ha/year)
Penyerapan CO_2 (t CO_2/ha/tahun)
19
Kilometers
0 75 150 300 450 600

2014



2000

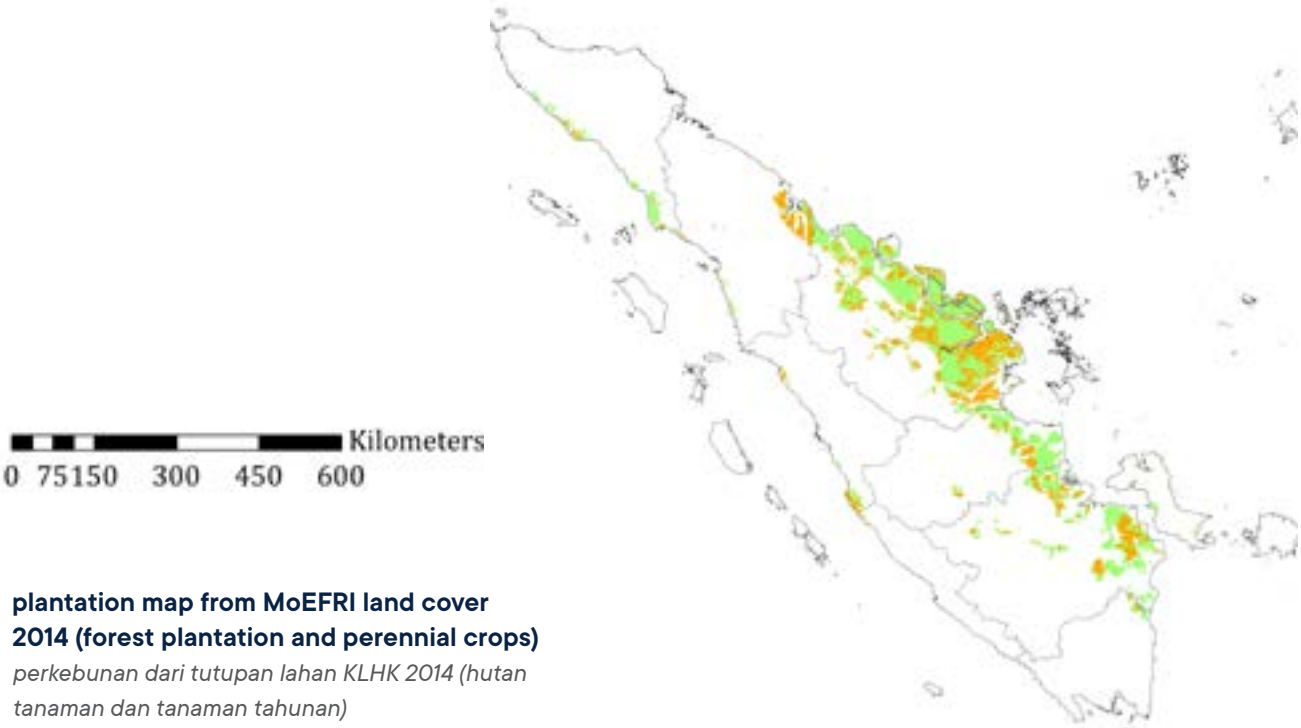


Biodiversity habitat
Habitat keanekaragaman hayati

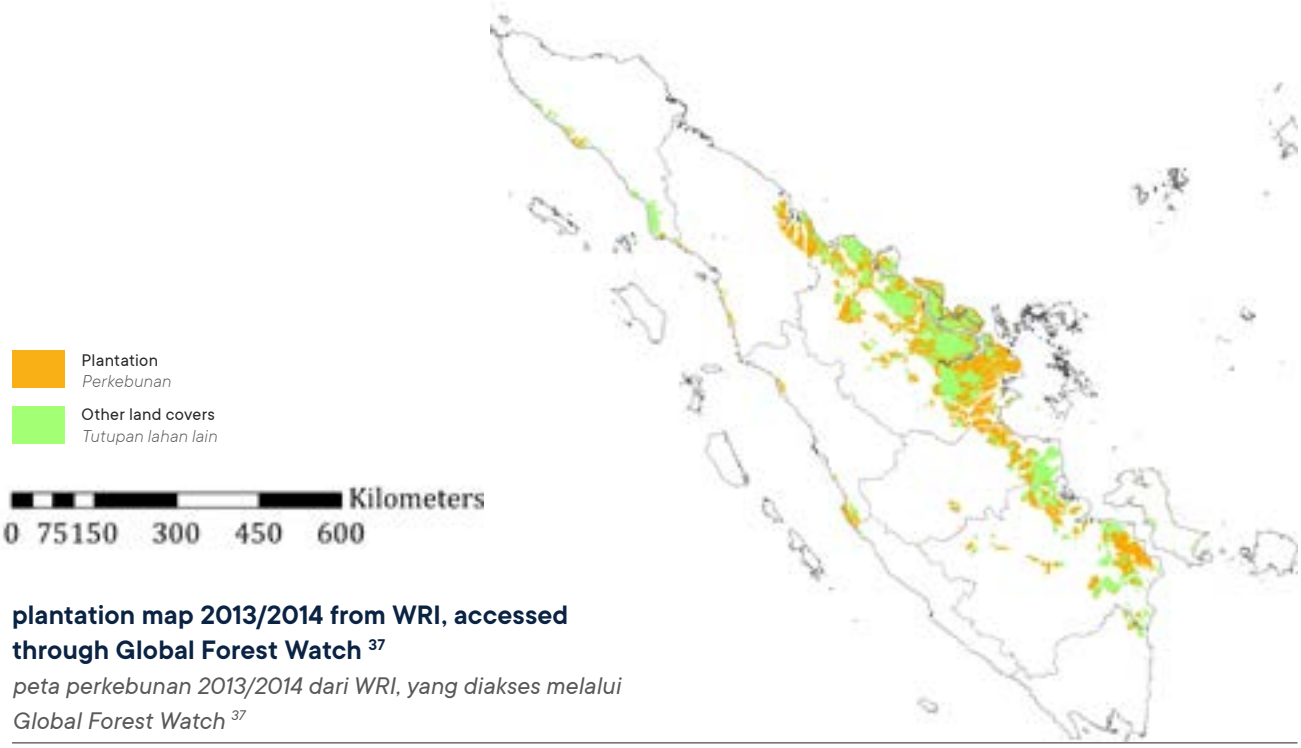
2014

Annex 8. Comparison of total area and spatial distribution of plantation in peatlands
Lampiran 8. Perbandingan luas dan sebaran spasial dari perkebunan di lahan gambut

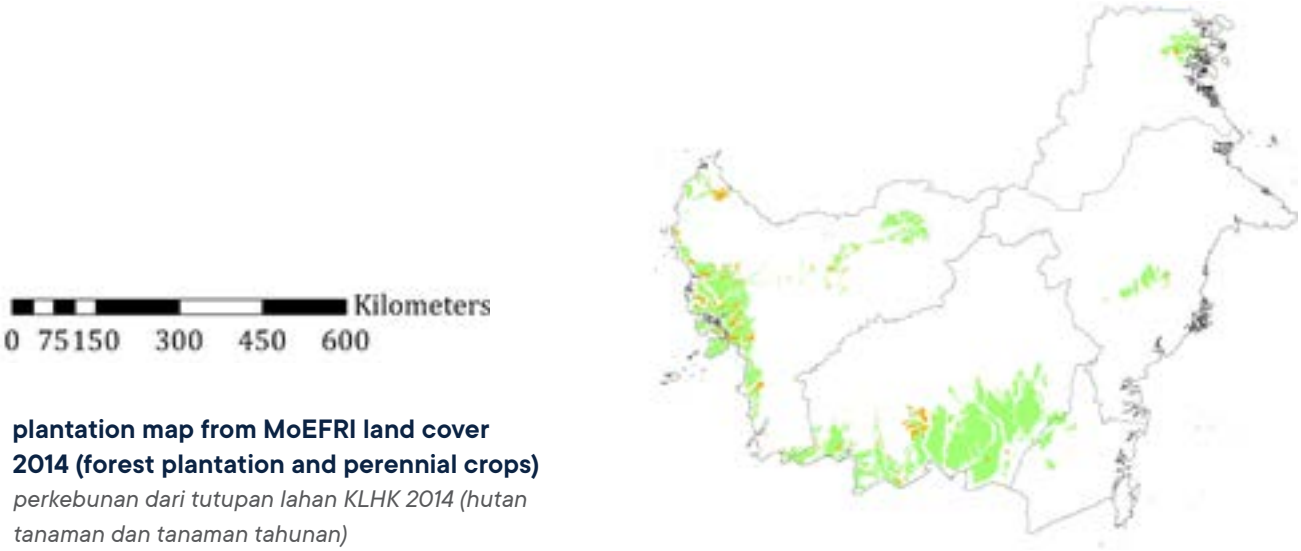
8.1 Plantation in peatlands of Sumatera and Kalimantan 2014
8.1 Perkebunan di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan tahun 2014



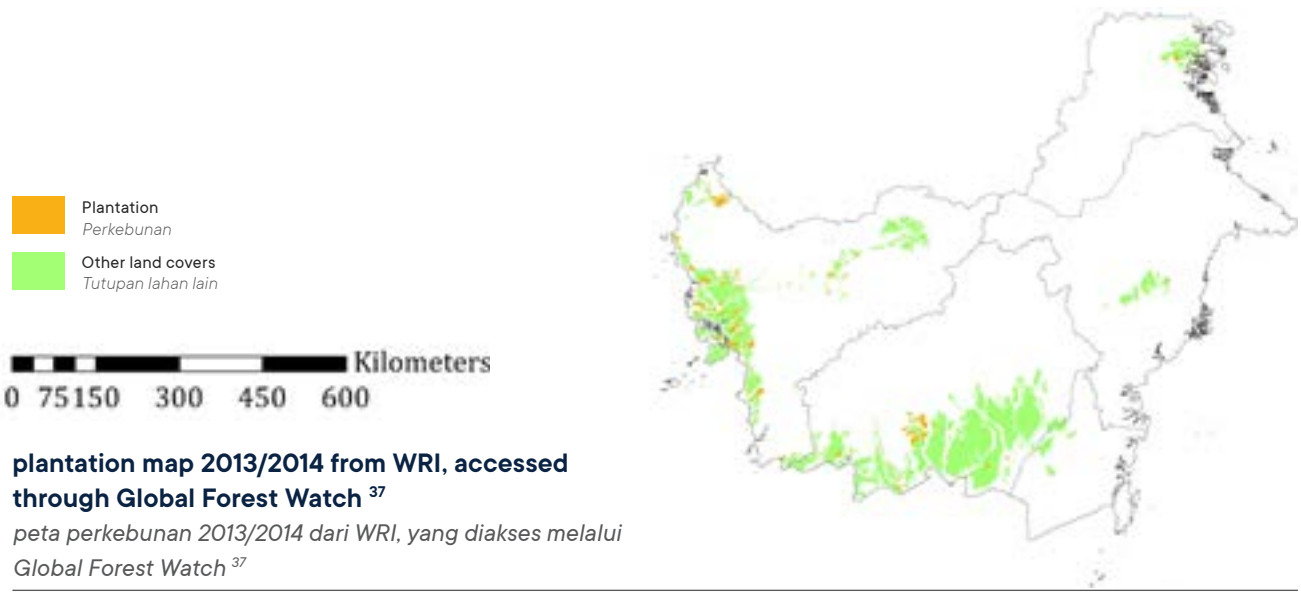
plantation map from MoEFRI land cover 2014 (forest plantation and perennial crops)
perkebunan dari tutupan lahan KLHK 2014 (hutan tanaman dan tanaman tahunan)



plantation map 2013/2014 from WRI, accessed through Global Forest Watch [37]
peta perkebunan 2013/2014 dari WRI, yang diakses melalui Global Forest Watch [37]



plantation map from MoEFRI land cover 2014 (forest plantation and perennial crops)
perkebunan dari tutupan lahan KLHK 2014 (hutan tanaman dan tanaman tahunan)



plantation map 2013/2014 from WRI, accessed through Global Forest Watch [37]
peta perkebunan 2013/2014 dari WRI, yang diakses melalui Global Forest Watch [37]

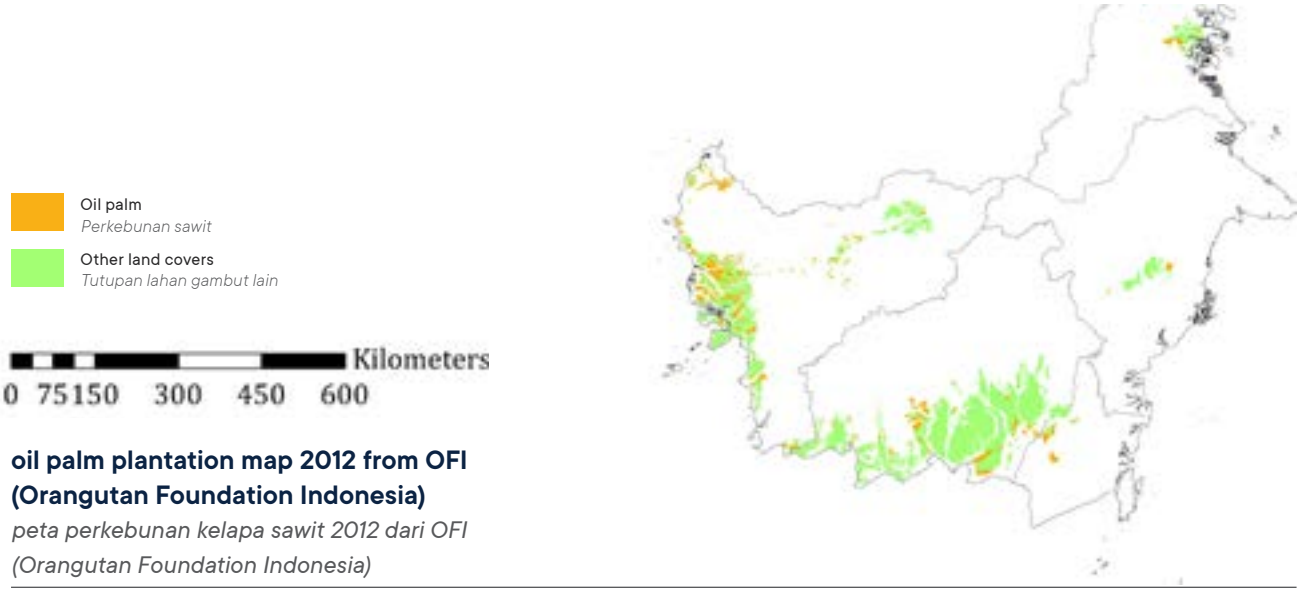
Table 15. Total plantation area in peatlands 2014 (MoEFRI and WRI maps)
Tabel 15. *Total luas perkebunan di lahan gambut pada tahun 2014 (peta KLHK dan WRI)*

Source *Sumber*	**Total area (1000 ha) in** *Luas (1000 ha) di*	
	Sumatera	*Kalimantan*
MoEFRI land cover map 2014* *Peta tutupan lahan KLHK 2014**	2262	366
WRI[37] *WRI37*	3307	749

* *for forest plantation and perennial crops*
* *untuk hutan tanaman dan tanaman tahunan*

8.2 Plantation (oil palm) in peatlands of Central Kalimantan 2012
8.2 Perkebunan (kelapa sawit) di lahan gambut Kalimantan Tengah tahun 2012

plantation map from MoEFRI land cover 2012 (perennial crops)
peta perkebunan dari tutupan lahan KLHK 2012 (tanaman tahunan)



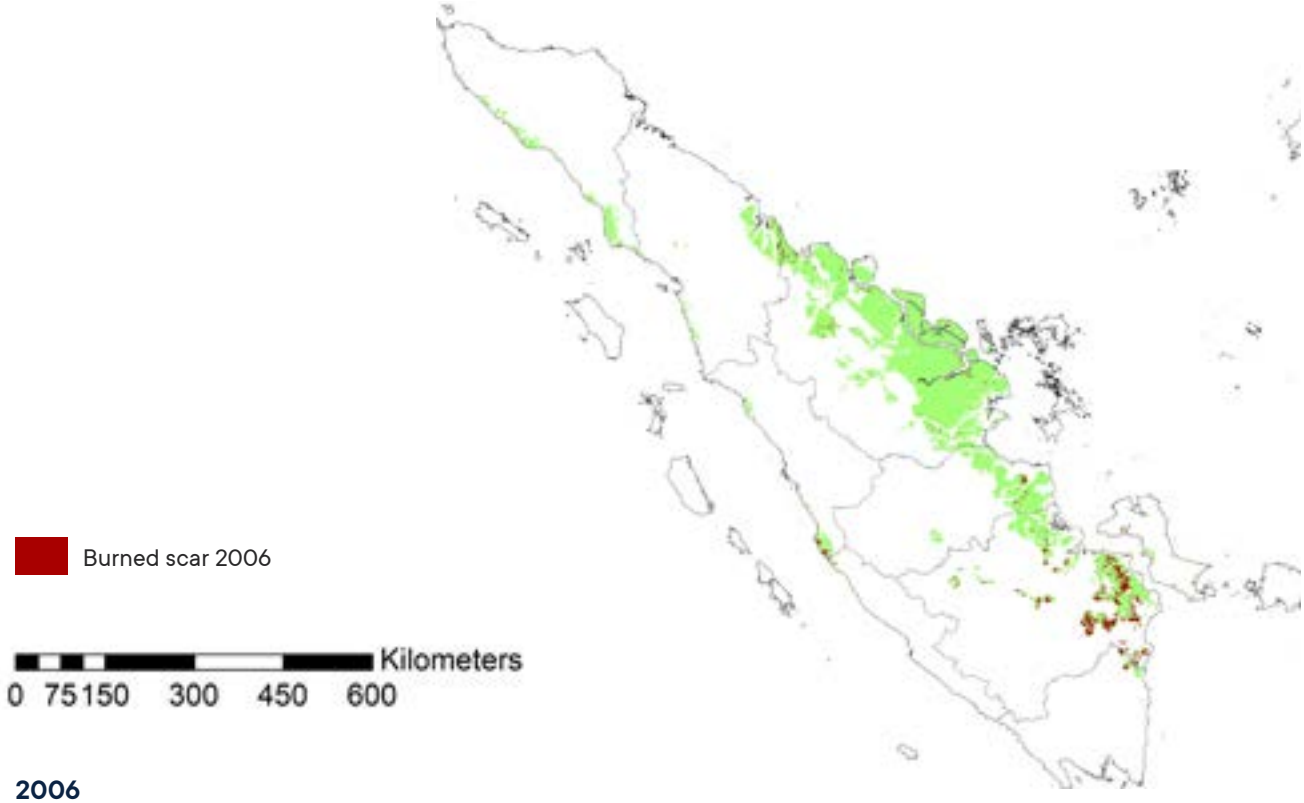
oil palm plantation map 2012 from OFI (Orangutan Foundation Indonesia)
peta perkebunan kelapa sawit 2012 dari OFI (Orangutan Foundation Indonesia)

Table 16. Total plantation area in peatlands of Central Kalimantan 2012
Tabel 16. *Luas perkebunan di lahan gambut Kalimantan Tengah tahun 2012*

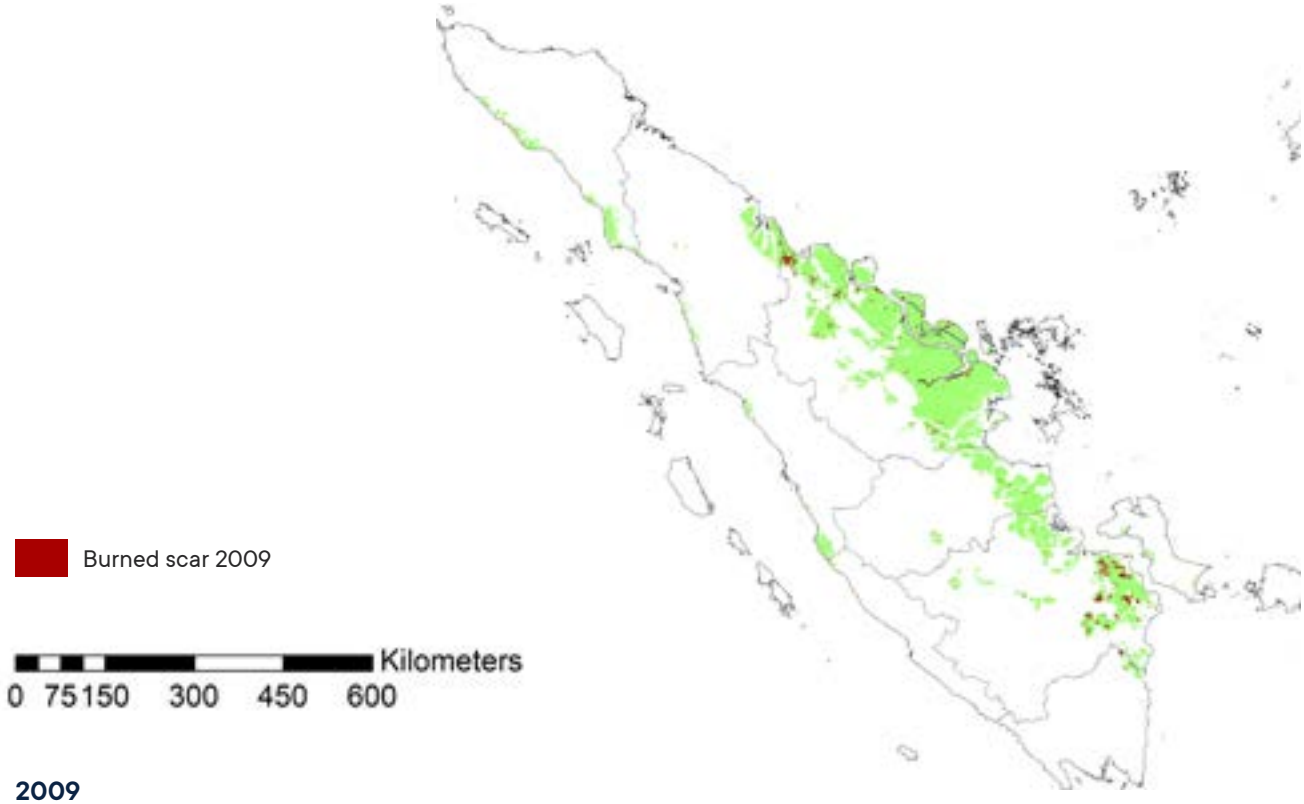
	Total area (1000 ha) *Luas (1000 ha) di*	**Source** *Sumber*
Plantation (perennial crops) *Perkebunan (tanaman tahunan)*	112	MoEFRI land cover map 2012* *Peta tutupan lahan KLHK 2012**
Plantation (oil palm) *Perkebunan (kelapa sawit)*	290	OFI (2012) *OFI (2012)*

* *land cover of perennial crops*
* *tutupan lahan tanaman tahunan*

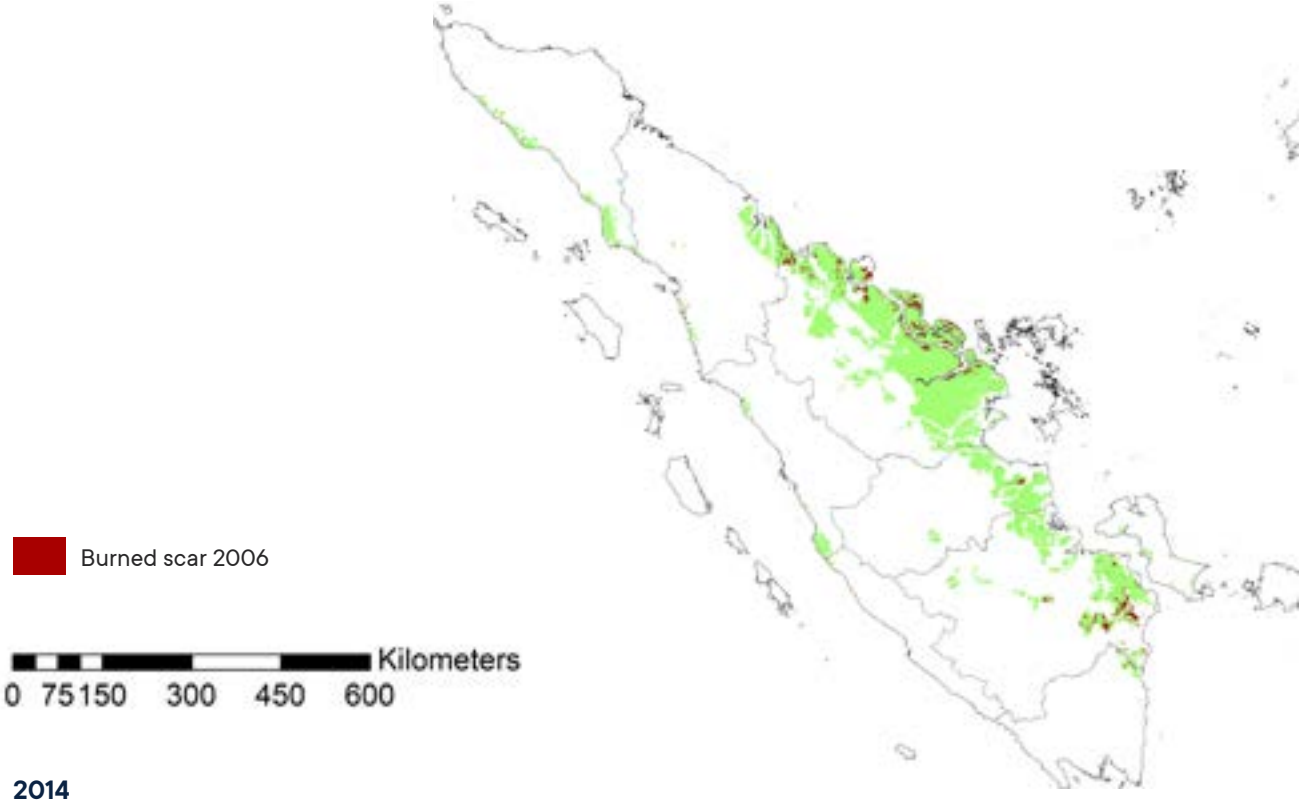
Annex 9. Burned peatlands in Sumatera and Kalimantan for 2006. 2009 and 2014
Lampiran 9. *Lahan gambut yang terbakar di Sumatera dan Kalimantan pada tahun 2006, 2009 dan 2014*



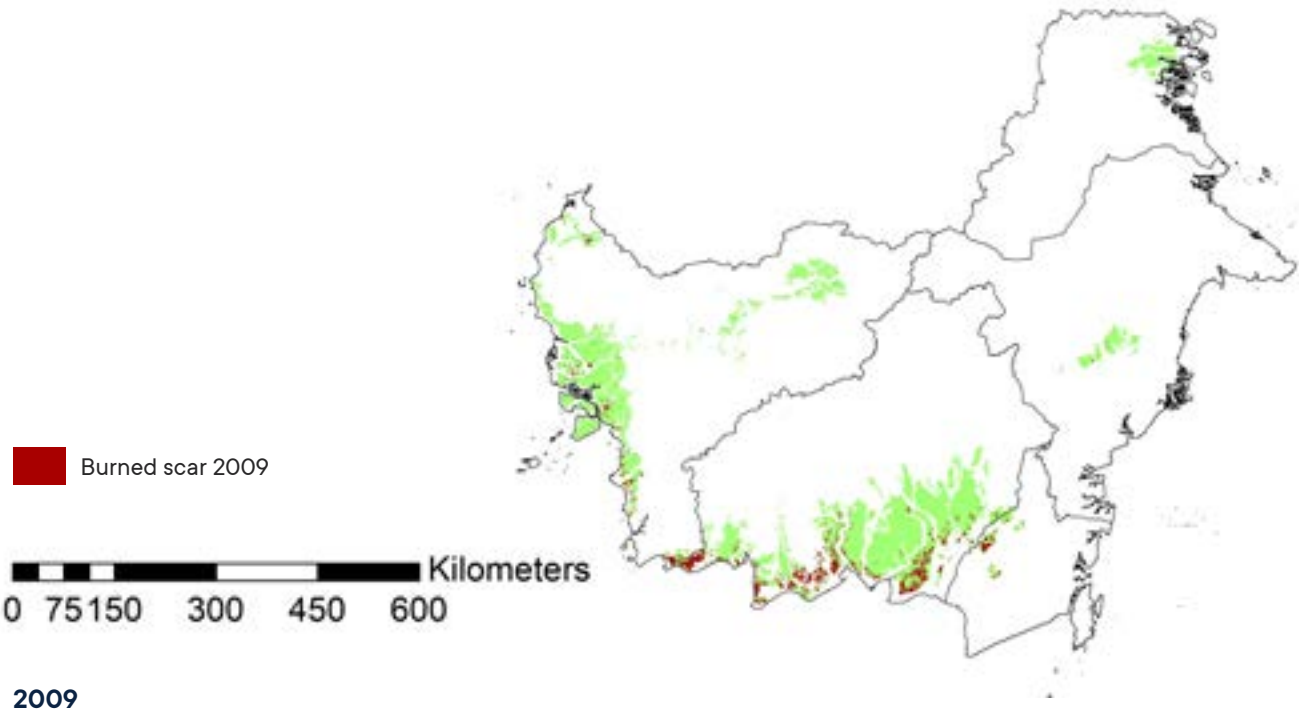
2006



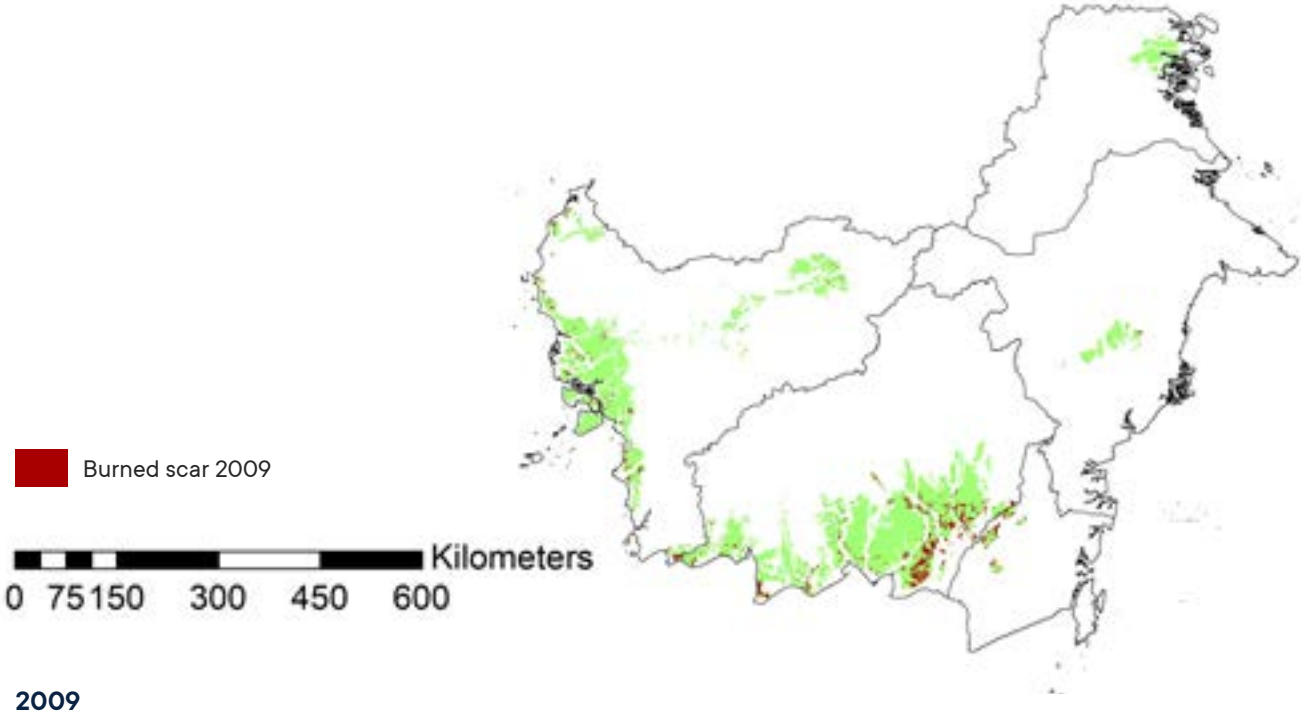
2009


Burned scar 2006
Kilometers
0 75150 300 450 600

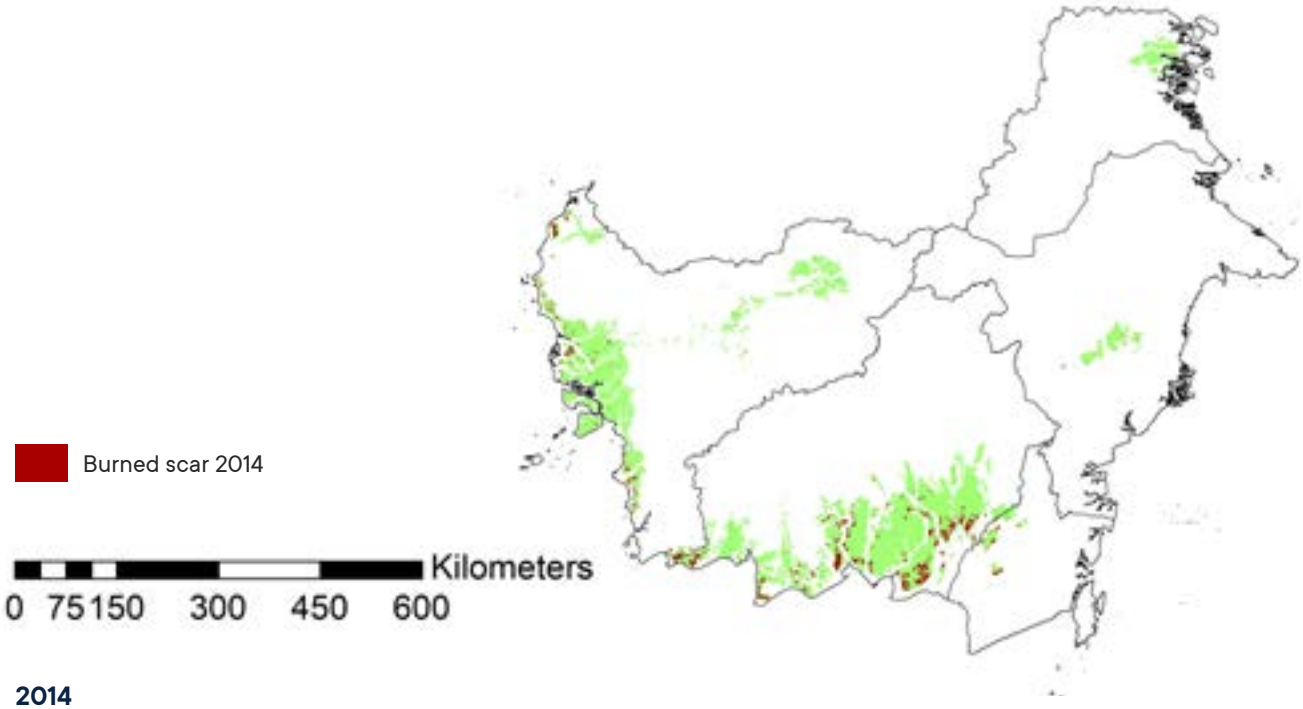
2014


Burned scar 2009
Kilometers
0 75150 300 450 600

2009



2009



2014

Data sources: peatland map 41 and burned area product MODIS [58]
Sumber data: peta lahan gambut 41 dan MODIS burned area product [58]

Annex 10. Precipitation
Lampiran 10. Curah hujan (presipitasi)

INTRODUCTION

Peat swamp forest is one of the main water storages for the surrounding environment. The water content in peatland has various functions for the ecosystem such as preventing land subsidence, flood and fire [26]. Water supply is one of the relevant indicators that can be added to the ecosystem condition account. In this annex, the precipitation is presented as a basic information to monitor the main element (water supply) of the hydrological system in peatlands. Monitoring precipitation is also essential to understand the rainfall pattern in the context of climate variability (e.g. ENSO and IOD), as well as to understand the changes in fire risk. However, at the same time, it needs to be recognised that precipitation is not dependent upon human management of peatlands or reflecting the environmental state of peatlands. It is therefore an indicator of the overall environment (indicating impacts of climate change on peatlands) rather than a specific peatland related indicator.

PENDAHULUAN

Hutan rawa gambut adalah salah satu penyimpan air utama untuk lingkungan di sekitarnya. *Kandungan air di lahan gambut memiliki berbagai fungsi bagi ekosistem, seperti, mencegah penurunan permukaan tanah, banjir, dan kebakaran[26]. Pasokan air adalah salah satu indikator relevan yang dapat ditambahkan ke neraca kondisi ekosistem. Dalam lampiran ini, curah hujan disajikan sebagai informasi dasar untuk memantau elemen utama (persediaan air) dari sistem hidrologi di lahan gambut. Pemantauan curah hujan juga penting untuk memahami pola curah hujan dalam konteks variabilitas iklim (misalnya, ENSO dan IOD), serta untuk memahami perubahan risiko kebakaran. Namun, pada saat yang sama, perlu diakui bahwa curah hujan tidak tergantung pada pengelolaan lahan gambut oleh manusia atau mencerminkan keadaan lingkungan lahan gambut. Oleh karena itu, ini merupakan indikator lingkungan secara keseluruhan (menunjukkan dampak perubahan iklim pada lahan gambut) ketimbang indikator terkait lahan gambut tertentu.*

METHOD

The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) data organised by NASA and Japan National Space Development Agency were used for identifying the annual rainfall of Indonesian peatlands. Due to research need and data availability. this study extracted monthly precipitation data from TRMM 3B43. a precipitation estimate resolution 0.25 degree V7 101. This data has been available from January 1998 until present.

METODE

Data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) yang diselenggarakan oleh NASA dan Badan Pengembangan Antariksa Nasional Jepang digunakan untuk mengidentifikasi curah hujan tahunan lahan gambut Indonesia. *Karena kebutuhan penelitian dan ketersediaan data, kajian ini mengekstraksi data curah hujan bulanan dari TRMM 3B43. Resolusi perkiraan curah hujan 0,25 derajat V7101. Data ini telah tersedia sejak Januari 1998 sampai saat ini.*

The rate of precipitation from TRMM product was extracted and accumulated to estimate the total precipitation annually using spatial analysis (ArcMap 10.5) tools. Firstly. data (.NetCDF) were converted into raster. Then, to cover the whole study area that is distributed in a small resolution (compared to the resolution of TRMM products). the precipitation raster map was resampled to 100 metres gridded raster. The resample raster then was extracted by mask with peatland distribution maps from [41]. Raster calculator tool and zonal statistic tool were applied to get the annual precipitation of peatlands for every province. The average of annual precipitation was calculated using Equation 1.

Tingkat curah hujan dari produk TRMM diekstraksi dan diakumulasikan untuk menghitung total curah hujan tahunan dengan menggunakan perangkat analisis spasial (ArcMap 10.5). *Pertama. data (.NetCDF) dikonversi menjadi raster. Kemudian, untuk mencakup seluruh wilayah kajian yang didistribusikan dalam resolusi kecil (dibandingkan dengan resolusi produk TRMM), peta curah hujan raster disampel ulang ke raster grid 100 meter. Raster sampel ulang tersebut kemudian diekstraksi menggunakan metode masking dengan peta distribusi lahan gambut dari [41]. Alat kalkulator raster dan alat statistik zonal digunakan untuk mendapatkan curah hujan tahunan lahan basah bagi setiap provinsi. Rata-rata curah hujan tahunan dihitung menggunakan Rumus 1.*

Equation 5 (*Rumus 5*)

$$\text{Precipitation} = \frac{\sum \text{(precipitation on peatland province t x total pixel of peatland province t)}}{\sum \text{total pixel of peatland province t}}$$

$$\textit{Presipitasi} = \frac{\sum \text{(presipitasi di lahan gambut provinsi x total pixel lahan gambut provinsi t)}}{\sum \text{total pixel olahan gambut provinsi t}}$$

Results: The average of annual precipitation (at island level) in peatlands is presented in Table 17. following the same time-period as in the ecosystem extent account. From these data. it is estimated that Indonesian peatlands received precipitation varied between 1849–2941 mm/year in Sumatera and between 2610–4031 mm/year in Kalimantan. The year of 2015. known as

Hasil: Rata-rata curah hujan tahunan (pada tingkat pulau) di lahan gambut disajikan pada Tabel 17, mengikuti periode waktu yang sama seperti dalam neraca luas ekosistem. *Dari data ini, diperkirakan bahwa lahan gambut Indonesia menerima curah hujan bervariasi antara 1849–2941 mm/tahun di Sumatera dan antara 2610–4031 mm/tahun di Kalimantan. Tahun 2015, dikenal sebagai salah*

one of El Niño years, a phenomenon resulting in warmer climate condition in Indonesia [102] (see details in Annex 11), is recorded as a dry year with the lower precipitation. Meanwhile. peatlands received a high amount of rainfall in 2010 when La Niña, an event resulting in cooler climate condition in Indonesia (mainly in seven last months), was detected.

satu tahun El Niño, sebuah fenomena yang menghasilkan kondisi iklim yang lebih hangat di Indonesia[102] (lihat rincian pada Lampiran 11), dicatat sebagai tahun kering dengan curah hujan yang lebih rendah. Sementara itu, lahan gambut menerima curah hujan yang tinggi pada tahun 2010 ketika La Niña, sebuah peristiwa yang mengakibatkan kondisi iklim yang lebih dingin di Indonesia (terutama dalam tujuh bulan terakhir), terdeteksi.

Table 17. The average of annual precipitation in Sumatera and Kalimantan peatlands
Tabel 17. *Rata-rata curah hujan tahunan di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan*

Indicator *Indikator*	**Peatlands in** *Lahan gambut di*	**1990**	**1996**	**2000**	**2006**	**2009**	**2010**	**2014**	**2015**
Average precipitation *Rata-rata curah hujan*	Sumatera	n.a	n.a	2633	2571	2520	2941	2119	1849
	Kalimantan	n.a	n.a	3056	2610	2740	4031	2757	2804

Data source: TRMM [101]. n.a: data are not available
Sumber data: TRMM [101]. n.a: data tidak tersedia

It is also noticed that the average of rainfall is significantly varied in spatial distribution. As seen in Figure 11, for example, peatlands in Sumatera during 2014, received less rainfall below 2000 mm/year particularly in the eastern part (Riau, Jambi, South Sumatera, Riau islands, and Bangka-Belitung provinces). On the other hand. most of the peat areas in Kalimantan and western Sumatera had quite high precipitation which was more than 3000 mm/year.

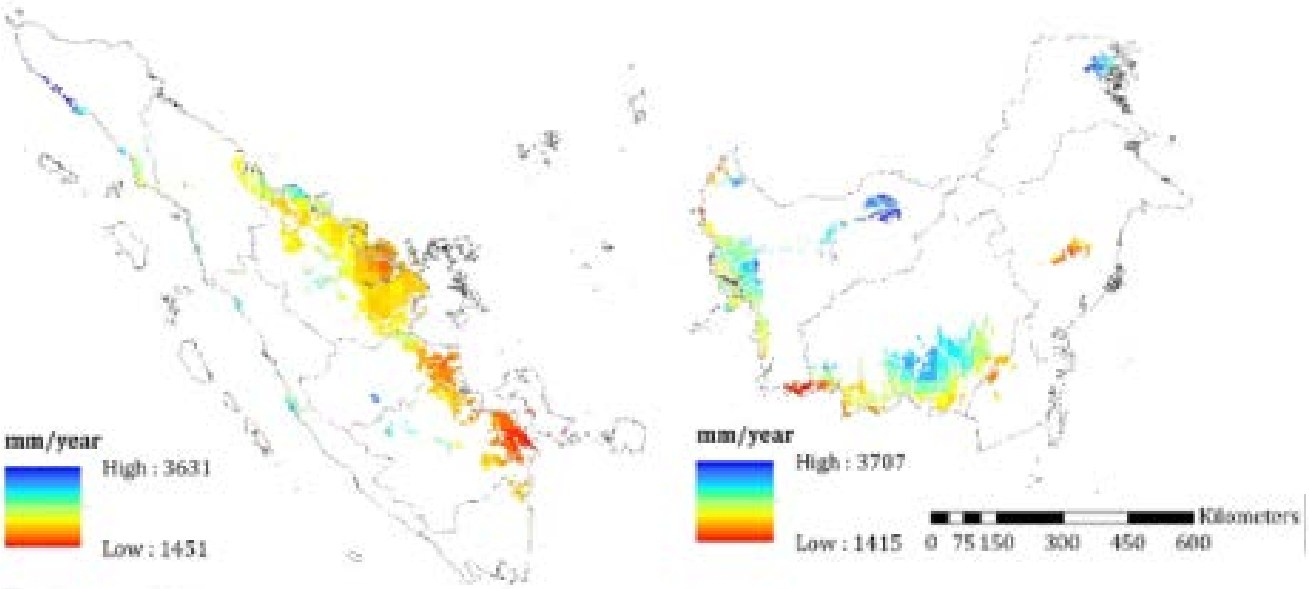
Diketahui juga bahwa rata-rata curah hujan sangat berbeda pada sebaran spasial. *Seperti terlihat pada Gambar 11, misalnya, lahan gambut di Sumatera selama 2014 menerima curah hujan lebih sedikit yaitu di bawah 2000 mm/tahun terutama di bagian timurnya (provinsi Riau, Jambi, Sumatera Selatan, kepulauan Riau, dan Bangka-Belitung). Di sisi lain, sebagian besar wilayah gambut di Kalimantan dan Sumatera bagian barat memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu lebih dari 3000 mm/tahun.*

Data validation process is vital to be considered since there would be some differences in values when they are compared to observation or survey data. The coefficient correlation between TRMM precipitation product for Indonesia and the observation data from BMKG (Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency) is 0.8 [103]. This number is relatively high although there are still 20% of possibility for error estimation.

Proses validasi data sangat penting untuk dipertimbangkan, karena akan ada beberapa perbedaan nilai ketika dibandingkan dengan data observasi atau survei. *Koefisien korelasi antara produk curah hujan TRMM untuk Indonesia dan data pengamatan dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) adalah 0,8[103]. Angka ini relatif tinggi meskipun masih ada 20% kemungkinan salah perkiraan.*

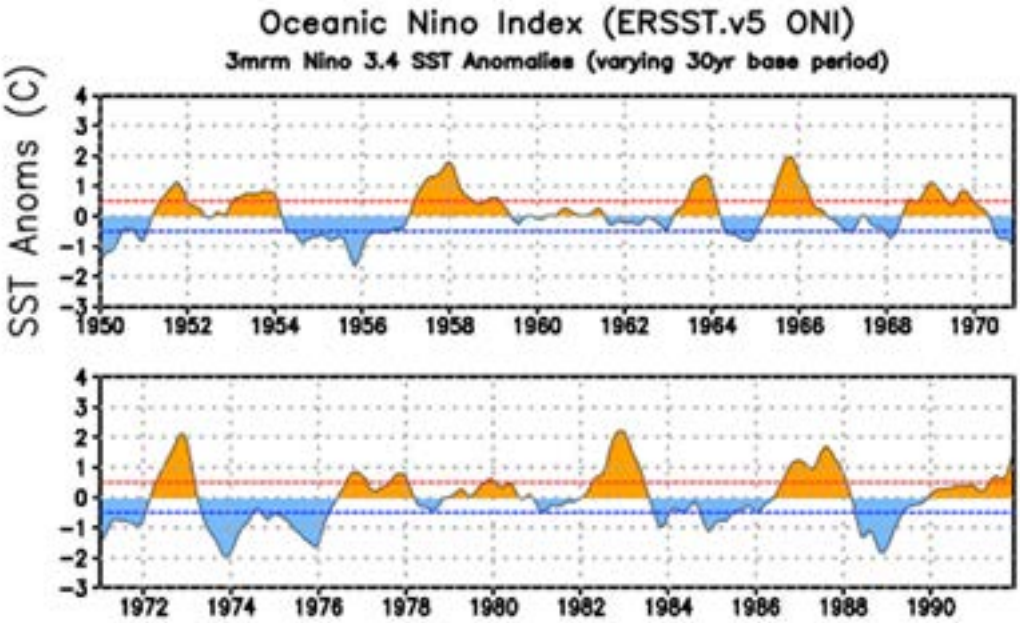
Figure 10. Spatial distribution of precipitation in Sumatera and Kalimantan peatlands in 2014. estimated from TRMM (2011)

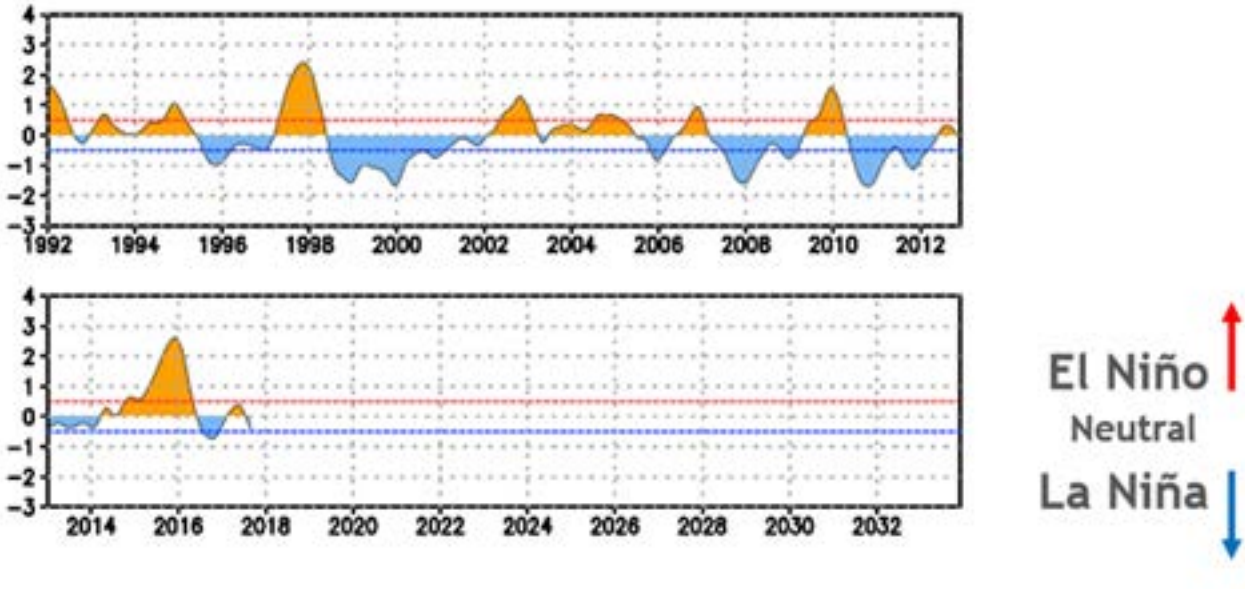
Gambar 10. *Sebaran spasial curah hujan pada lahan gambut Sumatra dan Kalimantan pada tahun 2014, yang diperkirakan dari TRMM (2011).*



Annex 11. Oceanic Niño Index 1950–2017

Lampiran 11. *Oceanic Niño index 1950–2017*





Data source: NCEP 102. Warm and cold periods based on a threshold of +/- 0.50C for the Oceanic Niño Index (ONI) [3 month running mean of ERSST.v5 SST anomalies in the Niño 3.4 region (50N–50S, 1200W–1700W)], based on centred 30-year base periods updated every 5 years.

Sumber data: NCEP 102. Periode hangat dan dingin berdasarkan ambang batas +/- 0.50C untuk Oceanic Niño Index (ONI) [rata-rata 3 bulan berjalan ERSST.v5 anomali SST di wilayah Niño 3.4 (50N–50S, 1200W–1700W)], berdasarkan periode dasar 30 tahun terpusat yang diperbarui setiap 5 tahun.

Annex 12. Estimated emission factor and biomass consumption of burned peat
Lampiran 12. Perkiraan faktor emisi dan konsumsi biomassa gambut yang terbakar

Indicator *Indikator*	**Data taken from** *Data diambil dari*	
	MoEFRI [48] *KLHK[48]*	**IPCC supplement 2013 as reviewed in 74** *Tambahan PCC 2013 seperti ditinjau pada 7*
Mass of fuel available for combustion (tdm/ha) *Massa bahan bakar tersedia untuk pembakaran (tdm/ha)*	504.9[a]	353[b]
Emission factor (CO_2 kg/ton) *Faktor emisi (CO_2 kg/ton)*	1828.2	1703

a *Estimated as 33-cm burned peat depth in forest*
Diperkirakan sekitar 33 cm kedalaman kebakaran gambut di hutan

b *Estimated for drained peatland*
Diperkirakan untuk lahan gambut yang dikeringkan

Annex 13. Kriging interpolation method
Lampiran 13. Metode interpolasi kriging

A kriging interpolation technique was applied to map peat drainage depth in certain land uses (perennial crop area, degraded peat swamp forest in the distance less than 500 m from perennial crop area, plantation forest, and bare land), based on geostatistical analysis of available drainage depth data. Geostatistics is a general term for a spatial model of spatial structure that considers the spatial autocorrelation between values in the sampled locations, where these models can then be used to predict the values of unsampled locations. The procedures of the krigring interpolation technique is briefly described in Figure 12. The procedures were separately applied for Sumatera and Kalimantan.

Teknik interpolasi kriging diterapkan untuk memetakan kedalaman pengeringan gambut dalam penggunaan lahan tertentu (area tanaman tahunan, hutan rawa gambut terdegradasi dalam jarak kurang dari 500 m dari area tanaman tahunan, hutan tanaman, dan lahan terbuka), berdasarkan analisis geostatistik dari data kedalaman pengeringan yang tersedia. *Geostatistik adalah istilah umum untuk model spasial dari struktur spasial yang mempertimbangkan autokorelasi spasial antara nilai-nilai di berbagai lokasi sampel, di mana model ini kemudian dapat digunakan untuk memprediksi nilai-nilai lokasi yang tidak dijadikan sampel. Prosedur teknik interpolasi krigring dijelaskan secara singkat pada Gambar 12. Prosedur ini diterapkan secara terpisah untuk Sumatera dan Kalimantan.*

Figure 11. Flow chart of kriging interpolation technique
Gambar 11. *Diagram alir teknik interpolasi kriging*

At the first step, the spatial structure of the drainage depth data was analyzed using variogram analysis. Variogram is a scatter plot describing the relationship between semivariance and distance. Ideally, the increase of separation between point-pairs will also be followed by the increase of semivariance until a certain separation called the range. In total 166 drainage data from Sumatera and 40 data from Kalimantan were analyzed. The gstat package of "R" [104] was used for this analysis. After fitting some variogram models to the sample variogram, the parameters of the best model (partial sill, range, and nugget) were used for kriging interpolation. Figure 13 and 14 show the selected variogram model for Sumatera and Kalimantan.

Pada langkah pertama, struktur spasial dari data kedalaman pengeringan dianalisis dengan menggunakan analisis variogram. *Variogram adalah diagram tebar (scatter plot) yang menggambarkan hubungan antara semivarian dan jarak. Idealnya, peningkatan pemisahan antara pasangan titik (point-pairs) juga akan diikuti oleh peningkatan semivarian hingga pemisahan tertentu yang disebut rentang (range). Secara keseluruhan, ada 166 data pengeringan dari Sumatera dan 40 data dari Kalimantan yang dianalisis. Paket gstat "R" [104] digunakan untuk analisis ini. Setelah memasukkan beberapa model variogram ke variogram sampel, parameter model terbaik (partial sill: ambang parsial, range: rentang, dan nugget) digunakan untuk interpolasi kriging. Gambar 13 dan 14 menunjukkan model variogram yang dipilih untuk Sumatera dan Kalimantan.*

Ordinary kriging was selected as interpolation method. Ordinary kriging is a best linear unbiased predictor since it tries to have a mean error of zero and to minimize the variance error [105]. An interpolation tool in spatial analysis tools of ArcMap was used for the interpolation to produce the map of peat drainage depth. Finally, a cross validation (leave-one-out method) was applied to analyze model accuracy by calculating coefficient of variation (CV) of root mean square error (RMSE). This value represents the deviation of the prediction error from the mean of input data, whose value ranges from 0 to 1. A CV of RMSE of 0 indicates a perfect accuracy. The cross validation gave a CV of RMSE of 15.1% for Sumatera and 19.1% for Kalimantan.

Kriging biasa terpilih sebagai metode interpolasi. *Kriging biasa adalah prediktor tidak bias linier terbaik karena metode ini mencoba untuk memiliki kesalahan rata-rata nol dan untuk meminimalkan kesalahan variasi (variance error)[105]. Alat interpolasi pada alat analisis spasial ArcMap digunakan agar interpolasi menghasilkan peta kedalaman pengeringan gambut. Akhirnya, validasi silang (metode leave-one-out) diterapkan untuk menganalisis keakuratan model dengan menghitung koefisien variasi (CV) dari root mean square error (RMSE). Nilai ini mewakili penyimpangan kesalahan prediksi dari rata-rata data input, yang nilainya berkisar dari 0 hingga 1. CV RMSE dari 0 menunjukkan keakuratan sempurna. Validasi silang memberikan CV RMSE 15,1% untuk Sumatera dan 19,1% untuk Kalimantan.*

Figure 12. Selected variogram model for Sumatera with parameters: partial sill 187.35, range 1.9 and nugget 56.39

Gambar 12. *Model variogram yang dipilih untuk Sumatera dengan parameter: partial sill 187,35, range 1,9 dan nugget 56,39*

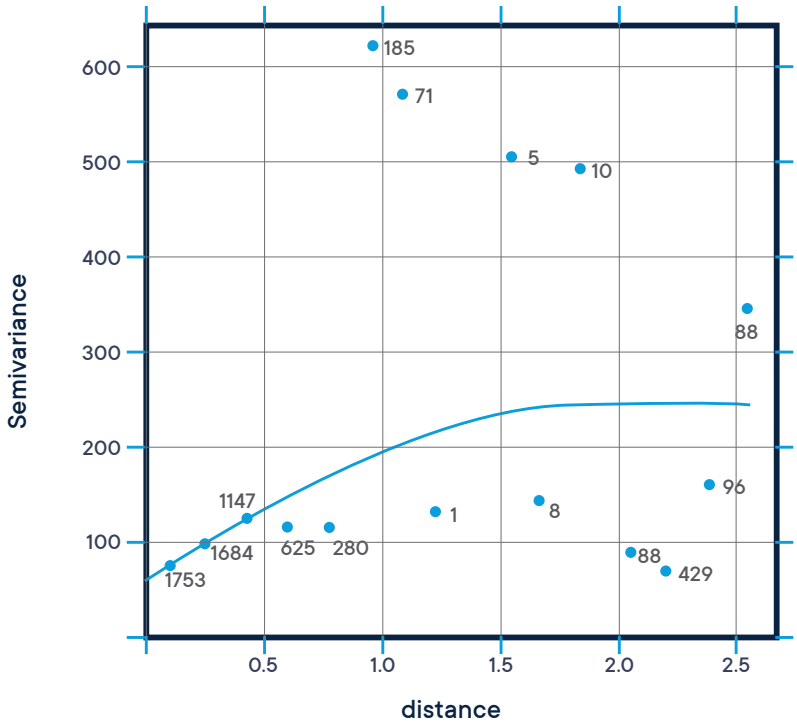
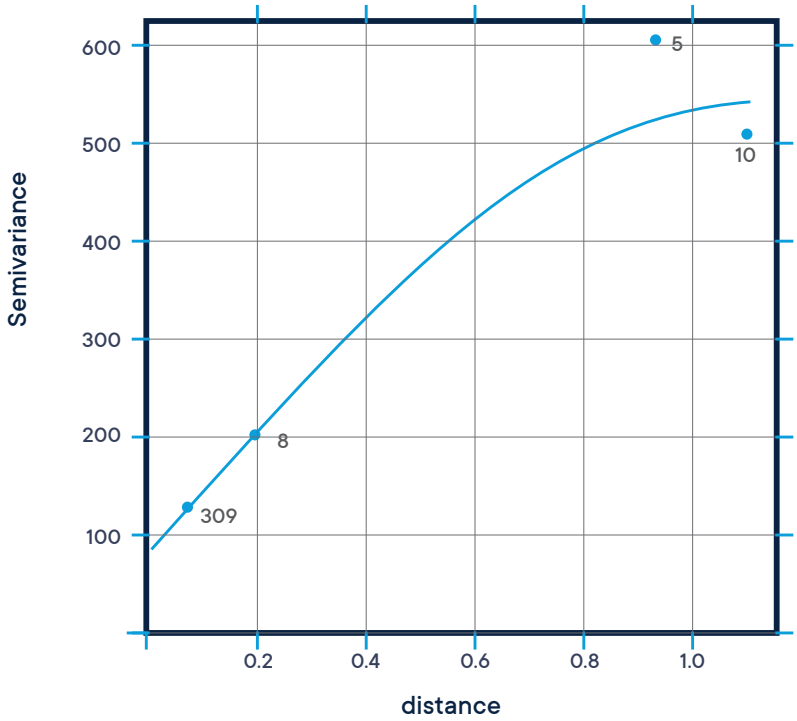


Figure 13. Selected variogram model for Kalimantan with parameters: partial sill 457.15, range 1.1 and nugget 85.8

Gambar 13. *Model variogram yang dipilih untuk Kalimantan dengan parameter: partial sill 457,15, range 1,1 dan nugget 85,8*



Annex 14. Selected water table depth data
Lampiran 14. Data kedalaman permukaan air terpilih

Land cover *Tutupan lahan*	Water level (m) *Ketinggian permukaan air (m)*
Undisturbed natural forest *Hutan alami yang belum terganggu*	0*
Disturbed natural forest in the distance more than 500 m from perennial crops or plantation forests *Hutan alami yang terganggu dalam jarak lebih dari 500 m dari tanaman tahunan dan hutan tanaman*	0*
Mixed cropland; small-scale agriculture *Lahan pertanian campuran; pertanian skala kecil*	0.6[a]
Shrubland *Semak belukar*	0.33[a]
Lowland paddy field *Sawah dataran rendah*	0.05[b]
Others (water, savanna, etc.) *Lain-lain (perairan, sabana, dll.*	0*

*Note: * 0 means undrained*
*Catatan: * 0 berarti tidak dikeringkan*

Sources: a: [9], b: [106]
Sumber: a: [9], b: [106]

Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services

WAVES is a World Bank-led global partnership that aims to promote sustainable development by ensuring that natural resources are mainstreamed in development planning and national economic accounts.

www.wavespartnership.org