

**SISTEM INVENTORI GAS RUMAH KACA  
SUB-SEKTOR PETERNAKAN DI INDONESIA**

**Standar Operasional Prosedur**

**KALKULATOR EMISI TERNAK:  
FERMENTASI ENTERIK DAN SISTEM PENGELOLAAN  
KOTORAN TERNAK**

**Yeni Widiawati  
Bess Tiesnamurti  
Nasir Rofiq  
Mohammad Ikhsan Shiddieqy  
Agustin Herliatika  
Zuratih  
Slamet Widodo  
Tessa Magrianti**

**Kementerian Pertanian Republik Indonesia  
2022**

Sistem Inventori Gas Rumah Kaca Sub-Sektor Peternakan di Indonesia  
Standar Operasional Prosedur Kalkulator Emisi Ternak: Fermentasi Enterik  
Dan Sistem Pengelolaan Kotoran Ternak

Hak cipta dilindungi undang-undang

© Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, 2022

Didukung oleh Agresearch – Pemerintah New Zealand

Penulis:

Yeni Widiawati  
Bess Tiesnamurti  
Nasir Rofiq  
Mohammad Ikhsan Shiddieqy  
Agustin Herliatika  
Zuratih  
Slamet Widodo  
Tessa Magrianti

Tata Letak dan Sampul:

Tessa Magrianti  
Cahyatina Tri Rahayu

Penerbit:

Kementerian Pertanian

Jl. Ir. H. Juanda No. 20 Kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia

Telp.: (0251) 8321746, Fax.: (0251) 8326561



**Kementerian Pertanian  
Republik Indonesia**



ISBN:

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	iii
AKRONIM DAN SINGKATAN .....	v
I. PENDAHULUAN .....	1
II. GAMBARAN UMUM KALKULATOR EMISI TERNAK ....	3
2.1. Pendahuluan.....	4
2.2. Struktur Perhitungan Fermentasi Enterik.....	5
2.3. Struktur Perhitungan Kotoran Ternak .....	6
2.4. Serangkaian lembar berisi data aktivitas: Populasi setiap jenis ternak di 34 provinsi .....	14
2.5. Persamaan, Koefisien, Faktor Emisi dan Asumsi yang dibuat dalam Data Aktivitas dan Kalkulasi .....	14
2.6. Dashboard untuk Menunjukkan Hasil-hasil yang Dihasilkan Kalkulator .....	17
III. PENGHITUNGAN GRK MENGGUNAKAN KALKULATOR EMISI TERNAK .....	19
3.1. Produksi Data Aktivitas .....	19
3.2. Entri Data Aktivitas.....	19
3.3. QA/QC dan Persetujuan Hasil Pengestimasian Emisi .....	20
3.4. Pelaporan Emisi dari Ternak .....	22
IV. MEMPERBARUI NILAI <i>DEFAULT</i> DAN FAKTOR EMISI	23
V. SUMBER INFORMASI EKSTERNAL .....	24
VI. <i>FOCAL POINTS</i> SEKTORAL NASIONAL DAN PROVINSI.....	25
VII. DAFTAR PUSTAKA .....	26



## AKRONIM DAN SINGKATAN

DA	Data Aktivitas
FE	Faktor Emisi
GRK	Gas Rumah Kaca
QA/QC	Quality Assurance (Jaminan Kualitas) /Quality Control
SOP	Standar Operasional Prosedur
AWMS	The manure management system fraction
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
Puslitbangnak	Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
Balitbangtan	Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
BPPT	Badan Penelitian dan Pengkajian Teknologi
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan



## I. PENDAHULUAN

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak) bekerjasama dengan beberapa institusi penelitian dan didukung oleh Pemerintah New Zealand melalui AgResearch mengembangkan sistem inventori gas rumah kaca subsektor peternakan. Sistem inventori ini menggunakan Kalkulator Excel (Kalkulator Excel), yang merupakan gabungan antara rumus-rumus dan nilai/konstanta dari buku Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), faktor emisi lokal yang dihasilkan oleh Puslitbangnak dan data aktivitas nasional yang dikumpulkan dari Badan Pusat Statistik (BPS).

Kalkulator Excel menghasilkan estimasi emisi gas rumah kaca dari subsektor peternakan setiap tahun, baik level nasional maupun level provinsi, dari 34 provinsi di Indonesia. Estimasi ini mencakup emisi dari masing-masing jenis ternak, yang kemudian dibagi lagi berdasarkan jenis gas yang dihasilkan oleh ternak.

Kalkulator Excel memperkirakan emisi dari subsektor peternakan dengan menggunakan metode pendekatan Tier 2 IPCC, termasuk di dalamnya adalah gas dari fermentasi enterik dan kotoran ternak. Gas rumah kaca yang dihasilkan dari fermentasi enterik dan kotoran ternak adalah  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$ , yang diubah menjadi setara  $\text{CO}_2$ .

Guna mendukung pemanfaatan Kalkulator Excel dan membantu pengguna dalam menggunakannya, maka dikembangkanlah Standar Operasional Prosedur (SOP).

SOP mencakup dua estimasi:

- a. Emisi metana ( $\text{CH}_4$ ) dari fermentasi enterik.

- b. Emisi metana ( $\text{CH}_4$ ) dan dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dari kotoran ternak.

SOP ini memberikan informasi tentang:

- a. Cara memasukkan data pada lembar data aktivitas yang diperlukan dalam mengestimasi emisi;
- b. Deskripsi dari setiap bagian Kalkulator Excel;
- c. Langkah-langkah mengoperasikan Kalkulator Excel;
- d. Cara menganalisis dan menafsirkan hasil yang disampaikan dari Kalkulator Excel.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berperan sebagai Focal point nasional dan instansi yang bertanggung jawab atas pelaporan emisi dari semua sektor termasuk sub sektor peternakan. Kolaborasi antara Kementerian Pertanian dan KLHK serta Badan Pusat Statistik (BPS) diperlukan melalui sebuah sistem agar dapat menghasilkan estimasi di tingkat nasional dan daerah (provinsi).

SOP dan Kalkulator Excel dapat digunakan oleh orang atau instansi yang bertanggung jawab dan terlibat dalam perhitungan emisi dari subsektor peternakan, baik di tingkat nasional maupun provinsi.

## II. GAMBARAN UMUM KALKULATOR EMISI TERNAK

Perhitungan emisi ternak di Indonesia dibagi menjadi dua bagian, yaitu fermentasi enterik dan Kotoran ternak. Kalkulator Excel dikembangkan atas 2 bagian perhitungan:

- a. Fermentasi Enterik untuk gas  $\text{CH}_4$
- b. Kotoran ternak untuk gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$

Bagian lain dari Kalkulator Excel adalah serangkaian informasi populasi ternak menurut provinsi dan subkategori ternak. Populasi ternak yang disajikan mulai dari tahun 2006 sampai dengan 2021, dan populasi ternak yang diprediksi pada tahun 2022-2030. Kalkulator Excel dibangun untuk mengakomodasi dan menyediakan struktur serta perhitungan data aktivitas sehingga mampu memperkirakan emisi mulai tahun 2006 hingga 2030.

Hasil yang didapat dari Kalkulator Excel adalah estimasi tingkat nasional dan setiap provinsi di Indonesia (34 provinsi). Estimasi emisi  $\text{CH}_4$  didapat dari fermentasi enterik dan kotoran ternak;  $\text{N}_2\text{O}$  dari kotoran ternak baik langsung maupun tidak langsung. Ternak merupakan sub kategori yang mengikuti modul IPCC dan dimodifikasi berdasarkan data aktivitas yang tersedia secara nasional.

Struktur Kalkulator Excel sebagai berikut:

1. Kalkulator Excel memungkinkan pengguna untuk memilih tahun perhitungan, baik tingkat nasional atau provinsi.
2. Kalkulator Excel menyediakan kolom-kolom yang harus diisi oleh pengguna seperti jumlah populasi setiap jenis ternak. Kalkulator akan menghitung data tersebut sehingga tersedia populasi dari setiap sub-kategori ternak pada setiap jenis ternak.

3. Lembar pendahuluan: menyediakan informasi dasar tentang kalkulator Excel.
4. Dashboard sheet: memberikan hasil perhitungan berupa rangkaian emisi nasional dan provinsi berdasarkan tahun, yakni mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2030; emisi menurut jenis ternak, emisi menurut jenis gas; emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O yang bersumber dari fermentasi enterik, pengelolaan kotoran ternak dan total keseluruhan; emisi dinyatakan setara dengan CO<sub>2</sub>.
5. Lembar perhitungan pengelolaan kotoran ternak: memberikan agregasi perhitungan emisi gas dari pengelolaan kotoran ternak berdasarkan sub kategori ternak di tingkat nasional dan provinsi.
6. Lembar perhitungan enterik: menyediakan agregasi perhitungan emisi gas dari fermentasi enterik berdasarkan subkategori ternak di tingkat nasional dan provinsi.
7. Serangkaian worksheet menyediakan data aktivitas populasi ternak menurut sub kategori mencakup semua populasi pada 34 provinsi, mulai dari tahun 2006 sampai dengan 2030.
8. Worksheet berisi persentase populasi ternak: memberikan data komposisi tiap sub kategori ternak di 34 provinsi.

## **2.1. Pendahuluan**

*Pendahuluan* sheet adalah bagian dari Kalkulator Excel. Lembar ini berisi beberapa informasi yang digunakan dalam kalkulator Excel. Informasi umum Kalkulator Excel mengikuti buku panduan IPCC 2019 *Refinement*, tujuan dan keluaran yang didapat, serta asumsi dan pendekatan yang digunakan.

Pengguna disarankan untuk membaca bagian ini sebelum mulai menggunakan Kalkulator Excel. Sehingga pengguna dapat memahami fungsinya dan menggunakannya untuk mendapatkan hasil terbaik.

## 2.2. Struktur Perhitungan Fermentasi Enterik

Kalkulator Excel untuk menghitung fermentasi enterik disediakan dalam lembar **“Perhitungan GRK Enterik”**. Pengguna akan menemukan kotak di atas tabel pada lembar **“Perhitungan GRK Enterik”**, sebagai berikut:

<b>National/Regional</b> <b>Year</b>	: Informasi terkait pilihan wilayah/provinsi dan tahun yang akan dihitung.
<b>Sulawesi Tengah</b> <b>2009</b>	: Pengguna dapat mengklik tombol atas untuk memilih wilayah atau provinsi; dan tombol bawah untuk memilih tahun yang akan dihitung.

Deskripsi masing-masing kolom pada lembar **“Perhitungan GRK Enterik”** ini tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi setiap kolom pada lembar **“Perhitungan GRK Enterik”**.

<b>Nama Kolom</b>	<b>Penjelasan</b>
Kategori	Berisi data berupa jenis ternak dan sub kategori ternak. Jumlah emisi CH <sub>4</sub> dihitung berdasarkan fermentasi enterik dari sub kategori.
Total Populasi (ekor)	Diisi dengan jumlah populasi jenis ternak di tingkat provinsi. Data populasi yang ditampilkan diambil dari buku statistik (tingkat nasional atau provinsi).

Persentase dari total populasi	Berisi data komposisi dari masing-masing subkategori ternak. Nilainya ditampilkan dalam bentuk persentase (%).
Populasi per sub kategori	Berisi data populasi per sub kategori yang merupakan hasil perkalian “total populasi” dengan “persentase dari total populasi”.
Faktor emisi	Nilai faktor emisi untuk setiap sub-kategori. Nilai yang digunakan adalah faktor emisi lokal Indonesia.
GWP untuk CH <sub>4</sub>	Nilai Potensi Pemanasan Global untuk CH <sub>4</sub> relatif terhadap CO <sub>2</sub> adalah 28 (AR5/IPCC, 2014).
Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> yang dihasilkan dari fermentasi enterik per sub kategori disajikan dalam ton/tahun. Hasil ini kemudian dirangkum di dashboard.
Emisi CH <sub>4</sub> (ton CO <sub>2</sub> -e/tahun)	Emisi CH <sub>4</sub> yang dihasilkan dari fermentasi enterik untuk setiap sub kategori dikonversi setara CO <sub>2</sub> (ton CO <sub>2</sub> -e/tahun) dikalikan dengan GWP untuk CH <sub>4</sub> . Hasil ini kemudian dirangkum di dashboard.
Emisi CH <sub>4</sub> (Gg ton CO <sub>2</sub> -e/tahun)	Emisi CH <sub>4</sub> yang dihasilkan dari fermentasi enterik untuk setiap sub kategori dikonversi setara CO <sub>2</sub> (Ggton CO <sub>2</sub> -e/tahun). Hasil ini kemudian dirangkum di dashboard.

Pengguna hanya dapat mengisi kolom “**Jumlah populasi (ekor)**”, kemudian kalkulator akan menghitung dengan sendirinya. Hasil emisi akan disajikan pada lembar “**Dashboard**”.

### 2.3. Struktur Perhitungan Kotoran Ternak

Kalkulator Excel untuk pengelolaan kotoran ternak tersedia dalam lembar “**Perhitungan Kotoran Ternak**”.

Pengguna akan menemukan kotak di atas tabel pada lembar **“Perhitungan Kotoran Ternak”**, sebagai berikut:

**Nasional/Regional  
Tahun**

: Informasi terkait pilihan wilayah/ provinsi dan tahun yang akan dihitung.

**Sulawesi Tengah  
2009**

: Pengguna dapat mengklik tombol atas untuk memilih wilayah/provinsi; dan tombol bawah untuk memilih tahun yang akan dihitung.

Uraian masing-masing kolom pada lembar **“Perhitungan Kotoran Ternak”** tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi setiap kolom pada lembar **“Perhitungan Kotoran Ternak”**

Nama Kolom	Penjelasan
Kategori/sub-kategori	Berisi data berupa jenis ternak dan sub kategori ternak. Jumlah emisi CH <sub>4</sub> dihitung berdasarkan pengelolaan kotoran ternak dari sub kategori.
Total Populasi	Diisi dengan jumlah populasi jenis ternak tingkat provinsi. Data populasi yang ditampilkan diambil dari buku statistik (tingkat nasional atau provinsi).
Persentasi total populasi	Berisi data komposisi masing-masing sub kategori ternak. Nilainya ditampilkan dalam bentuk persentase (%).
Populasi per sub kategori (ekor/tahun)	Berisi data populasi per sub kategori yang merupakan hasil perkalian “total populasi” dengan “persentase dari total populasi”.
Eksresi N	Rata-rata tahunan pengeluaran Nitrogen per ekor dari setiap spesies/kategori untuk setiap sistem produksi.
AWMS	Bagian dari total pengeluaran nitrogen tahunan untuk setiap spesies/kategori ternak yang dikelola dalam sistem pengelolaan kotoran ternak.

AWMS: penambahan bahan khusus dalam penyimpanan Padat (%)	Bahan khusus yang dicampur dengan kotoran ternak untuk memberikan dukungan terhadap struktur tumpukan kotoran. Hal ini memungkinkan terjadinya aerasi alami pada tumpukan, sehingga meningkatkan dekomposisi. Contoh bahan khusus misalnya serbuk gergaji, jerami, sekam kopi, brangkasan jagung.
AWMS: Kering (%)	Area kandang terbuka yang beralas atau tidak beralas, tanpa ada tutupan yang signifikan di mana kotoran yang terkumpul dapat dibuang secara berkala.
AWMS: Penyebaran harian (%)	Kotoran secara rutin dikeluarkan dari kandang dan diaplikasikan ke lahan pertanian atau padang rumput dalam waktu 24 jam setelah ekskresi.
AWMS: Kotoran unggas dengan <i>litter</i> (%)	Saat kotoran terakumulasi, alas terus ditambahkan untuk menyerap air selama siklus produksi dan mungkin selama 6 hingga 12 bulan, tanpa pencampuran. Biasanya digunakan pada semua kelompok ternak unggas dan produksi ayam jenis pedaging (broiler) serta unggas lainnya.
AWMS: Kotoran unggas tanpa <i>litter</i> (%)	Pengumpulan dan penyimpanan kotoran biasanya dengan sedikit atau tanpa air tambahan. Biasanya di bawah lantai berpalang di kandang tertutup.
AWMS: Penyimpanan di bawah kadang ternak (%)	Pengumpulan dan penyimpanan kotoran biasanya dengan sedikit atau tanpa air tambahan biasanya di bawah lantai berpalang di kandang ternak tertutup.
FE (Faktor Emisi)	Faktor emisi untuk emisi N <sub>2</sub> O-langsung dari pengelolaan kotoran ternak.
FE: Penambahan bahan khusus dalam	Faktor emisi untuk emisi N <sub>2</sub> O-langsung untuk sistem kotoran ternak tertentu. Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, di mana bahan tertentu dicampur dengan kotoran ternak untuk memberikan dukungan

penyimpanan Padat	terhadap struktur tumpukan. Hal ini memungkinkan terjadinya aerasi alami pada tumpukan, sehingga meningkatkan dekomposisi. Bahan yang ditambahkan misalnya serbuk gergaji, jerami, sekam kopi, brangkasian jagung.
FE: Kering	Faktor emisi untuk N <sub>2</sub> O-langsung digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak tertentu. Nilai yang digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, di mana area kandang terbuka, beralas atau tidak beralas tanpa tutupan yang signifikan, kotoran yang terkumpul dapat dibuang secara berkala.
FE: Penyebaran harian	Faktor emisi untuk emisi N <sub>2</sub> O-langsung digunakan untuk sistem pengelolaan kotoran ternak tertentu. Nilai yang digunakan untuk sistem pengelolaan kotoran ternak, di mana kotoran ternak secara rutin dikeluarkan dari kandang dan diterapkan ke lahan pertanian atau padang rumput dalam waktu 24 jam setelah dekresikan ternak.
FE: Kotoran unggas dengan <i>litter</i>	Faktor emisi untuk emisi N <sub>2</sub> O-langsung digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak tertentu. Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana kotoran ternak menumpuk, kemudian alas terus ditambahkan untuk menyerap air selama siklus produksi dan/atau mungkin selama 6 sampai 12 bulan, tanpa pencampuran. Biasanya digunakan pada semua kelompok ternak unggas dan produksi ayam jenis pedaging (broiler) serta unggas lainnya.
FE: Kotoran unggas tanpa <i>litter</i>	Faktor emisi untuk emisi N <sub>2</sub> O-langsung digunakan untuk sistem pengelolaan kotoran ternak tertentu. Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana pengumpulan dan penyimpanan kotoran biasanya dengan sedikit atau tanpa air tambahan

	di bawah lantai berpalang pada kandang ternak tertutup.
EF: Penyimpanan di bawah kandang ternak	Faktor emisi untuk emisi N <sub>2</sub> O-langsung dari sistem pengelolaan kotoran ternak tertentu. Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana pengumpulan dan penyimpanan kotoran biasanya dengan sedikit atau tanpa air tambahan di bawah lantai berpalang pada kandang ternak tertutup.
Fraction Gas	Fraksi nitrogen pada kotoran ternak yang hilang sebagai NH <sub>3</sub> dan NO <sub>x</sub> .
Frac gas: penambahan bahan khusus dalam penyimpanan Padat	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena penguapan NH <sub>3</sub> dan NO <sub>x</sub> . Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana bahan khusus dicampur dengan kotoran ternak yang digunakan untuk memberikan dukungan terhadap struktur tumpukan. Hal ini memungkinkan terjadinya aerasi alami pada tumpukan, sehingga meningkatkan dekomposisi. Bahan khusus misalnya serbuk gergaji, jerami, sekam kopi, brangkasian jagung.
Frac Gas: kering	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena penguapan NH <sub>3</sub> dan NO <sub>x</sub> . Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana area kandang terbuka beralas atau tidak beralas tanpa tutupan yang signifikan dimana kotoran yang terkumpul dapat dikeluarkan/disebar secara berkala.
Frac Gas: Penyebaran harian (%)	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena penguapan dalam bentuk NH <sub>3</sub> dan NO <sub>x</sub> . Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana kotoran ternak secara rutin dikeluarkan dari kandang dan diaplikasikan ke lahan pertanian atau padang rumput dalam waktu 24 jam setelah dieksresikan ternak.

Frac. Gas: Kotoran unggas dengan <i>litter</i>	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena penguapan $\text{NH}_3$ dan $\text{NO}_x$ . Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana alas terus ditambahkan ke kotoran ternak untuk menyerap kelembaban selama siklus produksi selama 6 sampai 12 bulan, tanpa pencampuran. Sistem ini biasanya digunakan pada semua kelompok ternak unggas dan pada produksi ayam jenis pedaging (broiler).
Frac Gas: Kotoran unggas tanpa <i>litter</i>	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena penguapan $\text{NH}_3$ dan $\text{NO}_x$ pada sistem pengelolaan kotoran ternak. Nilai tersebut digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana pengumpulan dan penyimpanan kotoran ternak biasanya dengan sedikit atau tanpa air tambahan di bawah lantai berpaling pada kandang tertutup.
Frac Gas: Penyimpanan di bawah kadang ternak	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena penguapan $\text{NH}_3$ dan $\text{NO}_x$ pada sistem pengelolaan kotoran ternak. Sistem pengumpulan dan penyimpanan kotoran ternak dengan sedikit atau tanpa air tambahan. Biasanya di bawah lantai berpaling pada kandang tertutup.
Frac. Leach	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena pencucian nitrogen pada sistem pengelolaan kotoran ternak.
Frac Leach: penambahan bahan khusus dalam penyimpanan Padat	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena pencucian nitrogen pada sistem pengelolaan kotoran ternak. Nilai yang digunakan pada sistem pengelolaan kotoran ternak, dimana bahan khusus dicampur dengan kotoran ternak untuk memberikan dukungan terhadap struktur tumpukan. Hal ini memungkinkan terjadinya aerasi alami pada tumpukan, sehingga meningkatkan dekomposisi. Bahan khusus misalnya serbuk gergaji, jerami, sekam kopi, brangkas jagung.

Frac Leach: kering	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena pencucian nitrogen pada sistem pengelolaan kotoran ternak. Sistem kandang terbuka yang dialas atau tidak dialas tanpa tutupan yang signifikan di mana kotoran ternak yang terkumpul dapat disebarakan secara berkala.
Frac Leach: penyebaran harian (%)	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena pencucian nitrogen pada sistem pengelolaan kotoran ternak. Dalam sistem tersebut, kotoran ternak secara rutin dikeluarkan dari kandang dan diaplikasikan ke lahan pertanian atau padang rumput dalam waktu 24 jam setelah eksresikan.
Frac. Leach: Kotoran unggas dengan <i>litter</i>	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena pencucian nitrogen pada sistem pengelolaan kotoran ternak. Dalam sistem ini, saat kotoran terakumulasi, alas terus ditambahkan untuk menyerap air selama siklus produksi dan mungkin selama 6 sampai 12 bulan, tanpa pencampuran. Biasanya digunakan untuk semua kelompok ternak unggas dan produksi ayam jenis pedaging ( <i>broiler</i> ) serta unggas lainnya.
Frac Leach: Kotoran unggas tanpa <i>litter</i>	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena pencucian nitrogen pada sistem peneglolaan kotoran ternak. Sistem pengumpulan dan penyimpanan kotoran ternak dengan sedikit atau tanpa air tambahan. Biasanya di bawah lantai berpalang pada kandang tertutup.
Frac Leach: Penyimpanan di bawah kandang ternak	Nilai default pada bagian nitrogen yang hilang karena pencucian nitrogen pada sistem pengelolaan kotoran ternak. Sistem pengumpulan dan penyimpanan kotoran ternak dengan sedikit atau tanpa air tambahan. Biasanya di bawah lantai berpalang pada kandang tertutup.

Faktor emisi untuk Volatilisasi dan redeposisi	Faktor emisi untuk emisi N <sub>2</sub> O dari deposisi atmosfer nitrogen pada tanah dan permukaan air.
Faktor emisi untuk Pencucian	Faktor emisi untuk emisi N <sub>2</sub> O dari pencucian nitrogen, kg N <sub>2</sub> O-N/kg N yang tercuci.
GWP dari N <sub>2</sub> O	The Global Warming Potential Value (GWP) relatif terhadap CO <sub>2</sub> untuk emisi gas N <sub>2</sub> O adalah 265 (AR5/ IPCC, 2014)
GWP dari CH <sub>4</sub>	The Global Warming Potential Value (GWP) relatif terhadap CO <sub>2</sub> untuk emisi gas CH <sub>4</sub> adalah 28 (AR5/IPCC, 2014)
Bobot badan	Rataan bobot hidup masing-masing ternak dalam sub-kategori
Emisi N <sub>2</sub> O-langsung	Emisi N <sub>2</sub> O-langsung dari pengelolaan Kotoran Ternak.
Kehilangan N: NVolatilization-MMS	Jumlah nitrogen kotoran ternak yang hilang karena volatilisasi NH <sub>3</sub> dan NO <sub>x</sub> .
Kehilangan N: N leach-MMS	Jumlah nitrogen kotoran yang hilang karena pencucian.
Emisi N <sub>2</sub> O-tidak langsung	Emisi N <sub>2</sub> O-tidak langsung karena volatilisasi dan pencucian N dari pengelolaan Kotoran Ternak.
Emisi N <sub>2</sub> O-tidak langsung: N <sub>2</sub> O Volatilization-MMS	Emisi N <sub>2</sub> O-tidak langsung karena volatilisasi N dari pengelolaan Kotoran Ternak.
Emisi N <sub>2</sub> O-tidak langsung: N <sub>2</sub> O leaching-MMS	Emisi N <sub>2</sub> O-tidak langsung karena pencucian N dari pengelolaan Kotoran Ternak.
Faktor emisi (EF) CH <sub>4</sub>	Faktor emisi untuk masing-masing sub-kategori, yang mana merupakan faktor emisi lokal Indonesia.

Emisi CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> dari pengelolaan kotoran ternak yang dihasilkan dari perhitungan. Hasil-hasil tersebut kemudian dirangkum dalam dashboard.
Total emisi	Total emisi CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O dari pengelola kotoran ternak. Hasil-hasil tersebut kemudian dirangkum dalam dashboard.

#### **2.4. Serangkaian lembar berisi data aktivitas: Populasi setiap jenis ternak di 34 provinsi**

Kalkulator Excel didukung oleh data aktivitas yaitu populasi ternak. Ada 8 lembar berisi data populasi sapi perah, sapi potong, kerbau, domba, kambing, babi, kuda dan ayam.

Populasi disajikan berdasarkan subkategori ternak, pada 34 provinsi di Indonesia. Lembar Persentase Ternak berisi komposisi setiap subkategori yang diterbitkan oleh BPS, data tersebut digunakan untuk menghitung populasi setiap subkategori.

#### **2.5. Persamaan, Koefisien, Faktor Emisi dan Asumsi yang dibuat dalam Data Aktivitas dan Kalkulasi**

Persamaan yang digunakan untuk perhitungan fermentasi enterik pada Kalkulator Excel diambil dari IPCC 2019 Refinement. Persamaan yang digunakan adalah Persamaan 10.19 dan Persamaan 10.20 (2019 Refinement IPCC). Nilai faktor emisi yang digunakan untuk masing-masing subkategori ternak adalah nilai faktor emisi lokal yang dikembangkan oleh Puslitbangnak (Widiawati, et al., 2016; Puslitbangnak, 2017).

Nilai konversi CH<sub>4</sub> menjadi CO<sub>2</sub> untuk fermentasi enterik, digambarkan sebagai Potensi Pemanasan Global (GWP). Nilai tersebut digunakan dalam perhitungan berdasarkan

kesepakatan yang disajikan pada Laporan Sintesis AR5: Perubahan Iklim, dengan nilai 28. Sedangkan nilai GWP relatif terhadap CO<sub>2</sub> untuk emisi gas N<sub>2</sub>O adalah 265 (IPCC, 2014).

Perhitungan pengelolaan kotoran terdiri dari perhitungan CH<sub>4</sub>; N<sub>2</sub>O-langsung dan N<sub>2</sub>O-tidak langsung dari pengelolaan kotoran ternak. Perhitungan ini mengikuti Persamaan 10.22 untuk CH<sub>4</sub> pada pengelolaan kotoran ternak; Persamaan 10.25 untuk N<sub>2</sub>O-langsung pada pengelolaan kotoran ternak; dan Persamaan 10.28 untuk N<sub>2</sub>O-tidak langsung sebagaimana disajikan dalam Buku IPCC 2019 Refinement. Perhitungan juga mencakup pengukuran kehilangan N sebagai N<sub>Volatilisasi-MMS</sub> dengan menggunakan Persamaan 10.26 dan kehilangan N sebagai N<sub>leach-MMS</sub> dengan menggunakan Persamaan 10.27.

Nilai faktor emisi juga digunakan dalam perhitungan emisi CH<sub>4</sub>; dan pengelolaan kotoran N<sub>2</sub>O langsung dan tidak langsung. Jenis sistem manajemen kotoran ternak memiliki nilai faktor emisi yang berbeda. Faktor emisi lokal CH<sub>4</sub> yang dikembangkan oleh Puslitbangnak digunakan untuk perhitungan emisi CH<sub>4</sub> dari pengelolaan kotoran ternak. Sedangkan nilai faktor emisi dari faktor *default* untuk pengelolaan kotoran N<sub>2</sub>O-langsung dan N<sub>2</sub>O-tidak langsung menggunakan nilai faktor *default* yang disediakan oleh IPCC Book 2019 Refinement. Nilai faktor emisi ini diadopsi dari Tabel 10.22. Nilai faktor emisi untuk kehilangan nitrogen sebagai volatil seperti gas NH<sub>3</sub> dan NO<sub>x</sub> menggunakan faktor *default* yang disajikan pada Tabel 11.3 pada Buku IPCC 2019 Refinement. Sedangkan nilai faktor emisi untuk kehilangan nitrogen sebagai pencucian nitrogen menggunakan faktor *default* yang disajikan pada Tabel 11.3 pada Buku IPCC 2019 Refinement.

Deskripsi untuk semua sistem pengelolaan kotoran (AWMS) yang diterapkan oleh peternak di Indonesia berdasarkan pada sistem yang dijelaskan pada Tabel 10.21 Buku IPCC 2019 Refinement.

Data populasi ternak nasional dan 34 provinsi dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2020, diambil dari data tahunan populasi ternak yang disajikan pada Buku Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan terbitan Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (2011, 2012, 2016, 2018, 2020). Sedangkan data populasi ternak tahun 2021 sampai dengan tahun 2030 merupakan hasil prediksi menggunakan proyeksi linier berdasarkan laju pertumbuhan rata-rata setiap jenis ternak. Dalam proyeksi ini, asumsi laju pertumbuhan ternak ruminansia adalah 7% per tahun dan 12,5% pada unggas (Ditjen PKH, 2012).

Komposisi ternak untuk setiap sub kategori sebagaimana dilaporkan dan dipublikasikan oleh Ditjen PKH, 2011; BPS-Statistik Indonesia 2014; BPS-Statistik Indonesia 2017; dan BPS 2020. Komposisi tersebut digunakan untuk menghitung populasi setiap subkategori di tingkat nasional dan provinsi. Rincian masing-masing sumber data adalah sebagai berikut:

- (i) komposisi subkategori yang dilaporkan oleh Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (2011) diterapkan untuk menghitung struktur populasi pada tahun 2006 sampai dengan tahun 2013.
- (ii) komposisi subkategori yang dilaporkan pada SOUT2014 oleh (BPS-Statistik Indonesia 2014) digunakan untuk menghitung struktur populasi pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2018.

- (iii) komposisi subkategori yang dilaporkan pada SOUT2017 oleh (BPS-Statistik Indonesia 2017) digunakan untuk menghitung struktur populasi pada tahun 2017 sampai dengan tahun 2019.
- (iv) komposisi subkategori yang dilaporkan pada BPS (2020) digunakan untuk memprediksi struktur populasi pada tahun 2020 dan prediksi populasi untuk tahun 2021 sampai dengan tahun 2030.

## 2.6. Dashboard untuk Menunjukkan Hasil-hasil yang Dihasilkan Kalkulator

Kalkulator Excel tidak hanya memberikan nilai perkiraan emisi dari ternak. Hasil perhitungan ini juga disajikan sebagai grafik batang dan diagram lingkaran. Grafik dan bagan hasil ini dapat dilihat pada lembar “**Dashboard**”.

Lembar “**Dashboard**” memungkinkan kita untuk memilih hasil berdasarkan wilayah atau nasional, tahun tertentu, setiap jenis ternak serta total emisi dari semua ternak. Hasil dari “**Dashboard**” ini dapat disalin dan digunakan sebagai bagian dari laporan peternakan. Daftar grafik dan bagan yang ditampilkan pada “**Dashboard**” disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Grafik dan bagan yang ditampilkan pada “**Dashboard**” mengindikasikan hasil estimasi emisi dari ternak

Fungsi	Penjelasan				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px;">Nasional/Regional</td> <td style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">INDONESIA</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px;">Tahun</td> <td style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">2021</td> </tr> </table>	Nasional/Regional	INDONESIA	Tahun	2021	Kotak kuning atas memungkinkan kita untuk memilih hasil yang ditampilkan dalam grafik batang berdasarkan nasional atau provinsi tertentu.
Nasional/Regional	INDONESIA				
Tahun	2021				

		Kotak kuning bawah memungkinkan kita untuk memilih hasil yang ditunjukkan pada grafik batang berdasarkan tahun.
<b>Kategori Total</b>		Kotak biru bawah memungkinkan kita untuk memilih hasil yang ditunjukkan pada grafik batang berdasarkan jenis ternak atau total dari semua ternak.
<b>Kategori/Sub Kategori</b>	<b>Total Populasi (ekor/tahun)</b>	Tabel ini menunjukkan populasi ternak di tingkat nasional/ provinsi menurut kategori/ subkategori yang dipilih.
Emisi Berdasarkan Kategori Ternak		Bagian ini menunjukkan diagram lingkaran yang menunjukkan proporsi emisi dari setiap jenis ternak.
Emisi berdasarkan Jenis Gas (Gg ton CO <sub>2</sub> -eq/tahun)		Bagian ini menunjukkan grafik batang yang menunjukkan proporsi emisi berdasarkan jenis gas yang diemisikan.
<b>Perhitungan Kotoran Ternak</b>		Terdapat 4 grafik batang yang menunjukkan emisi CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O dari pengelolaan kotoran ternak, baik dinyatakan dalam CH <sub>4</sub> maupun N <sub>2</sub> O dan dinyatakan sebagai CO <sub>2</sub> ekuivalen.
<b>Perhitungan GRK Enterik</b>		Terdapat 3 grafik batang yang menunjukkan emisi CH <sub>4</sub> dari fermentasi enterik yang dinyatakan sebagai CH <sub>4</sub> atau CO <sub>2</sub> ekuivalen.

### III. PENGHITUNGAN GRK MENGGUNAKAN KALKULATOR EMISI TERNAK

"**Kalkulator Excel**" dikembangkan agar dapat melakukan penghitungan emisi yang jelas dan konsisten dengan membatasi entri data. Data yang dibutuhkan hanya berupa data jumlah populasi setiap jenis ternak. Di bawah ini adalah uraian tentang proses pengumpulan, pemasukan, dan penelaahan data tersebut.

#### 3.1. Produksi Data Aktivitas

Data utama yang diperlukan untuk menggunakan kalkulator excel ini adalah jumlah populasi ternak, baik di tingkat nasional maupun provinsi. Data populasi harus dalam basis tahunan. Di Indonesia, biasanya data tahunan resmi dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS). BPS menyediakan data populasi baik di tingkat nasional maupun provinsi untuk semua jenis ternak.

Persentase setiap sub-kategori telah dimasukkan dalam Kalkulator Excel. Oleh karena itu, data yang harus diisi di Kalkulator Excel hanya populasi ternak.

#### 3.2. Entri Data Aktivitas

Saat pengguna ingin menggunakan kalkulator ini dan telah mengumpulkan data total populasi dari masing-masing jenis ternak untuk periode pelaporan, mereka harus memasukkan data total populasi baik pada kolom "**Total populasi**" pada "**Penghitungan GRK Enterik**" dan lembar "**Kalkulator pengelolaan Kotoran**".

Kalkulator Excel akan bekerja secara otomatis, sesuai dengan persamaan dan asumsi yang ditunjukkan di setiap judul kolom. Perhitungan pertama adalah populasi berdasarkan sub kategori. Kemudian total emisi dihitung secara otomatis dengan mengalikan data aktivitas dengan faktor emisi yang sesuai.

Lembar "**Dashboard**" mengumpulkan data yang dihasilkan dari lembar "**Penghitungan GRK Enterik**" dan lembar "**kalkulator pengelolaan kotoran**" untuk emisi dari ternak dalam baik dalam satuan kg untuk CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O mapupun dalam ton CO<sub>2</sub>-e untuk setiap tahun. Grafik yang menggambarkan hasil secara visual juga dibuat dan diperbarui secara otomatis.

Ketika Kalkulator Excel telah diperbarui dan/atau data aktivitas telah dimasukkan, ganti nama file menjadi file yang disimpan dengan tanggal dimana penghitungan dikerjakan. **Jangan menyimpan file menggunakan versi yang ada.**

Saat membuka Kalkulator Excel, mungkin ada pemberitahuan: "**disable**". Artinya, Anda tidak dapat mengubah nilai pada kolom ini, dan hanya dapat mengisi kolom yang dapat diperbarui.

### **3.3. QA/QC dan Persetujuan Hasil Pengestimasian Emisi**

Adalah suatu keharusan bahwa langkah-langkah jaminan kualitas/kontrol kualitas dilakukan untuk memastikan data dimasukkan dengan benar. Beberapa langkah harus diikuti oleh pengguna yang bertanggung jawab untuk QA/QC setiap kali memasukkan data pada data aktivitas, kemudian dimasukkan ke dalam Kalkulator Excel.

1. Setiap kali analisis entri data membuat perubahan atau serangkaian perubahan, tinjau versi baru buku kerja dengan membaca SOP.
2. Jika ada perubahan baru yang belum ditinjau, lanjutkan untuk meninjau semua perubahan.
3. Untuk semua tabel data aktivitas seperti yang ditunjukkan pada lembar data populasi, pastikan nilai yang dimasukkan untuk tahun berjalan telah dimasukkan dengan benar dan rasional. Jika perubahan besar ditampilkan sejak periode pelaporan sebelumnya, pastikan bahwa alasan perbedaan ini telah diidentifikasi dan didokumentasikan.
4. Konfirmasikan bahwa QA/QC sudah tepat untuk setiap tahun dengan data yang dimasukkan. Untuk semua koefisien data aktivitas, dokumentasi sumber asli mencakup pelaporan yang sama seperti tahun sebelumnya.
5. Konfirmasikan bahwa total emisi berasal dari data aktivitas kategori dan subkategori dengan tepat
6. Pada pelaporan emisi di lembar "**Dashboard**", konfirmasikan bahwa semua perkiraan emisi untuk tahun berjalan berada dalam kisaran yang wajar ( $\pm 20\%$ ) dari tahun sebelumnya. Jika perubahan di atas ambang batas ini, alasannya harus diidentifikasi dan didokumentasikan oleh orang yang bertanggung jawab memasukkan data.
7. Jika ada kesalahan yang tidak dapat segera diselesaikan, carilah rekan ahli dalam satu tim untuk menyelesaikan kesalahan yang tidak dapat dijelaskan.

### 3.4. Pelaporan Emisi dari Ternak

Emisi dari subsektor peternakan diestimasi dan dilaporkan oleh tim inventarisasi di bawah koordinasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak).

Emisi dari sub-sektor peternakan yang diestimasi menggunakan Kalkulator Excel akan disajikan baik sebagai total ton CO<sub>2</sub>-e dan per gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. Hasil ini akan berkontribusi dalam memperkirakan total emisi dari sektor pertanian. Oleh karena itu, output yang sesuai perlu diperhitungkan di bawah sektor pertanian. Semua hasil yang dihasilkan dari kalkulator ini dapat dilihat dan disalin dari lembar “**Dashboard**” pada Kalkulator Excel.

Laporan ini diserahkan kepada Direktorat Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan Monitoring Pelaporan dan Verifikasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang kemudian dikompilasi dengan sektor lain untuk laporan nasional.

#### **IV. MEMPERBARUI NILAI *DEFAULT* DAN FAKTOR EMISI**

Perubahan perhitungan emisi dapat terjadi di masa mendatang yang disebabkan oleh perbaikan kualitas struktur dan sistem inventaris. Perubahan mungkin terjadi pada sumber data aktivitas, koefisien, faktor emisi, atau pada template kalkulator. Proses perbaikan juga dapat terjadi pada faktor emisi lokal atau perubahan nilai faktor *default* yang saat ini digunakan dari IPCC dengan nilai faktor emisi lokal.

Nilai faktor emisi lokal yang dikembangkan dan digunakan dalam kalkulator ini harus telah dipublikasikan dan disetujui oleh tim Inventarisasi Puslitbangnak dan *reviewer*.

Semua perubahan yang diusulkan pada Kalkulator Excel ini harus berada di bawah pengawasan Puslitbangnak setelah disetujui oleh ahli dalam tim *reviewer*.

## V. SUMBER INFORMASI EKSTERNAL

Kalkulator Excel dikembangkan berdasarkan informasi yang dipublikasikan oleh:

1. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2019. "The 2019 Refinement to the 2016 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Final Draft Report-Volume 4, Agriculture, Forestry and other land use. IGES. Hayama Japan.
2. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Final Draft Report-Volume 4, Agriculture, Forestry and other land use. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Nigara T, Tanabe K (eds). IGES. Hayama Japan.

## **VI. FOCAL POINTS SEKTORAL NASIONAL DAN PROVINSI**

Focal point nasional untuk pelaporan emisi GRK nasional pada semua sektor adalah Direktorat Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan Monitoring Pelaporan dan Verifikasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Direktorat ini menyusun seluruh perhitungan/laporan yang disampaikan oleh sektor dari kementerian lain.

Dalam hal pelaporan wilayah, terdapat asesor wilayah di setiap provinsi di bawah koordinasi KLHK. Asesor tersebut bertanggung jawab dalam penghitungan dan pelaporan emisi dari semua sektor di wilayahnya. Kedepannya, Kalkulator Excel dapat digunakan baik oleh asesor nasional maupun provinsi untuk memperkirakan emisi GRK dari sub sektor peternakan.

## VII. DAFTAR PUSTAKA

- BPS [Badan Pusat Statistik]. 2014. Hasil Survei Struktur Ongkos Usaha Peternakan 2014 (SOUT 2014). Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BPS [Badan Pusat Statistik]. 2017. Hasil Survei Struktur Ongkos Usaha Peternakan 2017 (SOUT 2017). Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BPS [Badan Pusat Statistik]. 2020. Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2020. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2011. Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan. Direktorat Jenderal PKH, Kementerian Pertanian. Jakarta. <http://ditjenpkh.pertanian.go.id>
- IPCC (intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Final Draft Report-Volume 4, Agriculture, Forestry and other land use. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Nigara T, Tanabe K (eds). IGES. Hayama Japan.
- IPCC (intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014. IPCC Fifth Assessment Report. <http://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5>.
- IPCC (intergovernmental Panel on Climate Change). 2019. "The 2019 Refinement to the 2016 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Final Draft Report-Volume 4, Agriculture, Forestry and other land use. IGES. Hayama Japan.
- Puslibangnak. 2017. Indonesian National Greenhouse Gas Inventory from Livestock 2016 Calculated Using an IPCC Tier 2 Approach. Report. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Widiawati Y., Rofiq MN, Tiesnamurti B. 2016. Methane Emission Factors for Enteric Fermentation in Beef Cattle Using IPCC Tier-2 Method in Indonesia. *JITV* 21(2):101-111. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v21i2.1358>.