

# Penentuan Tingkat Rujukan (*Reference Level*) untuk Menduga Penurunan Emisi dari Restorasi Gambut



Badan Restorasi Gambut  
2018





**Penentuan Tingkat Rujukan  
(*Reference Level*)  
untuk Menduga Penurunan Emisi dari  
Restorasi Gambut**

© 2018 Badan Restorasi Gambut (BRG)

Materi dalam publikasi ini berlisensi di dalam Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISBN: 978-602-61026-6-9

Sitasi: BRG. 2018. Penentuan Tingkat Rujukan (*Reference Level*) untuk Menduga Penurunan Emisi dari Restorasi Gambut, Badan Restorasi Gambut. Jakarta

#### Tim penulis

Daniel Murdiyarso, Center for International Forestry Research (CIFOR)  
Gusti Anshari, Universitas Tanjungpura  
Solichin Manuri, Daemeter  
Arief Wijaya, World Resources Institute Indonesia (WRI)  
Arief Darmawan, Universitas Lampung  
Arif Budiman, Winrock  
Judin Purwanto, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)  
Abdul Karim, Badan Restorasi Gambut  
Thomas Rinuwat, Badan Restorasi Gambut  
Kustiyo, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)  
Joseph Hutabarat, Fauna & Flora International – Indonesia Programme (FFI-IP)  
Teddy Rusolono, Institut Pertanian Bogor (IPB)

#### Editor

Haris Gunawan, Badan Restorasi Gambut

#### Penelaah (reviewers)

Tim Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)

#### Kredit foto:

Bab 1: Kantong semar, tumbuhan karnivora (*Nepenthes distillatoria*) – Foto D. Murdiyarso  
Bab 2: Pemadaman api – Foto: T. Darusman  
Bab 3: Kanal drainase – Foto: T. Darusman  
Bab 4: Peranan fungi dalam proses pelapukan bahan organik – Foto: Sigit D. Sasmito  
Bab 5: Jelutung (*Dyera costulata*) – Foto: D. Murdiyarso

#### Diterbitkan oleh

Badan Restorasi Gambut (BRG)  
Gedung Kementerian Sekretariat Negara, Lantai 2  
Jalan Teuku Umar No. 10  
Jakarta 10350  
Telp: (021) 31901268  
<http://www.brg.go.id>

Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia (BRG) adalah lembaga nonstruktural yang berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Presiden. BRG dibentuk pada 6 Januari 2016, melalui Peraturan Presiden Nomor 1 Tahun 2016 tentang Badan Restorasi Gambut. BRG bekerja secara khusus, sistematis, terarah, terpadu dan menyeluruh untuk mempercepat pemulihan dan pengembalian fungsi hidrologis gambut yang rusak terutama akibat kebakaran dan pengeringan.

# Daftar Isi

<b>Kata Pengantar</b>	<b>v</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>vi</b>
<b>Ringkasan Eksekutif</b>	<b>viii</b>
<b>Daftar Singkatan</b>	<b>x</b>
<b>1 Pendahuluan</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan tujuan	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Dasar hukum penurunan emisi GRK	4
<b>2 Definisi dan Istilah</b>	<b>7</b>
2.1 Gambut dan ekosistem rawa gambut	7
2.2 Tanah gambut	7
2.3 Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG)	8
2.4 Luas dan Penyebaran Gambut di Indonesia	8
2.5 Restorasi Gambut	10
<b>3 Metodologi</b>	<b>12</b>
3.1 Pendekatan Penghitungan Tingkat Rujukan	12
3.2 Periode Rujukan	13
3.3 Data yang digunakan	14
3.4 Penghitungan Tingkat Rujukan	21
<b>4 Tingkat Rujukan Penghitungan Emisi Lahan Gambut</b>	<b>24</b>
4.1 Emisi berdasarkan aktivitas	24
4.2 Tingkat Rujukan emisi	27
<b>5 Penggunaan Tingkat Rujukan untuk Penurunan Emisi Melalui Restorasi Gambut</b>	<b>31</b>
5.1 Skenario intervensi program	32
5.2 Skenario intervensi regional	34
5.3 Strategi Pemantauan Penurunan Emisi	35
<b>Daftar Pustaka</b>	<b>39</b>
<b>Lampiran</b>	
1 Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Riau Tahun 2006–2015	41
2 Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Jambi Tahun 2006–2015	42
3 Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2006–2015	43
4 Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Kalimantan Barat Tahun 2006–2015	44
5 Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Kalimantan Tengah Tahun 2006–2015	45
6 Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2006–2015	46
7 Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Papua Tahun 2006–2015	47

# Daftar Gambar dan Tabel

## Gambar

1	Target restorasi gambut 2016–2020 dalam konteks prioritas restorasi di tujuh provinsi bergambut di Indonesia	3
2	Sub-ordo <i>histosol</i> berdasarkan tingkat drainase dan dekomposisi yang dialami oleh akumulasi bahan organik (Soil Survey Staff, 2014)	8
3	Luas penggunaan lahan gambut di Sumatera, Kalimantan dan Papua (Sumber: Wahyunto, et al. 2016)	9
4	Dua cara pendekatan untuk menduga cadangan karbon (Eggleston et al. 2006)	13
5	Perubahan tutupan lahan gambut di Provinsi Kalimantan Tengah pada periode 2006–2015 berdasarkan citra Landsat (kode yang digunakan dalam gambar sama dengan kode pada Tabel 3)	16
6	Alih guna lahan gambut di Provinsi Kalimantan Tengah dan Papua dalam periode 2006–2015 dengan kondisi yang hampir konstan (kode yang digunakan dalam gambar sama dengan kode pada Tabel 3)	19
7	Deforestasi tahunan di lahan gambut prioritas restorasi selama periode 2006–2015	25
8	Degradasi hutan tahunan di lahan gambut prioritas restorasi selama periode 2006–2015	25
9	Serapan tahunan dari perubahan tutupan lahan gambut prioritas restorasi selama periode 2006–2015	25
10	Luas lahan gambut prioritas restorasi yang terdekomposisi selama periode 2006–2015	26
11	Luas kebakaran gambut di lahan gambut prioritas restorasi selama periode 2006–2015	26
12	Grafik Oceanic Nino Index (ONI) 2006–2018. Nilai ONI antara 0,5–1 menunjukkan El Nino lemah; 1–1,5 El Nino sedang, 1,5–2 El Nino kuat dan di atas 2 merupakan El Nino sangat kuat	27
13	Emisi CO <sub>2</sub> tahunan dari perubahan tutupan lahan selama periode 2006–2015 memberikan Tingkat Rujukan sebesar 22 juta tCO <sub>2</sub>	28
14	Emisi CO <sub>2</sub> tahunan dari dekomposisi gambut selama periode 2006–2015 dan Tingkat Rujukan untuk periode 2016–2030	28
15	Emisi CH <sub>4</sub> dan DOC setara CO <sub>2</sub> dari kanal pada 2015 dan 2016	29
16	Emisi CO <sub>2</sub> tahunan dari kebakaran gambut selama periode 2006–2015 dan prediksi Tingkat Rujukan dalam kondisi El Nino lemah (53 juta tCO <sub>2</sub> ), El Nino kuat (242 juta tCO <sub>2</sub> ), dan rata-rata (110 juta tCO <sub>2</sub> ).	29
17	Total emisi neto dari perubahan tutupan lahan, dekomposisi, dan kebakaran dan gambut selama periode 2006–2015 dan prediksi Tingkat Rujukan periode 2016–2030 dengan tiga skenario El Nino, skenario dengan tahun tanpa El Nino (garis biru putus-putus), dengan tahun El Nino (garis merah putus-putus) dan rata-rata semua tahun (garis kuning putus-putus)	30
18	Tindakan restorasi gambut melalui program 3R yang memperbaiki ekosistem gambut sekaligus menurunkan emisi GRK. Penurunan emisi pasca-2015 akan efektif jika program 3R dilakukan secara simultan	31
19	Rencana tindakan restorasi 2018 dengan pembuatan sumur bor, R1.1 (a) sekat kanal, R1.2 (b), dan penimbunan kanal, R1.3 (c) di setiap provinsi prioritas, kecuali Papua. Konsentrasi kegiatan terdapat di Provinsi Kalimantan Tengah dan Jambi	33
20	Rencana tindakan restorasi 2018 dengan total areal revegetasi 400 hektar di provinsi prioritas, kecuali Papua	33
21	Rencana tindakan revitalisasi di 75 desa di tahun 2018 di provinsi prioritas, kecuali Papua	33
22	Peringkat dampak tindakan restorasi terhadap pembasahan kembali, penanaman-kembali dan revitalisasi dengan skor 1 (=rendah), 2 (=sedang), dan 3 (=tinggi)	34
23	Peringkat emisi GRK di tujuh provinsi prioritas restorasi	34

## Tabel

1	Perkiraan Luas dan Penyebaran Lahan Gambut di Indonesia menurut beberapa sumber	9
2	Sebaran luas gambut berdasarkan kelas prioritas restorasi di tujuh provinsi	10
3	Kelas tutupan lahan gambut dan kode yang digunakan dalam FREL dengan dan 16 kelas yang digunakan dalam dokumen ini (dengan keterangan “ya”)	15
4	Sebaran lahan gambut, area prioritas, dan target restorasi lahan gambut di tujuh provinsi prioritas	16
5	Matriks transisi alih guna lahan di provinsi Kalimantan Tengah pada periode 2006–2015	17
6	Matriks transisi alih guna lahan di Provinsi Papua pada periode 2006–2015	18
7	Jenis dan lebar kanal di lahan gambut berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No. 14/2009. Nilai tengah dari selang lebar kanal digunakan untuk mengestimasi lebar kanal	19
8	Cadangan Biomassa Atas Permukaan (BAP) untuk penghitungan FE perubahan tutupan lahan	20
9	Faktor Emisi untuk dekomposisi lahan gambut	20
10	Faktor emisi dan variabel lain untuk penghitungan emisi dari kebakaran lahan gambut.	21
11	Emisi CO <sub>2</sub> di setiap provinsi berdasarkan sumber emisi (Sumber: Renstra BRG 2016–2020)	35
12	Skala prioritas intervensi program berdasarkan peringkat pentingnya sumber emisi di tujuh provinsi prioritas restorasi	35
13	Jumlah AGWLR di provinsi prioritas yang dibangun oleh BRG dan pihak lain ( per Februari 2018)	37

# Kata Pengantar

Emisi dan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) merupakan penyebab perubahan iklim yang menjadi isu global dan tantangan bagi masyarakat antarbangsa. Berbagai upaya telah dan akan terus dilakukan oleh pemerintah, termasuk pemerintah Indonesia, untuk mengurangi emisi GRK tanpa harus mengorbankan pembangunan untuk kesejahteraan masyarakat.

Pemerintah Indonesia melalui Badan Restorasi Gambut (BRG) sejak tahun 2016 telah mengambil langkah konkret untuk menurunkan emisi melalui restorasi lahan gambut yang rusak dan konservasi lahan gambut yang masih utuh. Lahan gambut adalah ekosistem yang unik dan merupakan salah satu sumber penting emisi GRK jika terjadi kerusakan akibat deforestasi, drainase, dan kebakaran. Untuk menilai penurunan emisi dari aktivitas restorasi dan konservasi lahan gambut diperlukan Tingkat Rujukan (*Reference Level*).

Dokumen ini disusun sebagai acuan bagi kegiatan restorasi gambut yang sedang dilakukan di tujuh provinsi dan meliputi areal seluas 2,4 juta hektar. Dua jenis data penting yang dipergunakan dalam

penyusunan Tingkat Rujukan adalah data aktivitas dan faktor emisi. Kedua jenis data ini diperoleh dari data nasional yang dikumpulkan dengan teknologi mutakhir sehingga memiliki ketelitian yang tinggi. Di samping itu jenjang (*tier*) datanya memiliki peringkat yang tinggi karena secara spesifik mewakili kondisi ekosistem rawa gambut Indonesia. Jenis GRK yang diperhitungkan utamanya adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) meskipun secara terbatas gas metana (CH<sub>4</sub>) juga dipertimbangkan.

Dokumen ini merupakan rujukan bagi perhitungan penurunan emisi yang terjadi akibat kegiatan restorasi gambut, baik yang berhutan maupun yang tidak berhutan. Dengan diterbitkannya dokumen ini, seluruh kegiatan restorasi lahan gambut Indonesia dapat menggunakan dokumen ini sebagai rujukan.

Kepada para pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan dokumen ini, khususnya dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, kami sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan atas waktu, tenaga, dan pemikirannya.

Jakarta, 17 Agustus 2018

Kepala Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia,  
Nazir Foad

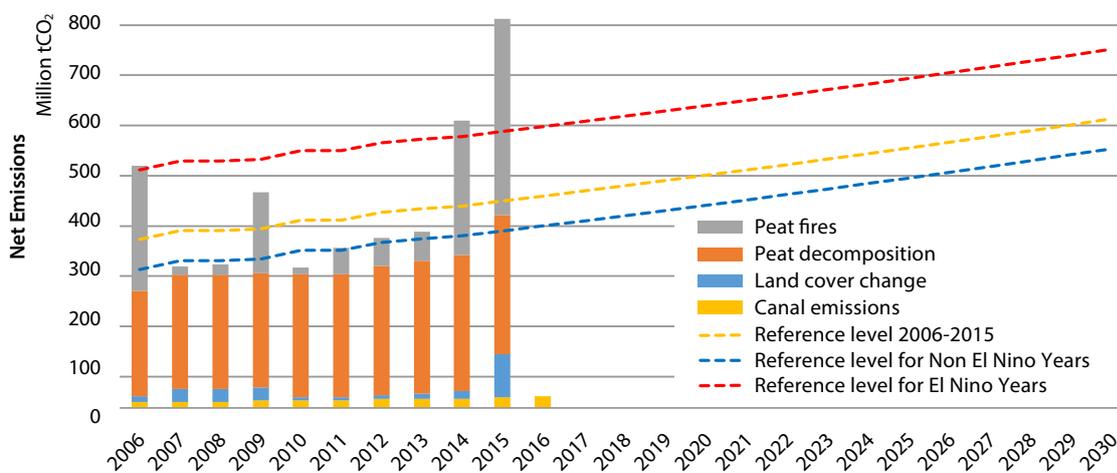
# Executive Summary

The Government of Indonesia's position and commitment to sustainable development is already widely known, as is its commitment to reducing greenhouse gas (GHG) emissions; the cause of global climate change. Indonesia's commitment to reducing greenhouse gases is laid out in its Nationally Determined Contribution (NDC) document, and was recorded in the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Secretariat in November 2016. The NDC states that Indonesia's GHG emissions in 2010 were 1,334 million tons of CO<sub>2</sub> equivalents (MtCO<sub>2</sub>e) and would increase to 2,869 MtCO<sub>2</sub>e in 2030 under a business as usual scenario without intervention. Indonesia has committed to reducing GHG emissions by 29% (834 MtCO<sub>2</sub>e) independently before 2030, or by 41% (1,081 MtCO<sub>2</sub>e) with international assistance.

Most activities for GHG emissions reduction need to be carried out in the land and forestry sectors with figures from around 647 MtCO<sub>2</sub>e through independent efforts to 714 MtCO<sub>2</sub>e with international assistance. For that reason a reference GHG emissions level of 568 MtCO<sub>2</sub>e for these sectors – called the Forest Reference Emission Level (FREL) – has been set as the emissions reduction reference for avoided deforestation, forest degradation, and peat decomposition.

Emissions from the land and forestry sectors are closely tied to deforestation, peatland degradation, and peatland and peat forest fires. To curb emissions and restore peatlands that have suffered degradation, including excessive drainage causing decomposition and fires, the government established the Peatland Restoration Agency (known as *Badan Restorasi Gambut*, BRG) in early 2016. BRG has tasks to coordinate and facilitate peatland restoration activities, with a restoration target of 2.2 million hectares degraded peatlands in seven provinces: Riau, Jambi, South Sumatra, West Kalimantan, Central Kalimantan, South Kalimantan and Papua by 2020.

This Reference Level (RL) document was prepared to look at the efficacy of peatland restoration activities in reducing GHG emissions. The aim of determining the RL is to infer GHG emissions reductions from the following activities: (i) rewetting to reduce the decomposition of organic matter in peat and the reoccurrence of forest and land fires; (ii) revegetating to increase carbon sequestration; and (iii) revitalizing community livelihoods to reduce pressures to convert peat swamp forests. The scope for RL use is peatlands; it does not include activities carried out on mineral soils.



Total net emissions from land cover change, decomposition, emissions from drainage canals and peat fires for the 2006–2015 period, and Reference Level for 2016–2030 with three El Niño scenarios: without El Niño years (the broken blue line), with El Niño years (the broken red line) and all year averages (the broken yellow line).

The RL was determined by using historical data for the 2006–2015 period based on changes in vegetation cover in forests and peatlands, decomposition in deforested and degraded peatlands, canal construction, and peatland fires. Historical RL figures for these activities were: 25 MtCO<sub>2</sub>e from land cover change, 228–278 MtCO<sub>2</sub>e from decomposition, 21–24 MtCO<sub>2</sub>e from canal construction, and 110 MtCO<sub>2</sub>e from peatland fires (see Figure above).

Accordingly, average combined Reference Level aggregations for peatland restoration were 431 MtCO<sub>2</sub>e in 2015; 372 MtCO<sub>2</sub>e for non El Niño conditions, and 564 MtCO<sub>2</sub>e for El Niño conditions. With an additional 10.8 MtCO<sub>2</sub>e of GHG emissions a year from deforestation and degradation, peat decomposition, and emissions from drainage canals, projected average emissions levels from Indonesia's peatlands in 2030 are 569 MtCO<sub>2</sub>e; 510 MtCO<sub>2</sub>e without El Niño, and 588 MtCO<sub>2</sub>e with El Niño.

# Ringkasan Eksekutif

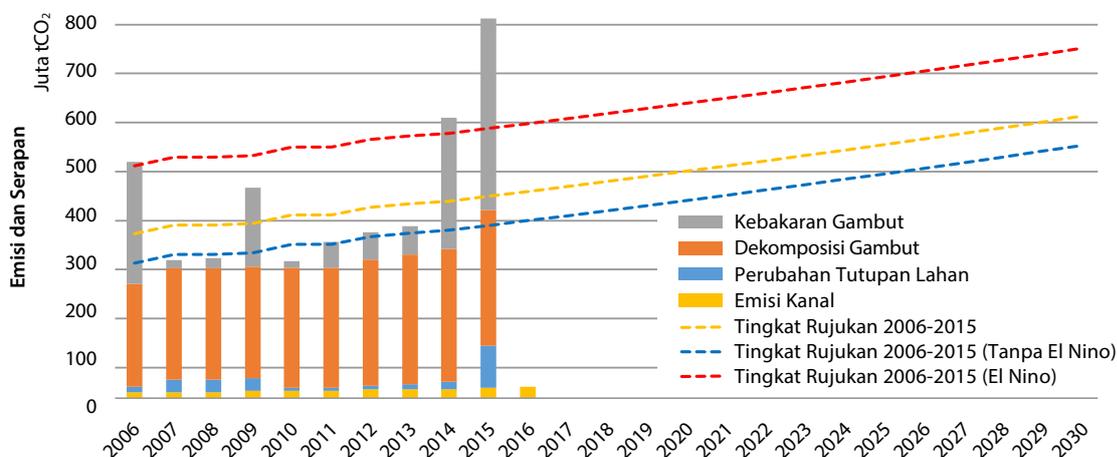
Posisi dan komitmen pemerintah Indonesia dalam pembangunan berkelanjutan sudah dikenal luas. Demikian juga dalam kaitannya dengan upaya penurunan emisi gas rumah kaca (GRK), penyebab perubahan iklim bumi. Komitmen penurunan GRK telah tertuang di dalam dokumen *Nationally Determined Contributions* (NDC) Indonesia dan tercatat pada Sekretariat Konvensi Perubahan Iklim Kerangka Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNFCCC) pada November 2016. Di dalam NDC disebutkan bahwa emisi GRK Indonesia pada tahun 2010 adalah sebesar 1.334 juta ton setara CO<sub>2</sub> dan akan meningkat menjadi 2.869 juta ton setara CO<sub>2</sub> pada tahun 2030 dalam kondisi tanpa intervensi (*business as usual*). Indonesia bertekad menurunkan emisi GRK secara mandiri hingga 29% (834 juta ton setara CO<sub>2</sub>) atau 41% (1.081 juta ton setara CO<sub>2</sub>) dengan bantuan internasional sebelum tahun 2030.

Sebagian besar aktivitas penurunan emisi GRK perlu dilakukan di sektor lahan dan kehutanan hingga sekitar 647 juta ton setara CO<sub>2</sub> dengan upaya sendiri sampai dengan 714 juta ton setara CO<sub>2</sub> dengan bantuan internasional. Untuk itu, rujukan tingkat emisi GRK sektor ini yang dikenal dengan nama FREL (*Forest Reference Emission Level*) telah ditetapkan sebesar 568 juta ton setara CO<sub>2</sub> sebagai rujukan penurunan emisi ketika

deforestasi, degradasi hutan, dan dekomposisi gambut dihindari.

Emisi dari sektor lahan dan kehutanan terkait erat dengan kegiatan deforestasi, degradasi di lahan gambut, serta kebakaran hutan dan lahan gambut. Untuk menekan emisi dan merestorasi lahan gambut yang mengalami degradasi, termasuk drainase yang berlebihan yang menyebabkan dekomposisi dan kebakaran, pemerintah telah membentuk Badan Restorasi Gambut pada awal tahun 2016. Lembaga ini diberi tugas untuk merestorasi lahan gambut seluas 2,2 juta hektar hingga tahun 2020 dari 12,9 juta hektar lahan gambut yang terdapat di tujuh provinsi, yakni Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Papua.

Dokumen Tingkat Rujukan (*Reference Level*, RL) ini disusun untuk melihat efektivitas kegiatan restorasi gambut dalam menurunkan emisi GRK. Tujuan penyusunan RL adalah untuk menduga penurunan emisi GRK dari kegiatan berikut: (i) pembasahan kembali (*rewetting*) untuk mengurangi dekomposisi bahan organik pada gambut dan berulangnya kebakaran hutan dan lahan, (ii) penanaman kembali (*revegetation*) untuk meningkatkan serapan karbon, dan (iii) merevitalisasi mata pencaharian



Total emisi neto dari perubahan tutupan lahan, dekomposisi, dan kebakaran dan gambut selama periode 2006–2015 dan prediksi Tingkat Rujukan periode 2016–2030 dengan tiga skenario El Nino, skenario dengan tahun tanpa El Nino (garis biru putus-putus), dengan tahun El Nino (garis merah putus-putus) dan rata-rata semua tahun (garis kuning putus-putus).

masyarakat yang dapat mengurangi tekanan perubahan hutan rawa gambut. Ruang lingkup penggunaan RL adalah lahan gambut dan tidak menyertakan kegiatan pada tanah mineral.

RL disusun dengan menggunakan data historis selama periode 2006–2015 berdasarkan aktivitas perubahan tutupan vegetasi pada hutan dan lahan gambut, dekomposisi lahan gambut yang telah dideforestasi dan terdegradasi, pembuatan kanal, serta kebakaran lahan gambut. Angka RL historis dari aktivitas tersebut adalah 25 juta ton setara CO<sub>2</sub> untuk perubahan tutupan lahan, 228–278 juta ton setara CO<sub>2</sub> untuk dekomposisi, 21–24 juta ton setara CO<sub>2</sub> untuk pembangunan kanal, dan 110 juta

ton setara CO<sub>2</sub> untuk kebakaran lahan gambut (lihat Gambar di atas).

Dengan demikian, agregasi Tingkat Rujukan gabungan rata-rata tahun 2015 untuk restorasi gambut adalah sebesar 431 juta ton setara CO<sub>2</sub>, 372 juta ton setara CO<sub>2</sub> untuk kondisi tanpa El Nino dan 564 juta ton setara CO<sub>2</sub> untuk kondisi El Nino. Dengan laju pertambahan emisi GRK sebesar 10,8 juta ton setara CO<sub>2</sub> per tahun dari deforestasi dan degradasi, dekomposisi gambut, dan emisi kanal, diproyeksi emisi rata-rata dari lahan gambut Indonesia pada tahun 2030 adalah sebesar 569 juta ton setara CO<sub>2</sub>, 510 juta ton setara CO<sub>2</sub> tanpa El Nino, dan 588 juta ton setara CO<sub>2</sub> dengan El Nino.

# Daftar Singkatan

AGB	<i>Above Ground Biomass</i>
BAP	Biomassa Atas Permukaan
BAU	<i>Business as Usual</i>
BBM	Bahan Bakar Minyak
BBSDLP	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
BGB	<i>Below Ground Biomass</i>
BIG	Badan Informasi Geospasial
BRG	Badan Restorasi Gambut
COP	<i>Conference of the Parties</i>
DA	<i>Demonstration Activity</i>
DOC	<i>Dissolved Organic Carbon</i>
FE	Faktor Emisi
FEG	Fungsi Ekosistem Gambut
FREL	<i>Forest Reference Emission Level</i>
FRL	<i>Forest Reference Level</i>
GRK	Gas Rumah Kaca
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
Inpres	Instruksi Presiden
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
KHG	Kesatuan Hidrologis Gambut
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
LULUCF	<i>Land Use and Land Use Change Forestry</i>
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
MoEF	<i>Ministry of Environmental and Forestry</i>
MRV	<i>Monitoring, Reporting, and Verification</i>
NDC	<i>Nationally Determined Contribution</i>
NFMS	<i>National Forest Monitoring System</i>
Perpres	<i>Peraturan Presiden</i>
PP	Peraturan Pemerintah
RAN	Rencana Aksi Nasional
REDD+	<i>Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation</i>
RL	<i>Reference Level</i>
SIS	<i>Safeguard Information System</i>
SK	Surat Keputusan
SNI	Standar Nasional Indonesia
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
UU	Undang-Undang



# BAB 1

## Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Luas lahan gambut global meliputi areal seluas lebih dari 400 juta hektar. Meskipun hanya mencakup sekitar 3% dari luas daratan bumi, lahan gambut menyimpan sekitar 30% dari karbon yang tersimpan di dalam tanah seluruh dunia (Gorham 1991; Immerzi dan Maltby 1992). Ekosistem gambut termasuk kategori lahan basah yang memberikan berbagai jasa lingkungan berupa cadangan karbon dan air yang besar, pengendali banjir, penyaring air dan penyerap bahan-bahan pencemar, serta memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi (Page et al. 2004, Dommain et al. 2011, Posa et al. 2011).

Indonesia memiliki lahan gambut seluas kurang lebih 14,9 juta hektar (Ritung dkk, 2011). Dengan luas ini, Indonesia menempati posisi keempat sebagai negara dengan lahan gambut terluas di dunia setelah Kanada (170 juta hektar), Rusia (150 juta hektar), dan Amerika Serikat (40 juta hektar) (Agus dan Subiksa, 2008).

Bahan organik telah terakumulasikan di kawasan ini sejak zaman *holocene* (12.000 tahun yang lalu), sehingga menjadi penyimpan karbon dalam tanah dalam jumlah yang sangat besar. Meskipun terdapat variasi luas antara 20,70–22,54 juta hektar dan ketebalan antara 3,4–5,5 m (Page et al. 2011;

Gumbricht et al. 2017), lahan gambut Indonesia memiliki cadangan karbon sekitar 55 miliar ton (Jaenicke et al. 2008; Page et al. 2011). Cadangan karbon ini sangat signifikan untuk mitigasi perubahan iklim.

Namun, sejak tahun 1990-an terjadi deforestasi dan konversi yang disertai drainase pada lahan gambut secara besar-besaran dan mengubah lahan gambut menjadi sumber emisi karbon, khususnya CO<sub>2</sub> – gas rumah kaca (GRK) utama penyebab pemanasan global. Selama dua dasawarsa (1990–2010), hutan rawa gambut di Asia Tenggara, termasuk di Indonesia mengalami penyusutan luas yang sangat besar. Penyusutan ini terutama terkait pengembangan lahan untuk pertanian, hutan tanaman, dan perkebunan (Miettinen et al. 2011).

Di Sumatera, khususnya Provinsi Riau, Jambi, dan Sumatera Selatan, kegiatan konversi umumnya terkait dengan pengembangan perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman industri. Di Kalimantan, khususnya Kalimantan Tengah, konversi dan drainase terjadi pada pertengahan 1990 saat pelaksanaan proyek pengembangan lahan gambut sejuta hektar yang dikenal dengan nama Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar untuk pengembangan produksi tanaman pangan dan transmigrasi. Konversi hutan rawa gambut juga

terjadi di Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, bahkan di Papua. Selain itu, sebelum tahun 1990an, penetapan fungsi hutan dan kawasan lindung dalam Tata Guna Hutan Kesepakatan (TGHK-sekarang RTRWP) didasari pada tingkat kelerengan dan kepekaan tanah terhadap erosi, sehingga tidak menempatkan lahan gambut menjadi kawasan yang perlu dilindungi.

Berulangnya kebakaran hutan dan lahan di ekosistem gambut juga berkontribusi besar pada lepasnya GRK ke atmosfer. Kejadian ini biasanya bersamaan dengan kondisi cuaca ekstrem El Nino yang muncul dalam siklus sepuluh tahunan (*inter-decadal*). Kejadian kebakaran besar di Indonesia yang terakhir adalah pada Juni–Oktober 2015. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2016), kebakaran tersebut meliputi areal seluas 2,6 juta hektar, sebagian besar terjadi di Sumatra Selatan (23%), Kalimantan Tengah (16%), Kalimantan Timur (15%), Kalimantan Selatan (11%), Papua (10%), Kalimantan Barat (7%), Riau dan Jambi (masing-masing 5%). Laporan lain menunjukkan bahwa emisi GRK selama September–Oktober 2015 diperkirakan sebesar 11,3 Tg CO<sub>2</sub>-eq per hari. Angka ini melebihi emisi harian dari pembakaran bahan bakar minyak (BBM) di 28 negara Uni Eropa, yaitu sebesar 8,9 Tg CO<sub>2</sub>-eq per hari (Huijnen et. al. 2016).

Oleh karena itu, restorasi lahan gambut yang telah rusak atau terdegradasi menjadi pilihan yang tidak dapat dihindari apabila Indonesia ingin mencapai target NDC. Kegiatan restorasi ini dapat dilakukan dengan memulihkan kondisi ekosistem dengan pembasahan kembali (*rewetting*), penanaman vegetasi asli (*revegetating*), dan revitalisasi ekonomi masyarakat dengan tujuan agar ekosistem hutan rawa gambut dapat berangsur pulih meskipun akan dibutuhkan waktu yang lama. Upaya menghindari deforestasi (*avoided deforestation*) lebih lanjut juga harus dirancang, diimplementasikan dengan baik, dan disertai proses pemantauan, pelaporan, dan verifikasi (*monitoring, reporting, and verification/ MRV*) yang transparan, mengikuti aturan yang berlaku.

Sebagai dasar pengukuran hasil kegiatan restorasi lahan gambut dan menghindari deforestasi hutan rawa gambut, dalam menurunkan emisi GRK perlu ditetapkan Tingkat Rujukan (*Reference Level/RL*). Tingkat Rujukan berfungsi untuk menunjukkan capaian Indonesia dalam komitmen kontribusi nasional atau *Nationally Determined Contributions* (NDC) yang merupakan bagian dari Perjanjian

Paris yang disepakati dalam Konferensi Para Pihak ke-21 (COP21). Meskipun pemerintah Indonesia telah menentukan *Forest Reference Emission Level* (FREL) dan menyerahkannya kepada sekretariat Konvensi, RL untuk lahan gambut perlu disusun karena posisi dan potensi lahan gambut yang sangat strategis dan kontribusi emisi lahan gambut yang cukup signifikan terhadap total emisi di sektor lahan.

Kesadaran untuk menyertakan kegiatan restorasi dan konservasi gambut ke dalam mekanisme reduksi emisi dari deforestasi dan degradasi hutan atau *reducing emissions from deforestation and forest degradation* (REDD+), juga menjadi pendorong penyusunan RL. Dengan kemauan politik dan kapasitas yang memadai, Indonesia memiliki peluang yang besar dalam mencapai target penurunan emisi (Murdiyarto et al. 2010). Mekanisme REDD+ tidak hanya memberi kesempatan untuk mengelola lahan gambut secara berkelanjutan, tetapi juga dapat dijadikan kesempatan untuk memecahkan berbagai masalah sosial dan legal di seputar lahan dan ekosistem hutan rawa gambut.

## 1.2 Maksud dan tujuan

Maksud penyusunan dokumen ini adalah untuk menentukan Tingkat Rujukan (*reference level*) yang didasarkan atas perubahan cadangan karbon, emisi, dan serapan GRK terkait aktivitas atau gangguan pada lahan dan ekosistem hutan rawa gambut yang terjadi. Sebagai gambaran yang mewakili dinamika perubahan lahan gambut di Indonesia, periode 2006–2015 dijadikan sebagai periode dasar penentuan Tingkat Rujukan.

Tujuan penentuan Tingkat Rujukan ini adalah untuk menyediakan rujukan guna menilai hasil kegiatan restorasi lahan dan ekosistem hutan rawa gambut pada periode setelah 2015 di tujuh provinsi prioritas, yaitu Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Papua, dengan luasan 12,9 juta ha.

Tingkat Rujukan ini akan digunakan untuk MRV oleh para pemangku kepentingan (*stakeholders*) yang akan melaksanakan restorasi gambut, baik Badan Restorasi Gambut (BRG), pemerintah daerah, pihak swasta, masyarakat, dan lembaga-lembaga non-pemerintah lainnya.

### 1.3 Ruang Lingkup

Pemerintah Indonesia telah menyerahkan dokumen Tingkat Emisi Rujukan Nasional untuk sektor lahan dan kehutanan (*National Forest Reference Emission Level/FREL*) kepada Sekretariat UNFCCC pada 2015 sebagai bagian dari kepatuhan terhadap Konvensi Perubahan Iklim. FREL juga digunakan sebagai rujukan terhadap kegiatan REDD+ yang meliputi emisi bruto dari deforestasi, degradasi hutan, dan dekomposisi lahan gambut, dengan belum menyertakan penyerapan GRK pada rosot melalui kegiatan konservasi hutan, pengelolaan hutan berkelanjutan, dan peningkatan cadangan karbon hutan.

Cakupan penghitungan tingkat rujukan emisi meliputi areal berhutan pada 1990 yang ditetapkan sebagai tahun dasar seluas 113,2 juta Ha, termasuk di dalamnya 11,1 juta ha hutan alam di lahan gambut. Periode historis penghitungan emisi rujukan adalah dari 1990–2012 dengan memperhitungkan kolam karbon (*carbon pool*) dari karbon biomassa atas permukaan (*above ground biomass*) ditambah dengan karbon tanah (*soil carbon*) khusus untuk lahan gambut. Metode penghitungan emisi menggunakan dokumen 2006 IPCC *Guidelines for Greenhouse Gas National Inventory* (IPCC 2006) dan 2013 *Supplement of 2006 IPCC Guidelines on Wetlands* (IPCC 2014) sebagai acuan utama penilaian implementasi kegiatan REDD+ di Indonesia.

Dalam dokumen ini Tingkat Rujukan yang dihitung meliputi lahan gambut seluas 12,9 juta ha termasuk di dalamnya lahan gambut seluas 5,9 Ha yang sudah tidak berhutan. Lebih spesifik lagi Tingkat Rujukan tersebut disusun untuk tujuh provinsi prioritas restorasi: Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Papua, dengan target restorasi seluas 2,4 juta Ha dari 2016 sampai 2020 (Gambar 1). Sebagai gambaran yang mewakili dinamika perubahan lahan gambut di Indonesia, periode 2006–2015 dijadikan sebagai periode dasar penentuan Tingkat Rujukan.

Tingkat Rujukan yang dimaksud adalah agregat emisi dari perubahan penggunaan lahan (*land use change*) atau deforestasi dan degradasi, dekomposisi gambut, dan emisi dari kebakaran gambut. Emisi kebakaran gambut tidak termasuk kebakaran bagian atas tanaman karena kebakaran gambut bersifat kebakaran bawah tanah (*underground fire*) yang emisinya sangat besar. Selain itu, emisi dari bagian atas tanaman telah dihitung dan merupakan bagian dari perubahan penggunaan lahan (deforestasi dan degradasi). Karena keterbatasan data, emisi dari kebakaran gambut menggunakan data kebakaran sejak tahun 2000. Perubahan penggunaan lahan dapat menyebabkan emisi atau rosot apabila terjadi perluasan atau perubahan lahan, misalnya, dari lahan semak belukar menjadi hutan sekunder.



Gambar 1. Target restorasi gambut 2016–2020 dalam konteks prioritas restorasi di tujuh provinsi bergambut di Indonesia

## 1.4 Dasar hukum penurunan emisi GRK

Dasar hukum penurunan emisi, khususnya dari lahan gambut, dapat dilihat dari dua perspektif, yaitu (i) perspektif global, sebagai bagian dari komitmen Indonesia terhadap konvensi internasional yang mengikat secara hukum (*legally binding*), dan (ii) perspektif nasional, sebagai pijakan hukum dan tata kelola pemerintahan dalam kaitannya dengan tugas-tugas kolektif antar lembaga pemerintah yang memiliki sumber pembiayaan nasional.

### 1.4.1 Perspektif global

Indonesia sebagai pihak yang menyepakati diberlakukannya *Paris Agreement* yang diputuskan dalam COP21, telah meratifikasi perjanjian tersebut dalam bentuk Undang-Undang No. 16/2016. Semua pihak yang meratifikasi perjanjian tersebut mempunyai kewajiban untuk menjaga kenaikan suhu bumi di bawah 2°C atau sekitar 1,5°C pada akhir abad ini. Oleh karena itu, Indonesia berkomitmen untuk mengurangi emisi GRK hingga 29% di bawah skenario tanpa intervensi (*business as usual*/BAU) pada tahun 2030, atau 41% dengan dukungan masyarakat internasional. Kontribusi Indonesia dalam penurunan emisi GRK dituangkan dalam komitmen kontribusi nasional (*Nationally Determined Contributions/NDC*) yang telah diserahkan ke sekretariat Konvensi Perubahan Iklim (UNFCCC).

Salah satu upaya penurunan emisi yang dituangkan dalam NDC adalah bahwa Indonesia akan melakukan restorasi lahan gambut hingga 2,4 juta hektar pada 2030. Upaya besar ini termasuk dalam kategori upaya penurunan emisi bersyarat (*conditional counter measures*) hingga mencapai 38% atau 9% lebih tinggi dari penurunan emisi tanpa syarat (*unconditional counter measures*).

Mekanisme penurunan emisi dari sektor LULUCF (*Land Use and Land Use Change Forestry*) untuk negara berkembang diatur melalui reduksi emisi dari deforestasi dan degradasi hutan, meningkatkan stok karbon, konservasi, dan manajemen hutan lestari (REDD+). Dasar hukum atau tata cara untuk mendukung implementasi REDD+ dalam mewujudkan integritas lingkungan, khususnya melalui restorasi lahan gambut di tingkat implementasi yang dapat mengacu pada Kerangka

Kerja Warsawa untuk REDD+ yang ditetapkan dalam COP19, yang mencakup:

1. Sistem pendanaan berbasis hasil
2. Institusi pelaksanaan mitigasi di sektor kehutanan;
3. Tata cara sistem pemantauan hutan nasional (NFMS);
4. Sistem informasi pengamanan (SIS);
5. Penentuan tingkat emisi rujukan (FREL/FRL);
6. Tata cara sistem pengukuran, pelaporan, dan verifikasi (MRV);
7. Tata cara penanganan penyebab deforestasi;

Butir 1 memberikan panduan dalam pemanfaatan bantuan berbasis kinerja dari semua sumber publik, swasta, bilateral, dan multilateral, termasuk sumber alternatif. Butir 2 mengatur pembentukan atau penentuan entitas nasional yang mengoordinasikan tindakan mitigasi di sektor kehutanan, termasuk dalam restorasi lahan gambut. Butir 3 memandu negara berkembang agar sistem pemantauan nasional lahan gambut menggunakan pedoman IPCC terbaru, melalui pengembangan data dan informasi yang transparan, konsisten dari waktu ke waktu, selaras dengan MRV, dan berdasarkan pada sistem yang fleksibel dan memungkinkan perbaikan. Butir 4 mengatur penyampaian informasi pengamanan secara berkala melalui situs REDD+.

Butir 5 sangat relevan dengan dokumen ini, khususnya dalam menentukan FREL/FRL restorasi gambut yang merupakan bagian dari FREL/FRL nasional yang mengadopsi pendekatan, data, dan metode pada FREL/FRL nasional yang telah disusun oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Butir 6 mengatur penyampaian informasi yang harus diberikan melalui lampiran teknis untuk laporan pembaruan dua tahunan, yang menunjukkan bahwa penyampaian lampiran teknis bersifat sukarela dan dalam konteks pembayaran berbasis hasil. Butir 7 harus dilaksanakan oleh semua pihak, termasuk peran dari sektor swasta dan masyarakat lokal.

### 1.4.2 Perspektif nasional

Pemerintah Indonesia telah menerbitkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 57/2016 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah No. 71/2014 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut. Perubahan ini didorong oleh terjadinya kebakaran hutan dan lahan (gambut) pada areal yang sangat

luas sampai dengan tahun 2015. Kebakaran hutan dan lahan ini antara lain disebabkan oleh kesalahan dalam pengelolaan lahan gambut dalam beberapa jenis kegiatan usaha. Kebakaran lahan gambut yang besar dan terindikasi sangat sulit dipadamkan terutama terjadi di Provinsi Sumatera Selatan dan Kalimantan Tengah, serta sebagian di Provinsi Riau, Jambi, dan Kalimantan Selatan (Tvinnereim et.al. 2017).

Perubahan PP tersebut telah menampung berbagai masukan dari berbagai pihak terkait, meliputi 1) Kewenangan, 2) Substansi kebijakan, dan 3) Penyesuaian sanksi administrasi dengan substansi kebijakan. Pada dasarnya pengelolaan gambut harus lebih hati-hati dan perlu penataan fungsi lahan gambut agar bencana kebakaran tidak terulang. PP ini juga mengatur koordinasi antar kementerian dan lembaga, baik di pusat maupun di daerah dalam pengelolaan gambut, termasuk perlindungannya sehingga lebih komprehensif.

Kebijakan pemanfaatan lahan gambut lebih disempurnakan dengan mempertimbangkan fungsi ekosistem lebih terperinci disertai upaya pencegahan kerusakan dan kebakaran. Regulasi teknis dan koordinasi untuk kegiatan perlindungan dan restorasi juga dikuatkan dengan data dan informasi yang mendekati *real time* serta larangan-larangan kegiatan yang kontraproduktif dengan upaya tersebut, termasuk peninjauan kembali perizinan dan sanksi pelanggaran. Restorasi gambut diatur dengan berbagai pendekatan, termasuk pelaksanaannya yang melibatkan semua pihak dari pusat hingga daerah; provinsi dan kabupaten.

Secara kelembagaan, pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden No. 1/2016 tentang Badan Restorasi Gambut (BRG). Badan yang dibentuk pada 6 Januari 2016 ini adalah lembaga nonstruktural yang berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Presiden Republik Indonesia. Pembentukan BRG merupakan bukti keseriusan pemerintah Indonesia dalam memulihkan ekosistem rawa gambut yang rusak, yang tidak lepas dari kebakaran hutan dan lahan yang terjadi hampir selama 18 tahun terakhir dan mencapai puncaknya pada tahun 2015.

Pemerintah menugaskan BRG untuk mengoordinasikan dan memfasilitasi restorasi gambut di Provinsi Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Papua (Perpres 1/2016, pasal 2). Dalam melaksanakan fungsi koordinasi

dan penguatan kebijakan pelaksanaan restorasi gambut, BRG didukung oleh tim pengarah teknis yang terdiri dari berbagai instansi daerah dan pusat, termasuk Ditjen PKTL, Ditjen PPKL, dan Ditjen PHPL Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Perpres 1/2016, pasal 13). BRG telah melakukan perencanaan, pengendalian, dan kerja sama penyelenggaraan restorasi gambut, pemetaan kesatuan hidrologis gambut, penetapan zonasi fungsi lindung dan fungsi budidaya, membangun konstruksi infrastruktur pembasahan kembali (*rewetting*) gambut, melaksanakan penataan ulang pengelolaan areal gambut terbakar, sosialisasi dan edukasi restorasi gambut, supervisi konstruksi, operasi dan pemeliharaan infrastruktur di lahan konsesi, dan fungsi lain yang diberikan presiden.

Dalam menyelenggarakan tugas dan fungsinya, BRG telah menyusun perencanaan dan pelaksanaan restorasi ekosistem rawa gambut seluas kurang lebih 2,4 juta hektar untuk jangka waktu 5 (lima) tahun. Target capaian BRG dalam merestorasi gambut yang harus diselesaikan setiap tahunnya, berturut-turut yaitu 30% (pada 2016), 30% (2017), 20% (2018), 20% (2019), dan 10% terakhir pada 2020.

BRG dipimpin oleh seorang kepala dibantu oleh seorang sekretaris dan empat deputy. Salah satu dari empat deputy tersebut membawahi Bidang Penelitian dan Pengembangan. Salah satu fungsi dari bidang ini adalah mengembangkan kawasan hutan bernilai konservasi tinggi pada gambut untuk mendukung pengendalian perubahan iklim.

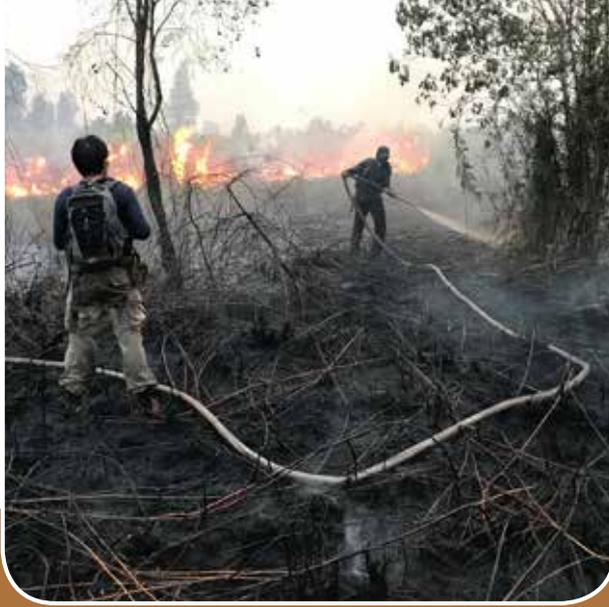
Dalam menjalankan fungsi koordinasi dan fasilitasi kegiatan restorasi di tingkat tapak, BRG dibantu oleh Koordinator Tim Restorasi Gambut Daerah Provinsi yang dibentuk dan dipimpin oleh gubernur. Tim ini bertugas melaksanakan koordinasi dan fasilitasi kegiatan restorasi yang dilaksanakan oleh SKPD terkait di tingkat kabupaten beserta pemangku kepentingan lainnya, misalnya swasta, masyarakat, LSM, perguruan tinggi, dan lain-lain.

Lahan gambut di tujuh provinsi target dikoordinasikan dan difasilitasi upaya restorasinya oleh BRG kurang lebih seluas 12,9 juta hektar. Areal ini terdiri atas 3,2 juta hektar berada di lahan konsesi, 7,4 juta hektar berupa kawasan hutan, dan 2,3 juta hektar berada di areal penggunaan lain. Sementara itu, emisi dari lahan gambut adalah 41,4% dari total emisi global, yang merupakan emisi terbesar dibandingkan dengan sektor lainnya.

Sebagai rujukan geografis kegiatan restorasi lahan gambut, telah diterbitkan Keputusan Kepala Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia Nomor SK.05/BRG/KPTS/2016 tentang Penetapan Peta Indikatif Restorasi Gambut.

Berbagai produk hukum yang terkait dengan kawasan gambut yang perlu dijadikan acuan dalam upaya penurunan emisi GRK melalui restorasi lahan gambut, antara lain:

1. Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK).
2. Peraturan Pemerintah No. 57 Tahun 2016 jo No. 71 Tahun 2014 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut.
3. Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.
4. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/2/2017 tentang Tata Cara Inventarisasi dan Penetapan Fungsi Ekosistem Gambut
5. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/2/2017 tentang Tata Cara Pengukuran Muka Air Tanah di Titik Penataan Ekosistem Gambut.
6. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/2/2017 tentang Pedoman Teknis Pemulihan Fungsi Ekosistem Gambut.
7. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.
8. Peraturan Kepala BRG No. P5/KB BRG-SB/11/2016, Rencana dan Strategi Badan Restorasi Gambut yang memuat target restorasi seluas 2,4 juta.
9. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: SK.129/MENLHK/SETJEN/PKL.0/2/2017 tentang Penetapan Peta Kesatuan Hidrologis Gambut Nasional
10. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: SK.130/MENLHK/SETJEN/PKL.0/2/2017 tentang Penetapan Peta Fungsi Ekosistem Gambut Nasional.



# BAB 2

## Definisi dan Istilah

Beberapa definisi dan istilah dalam dokumen ini dikaitkan dengan pengertian ilmiah dan secara teknis dapat diterima berbagai pihak yang lebih luas.

### 2.1 Gambut dan ekosistem rawa gambut

Gambut adalah akumulasi bahan organik yang tidak sepenuhnya mengalami dekomposisi karena terendam air. Kondisi anaerobik ini menyebabkan laju dekomposisi yang rendah dibandingkan dengan laju akumulasi bahan organik. Karena cakupannya luas, kawasan ini membentuk ekosistem yang khas, yaitu lahan dan hutan rawa gambut (Andriessse 1988).

Peraturan Pemerintah No. 71 Tahun 2014 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut mengadopsi istilah gambut sebagai “material organik yang terbentuk secara alami dari sisa-sisa tumbuhan yang terdekomposisi tidak sempurna dengan ketebalan 50 (lima puluh) sentimeter atau lebih dan terakumulasi pada rawa” (Pasal 1 ayat 2 PP No. 71/2014 *juncto* PP 57/2016).

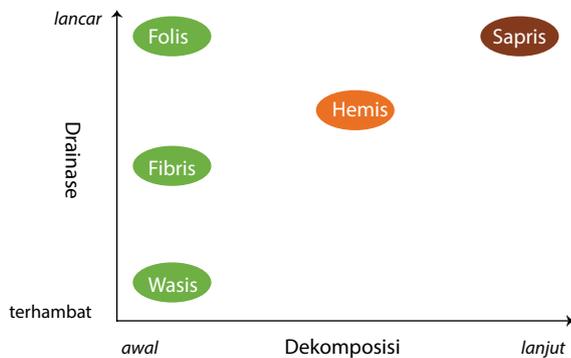
Ekosistem rawa gambut diartikan sebagai “tatanan unsur gambut yang merupakan satu kesatuan

utuh menyeluruh yang saling memengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitasnya”. Adanya perubahan peruntukan dari hutan rawa gambut menjadi peruntukan lain berpengaruh terhadap keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas ekosistem gambut, terutama dalam hal proses pembentukan gambut.

### 2.2 Tanah gambut

Secara teknis tanah gambut (*peat soil*) diklasifikasikan dalam ordo *Histosols*, yang dapat dibagi menjadi lima sub-orde, yaitu *wasis*, *folis*, *fibris*, *hemis*, dan *sapris* (Soil Survey Staff, 2014). Tanah gambut dicirikan dengan dominasi kandungan bahan organik yang ketebalannya lebih besar dari 50 cm. Tanah dengan ketebalan bahan organik kurang dari 50 cm dikategorikan sebagai lahan bergambut (*peaty soil*). Selain itu, ciri khas tanah gambut adalah kondisi tergenang atau jenuh air. Ilustrasi antara kondisi tergenang dan tipe serta tingkat pelapukan (dekomposisi) bahan organik pada tanah gambut dapat dikelompokkan seperti dalam Gambar 2.

Gambar 2 menjelaskan bahwa tingkat dekomposisi gambut yang dipengaruhi oleh faktor kandungan air. Pada kawasan yang selalu jenuh air akibat



**Gambar 2.** Sub-ordo *histosol* berdasarkan tingkat drainase dan dekomposisi yang dialami oleh akumulasi bahan organik (Soil Survey Staff, 2014)

terhambatnya drainase, wujud tingkat dekomposisi awal adalah *wasis* dan *fibris*. Pada kawasan yang kurang jenuh air karena lancarnya drainase, tingkat dekomposisinya berwujud *folis*. Lambatnya laju juga dipengaruhi oleh adanya lapisan lilin dan kutin pada bahan organik walaupun dalam kondisi kaya oksigen dibandingkan dengan kawasan yang terhambat drainasenya. *Hemis* dicirikan oleh gambut yang memiliki tingkat dekomposisi dan drainase sedang. Gambut yang memiliki tingkat dekomposisi lanjut dan drainase yang lancar memiliki wujud *sapris*.

Laju dekomposisi juga dipengaruhi oleh adanya lapisan lilin dan kutin pada bahan organik, dan ikatan senyawa organik. Ketersediaan oksigen mempercepat laju dekomposisi. Dengan demikian, tinggi muka air pada lahan gambut mempengaruhi volume oksigen yang tersedia. Lahan-lahan gambut yang didrainase untuk menurunkan permukaan air tanah berdampak pada percepatan laju dekomposisi bahan organik, dan pengurangan ketebalan gambut atau penurunan permukaan lahan, yaitu subsiden.

### 2.3 Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG)

Istilah kesatuan hidrologis gambut (KHG) merupakan pendekatan baru dalam pengelolaan lahan gambut di Indonesia. KHG didefinisikan sebagai “ekosistem gambut yang letaknya antara dua sungai, di antara sungai dan laut, dan/atau pada rawa” (Pasal 1, ayat 4 PP No. 71/2014). KHG menggunakan pendekatan ekosistem, yang mencakup komponen abiotik berupa air dan tanah, dan komponen biotik berupa flora dan fauna.

Tanah yang terdapat dalam KHG tidak hanya tanah gambut (*histosols*), tetapi juga tanah-tanah mineral lain yang berbatasan dengan tanah *histosols* dan badan air. KHG mencakup bentang alam, yang mendukung proses pembentukan gambut. Akibatnya luas KHG tidak hanya terdiri atas luas gambut, tetapi juga luas tanah-tanah mineral yang berbatasan dengan gambut dan badan-badan air. Hal ini sesuai dengan amanat PP No. 57 Tahun 2016 *juncto* No. 71 Tahun 2014, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menerbitkan SK MenLHK 129/2017 tentang Penetapan Peta Kesatuan Hidrologis Gambut Nasional dan SK MenLHK 130/2017 tentang Penetapan Peta Fungsi Ekosistem Gambut Nasional.

### 2.4 Luas dan Penyebaran Gambut di Indonesia

Lahan gambut di Indonesia mencapai 14,9 juta hektar (Ritung et al 2011), dan menurut Agus dan Subiksa (2008) menempati posisi keempat dari negara-negara dengan lahan gambut terluas di dunia setelah Kanada (170 juta hektar), Rusia (150 juta hektar), dan Amerika Serikat (40 juta hektar). Sementara Asia Tenggara merupakan kawasan dengan lahan gambut tropis terluas di dunia (56% dari total lahan gambut tropis). Indonesia sendiri menyumbang 47% dari luas lahan gambut tropis dunia, dan menjadi negara pemilik gambut terbesar di kawasan Asia Tenggara (Page et al 2011).

Perkiraan luas gambut di Indonesia bervariasi, antara 15 sampai 27 juta hektar (Lihat Tabel 1). Dalam dokumen ini, peta lahan gambut yang menjadi rujukan adalah peta lahan gambut Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP) yang disusun oleh Ritung et al (2011).

Perubahan peruntukan hutan rawa gambut menjadi peruntukan lain terjadi sejak tahun 1970-an, dan bertujuan untuk mewujudkan pembangunan ekonomi, seperti proyek transmigrasi, pertanian, perkebunan, dan hutan tanaman. Gambar 2.2 menampilkan perkiraan luas penggunaan lahan gambut di pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Hutan primer seluas 2,5 juta hektar terdapat di Papua, sedangkan hutan primer di Sumatera dan Kalimantan tersisa 256 ribu dan 55 ribu hektar. Hutan sekunder yang terdapat di Kalimantan dan Sumatera seluas 2,2 juta hektar, dan 1,4 juta hektar. Luas hutan sekunder di Papua sekitar 530 ribu

hektar. Luas total hutan primer dan sekunder yang terdapat di Sumatera, Kalimantan, dan Papua sekitar 7 juta hektar. Hutan tanaman banyak terdapat di Sumatera ( $\pm$  742 ribu Ha), kemudian di Papua (453 Ha), dan Kalimantan (148 Ha). Total luas hutan alam plus hutan tanaman di Sumatera, Kalimantan, dan Papua adalah 7,6 juta hektar.

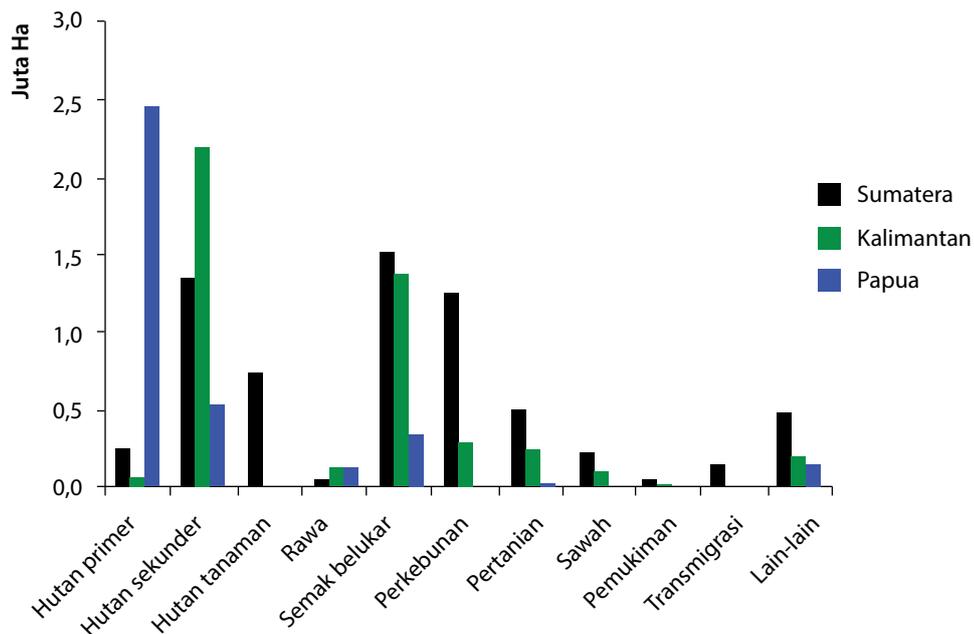
Lahan semak belukar banyak terdapat di Kalimantan dan Sumatera. Kondisi ini kemungkinan berhubungan dengan banyak kejadian kebakaran gambut di kedua pulau ini. Perkebunan yang terluas terdapat di Pulau Sumatera (1,3 juta Ha), kemudian di Kalimantan (298 ribu

Ha), dan Papua (1.723 Ha). Demikian juga lahan gambut yang digunakan untuk pertanian dan sawah lebih luas di Sumatera, sekitar 714 ribu Ha, dan di Kalimantan dan Papua berturut-turut 384 ribu Ha dan 25 ribu Ha.

Perubahan peruntukan lahan dari hutan rawa gambut menjadi peruntukan lain menyebabkan terjadinya emisi karbon, baik akibat dari deforestasi, dekomposisi gambut, dan kebakaran gambut. Penutupan kanal, manajemen air, revegetasi, dan pencegahan kebakaran gambut sebaliknya akan berdampak pada penyerapan karbon jika dihitung pada skala bentang alam (lanskap).

**Tabel 1. Perkiraan Luas dan Penyebaran Lahan Gambut di Indonesia menurut beberapa sumber**

Penyebaran gambut (dalam juta hektar)					Sumber
Sumatera	Kalimantan	Papua	Lainnya	Total	
-	-	-	-	16,35	Polak (1952)
8,9	6,5	10,9	0,78	27,06	Pusat Penelitian Tanah (1981)
8,2	4,6	4,6	0,4	20,10	Departemen Transmigrasi (1988)
6,4	5,3	3,1	-	14,89	Subagjo et al. (1990)
4,8	5,6	4,9	0,14	15,40	Nugroho et al. (1992)
7,16	8,4	8,4	0,1	20,00	Dwiyono dan Rahman (1996)
8,25	6,8	4,62	0,4	20,01	Radjaguguk dan Rieley (1997)
6,59	4,44	3,32	0,15	14,50	Subagjo et al. (2000)
7,20	5,77	7,97	-	20,94	Wetlands International – Indonesia Programme (2003 dan 2006)
6,44	4,78	3,69	-	14,91	Ritung et al (2011)



**Gambar 3. Luas penggunaan lahan gambut di Sumatera, Kalimantan dan Papua (Sumber: Wahyunto, et al. 2016)**

## 2.5 Restorasi Gambut

Sejalan dengan pembentukan Badan Restorasi Gambut pada tahun 2016, pemerintah merencanakan tercapainya restorasi gambut terdegradasi seluas 2,4 juta hektar pada tahun 2020 di tujuh provinsi prioritas, yaitu Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Papua. Lahan gambut yang terdegradasi dicirikan dengan drainase yang berlebihan dan terpaparnya lapisan tanah sulfat masam atau lapisan pasir kuarsa.

Menurut PP No. 71/2014 *juncto* PP No. 57/2016, fungsi lahan gambut dibagi dua yaitu, fungsi budi daya dan fungsi lindung. Lahan gambut berfungsi lindung dicirikan dengan tidak ada drainase dan tidak ada budi daya tanaman introduksi atau spesies lain yang tidak asli. Pada lahan gambut dengan fungsi lindung, upaya yang dilakukan adalah mempertahankan dan mengembalikan fungsi gambut sebagai penyimpan air, sumber plasma nutfah, dan penyimpan karbon. Sementara, pada lahan gambut dengan fungsi budi daya, upaya yang dilakukan adalah memelihara produktivitas lahan gambut, dan mereduksi jumlah emisi karbon akibat dari drainase yang berlebihan.

Restorasi lahan gambut dilaksanakan melalui tiga pendekatan, yaitu pembasahan kembali (*rewetting*), penanaman kembali (*revegetation*), dan revitalisasi mata pencaharian (*revitalization*) (Badan Restorasi Gambut 2017). Pendekatan ini dikenal sebagai pendekatan restorasi 3R. Pembasahan

kembali dilaksanakan pada kawasan gambut dengan fungsi lindung maupun budidaya. Pada kawasan gambut berfungsi lindung, pembasahan dilaksanakan dengan menimbun (*back filling*) saluran drainase. Sementara, pada kawasan gambut berfungsi budi daya, pembasahan dilaksanakan dengan penyekatan (*blocking*) saluran drainase, dan pemasangan bangunan-bangunan air untuk memelihara muka air tanah tidak lebih dalam dari 40 cm, diukur dari permukaan tanah.

Zonasi elevasi permukaan air dan pengelolaan air serta pemantauan subsidiensi menjadi bagian penting untuk pengelolaan pada kawasan budi daya. Pada kawasan budi daya diharuskan ada titik-titik penataan untuk memantau ketinggian muka air tanah. Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.15/2017, pasal 2 ayat 4, jumlah titik penataan tersebut paling sedikit 15% dari jumlah petak tanaman.

Pendekatan revegetasi menggunakan jenis-jenis yang ditanam bukan spesies eksotik atau introduksi, tetapi jenis-jenis tanaman asli yang terdapat pada hutan rawa gambut. Beberapa contoh jenis asli yang terdapat pada hutan rawa gambut, antara lain jelutong, ramin, nyatoh, dan meranti rawa. Revegetasi merupakan upaya penghutanan kembali kawasan gambut yang dinyatakan sebagai fungsi lindung, dan tidak hanya yang berada dalam kawasan hutan, tetapi juga yang berada dalam kawasan areal penggunaan lain. Revegetasi akan meningkatkan cadangan karbon dan memperkaya keanekaragaman hayati.

**Tabel 2. Sebaran luas gambut berdasarkan kelas prioritas restorasi di tujuh provinsi**

Provinsi	Luas setiap kelas prioritas restorasi (ha)				Luas (hektar)
	Kelas 1 Pasca-kebakaran 2015	Kelas 2 Kubah gambut berkanal (zona lindung)	Kelas 3 Kubah Gambut tidak berkanal (zona lindung)	Kelas 4 Gambut berkanal (zona budi daya)	
Riau	104.299	1.397.042	942.378	1.417.682	3.861.401
Jambi	64.722	243.319	208.134	101.386	617.562
Sumatera Selatan	288.821	548.757	142.600	226.018	1.206.195
Kalimantan Barat	31.811	257.176	888.122	502.840	1.679.950
Kalimantan Tengah	335.194	291.142	1.409.969	774.773	2.811.078
Kalimantan Selatan	12.739	45.593	32.775	12.449	103.556
Papua	38.115	8.042	2.550.513	56.077	2.652.747
<b>Total</b>					<b>12.932.489</b>

Sumber: Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250 000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.

Penanaman kembali hutan rawa gambut yang direncanakan hingga tahun 2020 adalah sekitar 2,4 juta hektar, termasuk yang berada di areal konsesi. Kegiatan ini dapat menyediakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat setempat. Selain penanaman kembali dengan jenis-jenis pohon hutan rawa gambut, revegetasi dapat diperkaya dengan budi daya spesies bukan kayu, seperti jenis-jenis rotan, jamur, tanaman hias, serta ikan.

Pengembangan hasil hutan bukan kayu dapat menjadi solusi bagi pengembangan mata pencaharian alternatif atau revitalisasi kegiatan ekonomi masyarakat setempat yang hidup di sekitar dan di dalam hutan rawa gambut. Revitalisasi mata pencaharian masyarakat menjadi kunci penting bagi terwujudnya restorasi gambut. Pengembangan sumber-sumber mata pencaharian dan disertai kepastian kepemilikan lahan (tenurial) akan

mendukung upaya pembasahan dan penanaman pada lahan gambut yang terdegradasi. Manfaat ekonomi harus dirasakan langsung oleh masyarakat lokal yang akan menjadi pemelihara hutan rawa gambut.

Jika restorasi gambut berhasil, manfaat ekologis dari restorasi gambut, seperti pengurangan emisi karbon dan peningkatan stok karbon dapat dinilai sebagai bagian komitmen pemerintah Indonesia untuk mencapai target pengurangan emisi serta berkontribusi terhadap upaya mitigasi perubahan iklim global. Lebih dari itu, manfaat-manfaat ekonomi dan lingkungan dari keberhasilan program 3R restorasi gambut tersebut diharapkan menjadi contoh pengelolaan lahan gambut lestari bagi dunia internasional. Kelas prioritas penanganan restorasi di setiap provinsi dapat dilihat di Tabel 2.



# BAB 3

## Metodologi

### 3.1 Pendekatan Penghitungan Tingkat Rujukan

Pendekatan yang dilakukan untuk menentukan Tingkat Rujukan disesuaikan dengan *The 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (IPCC 2014)*. Penentuan metode penghitungan emisi GRK didasarkan pada pendekatan tipe penggunaan lahan dengan kategori berikut:

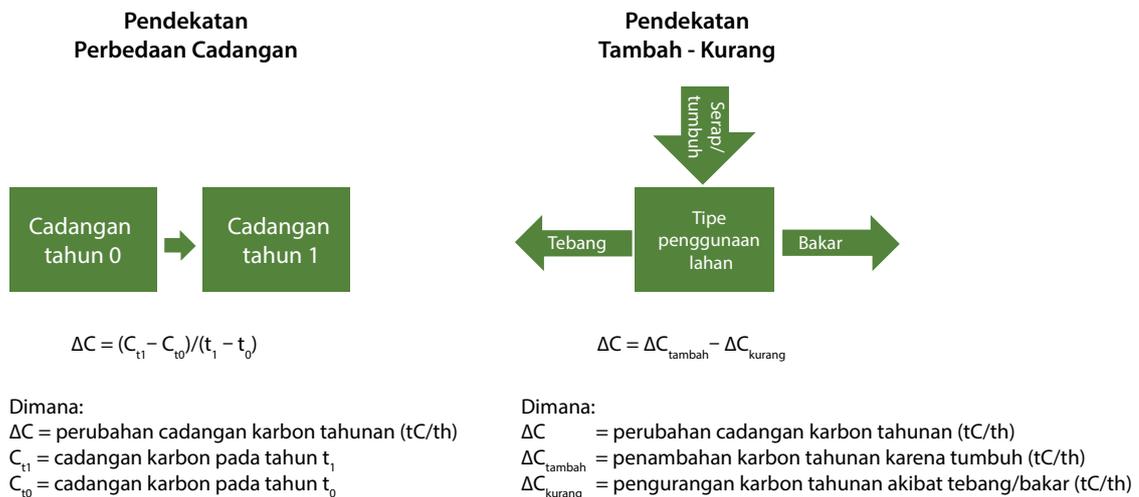
- a. Hutan rawa gambut yang dipertahankan sebagai hutan rawa gambut (*peat swamp forest remaining peat swamp forest*).
- b. Hutan rawa gambut yang mengalami konversi untuk keperluan lain atau akibat kebakaran dan melibatkan deforestasi dan drainase (*deforested, drained, and converted peat swamp forest*).

Dua kategori hutan rawa gambut tersebut dapat mengalami berbagai gangguan (*disturbances*) akibat penebangan, perambahan, dan terbakar atau dibakar. Cadangan karbon akan berubah, demikian juga emisi GRK dalam setiap kondisi tutupan lahan. Dalam beberapa episode kebakaran lahan dan hutan di Indonesia yang sangat memengaruhi hutan rawa gambut hingga mencapai skala katastrofik, emisi yang dilepaskan sangat besar.

Penghitungan cadangan karbon pada suatu petak, ekosistem, atau hingga kawasan gambut dengan tipe penggunaan lahan tertentu, dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu pendekatan perbedaan cadangan (*stock difference approach*) dan pendekatan tambah-kurang (*gain-loss approach*), sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4 di bawah ini.

Pendekatan “perbedaan cadangan” digunakan ketika alih-guna lahan terjadi, baik pada saat deforestasi maupun penanaman-ulang (*revegetation*). Pengukuran dan pengamatan menggunakan pendekatan pertama tidak hanya dapat dilakukan pada kawasan atau petak yang sama dalam waktu yang lama, tetapi juga dapat dilakukan pada dua petak berbeda. Pendekatan ini akan menggambarkan arah perubahan penggunaan lahan dari waktu ke waktu sehingga lebih menyingkat waktu pengukuran (*space for time compensation*).

Pendekatan “tambah-kurang” dilakukan pada saat ekosistem gambut mengalami dekomposisi, pembasahan-ulang (*rewetting*), kebakaran, dan pertumbuhan (respirasi), termasuk respirasi ototrofik dan heterotrofik.



Gambar 4. Dua cara pendekatan untuk menduga cadangan karbon (Eggleston et al. 2006)

Penyusunan RL dan emisi dari lahan gambut, mengacu pada *Decision 12/CP.17 (FCCC/CP/2011/9/Add.2)* tentang *Guidance on system for providing information on how safeguards are addressed and respected and modalities relating to forest reference emission levels and forest reference levels as referred to in decision 1/CP.16 dan Decision 13/CP.19 TA Guidelines and procedures for the technical assessment of submissions from parties on proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels (FCCC/CP/2013/10/Add.1)*. Dokumen FREL Nasional (MoEF 2016) dirujuk dalam metodologi penghitungan dokumen ini. Emisi GRK yang dihitung adalah emisi gas CO<sub>2</sub> karena kontribusinya yang besar (99%). Kontribusi GRK lain seperti metana (CH<sub>4</sub>), dikonversi menjadi gas CO<sub>2</sub>e menurut *Global Warming Potential (GWP)* atau Potensi Pemanasan Global (IPCC 2014).

Dalam ekosistem daratan dikenal lima sumber karbon (*carbon pool*) yang berfungsi untuk menyimpan atau melepaskan karbon ke atmosfer yaitu, biomassa atas permukaan (*above ground biomass/AGB*), biomassa bawah permukaan (*below ground biomass/BGB*), kayu mati (*dead wood*), serasah (*litter*), dan karbon tanah (*soil organic matter*) (Eggleston et al. 2006).

Dokumen RL gambut ini menggunakan dua sumber karbon yaitu AGB dan karbon tanah karena merupakan sumber karbon yang paling dominan dalam penghitungan emisi berbasis perubahan tutupan permukaan di lahan gambut. Khusus lahan gambut, emisi dari karbon tanah yang dihitung dalam dokumen RL ini berasal dari

emisi GRK setara CO<sub>2</sub> akibat perubahan tutupan hutan dan lahan, dekomposisi lahan gambut, kanal di lahan gambut, serta kebakaran dan pembakaran lahan gambut.

Pemilihan sumber karbon dan jenis kegiatan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) SNI7724:2011 tentang Pengukuran dan Penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penafsiran cadangan karbon hutan (*Ground based Forest Carbon Accounting*), dan SNI7848:2013 tentang penyelenggaraan *demonstration activity* (DA) REDD+.

### 3.2 Periode Rujukan

Kerusakan gambut di Indonesia telah berlangsung lama dan mencapai puncaknya sekitar tahun 1995 yang diikuti dengan kebakaran besar, termasuk pula kebakaran di lahan gambut pada 1997. Perhatian lebih besar pemerintah ditandai terbitnya Instruksi Presiden Republik Indonesia No. 10 Tahun 2011 tentang Penundaan Pemberian Izin Baru dan Penyempurnaan Tata Kelola Hutan Alam Primer dan Lahan Gambut. Kemudian, upaya penanganan kerusakannya ditindaklanjuti oleh Presiden Joko Widodo dengan membentuk Badan Restorasi Gambut melalui Perpres No. 1/2016 tentang Badan Restorasi Gambut (BRG).

Periode rujukan yang digunakan dalam menentukan Tingkat Rujukan untuk menilai penurunan emisi dari kegiatan restorasi gambut adalah 10 tahun dari 2006 hingga 2015. Jangka waktu 10 tahun ini dianggap dapat memberikan

gambaran dinamika perubahan tutupan lahan gambut, termasuk kemungkinan terjadinya kondisi ekstrem yang terkait dengan kebakaran lahan dan hutan. Kondisi ekstrem seperti ini umumnya terjadi dalam satu dekade (*inter-decadal extrem event*). Selain itu, selama periode rujukan tersebut juga tersedia rangkaian data dengan kualitas yang main baik dan *uncertainty* kecil.

### 3.3 Data yang digunakan

Ada dua macam data yang digunakan dalam menentukan Tingkat Rujukan perubahan emisi dari kegiatan restorasi gambut, yaitu data aktivitas dan faktor emisi. Kedua data tersebut didefinisikan sebagai berikut:

1. Data aktivitas (DA): kegiatan penambahan atau pengurangan emisi berdasarkan sumber emisi yang dinyatakan dalam satuan luas.
2. Faktor emisi (FE): nilai yang ditentukan untuk setiap jenis gas rumah kaca (GRK) berdasarkan sumber emisi yang dinyatakan dalam satuan massa per satuan luas.

Kedua data ini merupakan data rata-rata jangka panjang atau rata-rata berbagai macam kegiatan penggunaan lahan gambut. Pendugaan emisi akan memiliki ketelitian yang baik apabila kategori DA dan EF semakin terperinci (*disaggregated*).

#### 3.3.1 Data aktivitas

Aktivitas yang terkait dengan emisi dari lahan gambut adalah kegiatan penggunaan lahan yang secara langsung dapat menimbulkan emisi. Kegiatan ini meliputi konversi hutan rawa gambut, degradasi hutan rawa gambut, penanaman kembali, dan kebakaran lahan gambut yang dikuantifikasikan dalam satuan luas. Aktivitas tersebut meliputi:

1. *Perubahan tutupan hutan dan lahan*. Meliputi aktivitas deforestasi, degradasi hutan, dan lahan serta pertumbuhan (riap) vegetasi yang menyebabkan perubahan cadangan karbon permukaan. Data yang digunakan untuk menentukan data aktivitas perubahan tutupan lahan adalah data tutupan lahan yang dikeluarkan oleh KLHK.
2. *Dekomposisi lahan gambut*. Lahan gambut yang terdegradasi (terdrainase) akan terdekomposisi dan mengemis GRK lebih tinggi daripada hutan gambut yang masih alami. Emisi dari semua lahan gambut non-hutan dan hutan

gambut terdegradasi dihitung dalam penentuan tingkat rujukan, sedangkan emisi dari hutan gambut primer tidak dihitung. Data yang digunakan untuk menentukan data aktivitas adalah peta tutupan lahan yang dikeluarkan KLHK dan peta sebaran gambut.

3. *Kanal di lahan gambut*. Selain emisi akibat dekomposisi gambut, emisi dari kanal juga dihitung, khususnya emisi metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon organik yang terlarut di dalam air (*Dissolved Organic Carbon*, DOC). Data yang digunakan adalah data sebaran tipe kanal yang diinterpretasi dari citra satelit. Kanal yang teridentifikasi dikategorikan berdasarkan lebar tertentu sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian No. 14 Tahun 2009 sehingga dapat digunakan untuk menghitung luas kanal.
4. *Kebakaran dan pembakaran lahan gambut*. Semua kejadian kebakaran adalah kegiatan manusia yang disengaja dan sering tidak dapat dikendalikan hingga meluas. Sebaran titik api (*hotspots*) atau areal bekas terbakar (*fire scar*) dapat dijadikan sebagai estimasi luas areal yang terbakar atau data aktivitas meskipun kejadian kebakaran dapat berulang di tempat yang sama. Hanya emisi dari kebakaran tanah gambut yang dihitung dalam emisi dari aktivitas ini. Emisi yang disebabkan akibat kebakaran vegetasi tidak termasuk dalam penghitungan ini karena sudah tercakup di dalam penghitungan emisi dari perubahan tutupan lahan.

Data aktivitas di lahan gambut tersebut diturunkan dari berbagai sumber di bawah ini dengan mempertimbangan relevansinya untuk RL:

1. Data penutupan lahan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2006, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, dan 2015.
2. Data Kawasan Hidrologi Gambut (KHG) menurut SK.129/MENLHK/SETJEN/PKL.0/2/2017 dan Fungsi Ekosistem Gambut (FEG) SK.130/MENLHK/SETJEN/PKL.0/2/2017.
3. Data sebaran lahan gambut dari Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) (Ritung, 2011). Berdasarkan data ini luas lahan gambut di Indonesia seluas 14.9 juta ha.
4. Data areal bekas terbakar yang diperoleh dari data *hotspot* MODIS Aqua Terra tahun 2006–2015 menggunakan metode MRI (MRI, 2013). Data tersebut divalidasi dengan data kebakaran hutan KLHK 2015–2016 yang diinterpretasi dari Landsat.

5. Data Peta Indikatif Restorasi Gambut, Data Sebaran Kanal menurut Surat Keputusan Kepala Badan Restorasi Gambut No. SK. 05/BRG/KPTS/2016.
6. Data peta sebaran tipe kanal yang diinterpretasi dari citra satelit resolusi menengah dan tinggi yang dilakukan oleh Tim Universitas Gajah Mada (UGM, 2017).  
Karena keterbatasan sumber data sebaran kanal, maka hanya data historis tahun 2015 dan 2016 yang digunakan untuk menghitung emisi dari kanal.
7. Data batas administrasi kabupaten dan provinsi dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

Kelas tutupan hutan yang menjadi acuan dalam dokumen ini meliputi semua kelas hutan pada cakupan area yaitu areal prioritas restorasi atau gambut dalam KHG pada peta penutupan lahan menurut KLHK sebagaimana tercantum dalam

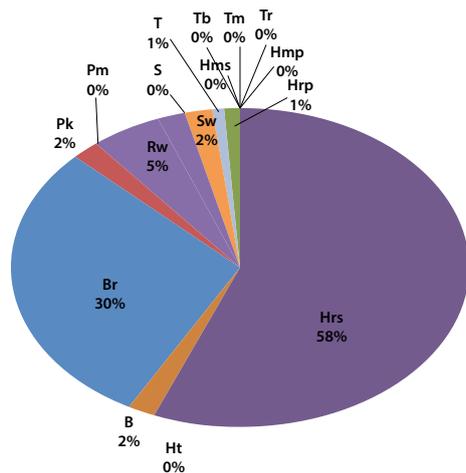
~~Tabel 3. Kelas tutupan lahan gambut dan kode yang digunakan dalam FREL dengan dan 16 kelas yang digunakan dalam dokumen ini (dengan keterangan “ya”).~~ Di lahan gambut terdapat 16 kelas tutupan lahan dari 23 kelas tutupan lahan yang digunakan dalam FREL.

Aktivitas penggunaan lahan gambut yang intensif ditunjukkan di Provinsi Kalimantan Tengah (Gambar 5). Provinsi Kalimantan Tengah mengalami perubahan tutupan lahan yang cukup besar di seluruh kelas tutupan lahan. Hutan Rawa Sekunder Provinsi Kalimantan Tengah mengalami penyusutan sebesar 10% dari luas seluruh hutan gambut Kalimantan Tengah yang mencapai 4,7 juta hektare, demikian juga dengan belukar rawa yang berkurang sebanyak 6%. Hal tersebut diduga terjadi akibat kebakaran pada tahun 2015 yang menghancurkan 7% dari luas gambut Provinsi Kalimantan Tengah. Selain itu, tutupan lahan

**Tabel 3. Kelas tutupan lahan gambut dan kode yang digunakan dalam FREL dengan dan 16 kelas yang digunakan dalam dokumen ini (dengan keterangan “ya”)**

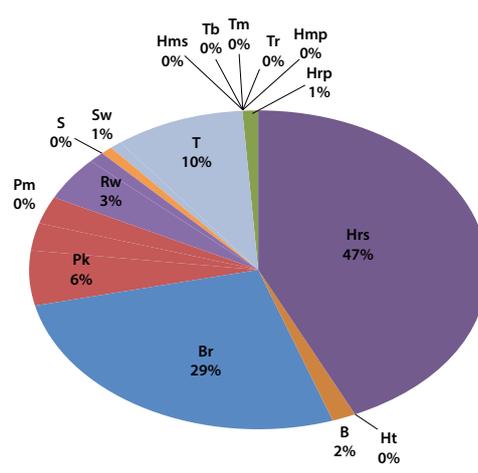
No.	Kelas	Kode	Kategori	IPCC	Keterangan
1.	Hutan lahan kering primer	Hp	Hutan alam	<i>Forest</i>	Tidak
2.	Hutan lahan kering sekunder	Hs	Hutan alam	<i>Forest</i>	Tidak
3.	Hutan mangrove primer	Hmp	Hutan alam	<i>Forest</i>	Ya
4.	Hutan mangrove sekunder	Hms	Hutan alam	<i>Forest</i>	Ya
5.	Hutan rawa primer	Hrp	Hutan alam	<i>Forest</i>	Ya
6.	Hutan rawa sekunder	Hrs	Hutan alam	<i>Forest</i>	Ya
7.	Hutan tanaman	Ht	Hutan Tanaman	<i>Forest</i>	Ya
8.	Perkebunan	Pk	Nonhutan	<i>Crop land</i>	Ya
9.	Pertanian lahan kering	Pt	Nonhutan	<i>Crop land</i>	Tidak
10.	Pertanian lahan kering + semak	Pc	Nonhutan	<i>Crop land</i>	Tidak
11.	Semak/belukar	B	Nonhutan	<i>Grassland</i>	Ya
12.	Belukar rawa	Br	Nonhutan	<i>Grassland</i>	Ya
13.	Sawah	Sw	Nonhutan	<i>Grassland</i>	Ya
14.	Savana/padang rumput	S	Nonhutan	<i>Crop land</i>	Ya
15.	Rawa	Rw	Nonhutan	<i>Wetland</i>	Ya
16.	Tambak	Tb	Nonhutan	<i>Wetland</i>	Ya
17.	Transmigrasi	Tr	Nonhutan	<i>Settlement</i>	Ya
18.	Permukiman	Pm	Nonhutan	<i>Settlement</i>	Ya
19.	Pelabuhan udara/laut	Bdr/Plb	Nonhutan	<i>Other land</i>	Tidak
20.	Pertambangan	Tm	Nonhutan	<i>Other land</i>	Ya
21.	Tanah terbuka	T	Nonhutan	<i>Other land</i>	Ya
22.	Tubuh air	A	Nonhutan	<i>Wetland</i>	Tidak
23.	Awan	Aw/Td	Nonhutan	<i>No data</i>	Tidak

Penutupan Lahan pada Prioritas Restorasi Gambut tahun 2006 Kalimantan Tengah



(a)

Penutupan Lahan pada Prioritas Restorasi Gambut tahun 2015 Kalimantan Tengah



(b)

Gambar 5. Perubahan tutupan lahan gambut di Provinsi Kalimantan Tengah pada periode 2006–2015 berdasarkan citra Landsat (kode yang digunakan dalam gambar sama dengan kode pada Tabel 3)

terbuka dan perkebunan juga meningkat masing-masing menjadi 7% dan 8% (Gambar 5).

Kondisi ini sangat kontras dengan Provinsi Papua yang memiliki lahan gambut seluas 5 juta hektare dengan dominasi (43%-45%) Hutan Rawa Primer. Dalam kurun waktu yang sama (2006–2015) luas tiap tutupan lahan hampir tidak berubah (Gambar 6).

Dalam kondisi yang kontras tersebut aktivitas penggunaan lahan gambut dapat dideteksi dengan segala kemungkinannya. Dengan demikian analisis di provinsi lain tidak akan ditemui kesulitan.

Sesuai dengan Keputusan Kepala Badan Restorasi Gambut Nomor SK. 05/BRG/KPTS/2016, Peta

Indikatif Restorasi Gambut, areal yang akan direstorasi ditetapkan seluas 2,4 juta hektare. Perincian menurut provinsi dapat dilihat pada Cakupan area lokasi data aktivitas yang dipantau dan digunakan dalam dokumen ini mengacu pada SK Kepala BRG (No. SK. 05/BRG/KPTS/2016), yaitu di kawasan Prioritas Restorasi Ekosistem Gambut yang berada di Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG) dengan total luas 12,9 juta hektare. Kawasan ini meliputi lahan bergambut dan lahan tak bergambut atau lahan yang mengandung tanah mineral yang tersebar di tujuh provinsi prioritas, yakni Riau (29,9%), Jambi (4,7%), Sumatera Selatan (9,5%), Kalimantan Barat (12,9%), Kalimantan Tengah (21,9%), Kalimantan Selatan (0,8%), dan Papua (20,2%).

Tabel 4. Sebaran lahan gambut, area prioritas, dan target restorasi lahan gambut di tujuh provinsi prioritas

Prioritas/ Target Restorasi	Provinsi							Total
	Kalimantan Barat	Kalimantan Selatan	Kalimantan Tengah	Riau	Sumatera Selatan	Jambi	Papua	
Area Prioritas Restorasi	1.400.932	49.977	2.576.048	3.377.805	1.178.506	445.564	2.134.129	11.162.960
Target Restorasi	100.928	11.466	629.834	766.837	596.598	128.379	36.679	2.270.723
Nontarget Restorasi	1.300.004	38.511	1.946.213	2.610.968	581.907	317.185	2.097.449	8.892.237
Total	1.400.932	49.977	2.576.048	3.377.805	1.178.506	445.564	2.134.129	11.162.960
Total sebelum tutupan mineral dikeluarkan	1.679.950	105.948	2.808.687	3.860.551	1.220.654	603.952	2.646.768	12.926.510

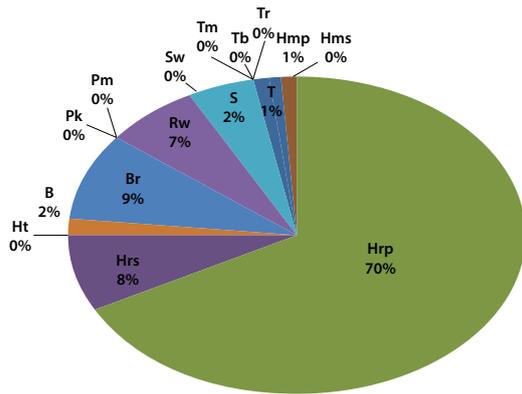
Tabel 5. Matriks transisi alih guna lahan di provinsi Kalimantan Tengah pada periode 2006-2015

Penutupan Lahan		Penutupan Lahan Kalimantan Tengah – 2015																
Hmp	Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb	Tm	Tr	Total	
	Hmp	390	75															465
	Hms		438										13					451
	Hrp		742	15.858	5	160	3.705						5					20.475
	Hrs		104	1.203.569		1.099	9.606	49.255		1.628			144.542		612			1.498.415
	Ht																	
	B					37.866	2.366	5.246	34				555		254			46.321
	Br					7	663544	83.897	290	49		115	109.041		111			860.410
	Pk					8.198	2.729	36.029	67				1.658					48.682
	Pm					859	0	9	8.170			183	0		14			9.235
	Rw						27.101	6.699	29	79.594			10.028		371			123.822
	S						2						0					2
	Sw					0		8.261	2.893			42.856	133	267				54.410
	T					5.263	4.132	10.362			17		12.510		62			32.347
	Tb													30				30
	Tm						15							41	142			198
	Tr						4	12							72	156		244
	Total	390	1.360	15.858	1.206.931	53.453	801.204	199.771	11.484	81.270		43.170	278.485	338	1.638	156		2.695.506
	Penutupan Lahan Kalimantan Tengah – 2006																	

Tabel 6. Matriks transisi alih guna lahan di Provinsi Papua pada periode 2006–2015

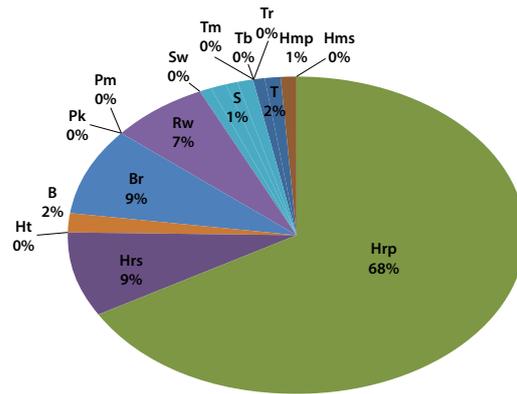
Tahun/ Penutupan Lahan	2015																	
	Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb	Tm	Tr	Total	
2006	Hmp	26.171	38	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.209
	Hms	-	6.079	-	2	-	197	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	6.303
	Hrp	0	0	1.450.667	37.195	-	-	5.294	82	-	-	-	-	1.560	-	-	-	1.494.798
	Hrs	-	-	-	161.262	-	7	5.331	-	-	0	-	-	639	8	-	-	167.248
	Ht	-	-	-	-	458	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	458
	B	-	-	-	-	-	56.937	836	6	-	7	-	-	5.485	-	-	-	63.271
	Br	-	-	-	-	-	60	187.462	0	-	15	-	-	10.132	1	-	-	197.671
	Pk	-	-	-	-	-	-	-	241	-	-	-	-	-	-	-	-	241
	Pm	-	-	-	-	-	31	-	-	1.678	0	-	-	147	-	-	-	1.856
	Rw	-	-	-	-	-	-	1.254	-	-	155.269	1	-	1.116	-	-	-	157.640
	S	-	-	-	-	-	-	0	-	-	3	28.878	-	7.709	-	-	-	36.589
	Sw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	358	-	-	-	-	358
	T	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	12.439	-	-	-	12.441
	Tb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	-	-	120
Tm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.458	1.458	
Total	26.171	6.118	1.450.667	198.459	458	57.035	200.376	329	1.678	155.293	28.878	358	39.252	130	-	1.458	2.166.661	

Penutupan Lahan pada Area Prioritas Restorasi Gambut tahun 2006 Papua



(a)

Penutupan Lahan pada Area Prioritas Restorasi Gambut tahun 2015 Papua



(b)

Gambar 6. Alih guna lahan gambut di Provinsi Kalimantan Tengah dan Papua dalam periode 2006–2015 dengan kondisi yang hampir konstan (kode yang digunakan dalam gambar sama dengan kode pada Tabel 3).

Cakupan area lokasi data aktivitas yang dipantau dan digunakan dalam dokumen ini mengacu pada SK Kepala BRG (No. SK. 05/BRG/KPTS/2016), yaitu di kawasan Prioritas Restorasi Ekosistem Gambut yang berada di Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG) dengan total luas 12,9 juta hektare. Kawasan ini meliputi lahan bergambut dan lahan tak bergambut atau lahan yang mengandung tanah mineral yang tersebar di tujuh provinsi prioritas, yakni Riau (29,9%), Jambi (4,7%), Sumatera Selatan (9,5%), Kalimantan Barat (12,9%), Kalimantan Tengah (21,9%), Kalimantan Selatan (0,8%), dan Papua (20,2%).

Berdasarkan perbandingan Provinsi Kalimantan Tengah dan Papua, matriks transisi perubahan tutupan lahan perlu disusun untuk menduga arah dan besaran alih guna lahan di setiap provinsi prioritas. Matriks transisi perubahan lahan untuk Provinsi Kalimantan Tengah dan Provinsi Papua tersaji pada Tabel 6. ~~Matriks transisi alih guna lahan di Provinsi Papua pada periode 2006–2015 dan Tabel 6 berikut.~~

Untuk menentukan luas kanal dalam pendugaan emisi metana dari kanal digunakan lebar kanal bagian atas. Sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian No. 14/2009, jenis kanal berdasarkan lebarnya kanal di lahan gambut terdiri atas tiga kategori, seperti yang disajikan dalam Tabel 7. ~~Jenis dan lebar kanal di lahan gambut berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No. 14/2009. Nilai tengah dari selang lebar kanal digunakan untuk mengestimasi lebar kanal.~~ Untuk menduga luas kanal berdasarkan data GIS sebaran

Tabel 7. Jenis dan lebar kanal di lahan gambut berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No. 14/2009

Jenis kanal	Lebar Kanal Bagian Atas	Nilai Tengah
Primer	3,0 – 6,0	4,5
Sekunder	1,8 – 2,5	2,15
Tersier	1,0 – 1,2	1,1
Rata-rata		2,58

Catatan: Nilai tengah dari selang lebar kanal digunakan untuk mengestimasi lebar kanal.

kanal, nilai tengah lebar kanal digunakan sebagai nilai penduga lebar tiap jenis kanal.

Penentuan luas kanal dilakukan berdasarkan peta tahun 2016 yang memiliki informasi tentang jenis kanal dan peta tahun 2017 yang tidak memiliki informasi jenis kanal. Lebar rata-rata tiap kategori jenis kanal digunakan untuk mengestimasi luas kanal dari peta tahun 2016. Sementara, luas kanal dari peta tahun 2017 menggunakan lebar kanal rata-rata dari ketiga jenis kanal.

### 3.3.2 Faktor emisi

Faktor Emisi (FE) merupakan nilai yang mewakili jumlah gas rumah kaca yang dilepaskan atau diserap akibat aktivitas yang mengakibatkan emisi dan serapan gas rumah kaca, dalam hal ini yang berasal dari lahan gambut. Seperti halnya

**Tabel 8. Cadangan Biomassa Atas Permukaan (BAP) untuk penghitungan FE perubahan tutupan lahan**

Tutupan Lahan	Wilayah	Rata-rata BAP (t ha <sup>-1</sup> )	Sumber
Hutan Rawa Primer	Kalimantan	27,8	KLHK 2014
	Papua	178,8	KLHK 2014
	Sumatera	220,8	KLHK 2014
	Indonesia	192,7	KLHK 2014
Hutan Rawa Sekunder	Kalimantan	170,5	KLHK 2014
	Papua	145,7	KLHK 2014
	Sumatera	151,4	KLHK 2014
	Indonesia	159,3	KLHK 2014
Hutan Bakau Primer	Kalimantan	263,9	KLHK 2014
Hutan Bakau Sekunder	Kalimantan dan Sulawesi	201,7	KLHK 2014
Hutan Tanaman	Indonesia	128	Bappenas 2013
Perkebunan	Indonesia	126	Bappenas 2013
Semak/Belukar	Indonesia	60	Bappenas 2013
Belukar Rawa	Indonesia	60	Bappenas 2013
Sawah	Indonesia	2	Bappenas 2013
Padang Rumput	Indonesia	4	Bappenas 2013
Rawa	Indonesia	0	Bappenas 2013
Tambak	Indonesia	0	Bappenas 2013
Transmigrasi	Indonesia	10	Bappenas 2013
Pemukiman	Indonesia	4	Bappenas 2013
Pertambangan	Indonesia	0	Bappenas 2013
Tanah Terbuka	Indonesia	0	Bappenas 2013

**Tabel 9. Faktor Emisi untuk dekomposisi lahan gambut**

No.	Tutupan Lahan	Emisi Tahunan (tCO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> th <sup>-1</sup> )	95% Selang Kepercayaan		Sumber
1.	Hutan primer	0	0	0	IPCC (2006)
2.	Hutan sekunder	19	-3	35	IPCC (2014)
3.	Hutan tanaman	73	59	88	IPCC (2014)
4.	Perkebunan	40	21	62	IPCC (2014)
8.	Belukar rawa	19	-3	35	IPCC (2014)
9.	Padang Rumput	35	-1	73	IPCC (2014)
10.	Sawah	35	-1	73	IPCC (2014)
11.	Rawa	0	0	0	
12.	Tambak	0	0	0	
13.	Transmigrasi	51	24	95	Diasumsikan sama dengan lahan terbuka
14.	Permukiman	35	-1	73	Diasumsikan sama dengan padang rumput
16.	Tambang	51	24	95	Diasumsikan sama dengan lahan terbuka
17.	Lahan terbuka	51	24	95	IPCC (2014)

**Tabel 10. Faktor emisi dan variabel lain untuk penghitungan emisi dari kebakaran lahan gambut**

Variabel	Nilai	Referensi
Faktor Emisi ( <i>FE</i> )	1.625 g kg <sup>-1</sup> untuk CO <sub>2</sub>	Huijnen et al., 2017
Kedalaman gambut ( <i>D<sub>B</sub></i> )	0,18 m untuk tahun tanpa El Nino 0,33 m untuk tahun El Nino	Konecny et al., 2016 Ballhorn et al., 2009
Berat jenis gambut ( <i>BD</i> )	0.09 t m <sup>-3</sup>	Page et al., 2011
Faktor pembakaran ( <i>C<sub>i</sub></i> )	1	

dengan Data Aktivitas, penetapan nilai FE dapat menggunakan 3 jenjang (*tier*):

1. Jenjang 1: Menggunakan nilai *default* dari 2013 *Supplement IPCC 2006* (IPCC 2014)
2. Jenjang 2: Menggunakan data spesifik negara untuk kategori utama
3. Jenjang 3: Menggunakan data inventarisasi nasional yang lebih terperinci serta pengukuran berulang secara periodik atau menggunakan *modeling*

Semakin terperinci pendekatan yang digunakan, semakin mahal biaya pengukurannya dan semakin rendah tingkat ketidaktelitiannya. Di dalam dokumen Tingkat Rujukan (*Reference Level, RL*) ini, FE yang digunakan akan menyesuaikan dengan ketersediaan data dengan kualitas terbaik. Data FE menggunakan jenjang 3 dikompilasi dari berbagai penelitian yang dilakukan di Indonesia. Data jenjang 2 dan 1 digunakan untuk mengisi kekosongan data.

FE ditentukan untuk setiap jenis GRK, jenis aktivitas, dan sumber karbonnya dalam satuan massa per satuan luas (ton/ha) untuk emisi yang terjadi pada waktu tertentu atau per satuan massa per satuan luas per satuan waktu (ton/ha/tahun) untuk emisi yang terjadi setiap tahun. Faktor emisi untuk setiap GRK ditentukan atau dipilih sesuai dengan masing-masing kegiatan yang diuraikan di atas, baik yang bersifat penyerapan (*removal*) karbon atmosfer maupun emisi karbon ke atmosfer. Satuan yang digunakan adalah massa karbon per satuan luas per satuan waktu (misalnya ton/ha/th atau g/m<sup>2</sup>/hari atau mg/cm<sup>2</sup>/jam).

Untuk kegiatan konversi yang melibatkan deforestasi dan degradasi perubahan cadangan karbon dari biomassa di atas permukaan (BAP) sangat menentukan FE pada setiap jenis tutupan lahan. Tabel 8. ~~Cadangan Biomassa Atas Permukaan (BAP) untuk penghitungan FE perubahan tutupan lahan~~ menunjukkan rata-rata BAP berdasarkan kelas tutupan lahan di berbagai pulau di Indonesia.

FE yang digunakan untuk pendugaan emisi dari dekomposisi gambut diadopsi dari emission factor database yang diterbitkan oleh IPCC (2014) yang umumnya memiliki jenjang atau *tier 2* seperti tercantum dalam Tabel 9. ~~Faktor Emisi untuk dekomposisi lahan gambut.~~

Emisi dari kebakaran atau pembakaran hutan dan lahan gambut selain ditentukan oleh FE, juga dipengaruhi oleh variabel lain yang berhubungan dengan kekuatan efek El Nino. Efek El Nino yang merupakan anomali cuaca global berkontribusi terhadap penurunan curah hujan di Indonesia sehingga memperpanjang musim kemarau. Semakin panjang musim kemarau yang terjadi, semakin lama kebakaran di lahan gambut terjadi sehingga semakin dalam pula tanah gambut yang terbakar. Karena itu, data kedalaman gambut yang terbakar yang digunakan dalam penghitungan emisi dari kebakaran gambut dipilah ke dalam dua kategori, yaitu El Nino Kuat dan Tanpa El Nino Kuat (lihat Tabel 10. ~~Faktor emisi dan variabel lain untuk penghitungan emisi dari kebakaran lahan gambut~~).

Untuk mengetahui kapan El Nino terjadi, digunakan tabel nilai *Oceanic Nino Index* yang diperoleh dari website *National Weather Service NOAA* (dapat diunduh pada alamat ini : [http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)).

### 3.4 Penghitungan Tingkat Rujukan

#### 3.4.1 Emisi CO<sub>2</sub> akibat perubahan tutupan lahan

Berdasarkan Tabel 2 penghitungan hilangnya karbon akibat perubahan tutupan lahan yang merupakan komponen terbesar dalam proses alih guna lahan dapat dilakukan dengan pendekatan perubahan cadangan (*stock change*) digunakan untuk menghitung emisi CO<sub>2</sub>.

Perubahan cadangan karbon tahunan melibatkan biomassa permukaan yang terdapat dalam tipe tutupan lahan. Emisi akibat perubahan cadangan karbon di lahan gambut dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E_{TL} = FK \times \Delta C_{AB} \times DA \dots\dots\dots (1)$$

Di mana:

$E_{TL}$  = Emisi CO<sub>2</sub> akibat perubahan tutupan hutan dan lahan di atas gambut (tCO<sub>2</sub>th<sup>-1</sup>)

$FK$  = Faktor konversi nilai karbon (C) menjadi CO<sub>2</sub>, berdasarkan perbandingan berat atom C dan CO<sub>2</sub>, yaitu 44/12 atau 3,667

$\Delta C_{AB}$  = perubahan cadangan karbon tahunan pada biomassa di atas permukaan akibat alih guna lahan (tC ha<sup>-1</sup>)

$DA$  = Data aktivitas alih guna lahan (ha th<sup>-1</sup>)

Penentuan referensi acuan untuk perubahan tutupan lahan menggunakan metode rata-rata emisi dan serapan historis dari tahun 2006 hingga 2015.

Emisi CO<sub>2</sub> akibat perubahan tutupan lahan yang dihitung dengan rumus di atas sudah menyatakan emisi netto, karena emisi dihitung tidak hanya emisi yang berasal dari pengurangan cadangan karbon (misalnya karena deforestasi dan degradasi hutan) tetapi juga memperhitungkan emisi karena peningkatan cadangan karbon (misalnya karena revegetasi).

### 3.4.2 Emisi CO<sub>2</sub> akibat dekomposisi lahan gambut

Emisi CO<sub>2</sub> dari dekomposisi lahan gambut hanya dihitung pada hutan gambut yang terdegradasi dan lahan gambut tidak berhutan dengan persamaan:

$$E_{DG} = A \times FE_{DG} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana:

$E_{DG}$  = emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut yang terdekomposisi (tCO<sub>2</sub>/th)

$A$  = Areal atau luas hutan dan lahan gambut yang terdegradasi (ha)

$FE_{DG}$  = Faktor Emisi dari dekomposisi gambut (tCO<sub>2</sub>/ha/th), lihat Tabel 9.

Penentuan referensi emisi acuan untuk dekomposisi lahan gambut menggunakan metode regresi non-linear berdasarkan data-data emisi historis dari tahun 2006 hingga 2015.

### 3.4.3 Emisi CH<sub>4</sub> dan DOC dari kanal

Kanal yang digali untuk drainase di lahan gambut juga menyebabkan emisi gas non-CO<sub>2</sub>, salah satunya adalah metana (CH<sub>4</sub>). Selain emisi CH<sub>4</sub>, perpindahan karbon organik terlarut (DOC) dari lahan gambut juga dihitung pada lahan kanal. Data kanal yang digunakan berasal dari digitasi citra satelit resolusi tinggi (UGM 2016). Penghitungan emisi dari kanal dilakukan menggunakan rumus di bawah ini:

$$E_{Kanal} = DA \times (FE_{DOC} + (FE_{CH_4} \times GWP_{CH_4})) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$DA$  = Data aktivitas yang berupa luas seluruh kanal (dalam ha)

$FE_{DOC}$  = Faktor emisi untuk DOC yaitu sebesar 3,01 tCO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>

$FE_{CH_4}$  = Faktor emisi untuk CH<sub>4</sub> sebesar 8,29 tCO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>

$GWP_{CH_4}$  = nilai *Global Warming Potential* untuk gas CH<sub>4</sub> yaitu sebesar 26 (IPCC 2013)

Data historis yang tersedia hanya untuk tahun 2015 dan 2016. Penentuan Tingkat Rujukan untuk emisi dari kanal menggunakan pendekatan konservatif dengan menggunakan rata-rata dari kedua tahun tersebut.

### 3.4.4 Emisi dari kebakaran gambut

Emisi dari kebakaran gambut hanya memperhitungkan tanah gambut yang terbakar karena biomassa vegetasi yang tumbuh di atasnya dan terbakar, sudah termasuk di dalam penghitungan perubahan tutupan lahan. Emisi dari

kebakaran gambut ( $E_{PeatFire}$ ) dihitung menggunakan persamaan:

$$E_{peat\ fire} = DA \times D_B \times BD \times Cf \times FE \times 10 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

$DA$  = Data aktivitas yang merupakan area yang terbakar (ha),

$Db$  = rata-rata kedalaman gambut yang terbakar (m),

$BD$  = berat jenis gambut ( $t.m^{-3}$ ),

$Cf$  = faktor pembakaran,

$FE$  = faktor emisi ( $g\ kg^{-1}$ ) dan

Variabel terkait emisi kebakaran gambut dapat dilihat di Tabel 10. ~~Faktor emisi dan variabel~~

~~lain untuk penghitungan emisi dari kebakaran lahan gambut.~~ Perbedaan ketebalan gambut yang terbakar disebabkan karena kekuatan El Nino yang dibedakan berdasarkan nilai indeks Nino (Nino 3.4). El Nino lemah memiliki indeks kurang dari 1, sedang indeks El Nino kuat lebih dari 1.

Dengan menggunakan rumus di atas dan variabel dalam Tabel 10, Persamaan 4 dapat diturunkan menjadi:

$$E_{PeatFire} = DA \times 263,25\ tCO_2e/ha$$

(untuk kedalaman 0,18 m; non-El Nino) ..... (4a)

$$E_{PeatFire} = DA \times 482,63\ tCO_2e/ha$$

(untuk kedalaman 0,33 m; El Nino) ..... (4b)

Penentuan referensi emisi acuan untuk kebakaran lahan gambut menggunakan metode rata-rata emisi historis dari tahun 2006 hingga 2015.



## BAB 4

# Tingkat Rujukan Penghitungan Emisi Lahan Gambut

## 4.1 Emisi berdasarkan aktivitas

### 4.1.1 Deforestasi dan degradasi hutan

Luas lahan gambut yang masih tertutup hutan alam sampai 2015 di areal prioritas indikatif restorasi gambut di tujuh provinsi adalah 4,9 juta hektar. Jika dibandingkan dengan keadaan pada 2006, tutupan hutan alam telah berkurang 1,7 juta hektar atau sekitar 26 persen dari luas pada 2006. Dengan demikian, laju deforestasi di lahan gambut selama 2006–2015 adalah 176,8 ribu hektar per tahun dengan laju terendah sebesar 95.683 hektar pada periode 2013–2014 dan tertinggi sebesar 245.521 hektar pada periode 2014–2015 (Gambar 7).

Sementara itu, lahan gambut yang kondisinya sudah tidak berhutan lagi sampai 2015 dan telah dikonversi menjadi berbagai macam penggunaan lahan mencapai luas 6,3 juta hektar. Luas gambut yang dalam kategori ini merupakan 56 persen dari luas total lahan gambut di tujuh provinsi prioritas restorasi.

Laju degradasi hutan tahunan dari kondisi hutan rawa primer menjadi tutupan hutan rawa sekunder pada periode 2006–2015 mencapai 10,5 ribu hektar per tahun. Tutupan hutan primer di lahan gambut sampai tahun 2015 hanya tersisa 1,7 juta hektar atau telah

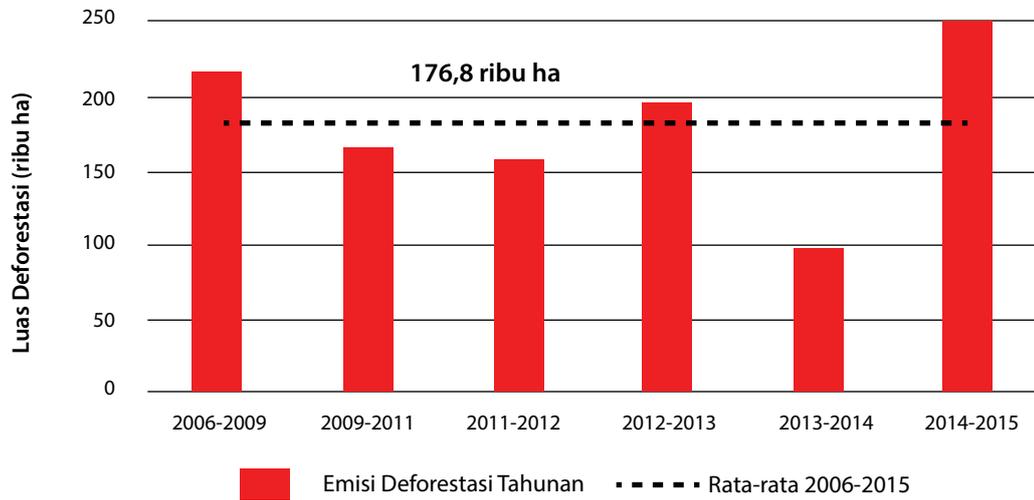
berkurang sekitar 248 ribu hektar jika dibandingkan dengan kondisi 2006. Tutupan hutan rawa gambut primer hanya tersisa 35 persen dari luas hutan di lahan gambut prioritas indikatif restorasi (Gambar 8).

### 4.1.2 Pertumbuhan Vegetasi

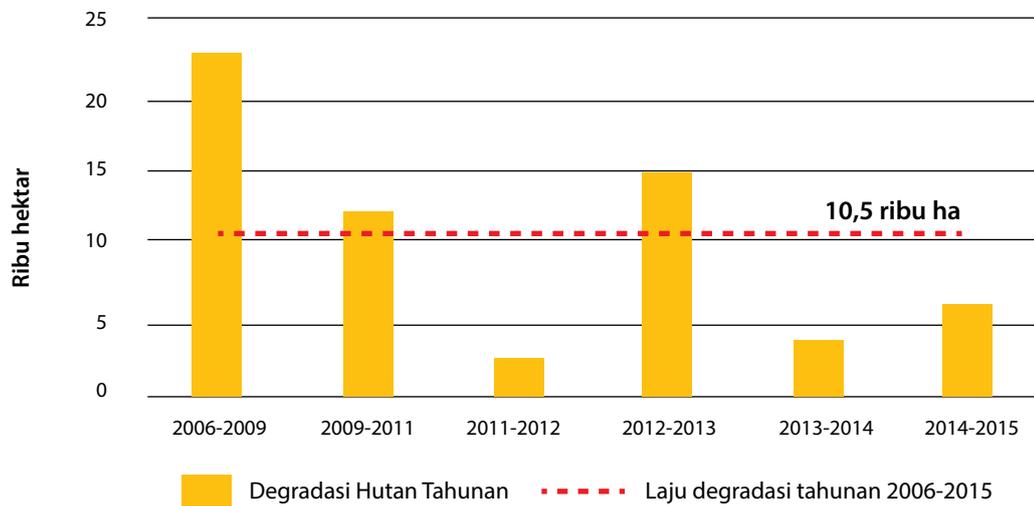
Perubahan tutupan lahan selain diakibatkan oleh deforestasi dan degradasi hutan, juga disebabkan oleh pertumbuhan vegetasi atau riap. Penambahan riap terjadi akibat penyerapan gas karbon dioksida oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis atau dikenal dengan istilah Serapan (dengan satuan  $tCO_2$ ). Pertumbuhan vegetasi dalam kurun waktu yang panjang dapat mengubah kelas tutupan lahan menjadi kelas yang memiliki cadangan karbon yang lebih tinggi. Serapan tertinggi selama periode referensi terjadi pada periode 2012–2013 dan 2014–2015 (Gambar 9)

### 4.1.3 Dekomposisi Gambut

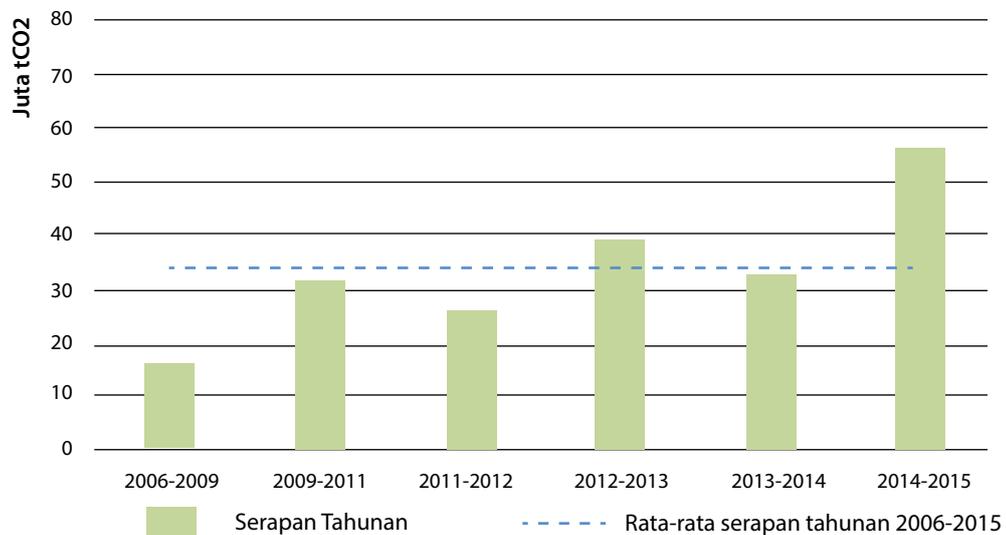
Dekomposisi gambut terjadi di lahan gambut yang terdegradasi akibat deforestasi dan degradasi yang diikuti dengan drainase. Tanah gambut yang terdrainase akan mengalami penurunan muka air tanah, sehingga terjadi oksidasi dan dekomposisi



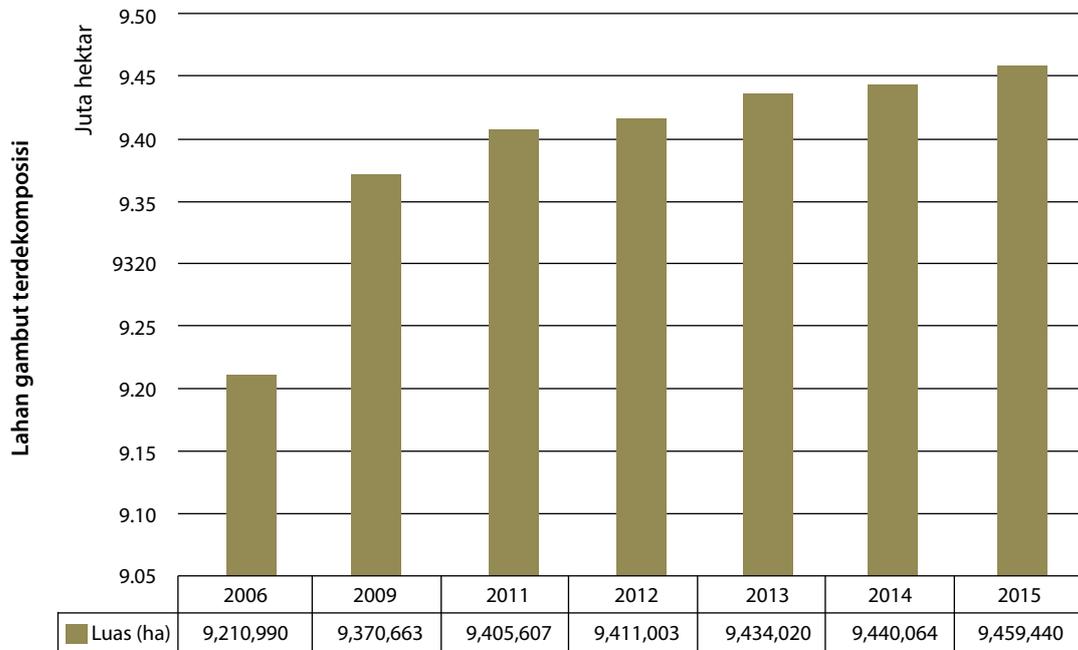
Gambar 7. Deforestasi tahunan di lahan gambut prioritas restorasi selama periode 2006–2015



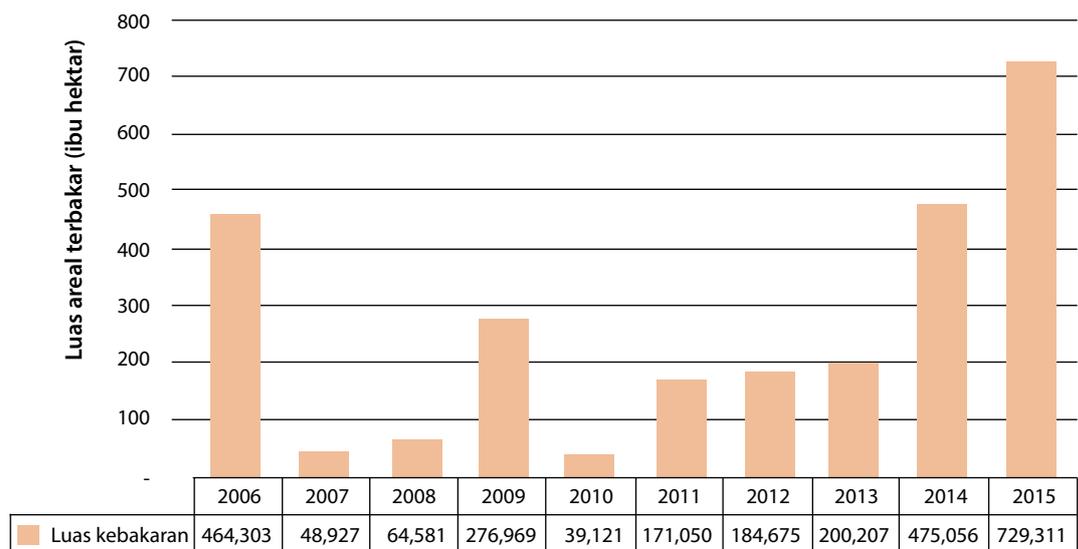
Gambar 8. Degradasi hutan tahunan di lahan gambut prioritas restorasi selama periode 2006–2015



Gambar 9. Serapan tahunan dari perubahan tutupan lahan gambut prioritas restorasi selama periode 2006–2015



Gambar 10. Luas lahan gambut prioritas restorasi yang terdekomposisi selama periode 2006–2015



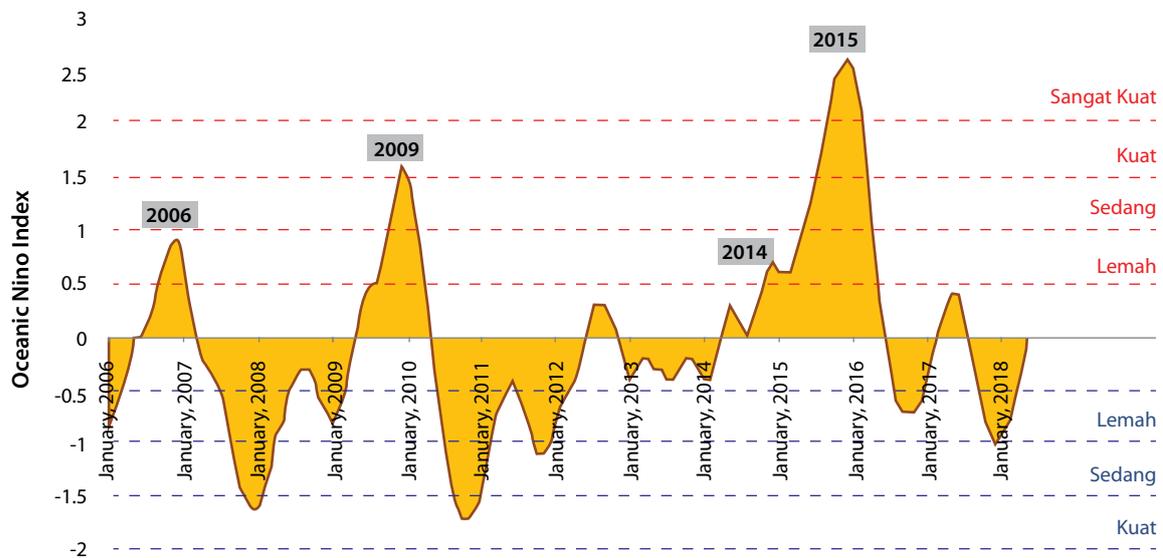
Gambar 11. Luas kebakaran gambut di lahan gambut prioritas restorasi selama periode 2006–2015

bahan organik tanah. Dengan demikian, luas lahan gambut yang terdekomposisi mencakup seluruh luas lahan gambut, kecuali yang termasuk dalam kategori hutan rawa gambut primer.

Gambar 10 menunjukkan perubahan luas lahan gambut yang mengalami dekomposisi selama periode 2006–2015. Dimulai dengan 9,2 juta hektar (82% dari total lahan gambut) pada 2006, dan bertambah hingga mencapai 9,5 juta hektar (85%) pada 2015.

#### 4.1.4 Kebakaran gambut

Penentuan luas kebakaran di lahan gambut diperkirakan menggunakan metode yang diterapkan oleh MRI (2013), yaitu dengan pendekatan dari sebaran titik panas (*hotspot*) yang terekam pada satelit MODIS. Metode ini juga dicantumkan di dalam FREL Indonesia (MoEF, 2016). Jumlah titik panas dalam setahun pada periode 2006–2015 (10 tahun) digunakan sebagai pendekatan untuk memperkirakan sebaran luas



Gambar 12. Grafik Oceanic Nino Index (ONI) 2006–2018. Nilai ONI antara 0,5–1 menunjukkan El Nino lemah; 1–1,5 El Nino sedang, 1,5–2 El Nino kuat dan di atas 2 merupakan El Nino sangat kuat.

kebakaran setiap tahun. Luas terkecil mencapai 39 ribu hektar pada 2010 dan terluas 729 ribu hektar pada 2015. Sementara, rata-rata tahunan kebakaran gambut di areal prioritas indikatif restorasi selama periode tersebut adalah 265 ribu hektar (Gambar 11).

Pada Gambar 11 terlihat kebakaran gambut yang cukup luas pada 2006, 2009, 2014, dan 2015. Kejadian kebakaran tersebut memiliki hubungan yang kuat dengan musim kemarau panjang yang disebabkan El Nino.

Berdasarkan grafik Oceanic Nino Indeks, diketahui bahwa selama periode 2006 – 2018 El Nino terjadi pada tahun 2006, 2009, 2014, dan 2015 (Gambar 12). Pada tahun 2015, terjadi El Nino yang sangat kuat, karena itu intensitas kebakaran dan potensi ketebalan gambut yang terbakar pada tahun-tahun El Nino berbeda dengan tahun non-El Nino. Selama periode yang sama beberapa lokasi teridentifikasi terbakar lebih dari satu kali dan dimasukkan dalam penghitungan ini.

## 4.2 Tingkat Rujukan emisi

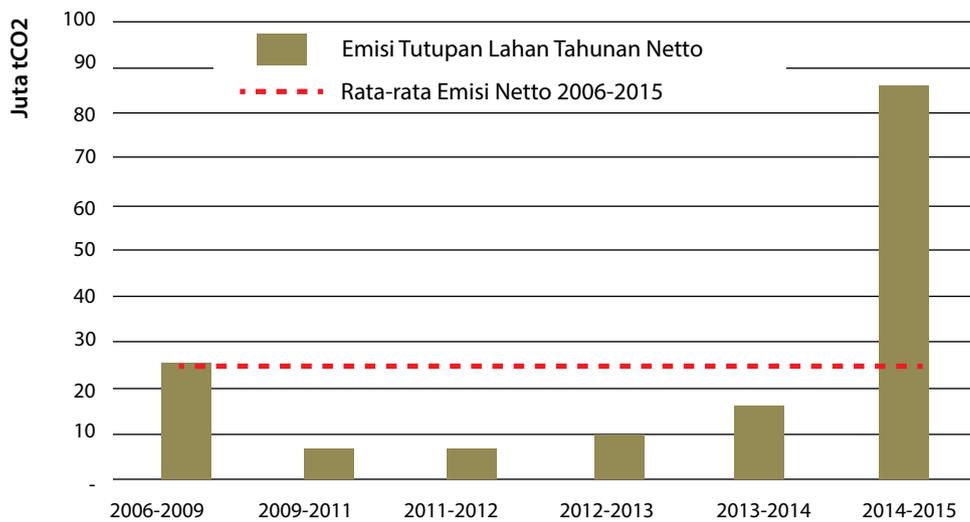
### 4.2.1 Emisi CO<sub>2</sub> dari perubahan tutupan lahan

Berdasarkan Persamaan (1) emisi CO<sub>2</sub> dari perubahan tutupan lahan dan hutan rawa gambut dari seluruh aktivitas merupakan perkalian antara luas perubahan tutupan lahan pada periode

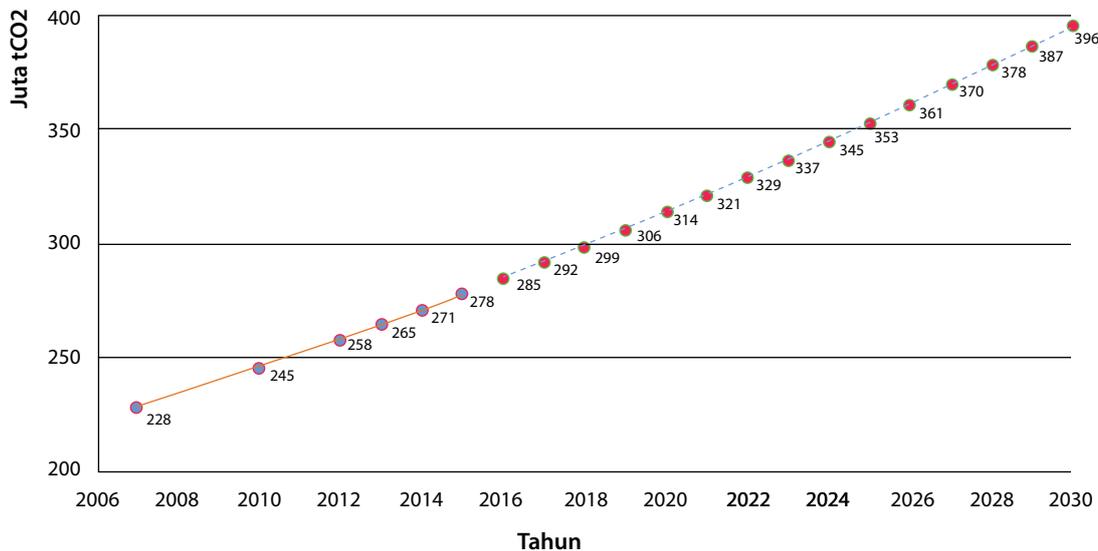
2006–2015 dan perbedaan cadangan karbon setiap kategori. Dari penghitungan tersebut didapatkan emisi rata-rata sebesar 25 juta ton CO<sub>2</sub>. Emisi CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada periode 2014–2015, yang disebabkan terjadinya kebakaran besar tahun 2014/2015. Sementara, emisi netto terendah terjadi pada periode 2009–2011 (Gambar 13). Pada periode tersebut terjadi serapan yang cukup tinggi dan deforestasi yang tidak terlalu besar (Gambar 7 dan 9).

### 4.2.2 Emisi CO<sub>2</sub> dari dekomposisi gambut

Mengingat pendugaan emisi dari dekomposisi lahan gambut berdasarkan pendekatan perubahan kualitas tutupan lahan, maka emisi yang terjadi tahun sebelumnya juga terjadi lagi pada tahun berikutnya jika kualitas tutupan lahan tidak meningkat. Berdasarkan data emisi tahunan yang terjadi (dihitung menggunakan berdasarkan Persamaan (2)), proyeksi ke depan pendugaan emisi GRK akibat dekomposisi lahan gambut dilakukan menggunakan model persamaan *polynomial* (Gambar 14). Emisi GRK dari dekomposisi gambut pada 2006 sebesar 228 juta tCO<sub>2</sub>/tahun dan meningkat hingga 278 juta tCO<sub>2</sub>/tahun pada 2015. Tingkat Rujukan historis 2006–2015 yang merupakan fungsi *polynomial* akan digunakan untuk memprediksi tren emisi jangka panjang. Misalnya pada 2030, diperkirakan emisi akibat dekomposisi gambut tanpa adanya upaya mitigasi adalah sebesar 396 juta tCO<sub>2</sub>.



Gambar 13. Emisi CO<sub>2</sub> tahunan dari perubahan tutupan lahan selama periode 2006–2015 memberikan Tingkat Rujukan sebesar 22 juta tCO<sub>2</sub>



Gambar 14. Emisi CO<sub>2</sub> tahunan dari dekomposisi gambut selama periode 2006–2015 dan Tingkat Rujukan untuk periode 2016–2030

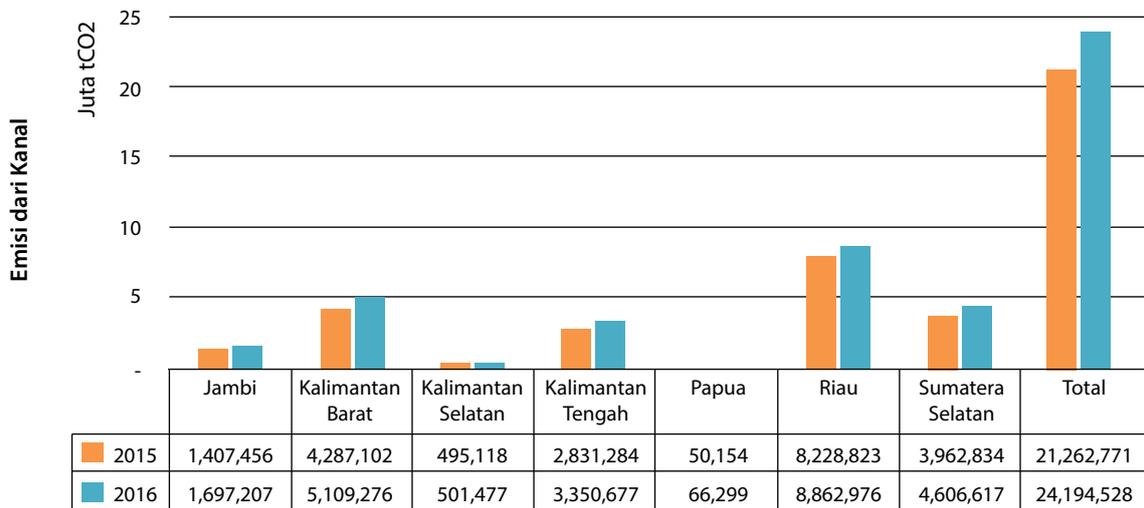
### 4.2.3 Emisi dari kanal

Berdasarkan Persamaan (3), emisi yang bersumber dari kanal melibatkan CH<sub>4</sub> dan DOC dihitung berdasarkan luas kanal pada 2015 dan 2016. Konversi ke dalam CO<sub>2</sub> telah memperhitungkan berat molekul dan GWP metana. Dari Gambar 15. terlihat bahwa pada 2015 emisi mencapai 48 juta tCO<sub>2</sub> dan meningkat sekitar 13,79% pada 2016 menjadi sekitar 54 juta tCO<sub>2</sub>. Sebagian besar emisi berasal dari kanal di Provinsi Riau dan Kalimantan Barat.

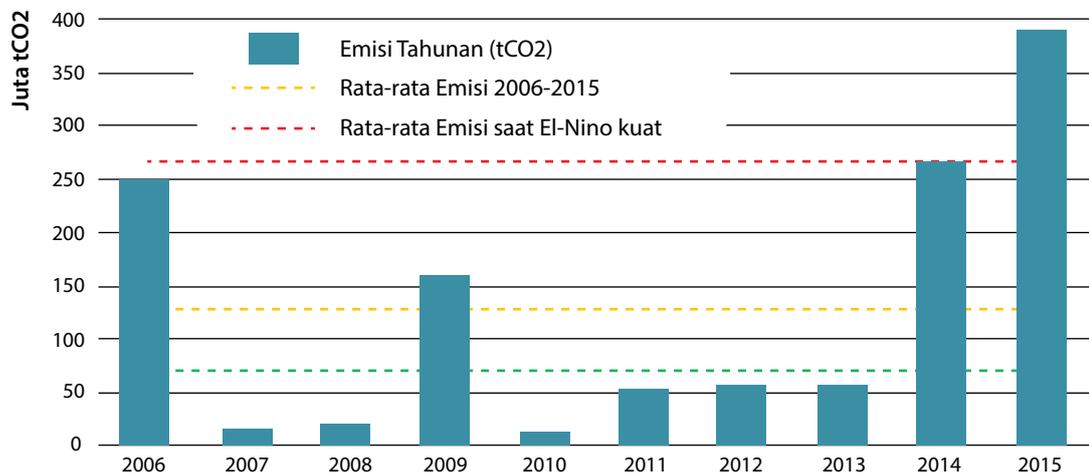
### 4.2.4 Emisi dari kebakaran gambut

Mengikuti Persamaan (4a dan 4b) emisi dari kebakaran dihitung berdasarkan volume gambut yang terbakar setiap tahun dalam periode 2006–2015 dikalikan dengan faktor emisi. Untuk itu diperlukan pembedaan antara tahun El Nino (kuat dan lemah) sehingga kedalaman gambut yang terbakar dipertimbangkan dengan baik.

Rata-rata emisi GRK dari kebakaran gambut periode 2006–2015 adalah sebesar 110 juta ton



Gambar 15. Emisi CH<sub>4</sub> dan DOC setara CO<sub>2</sub> dari kanal pada 2015 dan 2016



Gambar 16. Emisi CO<sub>2</sub> tahunan dari kebakaran gambut selama periode 2006–2015 dan prediksi Tingkat Rujukan dalam kondisi El Nino lemah (53 juta tCO<sub>2</sub>), El Nino kuat (242 juta tCO<sub>2</sub>), dan rata-rata (110 juta tCO<sub>2</sub>).

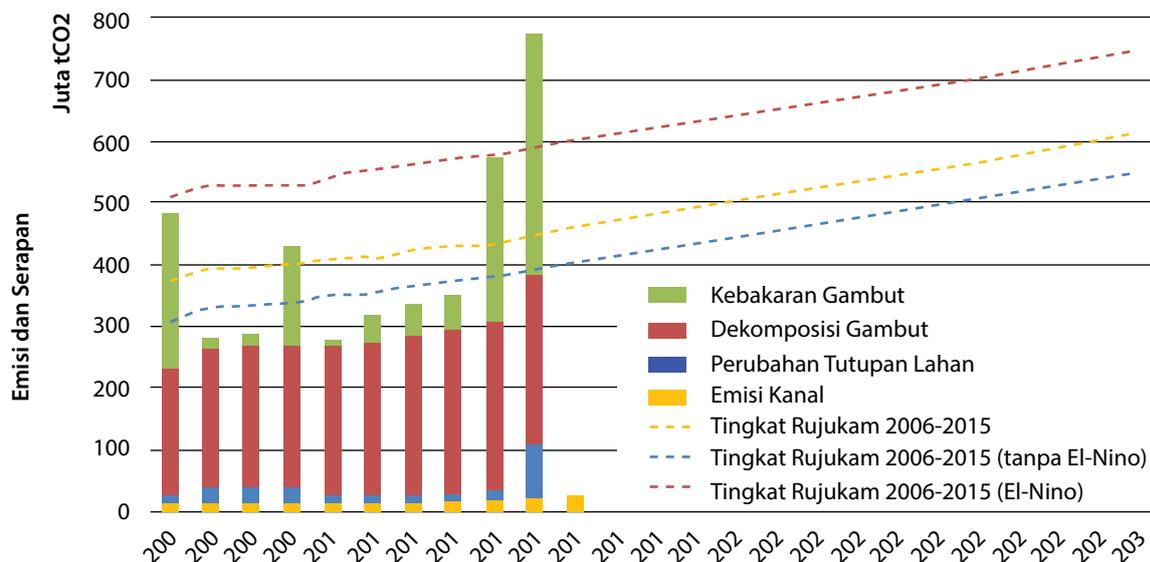
CO<sub>2</sub> per tahun dengan mempertimbangkan variasi iklim sebagai faktor penentu ketebalan gambut yang terbakar. Variasi emisi yang besar terjadi pada 2006, 2009, dan 2014 yang merupakan periode di mana El Nino lemah dan 2015 yang merupakan periode El Nino sangat kuat, dengan rata-rata sebesar 242 juta tCO<sub>2</sub> per tahun. Pada periode lainnya saat fenomena El Nino tidak terjadi, emisi dari kebakaran gambut jauh lebih kecil dengan rata-rata sebesar 53 juta tCO<sub>2</sub> per tahun (Gambar 16).

#### 4.2.5 Tingkat Rujukan gabungan

Tingkat Rujukan emisi yang merupakan gabungan dari seluruh aktivitas di lahan gambut bersumber

dari emisi akibat deforestasi dan degradasi hutan, dekomposisi gambut, emisi dari kanal dan kebakaran lahan gambut ditentukan berdasarkan penjumlahan nilai emisi historis dari setiap aktivitas untuk periode 2006–2015. Untuk menentukan nilai rujukan tahunan dari aktivitas perubahan tutupan lahan dan kebakaran hutan menggunakan metode perataan dari data historis. Nilai rujukan dari pembangunan kanal didapat dengan menerapkan metode regresi linear dan dekomposisi gambut menggunakan regresi nonlinear atau *polynomial* (Gambar 13–16).

Karena tidak tersedianya data kanal sebelum 2015, emisi dari kanal sebelum tahun 2015 dihitung berdasarkan kecenderungan perubahan panjang



Gambar 17. Total emisi neto dari perubahan tutupan lahan, dekomposisi, dan kebakaran dan gambut selama periode 2006–2015 dan prediksi Tingkat Rujukam periode 2016–2030 dengan tiga skenario El Nino, skenario dengan tahun tanpa El Nino (garis biru putus-putus), dengan tahun El Nino (garis merah putus-putus) dan rata-rata semua tahun (garis kuning putus-putus).

kanal tahun 2015 dan 2016. Sementara, tingkat rujukan untuk kebakaran hutan dipilah menjadi tiga kategori, yaitu rata-rata semua tahun, rata-rata tahun El Nino, dan rata-rata tahun tanpa El Nino.

Tingkat Rujukam gabungan yang bersumber dari semua aktivitas di lahan gambut pada 2006 adalah sebesar 373 juta tCO<sub>2</sub>, dan meningkat menjadi 449 juta tCO<sub>2</sub> dan 612 juta tCO<sub>2</sub> pada tahun 2015 dan 2030 (Gambar 17). Untuk Tingkat Rujukam

gabungan tanpa tahun El Nino sebesar 314 juta tCO<sub>2</sub> dan meningkat menjadi 390 juta tCO<sub>2</sub> dan 552 juta tCO<sub>2</sub> pada tahun 2015 dan 2030. Sedangkan untuk Tingkat Rujukam gabungan tahun El Nino pada tahun 2006 adalah sebesar 512 juta tCO<sub>2</sub> dan meningkat menjadi 588 juta tCO<sub>2</sub> dan 726 juta tCO<sub>2</sub> pada tahun 2015 dan 2030. Secara umum terjadi peningkatan sebesar 10.8 juta tCO<sub>2</sub> per tahun pada semua Tingkat Rujukam.



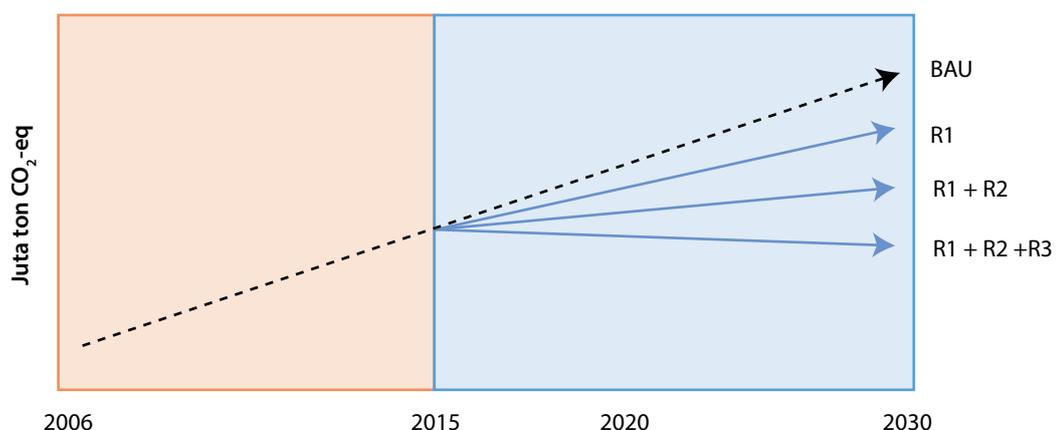
## BAB 5

# Penggunaan Tingkat Rujukan untuk Penurunan Emisi Melalui Restorasi Gambut

Upaya mitigasi perubahan iklim melalui penurunan emisi dari lahan gambut di Indonesia dapat dilakukan sejalan dengan program restorasi lahan gambut dengan pendekatan yang dikenal dengan program 3R, *Rewetting* atau pembasahan kembali (R1), *Revegetation* atau penanaman kembali (R2), dan *Revitalisasi* (R3) masyarakat yang penghidupannya bergantung pada ekosistem lahan gambut. Dengan R1 dekomposisi gambut dan kebakaran lebih lanjut dapat dikendalikan. Program

R2 akan meningkatkan kemampuan penyerapan ekosistem lahan gambut dan meningkatkan sumber bahan organik. Sementara program R3 akan meningkatkan kemampuan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat sehingga mengurangi tekanan terhadap ekosistem gambut.

Restorasi lahan gambut yang dimulai sejak 2016 memerlukan rujukan atau referensi jika digunakan sebagai mekanisme penurunan emisi. Tingkat



Note: R1 = Rewetting; R2 = Revegetation; R3 = Revitalisation

**Gambar 18.** Tindakan restorasi gambut melalui program 3R yang memperbaiki ekosistem gambut sekaligus menurunkan emisi GRK. Penurunan emisi pasca-2015 akan efektif jika program 3R dilakukan secara simultan.

Rujukan yang disusun berdasarkan emisi historis selama periode 2006–2015 serta proyeksinya hingga 2030 seperti ditunjukkan dalam Gambar 18 digunakan untuk menilai tingkat keberhasilan kegiatan restorasi ini.

Ketiga tindakan yang diuraikan di atas dapat dilakukan, baik secara individu maupun simultan, tergantung ketersediaan dana dan penerimaan masyarakat. Skenario intervensi pasca 2015 secara individu dan kombinasi dapat diilustrasikan pada Gambar 15. Efek kumulatif jika ketiga tindakan ini dilakukan secara simultan, secara efektif akan mengurangi emisi, dekomposisi, dan risiko kebakaran yang merupakan salah satu penyebab emisi GRK terbesar.

Program dan anggaran restorasi gambut yang disusun BRG telah dituangkan dalam Rencana Strategis Badan Restorasi Gambut 2016–2020 (P.5/KB BRG-SB/11/2016) dan akan dilaksanakan di tingkat daerah, antara lain melalui Tim Restorasi Gambut Daerah (TRGD). Hasilnya akan efektif jika diintegrasikan ke dalam Rencana Aksi Daerah penurunan emisi GRK (RAD GRK).

Untuk melakukan pemantauan, pelaporan dan verifikasi (MRV) pihak independen, pelaksanaan restorasi memerlukan dukungan teknologi, khususnya yang terkait dengan keberhasilan R1 dan R2, sehingga penggunaan dana publik dapat lebih transparan. Pemantauan tersebut dilakukan oleh BRG disertai dengan ketersediaan peta resolusi tinggi dengan teknologi LiDAR dan jaringan pengamatan tinggi muka air *automatic ground water level recorder* (AGWLR) pada titik-titik yang dianggap perlu, khususnya dalam program R1 pada berbagai kelas intervensi seperti diuraikan dalam Tabel 4:

- Lahan gambut terdampak kebakaran hutan dan lahan tahun 2015
- Perbaikan tata kelola air kubah gambut berkanal di zona lindung
- Perlindungan kubah gambut yang belum dibuka dan tidak berkanal di zona lindung
- Restorasi pada kubah gambut berkanal di zona budi daya

Data LiDAR juga dapat digunakan untuk pemantauan keberhasilan program R2 dalam kaitannya dengan pertumbuhan biomassa dan permudaan alam dalam skala yang detail.

Teknologi LiDAR secara akurat juga dapat digunakan untuk pemantauan subsidiensi

(penurunan) permukaan lahan gambut serta topografi mikro yang membantu penentuan dan perbaikan arah aliran kanal dan lokasi penyekatan kanal, khususnya di lahan terbuka atau semak yang dapat ditembus gelombang LiDAR.

Jika pemantauan dan pelaporan dilakukan untuk perhitungan karbon, maka aturan yang berlaku harus diadopsi. Misalnya, Permen 70/2017 dan 71/2017 disesuaikan dengan Permen 72/2017 tentang MRV.

## 5.1 Skenario intervensi program

### 5.1.1 Pembasahan kembali lahan gambut

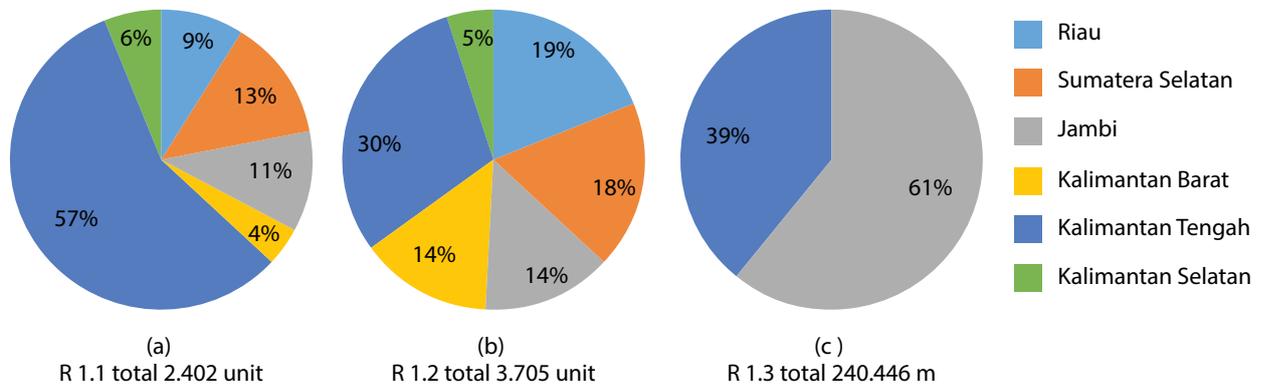
Pembasahan kembali lahan gambut (R1) merupakan salah satu cara restorasi yang langsung dapat dilakukan sebelum cara-cara lain diterapkan. Dalam penganggaran biaya pelaksanaan kegiatan 2018, R1 memiliki tiga bentuk: pembuatan sumur bor untuk memasok air (R1.1), penyekatan kanal (R1.2), penimbunan kanal (R1.3).

Gambar 19 menunjukkan rencana tindakan R1 yang akan dilakukan di tujuh provinsi prioritas pada 2018, kecuali Papua. Berdasarkan volume pekerjaannya, tindakan paling banyak dilakukan di Provinsi Kalimantan Tengah, disusul Jambi, Sumatera Selatan, dan Riau. Volume kegiatan di dua provinsi di Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan relatif lebih kecil.

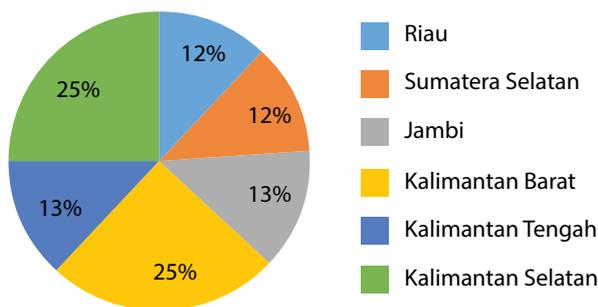
Mengingat luasnya cakupan kegiatan alih guna lahan oleh swasta di Provinsi Riau lebih tinggi, partisipasi swasta diharapkan dapat dipertahankan, bahkan ditingkatkan, khususnya dalam kegiatan yang terkait dengan R1. Dengan demikian, dekomposisi gambut dapat dicegah dan kejadian kebakaran juga dikurangi agar emisi GRK dapat diturunkan.

### 5.1.2 Revegetasi lahan gambut

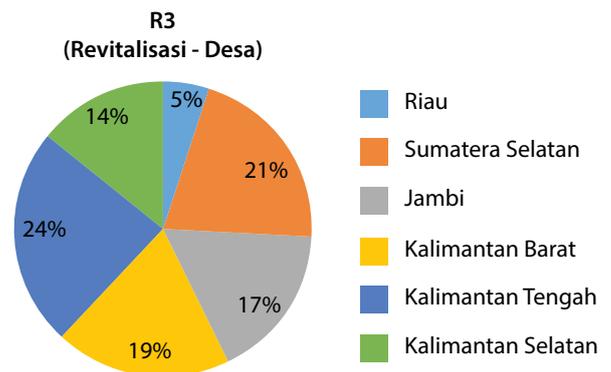
Revegetasi diartikan sebagai tindakan campuran manusia melakukan penanaman pada lahan yang tidak memiliki vegetasi atau pada kondisi vegetasi yang ada tidak tumbuh dan berkembang sesuai dengan yang diharapkan. Dalam kegiatan restorasi lahan gambut yang terdegradasi, revegetasi dimaksudkan untuk memperbaiki



Gambar 19. Rencana tindakan restorasi 2018 dengan pembuatan sumur bor, R1.1 (a) sekat kanal, R1.2 (b), dan penimbunan kanal, R1.3 (c) di setiap provinsi prioritas, kecuali Papua. Konsentrasi kegiatan terdapat di Provinsi Kalimantan Tengah dan Jambi.



Gambar 20. Rencana tindakan restorasi 2018 dengan total areal revegetasi 400 hektar di provinsi prioritas, kecuali Papua



Gambar 21. Rencana tindakan revitalisasi di 75 desa di tahun 2018 di provinsi prioritas, kecuali Papua

sumber biomassa sehingga meningkatkan sumber bahan organik yang dapat disimpan di dalam tanah dan memperbaiki hidrologi lahan, khususnya lahan gambut yang sudah dibasahi kembali.

Gambar 20 menunjukkan bahwa Provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan yang alokasi program R1-nya paling sedikit, menerima perhatian lebih banyak untuk R2. Sementara itu, empat provinsi lainnya hampir merata.

Jika tindakan melalui program R2 tidak mengikuti program R1, kemungkinan besar revegetasi di lahan gambut yang tidak basah akan mengalami kegagalan. Perlu ada penyelarasan program ini di waktu mendatang, agar penurunan emisi berjalan efektif. Meskipun penyerapan karbon atmosfer melalui R2 relatif kecil, dalam jangka panjang kembalinya vegetasi di lahan gambut yang terdegradasi sangat penting.

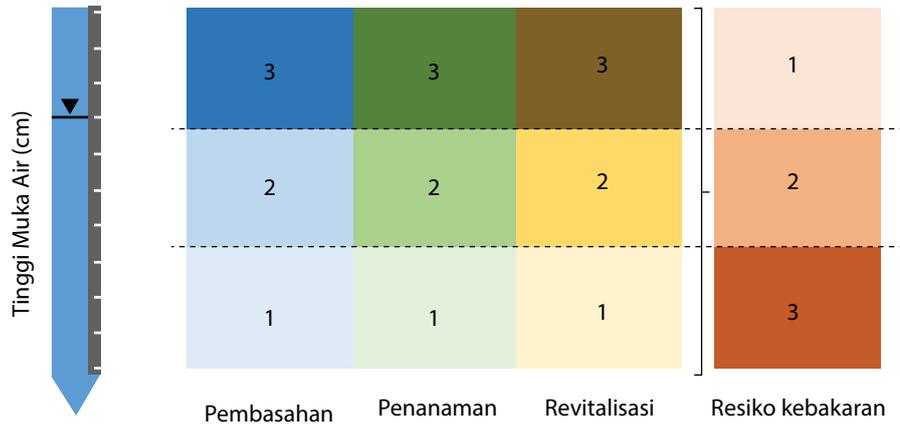
### 5.1.3 Revitalisasi

Kegiatan restorasi akan mengalami tantangan berat jika tidak melibatkan masyarakat. Dari perspektif

sosial perlu ditumbuhkan rasa memiliki dalam masyarakat, sedangkan dalam perspektif ekonomi, kegiatan restorasi merupakan kesempatan kerja jangka pendek, sekaligus sumber pendapatan jangka panjang, setelah proyek berakhir. Berbeda dengan kegiatan R1 dan R2, kegiatan R3 yang ditunjukkan pada Gambar 21 memiliki proporsi yang hampir merata, kecuali Provinsi Riau.

Upaya penurunan emisi GRK akan sangat efektif jika desa-desa yang masyarakatnya dilibatkan dalam R3 membentuk jaringan dengan tujuan meningkatkan kesadaran lingkungan dan ancaman kebakaran, yang akan merugikan kegiatan ekonomi mereka.

Jika kegiatan 3R diimplementasikan dengan baik, dampak kumulatifnya adalah pengurangan resiko kebakaran atau pengurangan emisi tambahan dari kebakaran gambut. Gambar 22 menunjukkan pemeringkatan dampak intervensi program dalam kaitannya dengan emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut yang dimulai dengan R1 yang kemudian disusul dengan R2, dan secara simultan disertai dengan R3.



Gambar 22. Peringkat dampak tindakan restorasi terhadap pembasahan kembali, penanaman-kembali dan revitalisasi dengan skor 1 (=rendah), 2 (=sedang), dan 3 (=tinggi)

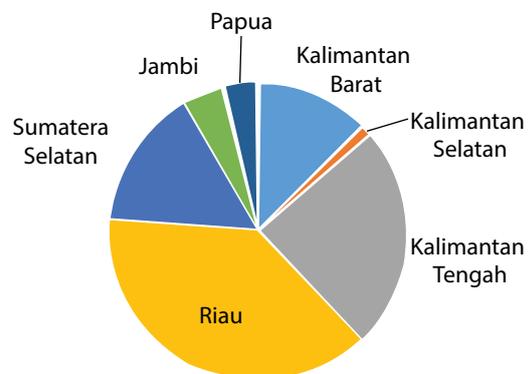
Peringkat ini dapat dipergunakan untuk memberikan skala prioritas terhadap tindakan restorasi secara regional guna menurunkan emisi sesuai dengan skala tersebut. Peringkat yang tinggi (3) memerlukan prioritas yang tinggi dan sebaliknya peringkat yang rendah, skala prioritasnya pun rendah.

## 5.2 Skenario intervensi regional

Berdasarkan sebaran dan luas areal, kegiatan restorasi di tujuh provinsi prioritas (Tabel 4) meliputi area seluas 12,9 juta ha, Provinsi Riau memiliki areal yang terluas (766,837 hektar), diikuti Kalimantan Tengah (629,834 hektar), Sumatera Selatan (596,598 hektar), Jambi (128,379 hektar), Kalimantan Barat (100,928 hektar), Papua (36,679 hektar), dan Kalimantan Selatan (11,466 hektar). Hal ini sejalan dengan peringkat emisi GRK di tujuh provinsi tersebut seperti terlihat dalam Gambar 23.

Bagian terbesar emisi berasal dari dekomposisi gambut yang mengalami degradasi dan kebakaran yang bersifat episodik (lihat Tabel 11). Porsi terbesar ditunjukkan oleh Provinsi Riau dan Kalimantan Tengah. Demikian juga dalam hal penyerapan yang ditunjukkan oleh peningkatan tutupan lahan, dua provinsi ini mendominasi provinsi lainnya.

Intervensi di setiap provinsi memerlukan strategi yang berbeda sesuai dengan penyebab atau sumber emisi. Lebih dari itu, intervensi juga harus dibedakan menurut status kepemilikan lahan. Lahan publik dan lahan yang dikuasai swasta memerlukan penanganan yang berbeda. Skala



Gambar 23. Peringkat emisi GRK di tujuh provinsi prioritas restorasi.

prioritas perlu disusun berdasarkan peringkat pentingnya sumber emisi agar strategi penurunan emisi di setiap provinsi melalui intervensi regional efektif.

Tabel 12 menunjukkan gradasi atau skala prioritas umum untuk setiap tindakan dengan tujuan menurunkan emisi. Pemerintah bekerja sama dengan masyarakat dan kalangan swasta dapat menyosialisasikan peringkat ini di daerah sehingga upaya yang dilakukan dan biaya yang digunakan dapat dioptimalkan.

Dari Tabel di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa provinsi yang memiliki banyak skor 3 (**Riau, Sumatera Selatan, dan Kalimantan Tengah**) perlu mendapat prioritas yang tinggi dalam R1, R2, dan pencegahan kebakaran yang melibatkan masyarakat dan sektor swasta pengelola lahan gambut dalam skala besar. Sementara, **Jambi dan Kalimantan Barat** yang didominasi skor 2 adalah provinsi-provinsi bergambut dengan prioritas menengah.

**Tabel 11. Emisi CO<sub>2</sub> di setiap provinsi berdasarkan sumber emisi**

Provinsi	Rata-Rata Emisi Tahunan (ton CO <sub>2</sub> )				
	Tutupan lahan	Dekomposisi	Kebakaran	Kanal	Total
Kalimantan Barat	7.050.092	28.446.596	7.155.975	4.698.188	47.350.852
Kalimantan Selatan	414.868	1.031.359	1.273.794	498.297	3.218.319
Kalimantan Tengah	17.994.231	45.705.609	26.476.502	3.090.980	93.267.322
Riau	20.233.776	89.863.469	26.654.126	8.545.899	145.297.269
Sumatera Selatan	9.283.916	31.099.500	14.765.727	4.284.725	59.433.869
Jambi	3.978.208	7.348.237	4.224.647	1.552.331	17.103.423
Papua	3.598.145	9.161.642	993.353	58.227	13.811.367

Catatan: Emisi dariutupan lahan sudah termasuk penyerapan CO<sub>2</sub> dari vegetasi baru

Sumber: Renstra BRG 2016–2020

**Tabel 12. Skala prioritas intervensi program berdasarkan peringkat pentingnya sumber emisi di tujuh provinsi prioritas restorasi**

Provinsi	Sumber emisi	Alih guna lahan	Dekomposisi	Kanal	Kebakaran
Riau		3	3	3	3
Jambi		2	2	3	2
Sumatera Selatan		3	3	3	3
Kalimantan Barat		2	2	3	3
Kalimantan Tengah		3	3	3	3
Kalimantan Selatan		1	2	1	1
Papua		2	1	1	1

Keterangan: 1=rendah, 2=sedang, 3=tinggi

Sementara itu, prioritas yang terakhir diberikan kepada Provinsi **Kalimantan Selatan** dan **Papua**.

Tabel 12 juga menunjukkan bahwa posisi skor dalam kegiatan restorasi cukup berbeda antara satu provinsi dengan provinsi lain. Dengan demikian, bentuk intervensi programnya pun harus dibedakan.

### 5.3 Strategi Pemantauan Penurunan Emisi

Untuk mengetahui berapa besar dampak penurunan emisi akibat kegiatan pembasahan ulang, penanaman kembali, serta revitalisasi (3R), diperlukan upaya pengukuran dan pemantauan secara reguler faktor-faktor yang dapat digunakan untuk penghitungan emisi. Komponen kegiatan pembasahan ulang dan penanaman kembali yang berhasil dilakukan akan dapat memberikan kontribusi langsung terhadap upaya pencapaian

target penurunan emisi. Karena itu, diperlukan strategi pengukuran dan pemantauan kedua komponen ini agar dampak dari komponen tersebut dapat diukur secara akurat dan dapat diperbandingkan.

Meskipun komponen kegiatan revitalisasi berdampak secara tidak langsung terhadap penurunan emisi, komponen revitalisasi dapat memberikan landasan penting untuk keberhasilan target pencapaian penurunan emisi atau juga dapat berkontribusi terhadap penyelesaian masalah yang selama ini menjadi penyebab mendasar deforestasi, degradasi hutan, dan kebakaran gambut selalu terjadi.

Dalam sub-bab ini hanya dijelaskan mengenai strategi pengukuran dan pemantauan upaya penurunan emisi yang bersifat langsung, khususnya untuk komponen pembasahan ulang dan penanaman kembali. Akan tetapi, strategi pengukuran emisi akibat kebakaran gambut juga disampaikan di sini. Keberhasilan di dalam

pengurangan kejadian kebakaran gambut juga merupakan salah satu keberhasilan dari kegiatan revitalisasi walaupun perlu dikaji lebih lanjut.

### 5.3.1 Pemantauan penurunan emisi pada kegiatan pembasahan ulang

Upaya restorasi ekosistem gambut melalui pembasahan ulang bertujuan menurunkan emisi akibat dekomposisi gambut. Untuk menghitung dampaknya, diperlukan pemantauan perubahan muka air tanah akibat pembangunan sekat atau penimbunan kanal. Karena itu, pengukuran muka air tanah sangat penting sebagai upaya pemantauan emisi di lahan gambut.

Penyekatan dan penimbunan kanal dapat meningkatkan muka air tanah setinggi 0,37–1,12 m (Ritzema et al, 2014). Pengukuran langsung muka air tanah di lapangan diperlukan untuk meningkatkan keakuratan nilai estimasi emisi. Untuk itu, *automatic weather station* (AWS) dan *automatic ground water level recorder* (AGWLR) diperlukan untuk mendapatkan data cuaca dan muka air tanah secara *real time* dan reguler. Sejumlah AWS dan AGWLR telah dipasang dan beroperasi di beberapa provinsi prioritas. Selain jumlah yang cukup, sebaran lokasi pemasangan alat juga perlu dipertimbangkan agar memiliki keterwakilan dari sebaran gambut di wilayah prioritas.

Selain yang telah dipasang dan didanai BRG, alat pemantauan muka air tanah juga banyak terpasang di lahan perusahaan perkebunan sawit dan hutan tanaman industri. Data-data tersebut diharapkan dapat diintegrasikan ke dalam *database* yang dimiliki BRG saat ini. Integrasi dengan database Direktorat PKG KLHK perlu diusahakan. Sebagai contoh, sistem pemantauan muka air tanah yang berbasis daring juga banyak terpasang di beberapa lokasi di Indonesia. Namun, datanya masih belum dapat diakses untuk diintegrasikan dengan data BRG. Untuk itu, diperlukan peninjauan kerja sama dengan pihak terkait untuk mendapatkan data tersebut.

Hingga saat ini terdapat 66 alat AGWLR yang telah terpasang di enam provinsi prioritas restorasi (Tabel 13). Selain itu, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) memiliki peran di dalam pemantauan muka air tanah di perusahaan hutan tanaman industri. Sebagai bagian dari

kewajiban perusahaan HTI di ekosistem gambut, perusahaan wajib memasang, mengukur, dan melaporkan data muka air tanah ke KLHK sehingga dapat meningkatkan jumlah jaringan titik pemantauan muka air tanah di Indonesia.

Pendugaan emisi dari suatu bentang ekosistem gambut dapat dilakukan menggunakan data muka air tanah pada dua waktu yang berbeda, misalnya dari data tahun pertama (T1) dan tahun kedua (T2). Dengan menggunakan data pengukuran muka air tanah di lahan gambut yang tersebar merata di areal intervensi, dinamika penurunan muka air tanah dapat dikembangkan menggunakan model interpolasi atau perataan nilai per KHG. Nilai emisi yang terjadi pada T1 dan T2 selanjutnya dapat diduga menggunakan model-model yang sudah dikembangkan sebelumnya (lihat Carlson et al, 2012, Hooijer et al, 2012, Jauhiniien et al, 2012, Husnain et al, 2014, atau Wakhid et al, 2017).

Selain data permukaan muka air tanah, luas areal terdampak akibat penyekatan dan penimbunan kanal diperlukan sebagai data aktivitas. Pembuatan kanal drainase dapat menurunkan muka air tanah hingga jarak 1 km (Ritzema et al, 2014). Angka ini dapat digunakan sebagai estimasi awal, sebelum data yang lebih akurat dan spesifik lokal dapat dikumpulkan.

Pendekatan lain yang relatif langsung adalah dengan melakukan pengukuran kedalaman penurunan permukaan tanah gambut dan luasan yang terkena dampak. Dengan data tersebut, volume gambut yang terdekomposisi dapat diduga. Dengan asumsi semua kejadian penurunan muka tanah gambut disebabkan oleh dekomposisi gambut, bukan karena pemadatan tanah.

### 5.3.2 Pemantauan penurunan emisi dari kegiatan revegetasi

Kegiatan revegetasi atau penanaman kembali, juga berpotensi memberi pengaruh langsung pada penyerapan karbon. Untuk itu, mengetahui dampak atau jumlah karbon yang diserap oleh tanaman, pemantauan perlu dilakukan secara reguler. Pemantauan dapat dilakukan melalui dua pilihan pendekatan, yaitu pengukuran langsung di lapangan atau menggunakan penginderaan jauh.

Pada pengukuran langsung, pengukuran dapat dilakukan pada plot-plot ukur yang ditentukan baik secara acak atau sistematis. Pengukuran vegetasi

**Tabel 13. Jumlah AGWLR di provinsi prioritas yang dibangun oleh BRG dan pihak lain (per Februari 2018)**

Provinsi	BRG	Lembaga Donor
Riau	7	4
Jambi	5	14
Sumatera Selatan	10	4
Kalimantan Barat	5	0
Kalimantan Tengah	12	4
Kalimantan Selatan	1	0
Papua	0	0
Grand Total	40	26

pada plot, dapat mengacu pada SNI 7724:2011 tentang Pengukuran dan Penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penafsiran cadangan karbon hutan (*ground based forest carbon accounting*), dengan data diameter dan atau tinggi tanaman diukur. Konversi data pengukuran dalam plot menjadi biomassa, dapat menggunakan beberapa persamaan alometrik khusus pohon hutan rawa gambut (Manuri et al, 2014).

Pendekatan penginderaan jauh memerlukan teknologi yang memiliki kemampuan akuisisi beresolusi tinggi, karena kegiatan revegetasi melibatkan wilayah yang biasanya relatif kecil, terpisah-pisah, serta dampaknya yang relatif kecil. Beberapa teknologi satelit sudah mampu merekam dengan resolusi di bawah 1 meter, misalnya GeoEye, Ikonos, dll, dapat digunakan untuk kepentingan ini.

Selain itu, foto udara menggunakan pesawat atau pesawat nir-awak (*drone*) juga sangat berpotensi dalam memantau kegiatan revegetasi karena kemampuannya mengidentifikasi individu pohon. Namun, karena belum tersedianya data terkait dengan faktor serapan berdasarkan data citra penginderaan jauh, pengukuran plot di lapangan juga tetap diperlukan untuk validasi dan pengembangan model, seperti pengembangan model alometrik untuk menduga biomassa yang menggunakan diameter kanopi pohon.

### 5.3.3 Pemantauan emisi dari kebakaran gambut

Emisi dari kebakaran lahan gambut dapat diduga dari jumlah tanah gambut yang terbakar. Untuk itu diperlukan data luas areal gambut terbakar dan kedalaman gambut yang terbakar. Pada areal yang

relatif luas, pendekatan menggunakan penginderaan jauh menjadi paling efektif. Penginderaan jauh yang menggunakan sensor optik dapat digunakan untuk estimasi luas areal terbakar. Untuk mengukur kedalaman gambut terbakar, hanya dapat dilakukan menggunakan pengukuran di lapangan atau menggunakan LiDAR (Light Detection and Ranging), yaitu pemindai laser tiga dimensi yang dapat ditempatkan di pesawat udara untuk memindai area lahan.

### 5.3.4 Teknologi Pemantauan dengan Penginderaan Jauh

Dukungan teknologi LiDAR secara akurat digunakan untuk pemantauan biomassa, permudaan alam, subsidi (penurunan) permukaan lahan gambut, dan topografi mikro yang membantu penentuan arah aliran kanal dan lokasi penyekatan kanal. Data LiDAR dapat digunakan untuk membuat peta hidrotopografi yang dapat digunakan untuk perencanaan lokasi penyekatan kanal karena dapat menentukan arah aliran kanal serta beda ketinggian kanal secara akurat. Pemanfaatan teknologi LiDAR dapat digunakan untuk pembuatan skala detail hingga 1:1.000.

Penggunaan LiDAR pada pesawat memerlukan biaya yang cukup tinggi. Namun, saat ini telah berkembang teknologi pemetaan LiDAR menggunakan pesawat nir-awak (*drone*). Untuk wilayah yang kecil, drone akan sangat bermanfaat dan berpotensi digunakan, khususnya terkait dengan pemantauan vegetasi ataupun kebakaran gambut. Pada pemantauan perubahan permukaan tanah akibat dekomposisi, *drone* LiDAR belum dapat digunakan karena ketelitiannya yang lebih rendah dibandingkan dengan *airborne* LiDAR. Drone dan *airborne* LiDAR dapat digunakan untuk pemetaan kanal yang tertutup kanopi pohon. Kemampuan sensor LiDAR menembus daun dapat dimanfaatkan untuk mengetahui jaringan sungai atau kanal kecil yang dibuat oleh penebang liar untuk mengeluarkan kayu tebangan dari hutan rawa gambut. Dengan demikian, perbaikan data sebaran kanal dapat dilakukan dengan tingkat keakuratan yang tinggi untuk wilayah-wilayah target yang masih berhutan.

Berbeda dengan teknologi sensor optik, teknologi LiDAR dapat digunakan untuk berbagai keperluan termasuk dalam pemantauan emisi dan serapan di ekosistem gambut, antara lain:

1. Pemantauan perubahan permukaan tanah gambut akibat dekomposisi gambut. Namun, karena perubahan yang sangat kecil, pemantauan permukaan gambut menggunakan LiDAR sebaiknya dilakukan pada selang jangka waktu yang panjang, misalnya 5–10 tahun.
2. Pemantauan perubahan permukaan tanah gambut akibat kebakaran hutan.
3. Pemantauan tinggi dan lebar kanopi pohon.

Kendala yang mungkin dihadapi dalam pemanfaatan teknologi LiDAR untuk pemetaan ekosistem gambut adalah awan dan hujan,

karena selain membatasi kemampuan pesawat untuk terbang, juga menyebabkan bias pantulan gelombang LiDAR serta gangguan pada pemantauan sensor optik yang biasanya dipasang bersamaan dengan sensor LiDAR. Selain itu, gelombang LiDAR juga tidak dapat menembus objek keras, seperti batang kayu. Pada tutupan semak yang rapat, LiDAR sering kali tidak dapat menembus hingga permukaan tanah. Hal ini berpotensi menyebabkan kesalahan di dalam pembuatan model elevasi digital (DEM) secara otomatis. Karena itu, metode supervisi manual diperlukan untuk memperbaiki kesalahan tersebut.

# Daftar Pustaka

- Agus, F., Subiksa, I.M., 2008. Lahan Gambut : Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan, Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. *World Agroforestry Center and Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development*, Bogor.
- Andriess JP. 1988. Nature and Management of Tropical Peat Soils. *Food and Agriculture Organization of the United Nations Soils Bulletin* no. 59. FAO.
- Badan Restorasi Gambut, 2016. Rencana Strategis Badan Restorasi Gambut 2016–2020 . *Badan Restorasi Gambut*, Jakarta
- Badan Restorasi Gambut, 2017. Pedoman Pelaksanaan Program Desa Peduli Gambut, *Badan Restorasi Gambut*, Jakarta.
- Ballhorn, U., Siegert, F., Mason, M., Limin, S., 2009. Derivation of burn scar depths and estimation of carbon emissions with LIDAR in Indonesian peatlands. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106, 21213–21218. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906457106>
- Bappenas. 2013. Petunjuk Teknis Pemantauan, Evaluasi dan Pelaporan Pelaksanaan RAD-GRK. *Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional*, Jakarta.
- BBSDLP, 2011. Peta lahan gambut indonesia Skala 1:250.000. *Kementerian Pertanian*, Jakarta.
- 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., 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 7559–7564. <https://doi.org/10.1073/pnas.1200452109>
- Dommain, R., Couwenberg, J., Joosten, H., 2011. Development and carbon sequestration of tropical peat domes in south-east Asia: links to post-glacial sea-level changes and Holocene climate variability. *Quaternary Science Reviews* 30, 999–1010
- Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Tanabe, K. (eds.), 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. *National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES*, Japan. Online at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- Gorham E. 1991. Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable response to climatic warming. *Ecol Appl* 1:182–195.
- Gumbricht T, Roman-Cuesta RM, Verchot L, Herold M, Wittmann F, Householder E, Herold N and Murdiyarso D. 2017. An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor. *Global Change Biology*. DOI: 10.1111/gcb.13689
- Hooijer, A., Page, S., Jauhiainen, J., Lee, W.A., Lu, X.X., Idris, A., Anshari, G., 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences* 9, 1053–1071. <https://doi.org/10.5194/bg-9-1053-2012>
- Husnain, H., Wigena, I.G.P., Dariah, A., Marwanto, S., Setyanto, P., Agus, F., 2014. CO<sub>2</sub> emissions from tropical drained peat in Sumatra, Indonesia. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* 19, 845–862. <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9550-y>
- Huijnen, V., Wooster, M., Kaiser, J., Gaveau, D., Flemming, J., Parrington, M., Inness, A., Murdiyarso, D., Main, B., Van Weele, M., 2016. Fire carbon emissions over maritime southeast Asia in 2015 largest since 1997. *Scientific reports* 6, 26886.
- Immirzi CP, Maltby E. 1992. The global status of peatlands and their role in carbon cycling, a report for Friends of the Earth by the Wetland Ecosystems. (Department of Geography, University of Exeter, Exeter, UK) *Research Group Report*.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC, 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. *In: Hirashi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., Troxler, T.G. (Eds.). IPCC*, Switzerland
- Jaenicke J, Rieley JO, Mott C, Kimman P, Siegert F. 2008. Determination of the amount of carbon stored in Indonesian peatlands. *Geoderma* 147:151–158
- Jauhiainen, J., Hooijer, a., Page, S.E., 2012. Carbon dioxide emissions from an *Acacia* plantation on peatland in Sumatra, Indonesia. *Biogeosciences* 9, 617–630. <https://doi.org/10.5194/bg-9-617-2012>
- Konecny, K., Ballhorn, U., Navratil, P., Jubanski, J., Page, S.E., Tansey, K., Hooijer, A., Vernimmen, R., Siegert, F., 2016. Variable carbon losses from

- recurrent fires in drained tropical peatlands. *Glob. Chang. Biol.* 22. <https://doi.org/10.1111/gcb.13186>
- KLHK. 2014. Potensi Sumber Daya Hutan dari Plot Inventarisasi Hutan Nasional. Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, Ditjen Planologi Kehutanan. *Direktorat Jendral Planologi Kehutanan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*, Jakarta.
- Manuri, S., Brack, C., Nugroho, N.P., Hergoualc'h, K., Novita, N., Dotzauer, H., Verchot, L., Putra, C.A.S. and Widyasari, E., 2014. Tree biomass equations for tropical peat swamp forest ecosystems in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 334, pp.241–253.
- Miettinen J, Shi C, and Liew SC. 2012. Two decades of destruction in Southeast Asia's peat swamp forests. *Front Ecol Environ* 2012; 10(3): 124–128, doi:10.1890/100236.
- MoEF, 2016, National Forest Reference Emission Level for Deforestation and Forest Degradation
- MRI (2013). Green House Gas Reduction Project through Forest Conservation in Peat land in Central Kalimantan: Mitsubishi Research Institute, Inc
- Murdiyarsa D, Hergoualc'h K, and Verchot LV 2010. Opportunities for reducing greenhouse gas emissions in tropical peatlands. *PNAS*. 107 (46):19655–19660
- Page S E, Wust R A J, Weiss D, Rieley J O, Shoty Wand Limin S H. 2004. A record of Late Pleistocene and Holocene carbon accumulation and climate change from an equatorial peat bog (Kalimantan, Indonesia): implications for past, present and future carbon dynamics *J. Quaternary Sci.* 19 625–35.
- Page S, Rieley J and Banks C. 2011. Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology* 17: 798–818. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x
- Polak, B. 1950. Occurrence and fertility of tropical peat soils in Indonesia. *Transactions 4th Int. Cong. Soil Sci.* 2, 183–185.
- Posa MRC, Lahiru S, Wijedasa LS, Corlett RT. 2011. Biodiversity and conservation of tropical peat swamp forests. *BioScience* 61(1):49–57.
- Ritung, S., Wahyunto, Nugroho, K., S., Hikmatullah, Suparto, Tafakresnanto, C., 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250 000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Bogor.
- Ritzema, H., Limin, S., Kusin, K., Jauhiainen, J. and Wösten, H., 2014. Canal blocking strategies for hydrological restoration of degraded tropical peatlands in Central Kalimantan, Indonesia. *Catena*, 114, pp.11–20.
- Soil Survey Staff, 2014. Keys to Soil Taxonomy. USDA. *Natural Resources Conservation Service, US Government Printing Office*, Washington, DC.
- Wahyunto, Nugroho, K., Agus, F., 2016. Perkembangan Pemetaan dan Distribusi Lahan Gambut di Indonesia, in: Agus, F., Anda, M., Jamil, A. (Eds.), *Lahan Gambut Indonesia: Pembentukan, Karakteristik Dan Potensi Mendukung Ketahanan Pangan*. *IAARD Press*, Bogor, pp. 33–60.
- Wetlands International – Indonesia Programme, 2006. Maps of Peatland Distribution, Area and Carbon Content in Papua, 2000 - 2001. *Wetlands International – Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC)*.
- Wetlands International – Indonesia Programme, 2003. Maps of Area of Peatland Distribution and Carbon Content in Sumatera, 1990 – 2002. *Wetlands International – Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC)*.

# Lampiran

Lampiran 1. Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Riau Tahun 2006–2015

PL 2006		PL 2015													Total		
R/AU	Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb	Tm	Tr	Total
Target Restorasi	-	50	2.068	67.379	248.535	667	86.089	173.773	222	12.893	8.378	1.758	183.886	-	587	-	773.393
Hmp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3
Hms	-	50	-	-	-	-	131	2	-	-	-	-	0	-	-	-	183
Hrp	-	-	2.068	2.012	9.759	-	2.262	-	-	-	-	-	5.312	-	-	-	21.413
Hrs	-	-	-	64.351	101.654	263	40.338	10.151	-	39	-	-	68.250	-	-	-	285.045
Ht	-	-	-	847	92.819	-	1.695	727	-	-	-	-	42.094	-	-	-	138.182
B	-	-	-	0	133	-	134	1.753	-	8	-	-	898	-	-	-	2.925
Br	-	-	-	104	14.078	-	34.395	2.725	-	-	-	-	18.636	-	-	-	69.938
Pk	-	-	-	-	186	-	19	145.025	-	0	-	-	4.079	-	-	-	149.308
Pm	-	-	-	-	-	-	-	-	196	-	-	-	-	-	-	-	196
Rw	-	-	-	-	-	-	3.202	-	-	8.331	-	-	22	-	-	-	11.556
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sw	-	-	-	-	-	-	39	905	-	1.758	-	-	-	-	-	-	2.703
T	-	-	-	65	29.907	404	3.787	12.485	26	-	-	-	44.591	-	-	-	91.266
Tb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tm	-	-	-	-	-	-	88	-	-	-	-	-	-	-	587	-	675
Tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Nontarget Restorasi</b>	-	24.554	64.175	817.415	157.028	2.803	543.306	780.536	12.919	4.516	16	65.730	227.055	184	3.558	-	2.703.794
Hmp	-	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81
Hms	-	24.090	-	338	-	-	1.023	655	-	-	-	-	169	-	-	-	26.275
Hrp	-	-	64.175	46.285	1.114	-	7.210	187	-	-	-	-	2.284	-	-	-	121.256
Hrs	-	376	-	747.379	59.205	244	213.590	77.498	-	91	-	-	89.851	-	10	-	1.188.245
Ht	-	3	-	931	50.460	-	2.845	1.907	-	-	-	-	19.214	-	-	-	75.360
B	-	-	-	31	7.382	1.493	4.904	13.638	33	-	-	-	4.039	-	-	-	31.521
Br	-	-	-	21.943	12.371	91	280.066	46.269	53	20	-	-	22.537	-	-	-	383.351
Pk	-	-	-	13	-	-	1.323	559.416	306	-	-	-	3.697	-	150	-	564.904
Pm	-	-	-	-	-	-	-	21	12.191	-	-	-	-	-	-	-	12.212
Rw	-	-	-	-	-	-	342	-	-	4.404	-	-	-	-	-	-	4.746
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	16
Sw	-	-	-	-	-	-	50	42.773	-	65.730	-	-	25	-	23	-	108.601
T	-	4	-	496	26.496	975	31.883	38.173	335	-	-	-	85.237	-	-	-	183.598
Tb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	184	-	-	184
Tm	-	-	-	-	-	-	69	-	-	-	-	-	-	-	3.376	-	3.444
Tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan:

- 16 jenis Penutupan Lahan yang dianalisis adalah Hutan mangrove primer (Hmp); Hutan mangrove sekunder (Hms); Hutan rawa primer (Hrp); Hutan rawa sekunder (Hrs); Hutan tanaman (Ht); Semak/Belukar (B); Belukar rawa (Br); Perkebunan (Pk); Permukiman (Pm); Rawa (Rw); Savana/Padang Rumput (S); Sawah (Sw); Tanah terbuka (T); Tambak (Tb); Pertambangan (Tm); Transmigrasi (Tr)
- Penetapan Target Restorasi/Nontarget Restorasi mengacu pada Daftar Target per Provinsi yang terdapat dalam SK Kepala BRG Nomor SK.05-BRG-KPTS-2016

## Lampiran 2. Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Jambi Tahun 2006–2015

PL 2006	PL 2015	Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb	Tm	Tr	Total
JAMBI		33	193	137.670	30.150	58.132	4.170	89.042	87.985	163	2.761	0	0	53.485	0	0	0	463.785
Target Restorasi		-	2	218	699	44.555	1.790	23.034	23.059	41	245	-	-	39.735	-	-	-	133.379
Hmp		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hms		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hrp		-	-	217	437	-	714	6.891	14.855	-	-	-	-	13.443	-	-	-	36.558
Hrs		-	1	262	35.843	690	12.106	3.665	3.665	41	-	-	-	20.785	-	-	-	73.393
Ht		-	2	-	7.575	92	230	74	-	-	-	-	-	139	-	-	-	8.113
B		-	-	-	12	290	1	203	-	-	-	-	-	182	-	-	-	688
Br		-	-	-	1.032	-	3.387	181	-	-	-	-	-	5.157	-	-	-	9.757
Pk		-	-	-	32	39	3.176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.249
Pm		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rw		-	-	-	18	173	-	-	-	-	245	-	-	6	-	-	-	443
S		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sw		-	-	-	-	-	-	-	557	-	-	-	-	-	-	-	-	557
T		-	-	-	42	207	-	-	347	-	-	-	-	23	-	-	-	622
Tb		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tm		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tr		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nontarget Restorasi		33	191	137.452	29.451	13.577	2.380	66.007	64.925	122	2.515	-	-	13.750	-	-	-	330.406
Hmp		33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
Hms		-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180
Hrp		-	-	137.446	2.734	-	156	14.086	34.422	-	-	-	-	4.080	-	-	-	192.924
Hrs		-	-	5	26.536	11.402	671	34.397	6.038	43	-	-	-	8.843	-	-	-	87.936
Ht		-	11	-	60	1.573	203	905	285	-	-	-	-	302	-	-	-	3.338
B		-	-	-	66	1.335	201	295	-	-	-	-	-	56	-	-	-	1.953
Br		-	-	-	93	-	0	16.284	35	-	-	-	-	348	-	-	-	16.761
Pk		-	-	-	-	-	7	2	22.923	-	-	-	-	-	-	-	-	22.932
Pm		-	-	-	-	-	-	-	79	-	-	-	-	-	-	-	-	79
Rw		-	-	-	24	-	-	1	-	-	2.515	-	-	-	-	-	-	2.540
S		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sw		-	-	-	-	-	-	-	505	-	-	-	-	-	-	-	-	505
T		-	-	-	-	204	8	131	20	-	-	-	-	116	-	-	-	480
Tb		-	-	-	-	-	-	-	401	-	-	-	-	-	-	-	-	401
Tm		-	-	-	121	215	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	342
Tr		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan:

- 16 jenis Penutupan Lahan yang dianalisis adalah Hutan mangrove primer (Hmp); Hutan mangrove sekunder (Hms); Hutan rawa primer (Hrp); Hutan rawa sekunder (Hrs); Hutan tanaman (Ht); Semak/ Belukar (B); Belukar rawa (Br); Perkebunan (Pk); Permukiman (Pm); Rawa (Rw); Savana/Padang Rumput (S); Sawah (Sw); Tanah terbuka (T); Tambak (Tb); Pertambangan (Tm); Transmigrasi (Tr)
- Penetapan Target Restorasi/Nontarget Restorasi mengacu pada Daftar Target per Provinsi yang terdapat dalam SK Kepala BRG Nomor SK.05-BRG-KPTS-2016

### Lampiran 3. Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2006–2015

PL 2006	PL 2015	Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb	Tm	Tr	Total
SUMATERA SELATAN		188	1.142	-	40.496	148.973	38.110	314.530	183.080	17.453	14.162	33.226	82.390	308.150	6.081	249	-	1.188.228
Target Restorasi		39	434	-	3.356	98.758	19.209	127.535	83.417	385	3.907	18.876	3.175	243.839	1.938	-	-	604.871
Hmp		39	295	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	0	-	-	350
Hms		139	-	-	200	185	-	17	65	-	-	-	-	43	100	-	-	750
Hrp		-	-	-	29	507	-	388	684	-	-	-	-	10.606	-	-	-	12.214
Hrs		-	-	-	3.127	4.268	17	12.846	1.670	-	-	-	-	30.592	-	-	-	52.521
Ht		-	-	-	-	12.937	-	34	-	-	-	-	-	12.050	-	-	-	25.022
B		-	-	-	-	425	1.225	1.411	0	-	-	-	-	1.989	-	-	-	5.050
Br		-	-	-	-	50.458	13.498	102.207	33.001	-	1.102	-	680	133.965	115	-	-	335.025
Pk		-	-	-	-	903	6	389	24.051	2	-	-	-	1.316	-	-	-	26.666
Pm		-	-	-	-	-	-	3	383	-	-	-	-	-	-	-	-	389
Rw		-	-	-	-	3.862	132	2.909	4.382	-	2.687	-	-	15.030	-	-	-	29.002
S		-	-	-	-	420	-	2.097	5.398	-	118	18.876	25	1.221	-	-	-	28.155
Sw		-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	2.471	-	30	-	-	2.511
T		-	-	-	-	24.792	4.331	5.234	13.726	-	-	-	-	37.012	-	-	-	85.095
Tb		-	-	-	-	-	-	-	427	-	-	0	-	-	1.694	-	-	2.121
Tm		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tr		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Nontarget Restorasi</b>		<b>149</b>	<b>707</b>	<b>-</b>	<b>37.139</b>	<b>50.215</b>	<b>18.901</b>	<b>186.994</b>	<b>99.662</b>	<b>17.068</b>	<b>10.254</b>	<b>14.349</b>	<b>79.215</b>	<b>64.311</b>	<b>4.143</b>	<b>249</b>	<b>-</b>	<b>583.357</b>
Hmp		149	223	-	23	-	-	-	2	-	-	-	-	6	-	-	-	402
Hms		-	475	-	481	80	-	8	4	-	-	-	21	7	-	-	-	1.075
Hrp		-	-	-	-	812	-	787	967	-	-	-	-	3.397	-	-	-	5.964
Hrs		-	9	-	34.097	5.262	-	16.884	2.373	18	-	-	-	30.418	-	-	-	89.061
Ht		-	-	-	2.539	6.030	-	-	-	-	-	-	-	167	-	-	-	8.737
B		-	-	-	-	183	4.098	3.810	1.372	-	-	-	-	693	-	-	-	10.156
Br		-	-	-	-	34.811	13.597	153.679	61.163	-	5.846	-	1.673	20.378	5	-	-	291.152
Pk		-	-	-	-	644	139	549	14.804	0	-	-	-	170	-	-	-	16.307
Pm		-	-	-	-	-	-	28	485	17.050	-	-	-	0	-	-	-	17.563
Rw		-	-	-	-	1.059	-	4.415	1.957	-	2.561	-	-	273	-	-	-	10.267
S		-	-	-	-	531	-	3.776	3.231	-	1.848	14.140	414	787	-	-	-	24.726
Sw		-	-	-	-	-	-	623	1.430	-	-	-	77.107	-	268	-	-	79.428
T		-	-	-	-	803	1.066	2.304	11.032	-	-	-	-	7.867	-	-	-	23.072
Tb		-	-	-	-	-	-	-	671	-	-	210	-	-	3.870	-	-	4.751
Tm		-	-	-	-	-	-	130	173	-	-	-	-	147	-	249	-	699
Tr		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan:

- 16 jenis Penutupan Lahan yang dianalisis adalah Hutan mangrove primer (Hmp); Hutan mangrove sekunder (Hms); Hutan rawa primer (Hrp); Hutan rawa sekunder (Hrs); Semak/ Belukar (B); Belukar rawa (Br); Perkebunan (Pk); Perumahan (Pm); Sawah (Sw); Tanah terbuka (T); Tambak (Tb); Pertambangan (Tm); Transmigrasi (Tr)
- Penetapan Target Restorasi/Nontarget Restorasi mengacu pada Daftar Target per Provinsi yang terdapat dalam SK Kepala BRG Nomor SK.05-BRG-KPTS-2016

#### Lampiran 4. Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Kalimantan Barat Tahun 2006–2015

PL 2015		Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb	Tm	Tr	Total
PL 2006																		
KALIMANTAN BARAT	0	5.603	4.645	756.497	44.830	12.693	200.053	277.750	1.098	2.077	0	53.761	64.565	0	2.011	267	1.425.850	
Target Restorasi				1.078	25.811	1.373	26.903	28.806	61	377	0	6.116	12.289	0	11		102.825	
Hmp																		
Hms								61						57				118
Hrp				2				162										164
Hrs				1.075	24.722	413	6.552	19.939		32			650	9.905	11			63.300
Ht					12			2										13
B					0	772		17										902
Br					505		19.359	3.793					518	1.223				25.398
Pk					571	26	744	4.644					3	2				5.991
Pm							14		61									75
Rw							34			184				0				217
S																		
Sw									195				4.945	3				5.144
T						162	28	54		161			1.098					1.503
Tb															0			0
Tm																		
Tr																		
<b>Nontarget Restorasi</b>		5.603	4.645	755.419	19.019	11.320	173.150	248.943	1.037	1.700			47.645	52.276		2.000	267	1.323.024
Hmp																		
Hms								442	53									5.297
Hrp				5.256			1.932	4.911					330					17.075
Hrs		801	4.645	741.933	16.610	1.035	67.595	156.500	105	12			1.341	35.447	815			1.022.196
Ht																		
B					297		8.692	331	5.515					127		172		15.133
Br				8.230	2.112	106	102.204	15.245	38				2.905	8.145	337			139.321
Pk						129	316	58.856					4.583	634				64.618
Pm							16		805									821
Rw							186	24		1.659				8				1.876
S																		
Sw								48	2.601	89			38.562	141				41.441
T						1.305	80	4.957		29			154	7.445	26			13.996
Tb																		
Tm							53	0	282							651		985
Tr																		267

Catatan:

- 16 jenis Penutupan Lahan yang dianalisis adalah Hutan mangrove primer (Hmp); Hutan mangrove sekunder (Hms); Hutan rawa primer (Hrp); Hutan rawa sekunder (Hrs); Hutan tanaman (Ht); Semak/ Belukar (B); Belukar rawa (Br); Perkebunan (Pk); Peremukian (Pm); Rawa (Rw); Savana/Padang Rumpun (S); Sawah (Sw); Tanah terbuka (T); Tambak (Tb); Pertambangan (Tm); Transmigrasi (Tr)
- Penetapan Target Restorasi/Nontarget Restorasi mengacu pada Daftar Target per Provinsi yang terdapat dalam SK Kepala BRG Nomor SK.05-BRG-KPTS-2016

Lampiran 5. Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Kalimantan Tengah Tahun 2006–2015

PL 2006		PL 2015														Total		
KALAMANTAN TENGAH		Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb	Tm	Tr	Total
Target Restorasi		390	1.360	15.858	1.206.931	-	53.453	801.204	199.771	11.484	81.270	-	43.170	278.485	338	1.638	156	2.695.506
Hmp		-	-	-	28.127	-	16.486	337.614	38.401	1.246	43.001	-	7.912	211.413	11	907	-	685.118
Hms		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
Hrp		-	-	-	-	-	0	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Hrs		-	-	-	27.675	-	1.079	40.083	8.488	-	708	-	-	106.689	-	513	-	185.235
Ht		-	-	-	-	-	10.851	295	952	-	-	-	-	523	-	77	-	12.698
B		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	396.240
Br		-	-	-	451	-	2	284.664	21.412	-	1	-	17	89.675	-	18	-	4.424
Pk		-	-	-	-	-	476	62	3.445	-	-	-	-	441	-	-	-	1.393
Pm		-	-	-	-	-	134	0	1.246	-	-	-	10	0	-	3	-	61.884
Rw		-	-	-	-	-	-	10.807	375	-	42.293	-	-	8.130	-	279	-	2
S		-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	7.995
Sw		-	-	-	-	-	0	82	-	-	-	-	7.884	29	-	-	-	15.182
T		-	-	-	-	-	3.944	1.666	3.648	-	-	-	-	5.908	-	17	-	11
Tb		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-
Tm		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tr		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nontarget Restorasi		390	1.360	15.858	1.178.804	-	36.966	463.590	161.370	10.238	38.269	-	35.258	67.072	327	731	156	2.010.388
Hmp		390	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	465
Hms		-	438	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	438
Hrp		-	742	15.858	5	-	160	3.671	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.435
Hrs		-	104	-	1.175.894	-	20	57.523	40.768	-	920	-	-	37.854	-	99	-	1.313.181
Ht		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		-	-	-	-	-	27.015	2.071	4.294	34	-	-	-	31	-	176	-	33.622
Br		-	-	-	2.905	-	5	378.880	62.485	290	48	-	98	19.366	-	93	-	464.169
Pk		-	-	-	-	-	7.723	2.667	32.584	67	-	-	173	1.217	-	11	-	44.257
Pm		-	-	-	-	-	725	9	6.924	29	37.301	-	-	1.898	-	91	-	7.842
Rw		-	-	-	-	-	-	16.295	6.324	29	-	-	-	-	-	-	-	61.938
S		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sw		-	-	-	-	-	-	-	8.179	2.893	-	-	-	34.971	104	267	-	46.414
T		-	-	-	-	-	1.320	2.465	6.714	-	-	-	17	6.603	-	46	-	17.164
Tb		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	20
Tm		-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	41	142	-	198
Tr		-	-	-	-	-	-	4	12	-	-	-	-	-	72	156	-	244

Catatan:

- 16 jenis Penutupan Lahan yang dianalisis adalah Hutan mangrove primer (Hmp); Hutan mangrove sekunder (Hms); Hutan rawa primer (Hrp); Hutan rawa sekunder (Hrs); Hutan tanaman (Ht); Semak/ Belukar (B); Belukar rawa (Br); Perkebunan (Pk); Permukiman (Pm); Rawa (Rw); Savana/Padang Rumput (S); Sawah (Sw); Tanah terbuka (T); Tambak (Tb); Pertambangan (Tm); Transmigrasi (Tr)
- Penetapan Target Restorasi/Nontarget Restorasi mengacu pada Daftar Target per Provinsi yang terdapat dalam SK Kepala BRG Nomor SK.05-BRG-KPTS-2016

Lampiran 6. Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2006–2015

PL 2015		Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb	Tm	Tr	Total	
PL 2006																			
KALIMANTAN SELATAN		0	0	0	5.916	0	1.936	27.116	16.777	0	11	0	521	3.043	0	0	0	55.321	
Target Restorasi		-	-	-	156	-	1.154	4.274	6.587	-	-	-	66	688	-	-	-	12.926	
Hmp																			
Hms																			
Hrp								63						73				292	
Hrs					156														
Ht																			
B							1.130	441	49					2				1.623	
Br								3.573	4.978					15				8.566	
Pk																			
Pm																			
Rw																			
S																			
Sw													66					66	
T							24	198	1.559					598				2.379	
Tb																			
Tm																			
Tr																			
Nontarget Restorasi					5.760		782	22.841	10.190		11		455	2.355				42.395	
Hmp																			
Hms																			
Hrp					698													698	
Hrs					5.062			1.562	764									7.389	
Ht																			
B							759	2.977	2.096					31				6.047	
Br								17.861	6.640					184				24.647	
Pk																			
Pm																			
Rw																			
S																			
Sw																			
T							24	442	690					271				276	
Tb														2.177				3.332	
Tm																			
Tr																			

Catatan:

- 16 jenis Penutupan Lahan yang dianalisa adalah Hutan mangrove primer (Hmp); Hutan mangrove sekunder (Hms); Hutan rawa primer (Hrp); Hutan rawa sekunder (Hrs); Hutan tanaman (Ht); Semak/ Belukar (B); Belukar rawa (Br); Perkebunan (Pk); Pemukiman (Pm); Rawa (Rw); Savana/Padang Rumput (S); Sawah (Sw); Tanah terbuka (T); Tambak (Tb); Pertambangan (Tm); Transmigrasi (Tr)
- Penetapan Target Restorasi/Nontarget Restorasi mengacu pada Daftar Target per Provinsi yang terdapat dalam SK Kepala BRG Nomor SK.05-BRG-KPTS-2016

### Lampiran 7. Perubahan Penggunaan Lahan di Provinsi Papua Tahun 2006–2015

PL 2006	PL 2015														Total		
	Hmp	Hms	Hrp	Hrs	Ht	B	Br	Pk	Pm	Rw	S	Sw	T	Tb		Tm	Tr
PAPUA	26.172	6.190	1.454.722	198.971	458	57.035	200.799	329	1.678	155.293	28.878	358	39.252	130	-	1.458	2.171.724
Target Restorasi	-	-	2	7	141	2.823	616	41	14	16.647	820	-	16.497	-	-	-	37.609
Hmp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hms	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hrp	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.067	-	-	-	1.069
Hrs	-	-	-	7	-	-	37	-	-	-	-	-	347	-	-	-	390
Ht	-	-	-	-	141	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141
B	-	-	-	-	-	2.823	-	3	-	-	-	-	4.761	-	-	-	7.590
Br	-	-	-	-	-	-	434	0	-	-	1	-	2.705	-	-	-	3.140
Pk	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-	38
Pm	-	-	-	-	-	-	-	-	14	0	-	-	15	-	-	-	29
Rw	-	-	-	-	-	-	145	-	-	16.643	-	-	970	-	-	-	17.758
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	820	-	4.754	-	-	-	5.575
Sw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.878	-	-	-	1.878
Tb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nontarget Restorasi	26.172	6.190	1.454.720	198.964	316	54.212	200.183	288	1.664	138.646	28.058	358	22.755	130	-	1.458	2.134.114
Hmp	26.172	38	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.211
Hms	-	6.152	-	2	-	-	197	-	-	-	-	-	25	-	-	-	6.376
Hrp	0	0	1.454.720	37.707	-	-	5.638	82	-	-	-	-	493	-	-	-	1.498.640
Hrs	-	-	-	161.256	-	7	5.294	-	-	0	-	-	292	8	-	-	166.858
Ht	-	-	-	-	316	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	316
B	-	-	-	-	-	54.114	836	3	-	4	-	-	724	-	-	-	55.681
Br	-	-	-	-	-	60	187.106	-	-	13	-	-	7.428	1	-	-	194.609
Pk	-	-	-	-	-	-	-	203	-	-	-	-	-	-	-	-	203
Pm	-	-	-	-	-	31	-	-	1.664	0	-	-	132	-	-	-	1.827
Rw	-	-	-	-	-	-	1.109	-	-	138.626	1	-	146	-	-	-	139.881
S	-	-	-	-	-	-	0	-	-	3	28.058	-	2.954	-	-	-	31.015
Sw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	358	-	-	-	-	358
T	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	10.561	-	-	-	10.563
Tb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	-	-	120
Tm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.458	1.458

Catatan:

- 16 jenis Penutupan Lahan yang dianalisis adalah Hutan mangrove primer (Hmp); Hutan mangrove sekunder (Hms); Hutan rawa primer (Hrp); Hutan rawa sekunder (Hrs); Hutan tanaman (Ht); Semak/ Belukar (B); Belukar rawa (Br); Perkebunan (Pk); Perukiman (Pm); Rawa (Rw); Savana/Padang Rumput (S); Sawah (Sw); Tanah terbuka (T); Tambak (Tb); Pertambangan (Tm); Transmigrasi (Tr)
- Penetapan Target Restorasi/Nontarget Restorasi mengacu pada Daftar Target per Provinsi yang terdapat dalam SK Kepala BRG Nomor SK.05-BRG-KPTS-2016



Dokumen Tingkat Rujukan (*Reference Level*, RL) ini disusun untuk melihat efektivitas kegiatan restorasi gambut dalam menurunkan emisi GRK. Tujuan penyusunan RL adalah untuk menduga penurunan emisi GRK dari kegiatan berikut: (i) pembasahan kembali (*rewetting*) untuk mengurangi dekomposisi bahan organik pada gambut dan berulangnya kebakaran hutan dan lahan, (ii) penanaman kembali (*revegetation*) untuk meningkatkan serapan karbon, dan (iii) merevitalisasi mata pencaharian masyarakat yang dapat mengurangi tekanan perubahan hutan rawa gambut. Ruang lingkup penggunaan RL adalah lahan gambut dan tidak menyertakan kegiatan pada tanah mineral.

RL disusun dengan menggunakan data historis selama periode 2006–2015 berdasarkan aktivitas perubahan tutupan vegetasi pada hutan dan lahan gambut, dekomposisi lahan gambut yang telah dideforestasi dan terdegradasi, pembuatan kanal, serta kebakaran lahan gambut.



Badan Restorasi Gambut (BRG)  
Jakarta 10350  
<http://www.brg.go.id>

