

SEMUA BISA BERAKSI UNTUK BUMI KITA!



WRI INDONESIA



BBC
MEDIA ACTION
TRANSFORMING LIVES THROUGH MEDIA
AROUND THE WORLD

Workshop

Metodologi Perhitungan Emisi & Polutan Udara Dari Proses Pengelolaan Sampah Rumah Tangga

Mumtaz Ahmad
Climate Finance & Risk Specialist
WRI Indonesia
#PejuangBumi

Kamis, 20 Agustus, 2019

bit.ly/EMISI-appstore | bit.ly/EMISI-playstore

Daftar Isi Presentasi

Perhitungan Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah

1 Emisi GRK dan Polutan Udara dari Sektor Sampah

2 Alur Perhitungan Dalam Aplikasi EMISI

3 Metodologi Perhitungan Emisi GRK & Polutan Udara

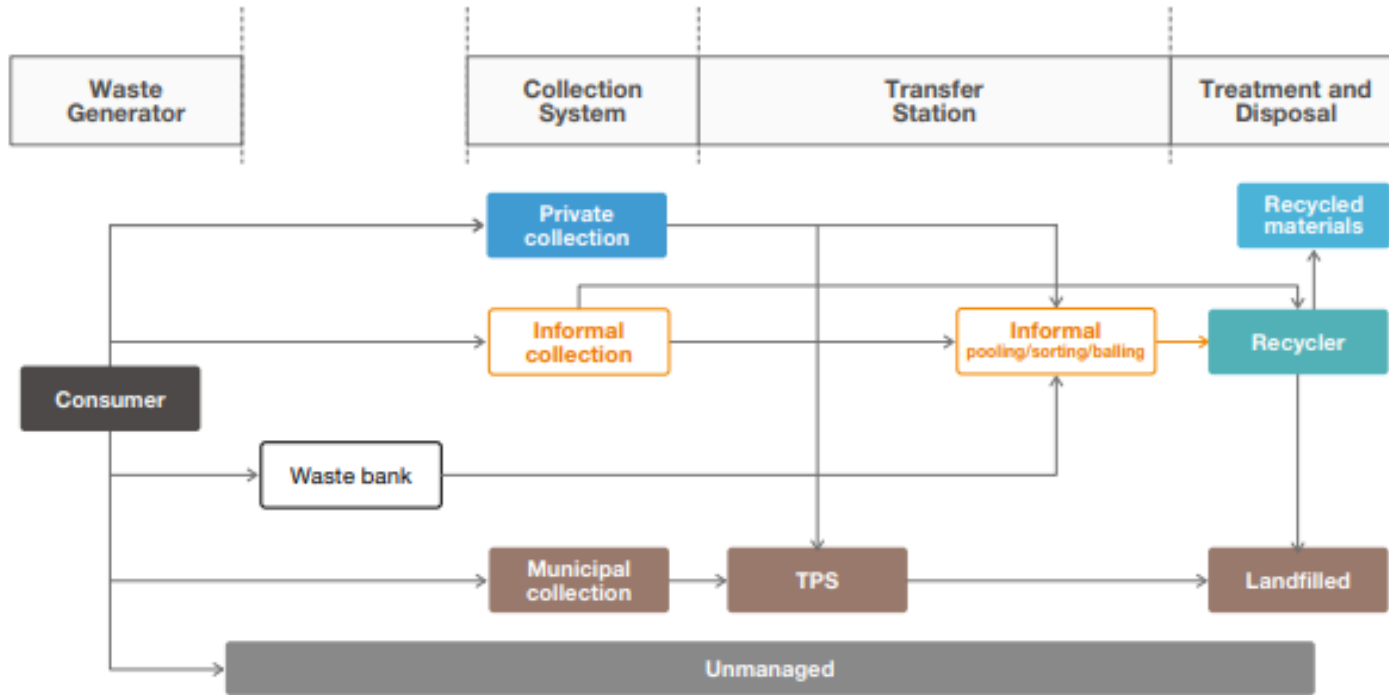
4 Limitasi, Simplifikasi dan Pengembangan Selanjutnya



Emisi GRK dan Polusi Udara dari Sektor Sampah (1/3)

Sumber Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah

Figur 1. Proses Umum Alur Manajemen MSW (Municipal Solid Waste) di Indonesia





Sumber: KLHK, 2020

Emisi sektor sampah kira-kira muncul dari mana?

- Proses pengolahan sisa sampah MSW semenjak dari konsumen melewati alur proses yang cenderung panjang.
- Emisi GRK & polutan udara muncul pada berbagai bagian dari proses pengelolaan sisa sampah.

Emisi GRK dan Polusi Udara dari Sektor Sampah (2/3)

Sumber Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah

Sumber Emisi Sektor Sampah	Potensi Emisi GRK & Polutan																				
<p>1. Proses Pengelolaan sisa sampah Sistem manajemen sampah guna mengelola sisa sampah.</p> 	<table border="1"><tr><td>Open burning</td><td>CO₂</td><td>CH₂</td><td>N₂O</td></tr><tr><td>Landfill</td><td>CH₄</td><td>CO₂</td><td></td></tr><tr><td>Composting</td><td>CH₄</td><td>N₂O</td><td></td></tr><tr><td>Incineration</td><td>CO₂</td><td>N₂O</td><td></td></tr><tr><td>Unmanaged (Waterways, buried, etc.)</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Open burning	CO ₂	CH ₂	N ₂ O	Landfill	CH ₄	CO ₂		Composting	CH ₄	N ₂ O		Incineration	CO ₂	N ₂ O		Unmanaged (Waterways, buried, etc.)			
Open burning	CO ₂	CH ₂	N ₂ O																		
Landfill	CH ₄	CO ₂																			
Composting	CH ₄	N ₂ O																			
Incineration	CO ₂	N ₂ O																			
Unmanaged (Waterways, buried, etc.)																					
<p>2. Transportasi Pemindahan sampah dari tempat ke tempat</p> 	<table border="1"><tr><td>CO₂</td><td>CO</td><td>NO_x</td><td>PM_{2.5}</td></tr><tr><td>N₂O</td><td>HFC</td><td>SO_x</td><td>PM</td></tr></table>	CO ₂	CO	NO _x	PM _{2.5}	N ₂ O	HFC	SO _x	PM												
CO ₂	CO	NO _x	PM _{2.5}																		
N ₂ O	HFC	SO _x	PM																		

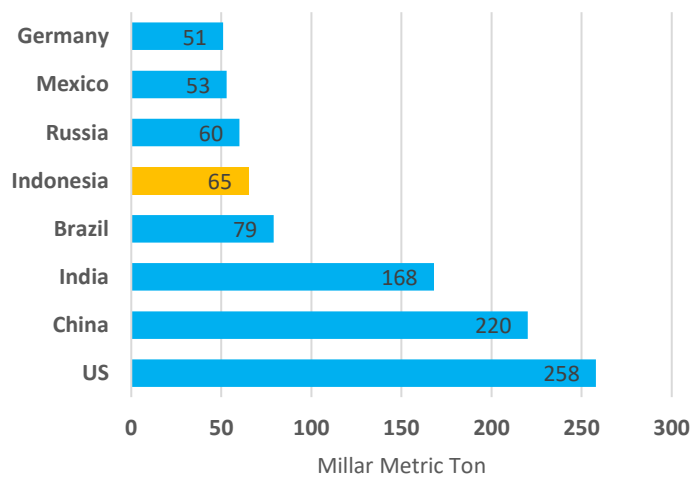
Emisi GRK dan Polusi Udara dari Sektor Sampah (3/3)

Sumber Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah

Produksi Sampah Indonesia

Indonesia negara penghasil sampah domestik terbesar ke-5 sedunia dengan 65 miliar metric ton pada tahun 2017

Figur 2. Produksi MSW Worldwide Tahun 2017

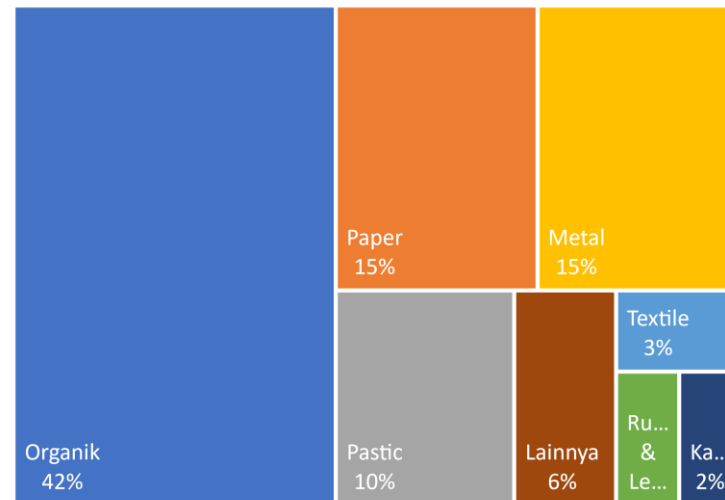


Sumber: Statista, 2017

Profil Jenis sampah rumah tangga di Indonesia

Produksi Sampah di Indonesia **didominasi Sampah organik**, namun mulai shifting pada jenis sampah inorganic lainnya.

Figur 3. Komposisi MSW Indonesia (2018)

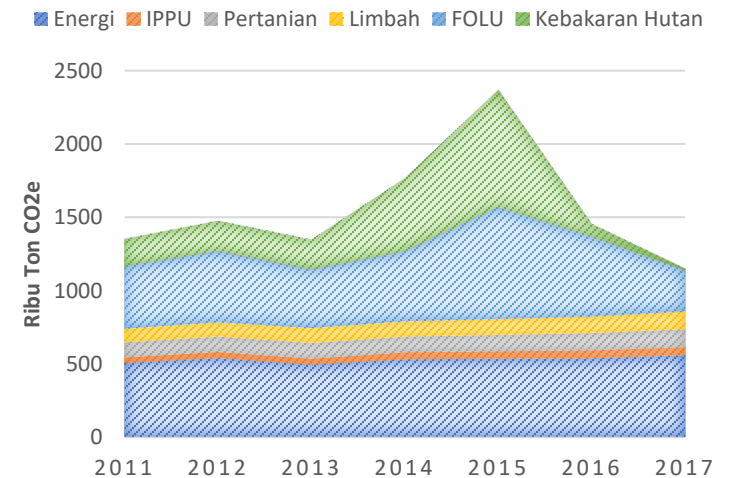


Sumber: SIPSN, 2018

Kontribusi GRK Sektor Sampah pada GRK Nasional

Emisi pengelolaan sisa sampah bukan sumber emisi terbesar, namun secara natural terus meningkat setiap tahunnya.

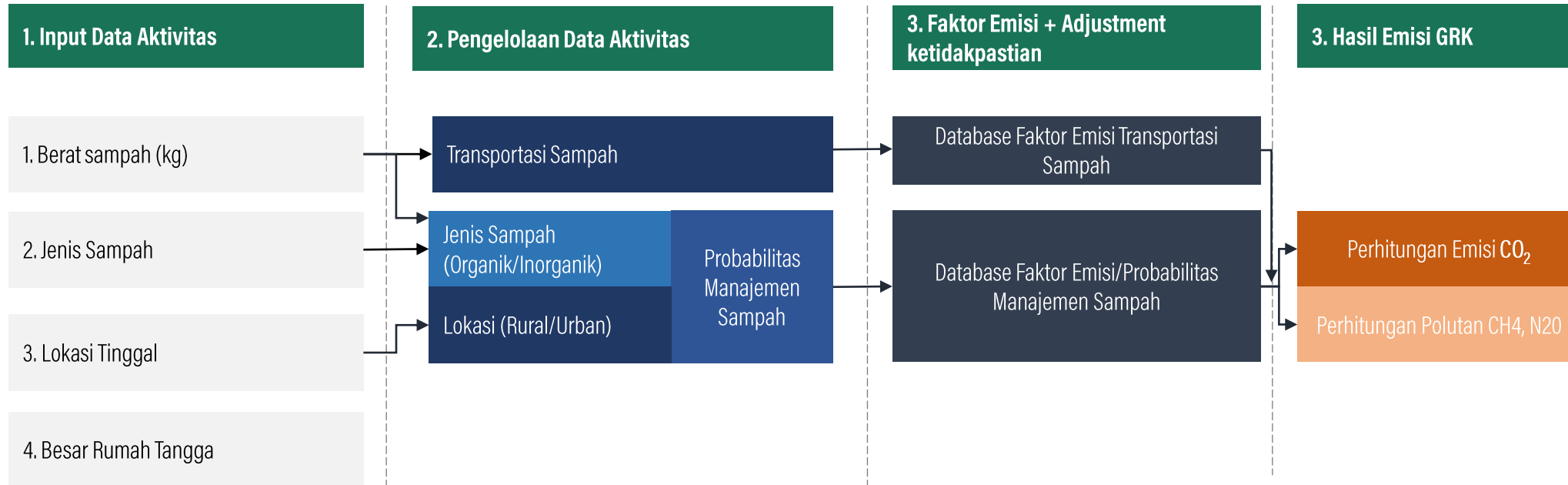
Figur 4. Emisi GRK menurut Jenis Sektor (2018)



Sumber: BPS, 2018

Alur Perhitungan Dalam Aplikasi EMISI

Perhitungan Emisi dan Polutan Udara Sektor Transportasi Darat



Ruang Lingkup Perhitungan				
Jenis Sampah: <ul style="list-style-type: none"> Organik Inorganik 	Lokasi Tinggal: <ul style="list-style-type: none"> Rural (tidak ada TPA) Urban (TPA Tersedia) 	Manajemen Sampah: <ul style="list-style-type: none"> Landfill Random Dumping/Discharge Open Burning Recycling Composting 	Emisi Transportasi: <ul style="list-style-type: none"> CO₂ N₂O 	Emisi Manajemen Sampah: <ul style="list-style-type: none"> CO₂ N₂O CH₄

Metodologi Perhitungan Emisi GRK (1/4)

Perhitungan Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah

Total Emisi sampah per orang:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n (EFS_i \cdot m_i)}_{\text{Emisi Manajemen Sampah}} + \underbrace{\sum_{i=1}^n \left(EFS_t \cdot \frac{m_i}{cap} \cdot d \right)}_{\text{Emisi Transportasi Sampah}}$$

Dimana:

m_i : Berat Sampah (kg)

EFS_i : Faktor Emisi untuk setiap jenis sistem pengelolaan sampah (CO_2, CH_4, N_2O)

EFS_t : Faktor Emisi dari transportasi sampah

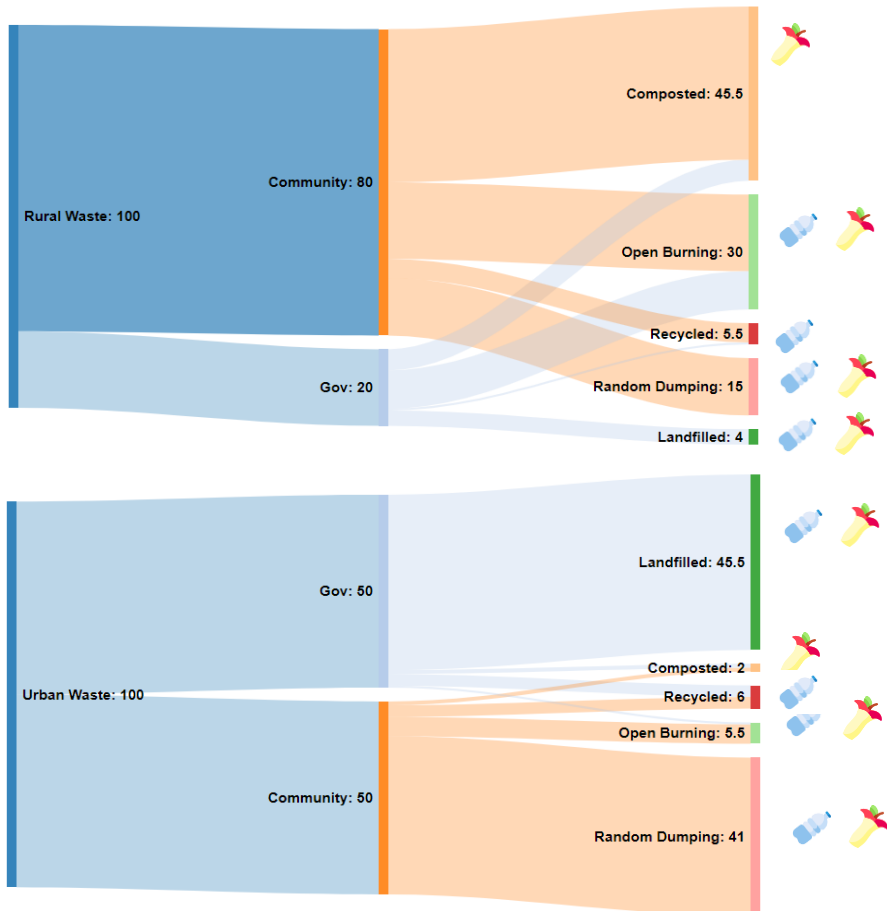
cap : kapasitas tampung kendaraan pengangkut sampah

d : Jarak tempuh total (distance)

Metodologi Perhitungan Emisi GRK (2/4)

Perhitungan Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah – Manajemen Sampah

Figur 4. Alur Proses pengelolaan sampah Rural vs Urban¹



Tabel 1. Faktor Emisi Per sistem pengelolaan sampah

Waste management type	Emission type	Unit	Emission factor
Composting ^a	CH ₄	kg CO ₂ e/kg MSW	0.1000000
	N ₂ O	kg CO ₂ e/kg MSW	0.0029944
Open burning ^a	CO ₂	kg CO ₂ /kg MSW	0.0333764
	CH ₄	kg CO ₂ e/kg MSW	0.0067535
	N ₂ O	kg CO ₂ e/kg MSW	0.0018382
	Random dumping and discharge ^b	CO ₂	kg CO ₂ /kg MSW
Recycled inorganics (3R) ^b	CO ₂	kg CO ₂ /kg MSW	-0.0022370
	N ₂ O	kg CO ₂ e/kg MSW	-0.0000001
Uncontrolled landfill ^a	CO ₂	kg CO ₂ /kg MSW	0.2100000
	CH ₄	kg CO ₂ e/kg MSW	0.0750000

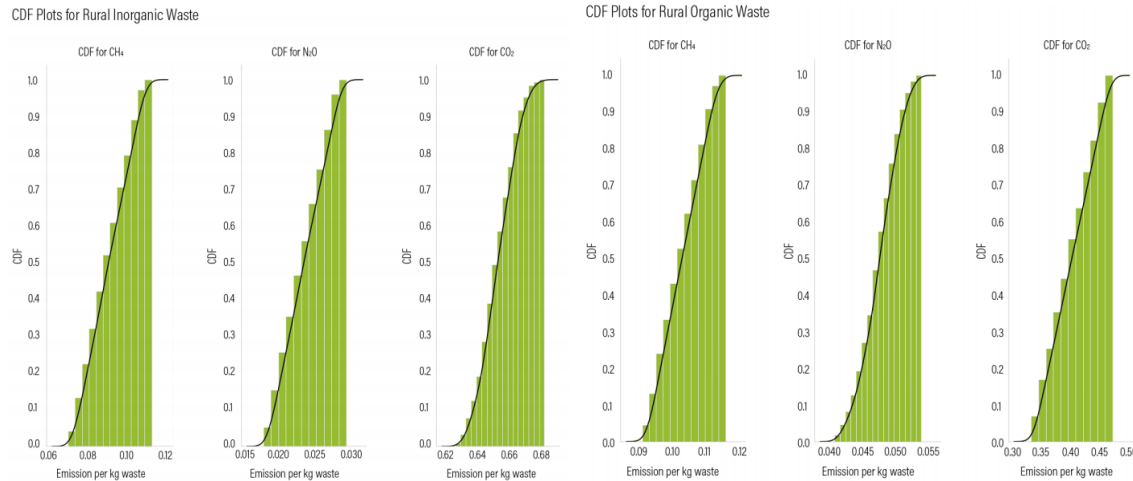
- Estimasi probabilitas proses pengolahan sampah individu merupakan langkah awal menghitung emisi dari pembuangan sampah per individu.
- Proses pengelolaan sampah di Indonesia sangat tidak seragam, hingga perlu ada segmentasi jenis manajemen sampah yang dialami oleh individu.
- EMISI menggunakan proxy urban/rural sebagai segmentasi perbedaan proses manajemen sampah yang dipakai lokasi-lokasi tertentu.

Notes: ¹Ministry of National Development Planning 2010.

Metodologi Perhitungan Emisi GRK (3/4)

Perhitungan Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah – Manajemen Sampah

Figur 2. Ilustrasi CDF Analisis Ketidakpastian



- Tidak dapat dipastikan bahwa kumpulan sampah suatu individu tertentu **secara 100% sesuai mengikuti alur proses** pembuangan sisa sampah yang dicatat oleh data agregat.
- Dalam antisipasi menjaga ketidakpastian ini, setiap EF sistem sampah berserta probabilitasnya disesuaikan dengan metode statistik analisis ketidakpastian melalui Latin Hypercube Sampling (Mckay, 1992).
- Hasil akhir setiap emisi & polutan dengan tingkat kepercayaan 95% **per kg jenis sampah (organic/ inorganic)** berserta **proxy lokasi (rural/urban)** tertera pada tabel 2.

Tabel 2. Summary Hasil Analisis Ketidakpastian Manajemen Sampah

City category and waste content	GHG emissions and pollutants		
	kg CH ₄ /kg of waste	kg CO ₂ /kg of waste	kg N ₂ O/kg of waste
Rural cities			
Organic content	0.111	0.45	0.501
Inorganic content	0.105	0.668	0.0275
Urban cities			
Organic content	0.055	0.052	0.045
Inorganic content	0.04	0.45	0.0004

Total Emisi sampah Manajemen Sampah:

$$\sum_{i=1}^n (EFs_i \cdot m_i)$$

Metode Perhitungan Emisi GRK (4/4)

Perhitungan Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah - transportasi

Total Emisi Transportasi Sampah:

$$\sum_{i=1}^n \left(EF_{st} \cdot \frac{m_i}{cap} \cdot d \right)$$



Berat Sampah

Berat sampah (kg) per individu yang diangkut oleh mobil sampah.



Truck Capacity

Kapasitas total angkut mobil sampah.
Diasumsikan 2500 kg/mobil.



Travel Distance

Jarak angkut mobil sampah sampai tujuan akhir.
Diasumsikan total jarak 25 km.

Transport	Emission type	Unit	Emission factor
Transportation ^a	CO ₂	kg CO ₂ /km/kg MSW	0.0000191
	N ₂ O	kg CO ₂ e/km/kg MSW	0.0000497

- Estimasi Emisi dari transportasi sampah perlu mengkonsiderasi 3 faktor; berat sampah individu, kapasitas mobil sampah, serta jarak tempuh truk sampah.
- Total berat sampah individu dibagi total kapasitas mobil sampah ($\frac{m_i}{cap}$) guna identifikasi kewajiban individu tersebut dari total emisi transportasi secara keseluruhan.
- Akibat keterbatasan data, kapasitas mobil sampah beserta jarak tempuh diasumsikan masing-masing 2500 kg¹ per mobil sampah & 25 km jarak tempuh².

Notes: ¹Ministry of National Development Planning 2010.

²Kristanto & Koven (2019).

Contoh Perhitungan Emisi GRK (1/2)

Perhitungan Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah

Tabel 3. Contoh

CO ₂ emissions												
City category	Waste mass (kg)	Waste composition (%)		# of people in household	Travel distance (km)	Vehicle capacity (kg)	Corrected emission factor (kg CO ₂ /kg waste)			Total emission from waste process (kg CO ₂)	Total emission from waste transport (kg CO ₂)	Total emission/person (kg CO ₂)
		Organic	Inorganic				Organic	Inorganic	Transportation			
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K) = (B * C * H) + (B * D * I)	(L) = F * (B/G) * J	(M) = (K + L)/E
Rural	15	40%	60%	4	25	2,500	0.45	0.668	0.0000191	8.71	0.000020	2.178
Rural	10	50%	50%	5			0.45	0.668	0.0000191	5.59	0.000012	0.668
Urban	15	40%	60%	4	25	2,500	0.05	0.450	0.0000191	6.75	0.000020	0.098
Urban	10	50%	50%	5			0.05	0.450	0.0000191	0.727	0.000012	0.145

Highlights:

- Emisi dari pembuangan sampah di daerah rural lebih tinggi dibandingkan urban karena penggunaan metode pengolahan sampah konvensional yang lebih dominan.
- Sampah Inorganik menghasilkan emisi yang lebih besar karena pembuangan sampah inorganik membutuhkan metode pengolahan sampah yang generasi emisinya lebih besar.

Contoh Perhitungan Emisi GRK (2/2)

Perhitungan Emisi dan Polutan Udara Sektor Sampah

N ₂ O emissions												
City category	Waste mass (kg)	Waste composition (%)		# of people in household	Travel distance (km)	Vehicle capacity (kg)	Corrected emission factor (kg N ₂ O/kg waste)			Total emission from waste process (kg N ₂ O)	Total emission from waste transport (kg N ₂ O)	Total emission/person (kg N ₂ O)
		Organic	Inorganic				Organic	Inorganic	Transportation			
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K) = (B * C * H) + (B * D * I)	(L) = F * (B/G) * J	(M) = (K + L)/E
Rural	15	40%	60%	4	25	2,500	0.501	0.028	0.0003451	3.25	0.000052	0.813
Rural	10	50%	50%	5			0.501	0.028	0.0003451	5.01	0.000035	0.529
Urban	15	40%	60%	4	25	2,500	0.055	0.040	0.0003451	0.69	0.000052	0.04
Urban	10	50%	50%	5			0.055	0.040	0.0003451	0.55	0.000035	0.044

CH ₄ emissions												
City category	Waste mass (kg)	Waste composition (%)		# of people in household	Travel distance (km)	Vehicle capacity (kg)	Corrected emission factor (kg CH ₄ /kg waste)			Total emission from waste process (kg CH ₄)	Total emission from waste transport (kg CH ₄)	Total emission/person (kg CH ₄)
		Organic	Inorganic				Organic	Inorganic	Transportation			
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K) = (B * C * H) + (B * D * I)	(L) = F * (B/G) * J	(M) = (K + L)/E
Rural	15	40%	60%	4	25	2,500	0.111	0.105	-	1.61	-	0.4
Rural	10	50%	50%	5			0.111	0.105	-	1.1	-	0.22
Urban	15	40%	60%	4	25	2,500	0.055	0.040	-	0.7	-	0.17
Urban	10	50%	50%	5			0.055	0.040	-	0.47	-	0.09

Simplifikasi & Limitasi Metode Aplikasi Emisi

Simplifikasi, Limitasi & Pengembangan Selanjutnya

Simplifikasi:

Terdapat beberapa faktor yang memudahkan perhitungannya dalam analisis:

- **Jenis sampah:**

Jenis sampah dikelompokkan menjadi organik (sisa makanan, sampah halaman rumah) beserta anorganik (kardus, plastic, etc.) untuk kemudahan pengguna.

- **Differensiasi Manajemen Sampah**

Perbedaan manajemen sampah untuk setiap lokasi dengan proxy urban/rural.

- **EF Transportasi**

EF transportasi dibatasi hanya CO₂ & N₂O.

Limitasi:

Terdapat beberapa faktor yang mengabaikan faktor-faktor yang seharusnya penting:

- **Kualitas Data manajemen sampah**

Data terlengkap yang dapat diakses secara public yang dapat digunakan analisis ini tahun 2005.

- **EF Manajemen Sampah**

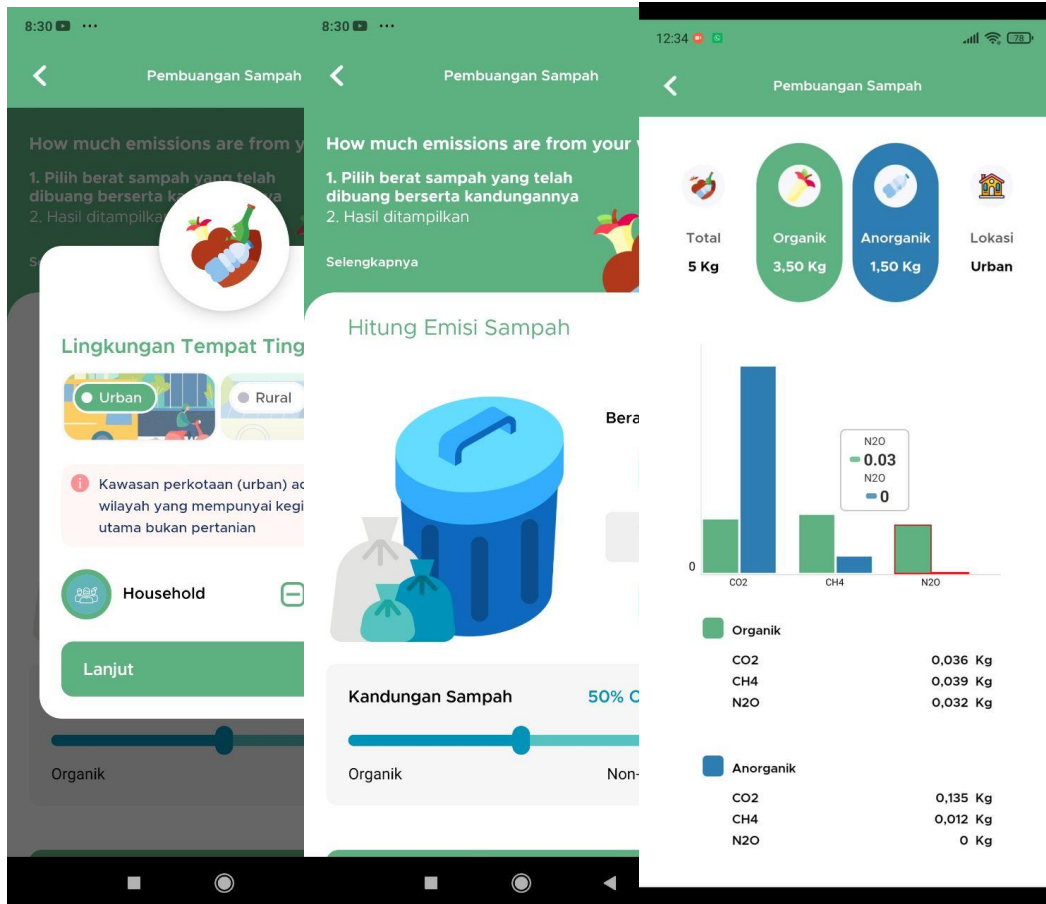
EF per manajemen sampah mengandalkan data sekunder, tanpa observasi fisik apapun.

- **Jarak, Jenis moda transportasi & kapasitas:**

Jarak, jenis moda yang beragam diasumsikan sama untuk setiap perhitungan.

Pengembangan Selanjutnya

Simplifikasi, Limitasi & Pengembangan Selanjutnya



Perkembangan Selanjutnya:

1. Tambah opsi setting manajemen proses sampah personal oleh user
2. Memberi ilustrasi asumsi proses manajemen sampah yang digunakan.
3. *Re-update* data sektor sampah dengan data terkini
4. Menambah Jenis Emisi GRK atau Polutan
5. Lainnya?

SEMUA BISA BERAKSI UNTUK BUMI KITA!



WRI INDONESIA



BBC
MEDIA ACTION
TRANSFORMING LIVES THROUGH MEDIA
AROUND THE WORLD

Thank you.

Metodologi Perhitungan Emisi & Polutan Udara Dari Proses Pengelolaan Sampah Rumah Tangga

Mumtaz Ahmad
Climate Finance & Risk Specialist
WRI Indonesia
#PejuangBumi

Kamis, 20 Agustus, 2019

bit.ly/EMISI-appstore | bit.ly/EMISI-playstore