

DINAMIKA *NET ECOSYSTEM EXCHANGE* DI KESATUAN HIDROLOGIS GAMBUT KABUPATEN ROKAN HILIR, PROVINSI RIAU

HANUM RESTI SAPUTRI



**PROGRAM STUDI SILVIKULTUR TROPIKA
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Dinamika *Net Ecosystem Exchange* di Kesatuan Hidrologis Gambut Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Hanum Resti Saputri
NIM E4501251014



RINGKASAN

HANUM RESTI SAPUTRI. Dinamika *Net Ecosystem Exchange* di Kesatuan Hidrologis Gambut Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau. Dibimbing oleh ERIANTO INDRA PUTRA dan YUDI SETIAWAN.

Perubahan tutupan dan penggunaan lahan (*land use and land cover/LULC*) pada ekosistem gambut tropis merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi keseimbangan karbon global. Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau merupakan salah satu wilayah dengan kawasan gambut yang mengalami tekanan pembangunan perkebunan yang tinggi selama dua dekade terakhir. Kondisi ini berdampak pada perubahan tutupan dan penggunaan lahan yang signifikan dari waktu ke waktu, khususnya konversi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit. Perubahan tutupan dan penggunaan lahan ini turut memengaruhi produktivitas ekosistem gambut serta status penyerap (*sink*) atau sumber (*source*) karbon pada masing-masing kelas tutupan lahan, sekaligus meningkatkan kerentanan kawasan terhadap kejadian kebakaran lahan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika perubahan tutupan dan penggunaan lahan pada KHG Kabupaten Rokan Hilir selama periode 2005-2025, mengestimasi produktivitas ekosistem berupa *Gross Primary Productivity* (GPP), *Net Primary Productivity* (NPP), dan *Net Ecosystem Exchange* (NEE), menentukan status *sink/source* karbon pada setiap kelas tutupan lahan, serta mengkaji hubungannya dengan sebaran spasial titik panas (*hotspot*) kebakaran. Metode yang digunakan meliputi klasifikasi tutupan lahan menggunakan algoritma *Random Forest* melalui platform *Google Earth Engine* (GEE), estimasi produktivitas ekosistem menggunakan pendekatan *Light Use Efficiency* (LUE) berbasis citra satelit MODIS, serta data titik panas yang diperoleh dari sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan terbesar selama periode 2005-2025 terjadi pada ekspansi perkebunan kelapa sawit, dari 299.521,24 ha menjadi 456.980,72 ha yang diiringi oleh penurunan tajam luas hutan alam dari 263.686,17 ha menjadi 88.761,81 ha. Hutan alam secara konsisten berfungsi sebagai penyerap karbon (NEE negatif), sementara hutan tanaman menunjukkan pola siklik yang berkaitan dengan umur tegakan. Perkebunan kelapa sawit berfungsi sebagai sumber karbon pada periode 2010-2015, kemudian kembali menjadi penyerap karbon pada tahun 2025 seiring pematangan tegakan. Puncak jumlah titik panas terjadi pada tahun 2005 yang berkaitan erat dengan aktivitas pembukaan lahan awal. Konversi hutan alam menjadi lahan perkebunan secara masif meningkatkan kerentanan kebakaran pada fase awal pembukaan lahan dan menurunkan kapasitas sekuestrasi serta penyimpanan karbon jangka panjang ekosistem gambut.

Kata kunci: degradasi lahan, ekosistem, emisi, keseimbangan karbon, lahan gambut

SUMMARY

HANUM RESTI SAPUTRI. Net Ecosystem Exchange Dynamics in the Peat Hydrological Unit of Rokan Hilir Regency, Riau Province. Supervised by ERIANTO INDRA PUTRA and YUDI SETIAWAN.

Land use and land cover (LULC) change in tropical peatland ecosystems is one of the main factors influencing the global carbon balance. Rokan Hilir Regency, Riau Province, is one of the regions with peatland areas experiencing high pressure from plantation development over the past two decades. This condition has resulted in significant changes in land use and land cover over time, particularly the conversion of natural forest into oil palm plantations. These land use and land cover changes have also affected the productivity of the peatland ecosystem as well as the carbon sink/source status of each land cover class, while simultaneously increasing the vulnerability of the area to land fire events. This study aims to analyze the dynamics of land use and land cover change in the Peatland Hydrological Unit (KHG) of Rokan Hilir Regency during the 2005–2025 period, to estimate ecosystem productivity in terms of Gross Primary Productivity (GPP), Net Primary Productivity (NPP), and Net Ecosystem Exchange (NEE), to determine the carbon sink/source status of each land cover class, and to examine its relationship with the spatial distribution of fire hotspots. The methods employed include land cover classification using the Random Forest algorithm through the Google Earth Engine (GEE) platform, estimation of ecosystem productivity using the Light Use Efficiency (LUE) approach based on MODIS satellite imagery, and hotspot data obtained from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Fire Information for Resource Management System (FIRMS). The results show that the greatest land cover change during the 2005–2025 period occurred in the expansion of oil palm plantations, increasing from 299,521.24 ha to 456,980.72 ha, accompanied by a sharp decline in natural forest area from 263,686.17 ha to 88,761.81 ha. Natural forest consistently functioned as a carbon sink (negative NEE), while planted/plantation forest exhibited a cyclical pattern related to stand age. Oil palm plantations functioned as a carbon source during the 2010–2015 period, then returned to functioning as a carbon sink in 2025 as the stands matured. The peak number of hotspots occurred in 2005, which was closely associated with initial land-clearing activities. The massive conversion of natural forest into plantation land increased fire vulnerability during the early land-clearing phase and reduced the long-term carbon sequestration and storage capacity of the peatland ecosystem.

Keywords: carbon balance, ecosystem, emissions, land degradation, peatland



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2026
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



DINAMIKA *NET ECOSYSTEM EXCHANGE* DI KESATUAN HIDROLOGIS GAMBUT KABUPATEN ROKAN HILIR, PROVINSI RIAU

HANUM RESTI SAPUTRI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Silvikultur Tropika

**PROGRAM STUDI SILVIKULTUR TROPIKA
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : *Dinamika Net Ecosystem Exchange* di Kesatuan Hidrologis Gambut
Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau
Nama : Hanum Resti Saputri
NIM : E4501251014

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Erianto Indra Putra, S.Hut., M.Si

Pembimbing 2:
Dr. Yudi Setiawan, S.P., M.Env.Sc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Prijanto Pamoengkas, M.Sc.Forest.Trop
NIP. 196312061989031004

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Dodik Nurrochmat, M.Sc. F.Trop
NIP. 197003291996081001



Tanggal Ujian: 04 Agustus 2026

Tanggal Lulus: 10 AUG 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas karunia dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Dinamika *Net Ecosystem Exchange* di Kesatuan Hidrologis Gambut Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau”. Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyusunan tesis ini berkat dukungan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua Ayah Saiful Asrori, Ibu Widayati, dan Adik Aini Dwi Septiana, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, cinta, dan kasih sayang kepada penulis dalam proses studi magister.
2. Dr. Erianto Indra Putra, S.Hut., M.Si dan Dr. Yudi Setiawan, SP., M.Env.Sc selaku dosen pembimbing tesis yang telah memberikan arahan, masukan, bimbingan, dan motivasi dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Perdinan, S.Si., M.Nat.Res.Econ., Ph.D. selaku penguji luar komisi yang telah memberikan saran, masukan, serta koreksi yang sangat berharga dalam penyempurnaan tesis ini.
4. Dr. Yunik Istikorini, SP., MP selaku moderator kolokium, Dr. Ir. Alinda Fitriany Malik Zain, M.Si. selaku moderator seminar hasil, dan Dr. Ati Dwi Nurhayati, S.Hut., M.Si selaku ketua sidang yang telah memberikan saran kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
5. Prof. Dr. Ir. Prijanto Pamoengkas, M.Sc.F.Trop. selaku Ketua Program Studi, beserta seluruh dosen dan staf manajemen Program Studi Silvikultur Tropika, IPB University, atas ilmu yang berharga, bantuan dalam pemberkasan akademik, dan segala bentuk dukungan lain yang telah diberikan sepanjang perjalanan studi penulis.
6. Keluarga besar organisasi IPB *Sustainable Science Research Student Association* yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
7. Teman-teman S2 Silvikultur Tropika Sekolah Pascasarjana IPB yang menemani penulis dalam mengikuti program sinergi.
8. Teman-teman terdekat penulis yang senantiasa membantu, memberikan motivasi, tempat mencurahkan keluh kesah, dan menemani perjalanan penulis dalam studi sarjana sampai magister.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu selama penyelesaian tugas akhir yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan terutama dalam mengembangkan riset gambut di Indonesia.

Bogor, Agustus 2026

Hanum Resti Saputri



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Kerangka Berpikir	3
1.7 Batasan Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ekosistem Gambut dan Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG)	5
2.2 Perubahan Tutupan dan Penggunaan Lahan pada Ekosistem Gambut	6
2.3 <i>Hotspot</i> sebagai Indikator Kebakaran Hutan dan Lahan	7
2.4 Produktivitas Ekosistem: GPP, NPP, dan NEE	8
III METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Tahapan Penelitian	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Perubahan Tutupan dan Penggunaan Lahan	21
4.2 Analisis Gross <i>Primary Productivity</i> dan <i>Net Primary Productivity</i>	25
4.3 Analisis Kejadian Kebakaran	28
4.4 Analisis NEE Berdasarkan Tutupan dan Penggunaan Lahan	31
4.5 Hubungan LULCC, GPP, NPP, dan NEE serta Kejadian Kebakaran (<i>Hotspot</i>)	34
V SIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
RIWAYAT HIDUP	47



DAFTAR TABEL

1	Sistem klasifikasi kelas tutupan dan penggunaan lahan	13
2	Daftar indeks yang digunakan	14
3	Interpretasi nilai <i>Kappa Statistic</i> (KS)	16
4	Kriteria selang kepercayaan (<i>Confidence level</i>) untuk FIRMS MODIS	18
5	Respirasi tanah lahan gambut dan kelas tutupan lahan	19
6	Fraksi fluks <i>CO2</i> dari akar lahan gambut	19
7	Luas tutupan dan penggunaan lahan setiap kelas klasifikasi	22
8	Jumlah <i>hotspot</i> dengan <i>confidence level</i> $\geq 80\%$ di KHG Rokan Hilir	29
9	Distribusi <i>hotspot confidence</i> tinggi ($80\% \leq C < 100\%$) berdasarkan kelas tutupan dan penggunaan lahan tahun 2005-2025	29

DAFTAR GAMBAR

1	Skema aliran energi di seluruh ekosistem	9
2	Lokasi penelitian	11
3	Diagram aliran penelitian	12
4	Data training (a) badan air, (b) lahan terbangun, (c) lahan terbuka, (d) perkebunan sawit, (e) hutan alam, (f) hutan tanaman	13
5	Peta <i>spasiotemporal</i> perubahan tutupan dan penggunaan lahan	21
6	Dinamika luas tutupan dan penggunaan lahan di KHG Kabupaten Rokan Hilir	23
7	Nilai <i>Kappa</i> dan <i>Overall accuracy</i> (OA) hasil penelitian di KHG Rokan Hilir	24
8	Peta distribusi spasial <i>Gross Primary Productivity</i> tahun 2005-2025	25
9	Peta distribusi spasial <i>Net Primary Productivity</i> tahun 2005-2025	26
10	Tren perbandingan nilai GPP dan NPP tahun 2005-2025 di KHG Kabupaten Rokan Hilir	27
11	Kondisi <i>spasiotemporal hotspot</i> dengan <i>confidence level</i> $\geq 80\%$	29
12	Tren akumulasi <i>hotspot</i> dengan selang <i>confidence level</i> $\geq 80\%$ berdasarkan jenis tutupan dan penggunaan lahan tahun 2005-2025	30
13	Akumulasi <i>hotspot</i> kecamatan KHG Kabupaten Rokan Hilir	31
14	Peta Distribusi <i>Net Ecosystem Exchange</i> tahun 2005-2025	32
15	Dinamika nilai NEE berdasarkan tutupan dan penggunaan lahan tahun 2005-2025	32
16	<i>Heatmap</i> perubahan luas tutupan dan penggunaan lahan dengan indikator produktivitas ekosistem	35
17	Korelasi luas tutupan dan penggunaan lahan terhadap indikator produktivitas ekosistem dengan kejadian kebakaran	36

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.