



BAB IX TUGAS KHUSUS

IX.1 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca dari *Biomass Fuel*

Perhitungan emisi dapat dilakukan dengan menghitung konsumsi energi. Menurut Laksamana (2007) konsumsi energi bertujuan untuk mengetahui dan memperkirakan besarnya energi yang dibutuhkan dalam proses produksi. Perhitungan tersebut dapat pula dipergunakan untuk mengukur tingkat efisiensi proses produksi serta tindakan-tindakan penghematan dan konservasi energi pada masing-masing bagian produksi. Menurut Goswani (1986) konservasi energi merupakan kegiatan pengurangan atau penghematan penggunaan energi melalui suatu cara peningkatan efisiensi dalam penggunaan energi tanpa mengurangi produktivitas produksi. Studi yang dilakukan secara global sejak awal tahun 1970-an menunjukkan bahwa konservasi energi dapat dilakukan melalui penerapan manajemen energi.

Perhitungan emisi, dilakukan dengan menggunakan dasar perhitungan emisi yang telah diakui oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Dalam laporan IPCC 2006, perhitungan emisi yang diakibatkan pembakaran bahan bakar adalah sebagai berikut :

Emisi GRK = konsumsi bahan bakar x nilai kalor bersih x faktor emisi

Sedangkan, perhitungan dari emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh PT. PG Candi Baru, dari bulan Mei – September 2022 disajikan pada tabel berikut:

Tabel IX.1 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca dari *Biomass Fuel* PG. Candi Baru

Tahun	Bulan	Konsumsi Ampas (ton)	Faktor Konversi (Tj/Ton)	Konsumsi Energi (Tj)	CO ₂		CH ₄			N ₂ O			Total Emisi GRK (ton CO ₂ Eq)		
					Faktor Emisi (ton CO ₂ /Tj)	Emisi (ton CO ₂)	Faktor Emisi (kg CH ₄ /Tj)	Emisi (ton CH ₄)	GWP CH ₄	Emisi CH ₄ Eq- CO ₂ /bln (ton CO ₂ Eq)	Faktor Emisi (kg N ₂ O/Tj)	Emisi (kg N ₂ O)		GWP N ₂ O	Emisi N ₂ O Eq- CO ₂ /bln
2022	Mei	1433,67	0,0116	16,630572	100	1663,0572	30	0,49891716	21	10,47726036	4	0,066522288	310	20,62191	1684,178026
	Juni	13031,62	0,0116	151,166792	100	15116,6792	30	4,53500376	21	95,23507896	4	0,604667168	310	187,4468	15308,66103
	Juli	11729,9	0,0116	136,06684	100	13606,684	30	4,0820052	21	85,7221092	4	0,54426736	310	168,7229	13779,48889
	Agustus	13974,03	0,0116	162,098748	100	16209,8748	30	4,86296244	21	102,1222112	4	0,648394992	310	201,0024	16415,74021
	September	13211,8	0,0116	153,25688	100	15325,688	30	4,5977064	21	96,5518344	4	0,61302752	310	190,0385	15520,32424
TOTAL		53381,02	0,0116	619,219832	100	61921,9832	30	18,576595	21	390,1084942	4	2,476879328	310	767,8326	62708,39239

Berdasarkan tabel tersebut, diketahui besarnya konsumsi ampas setiap bulannya. Konsumsi ampas selama bulan Mei yaitu sebesar 1433,67 ton, dirata-ratakan yaitu 46,24 ton per hari, untuk faktor konversi diketahui yaitu 0,0116 Tj/ton. Lalu untuk perhitungan konsumsi energi yakni listrik yang dikonsumsi dari ampas di bulan Mei yaitu 16,630572 Terrajoule. Menurut (Rein, 2007), emisi karbon atau emisi gas rumah kaca dari serangkaian proses di pabrik gula diharapkan berkisar pada 500 kg CO₂ eq/ton tebu yang diolah. Pabrik Gula Candi Baru sendiri mengolah sekitar 2750 ton tebu setiap harinya. Sehingga, jika dihitung dari rata-rata tersebut, selama bulan Mei sampai dengan September, PG Candi Baru mengolah sekitar 412.500 ton tebu. Emisi Gas Rumah Kaca dari hasil pembakaran ampas tebu di ketel masih tergolong di batas yang aman, karena hanya menghasilkan sekitar 13,156 kg CO₂ eq/ton tebu yang diolah.



Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Biomass Fuel PT. PG Candi Baru:

Diketahui ampas tebu dikategorikan ke dalam biomassa padat oleh IPCC, sehingga:

Faktor Emisi CO₂ dari ampas tebu = 100 ton CO₂/Tj

Faktor Emisi CH₄ dari ampas tebu = 30 kg CH₄/Tj

Faktor Emisi N₂O dari ampas tebu = 4 kg N₂O/Tj

Data Nilai Kalor (NCV) & Faktor Konversi = 0,0116 Tj/ton

(Eggleston, 2008)

Global Warming Potential CH₄ = 21

Global Warming Potential N₂O = 310

(Forster, 2007)

1. Bulan Mei

Data konsumsi ampas/bulan:

BB Ampas/bulan = 1433,67 ton/bulan

Estimasi Emisi di Bulan Mei 2022 sebagai berikut:

A. Emisi CO₂

Emisi CO₂ (Ton CO₂/bln) = (Konsumsi energi bahan bakar) x FE CO₂
= (Konsumsi ampas x faktor konversi) x FE CO₂

Konsumsi energi = 1433,67 ton/bulan x 0,0116 Tj/ton
= 16,630572 Tj/bulan

Emisi CO₂ (Ton CO₂/bln) = 16,630572 Tj/bulan x 100 ton CO₂/Tj
= 1663,0572 Ton CO₂

B. Emisi CH₄

Emisi CH₄ (Ton CH₄/bln) = (Konsumsi energi bahan bakar) x FE CH₄
= 16,630572 Tj/bulan x 30 kg CH₄/Tj
= 498,91716 kg CH₄/bulan
= 0,49891716 ton CH₄/bln

Emisi CH₄ (Ton CO₂ eq/bln) = Emisi CH₄ (Ton CH₄/bln) x GWP CH₄
= 0,49891716 ton CH₄/bln x 21
= 10,47726036 ton CO₂ eq/bln



C. Emisi N₂O

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} &= (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE N}_2\text{O} \\ &= 16,630572 \text{ Tj/bulan} \times 4 \text{ kg N}_2\text{O/Tj} \\ &= 66,5223 \text{ kg N}_2\text{O/bulan} \\ &= 0,06652 \text{ ton N}_2\text{O/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O (Ton CO}_2\text{ eq/bln)} &= \text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} \times \text{GWP N}_2\text{O} \\ &= 0,06652 \text{ ton N}_2\text{O/bulan} \times 310 \\ &= 20,62191 \text{ ton CO}_2\text{ eq/bulan}\end{aligned}$$

Total Emisi Gas Rumah Kaca *Biomass Fuel* pada Bulan Mei:

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ &= 1663,0572 + 10,47726 + 20,62191 \\ &= 1684,178026 \text{ (ton CO}_2\text{ eq./bulan)}\end{aligned}$$

2. Bulan Juni

Data konsumsi ampas/bulan:

$$\text{BB Ampas/bulan} = 13031,62 \text{ ton/bulan}$$

Estimasi Emisi di Bulan Juni 2022 sebagai berikut:

A. Emisi CO₂

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 \text{ (Ton CO}_2\text{/bln)} &= (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE CO}_2 \\ &= (\text{Konsumsi ampas} \times \text{faktor konversi}) \times \text{FE CO}_2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi energi} &= 13031,62 \text{ ton/bulan} \times 0,0116 \text{ Tj/ton} \\ &= 151,166792 \text{ Tj/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 \text{ (Ton CO}_2\text{/bln)} &= 151,166792 \text{ Tj/bulan} \times 100 \text{ ton CO}_2\text{/Tj} \\ &= 15116,6792 \text{ Ton CO}_2\end{aligned}$$

B. Emisi CH₄

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CH}_4\text{/bln)} &= (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE CH}_4 \\ &= 151,166792 \text{ Tj/bulan} \times 30 \text{ kg CH}_4\text{/Tj} \\ &= 4535,00376 \text{ kg CH}_4\text{/bulan} \\ &= 4,53500376 \text{ ton CH}_4\text{/bln}\end{aligned}$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CO}_2\text{ eq/bln)} = \text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CH}_4\text{/bln)} \times \text{GWP CH}_4$$

$$= 4,53500376 \text{ ton CH}_4/\text{bln} \times 21$$

$$= 95,23507896 \text{ ton CO}_2 \text{ eq/bln}$$

C. Emisi N₂O

$$\text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} = (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE N}_2\text{O}$$

$$= 151,166792 \text{ Tj/bulan} \times 4 \text{ kg N}_2\text{O/Tj}$$

$$= 604,667 \text{ kg N}_2\text{O/bulan}$$

$$= 0,60467 \text{ ton N}_2\text{O/bulan}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O (Ton CO}_2 \text{ eq/bln)} = \text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} \times \text{GWP N}_2\text{O}$$

$$= 0,60467 \text{ ton N}_2\text{O/bulan} \times 310$$

$$= 187,4468 \text{ ton CO}_2 \text{ eq/bulan}$$

Total Emisi Gas Rumah Kaca *Biomass Fuel* pada Bulan Juni:

$$\text{Total Emisi GRK} = \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O}$$

$$= 15116,6792 + 95,23507896 + 187,4468$$

$$= 15308,66103 \text{ (ton CO}_2 \text{ eq./bulan)}$$

3. Bulan Juli

Data konsumsi ampas/bulan:

$$\text{BB Ampas/bulan} = 11729,9 \text{ ton/bulan}$$

Estimasi Emisi di Bulan Juli 2022 sebagai berikut:

A. Emisi CO₂

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (Ton CO}_2/\text{bln)} = (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE CO}_2$$

$$= (\text{Konsumsi ampas} \times \text{faktor konversi}) \times \text{FE CO}_2$$

$$\text{Konsumsi energi} = 11729,9 \text{ ton/bulan} \times 0,0116 \text{ Tj/ton}$$

$$= 136,06684 \text{ Tj/bulan}$$

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (Ton CO}_2/\text{bln)} = 136,06684 \text{ Tj/bulan} \times 100 \text{ ton CO}_2/\text{Tj}$$

$$= 13606,684 \text{ Ton CO}_2$$

B. Emisi CH₄

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CH}_4/\text{bln)} = (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE CH}_4$$

$$= 136,06684 \text{ Tj/bulan} \times 30 \text{ kg CH}_4/\text{Tj}$$



$$= 4082,0052 \text{ kg CH}_4/\text{bulan}$$

$$= 4,0820052 \text{ ton CH}_4/\text{bln}$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CO}_2 \text{ eq/bln)} = \text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CH}_4/\text{bln)} \times \text{GWP CH}_4$$

$$= 4,0820052 \text{ ton CH}_4/\text{bln} \times 21$$

$$= 85,7221092 \text{ ton CO}_2 \text{ eq/bln}$$

C. Emisi N₂O

$$\text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} = (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE N}_2\text{O}$$

$$= 136,06684 \text{ Tj/bulan} \times 4 \text{ kg N}_2\text{O/Tj}$$

$$= 544,27 \text{ kg N}_2\text{O/bulan}$$

$$= 0,54427 \text{ ton N}_2\text{O/bulan}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O (Ton CO}_2 \text{ eq/bln)} = \text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} \times \text{GWP N}_2\text{O}$$

$$= 0,54427 \text{ ton N}_2\text{O/bulan} \times 310$$

$$= 168,7229 \text{ ton CO}_2 \text{ eq/bulan}$$

Total Emisi Gas Rumah Kaca Biomass Fuel pada Bulan Juli:

$$\text{Total Emisi GRK} = \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O}$$

$$= 13606,684 + 85,7221092 + 168,7229$$

$$= 13779,48889 \text{ (ton CO}_2 \text{ eq./bulan)}$$

4. Bulan Agustus

Data konsumsi ampas/bulan:

$$\text{BB Ampas/bulan} = 13974,03 \text{ ton/bulan}$$

Estimasi Emisi di Bulan Agustus 2022 sebagai berikut:

A. Emisi CO₂

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (Ton CO}_2/\text{bln)} = (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE CO}_2$$

$$= (\text{Konsumsi ampas} \times \text{faktor konversi}) \times \text{FE CO}_2$$

$$\text{Konsumsi energi} = 13974,03 \text{ ton/bulan} \times 0,0116 \text{ Tj/ton}$$

$$= 162,098748 \text{ Tj/bulan}$$

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (Ton CO}_2/\text{bln)} = 162,098748 \text{ Tj/bulan} \times 100 \text{ ton CO}_2/\text{Tj}$$

$$= 16209,8748 \text{ Ton CO}_2$$

B. Emisi CH₄

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CH}_4\text{/bln)} &= (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE CH}_4 \\ &= 162,098748 \text{ Tj/bulan} \times 30 \text{ kg CH}_4\text{/Tj} \\ &= 4862,96244 \text{ kg CH}_4\text{/bulan} \\ &= 4,86296244 \text{ ton CH}_4\text{/bln}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CO}_2 \text{ eq/bln)} &= \text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CH}_4\text{/bln)} \times \text{GWP CH}_4 \\ &= 4,86296244 \text{ ton CH}_4\text{/bln} \times 21 \\ &= 102,1222112 \text{ ton CO}_2 \text{ eq/bln}\end{aligned}$$

C. Emisi N₂O

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} &= (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE N}_2\text{O} \\ &= 162,098748 \text{ Tj/bulan} \times 4 \text{ kg N}_2\text{O/Tj} \\ &= 648,39 \text{ kg N}_2\text{O/bulan} \\ &= 0,64839 \text{ ton N}_2\text{O/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O (Ton CO}_2 \text{ eq/bln)} &= \text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} \times \text{GWP N}_2\text{O} \\ &= 0,64839 \text{ ton N}_2\text{O/bulan} \times 310 \\ &= 201,0024 \text{ ton CO}_2 \text{ eq/bulan}\end{aligned}$$

Total Emisi Gas Rumah Kaca *Biomass Fuel* pada Bulan Agustus:

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ &= 16209,8748 + 102,1222112 + 201,0024 \\ &= 16415,74021 \text{ (ton CO}_2 \text{ eq./bulan)}\end{aligned}$$

5. Bulan September

Data konsumsi ampas/bulan:

$$\text{BB Ampas/bulan} = 13211,8 \text{ ton/bulan}$$

Estimasi Emisi di Bulan September 2022 sebagai berikut:

A. Emisi CO₂

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 \text{ (Ton CO}_2\text{/bln)} &= (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE CO}_2 \\ &= (\text{Konsumsi ampas} \times \text{faktor konversi}) \times \text{FE CO}_2 \\ \text{Konsumsi energi} &= 13211,8 \text{ ton/bulan} \times 0,0116 \text{ Tj/ton} \\ &= 153,25688 \text{ Tj/bulan}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 \text{ (Ton CO}_2\text{/bln)} &= 153,25688 \text{ Tj/bulan} \times 100 \text{ ton CO}_2\text{/Tj} \\ &= 15325,688 \text{ Ton CO}_2\end{aligned}$$

B. Emisi CH₄

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CH}_4\text{/bln)} &= (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE CH}_4 \\ &= 153,25688 \text{ Tj/bulan} \times 30 \text{ kg CH}_4\text{/Tj} \\ &= 4597,7064 \text{ kg CH}_4\text{/bulan} \\ &= 4,5977064 \text{ ton CH}_4\text{/bln}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CO}_2 \text{ eq/bln)} &= \text{Emisi CH}_4 \text{ (Ton CH}_4\text{/bln)} \times \text{GWP CH}_4 \\ &= 4,5977064 \text{ ton CH}_4\text{/bln} \times 21 \\ &= 96,5518344 \text{ ton CO}_2 \text{ eq/bln}\end{aligned}$$

C. Emisi N₂O

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} &= (\text{Konsumsi energi bahan bakar}) \times \text{FE N}_2\text{O} \\ &= 153,25688 \text{ Tj/bulan} \times 4 \text{ kg N}_2\text{O/Tj} \\ &= 613,03 \text{ kg N}_2\text{O/bulan} \\ &= 0,61303 \text{ ton N}_2\text{O/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O (Ton CO}_2 \text{ eq/bln)} &= \text{Emisi N}_2\text{O (ton N}_2\text{O/bulan)} \times \text{GWP N}_2\text{O} \\ &= 0,61303 \text{ ton N}_2\text{O/bulan} \times 310 \\ &= 190,0385 \text{ ton CO}_2 \text{ eq/bulan}\end{aligned}$$

Total Emisi Gas Rumah Kaca *Biomass Fuel* pada Bulan September:

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ &= 15325,688 + 96,5518344 + 190,0385 \\ &= 15520,32424 \text{ (ton CO}_2 \text{ eq./bulan)}\end{aligned}$$

Sehingga:

Total Emisi GRK dari *Biomass Fuel* PG. Candi Baru Bulan Mei-September 2022 yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi GRK} &= \text{Emisi GRK Bulan Mei} + \text{Juni} + \text{Juli} + \text{Agustus} + \text{September} \\ &= 1684,178026 + 15308,66103 + 13779,48889 + 16415,74021 + \\ &\quad 15520,32424 \\ &= \mathbf{62708,39239 \text{ ton CO}_2 \text{ Eq}}\end{aligned}$$