

Konsorsium PETUAH (Perguruan Tinggi Untuk Indonesia Hijau)

Pengetahuan Hijau Berbasis Kebutuhan dan Kearifan Lokal untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan
(*Green Knowledge with Basis of Local Needs and Wisdom to Support Sustainable Development*)

POLICY BRIEF

No. 4/CSS IPB – June 2016

Pentingnya Pengetahuan Faktor Emisi Gas Rumah Kaca untuk Pengendalian Perubahan Iklim

SUMMARY

Masalah perubahan iklim tidak pernah lepas dari persoalan sumber yang menyebabkannya, cara memperolehnya, siapa yang melakukannya dan bagaimana hal tersebut didapatkan di lapangan, karena hasilnya akan mempunyai implikasi yang sangat sensitive baik terhadap perubahan iklim itu sendiri maupun terhadap posisi negara yang diduga menyebabkannya. Hingga hari ini perhitungan emisi gas rumah kaca di dunia digantungkan kepada metoda yang dikeluarkan oleh IPCC yang terkadang masih dipertanyakan keabsahannya karena menyangkut parameter yang digunakan dalam perhitungannya seperti luas areal terbakar, potensi bahan bakar dan factor emisi yang dipergunakan masih penuh dengan ketidakjelasan (uncertainty). Penelitian yang dilakukan oleh peneliti-peneliti dari Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan IPB bekerjasama dengan South Dakota State University (SDSU), University of Montana, Universitas Palangkaraya, Pemda Kalimantan Tengah, Pemda Kab. Kapuas dan BOSF Mawas yang didanai oleh NASA memastikan hal tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tahun 2015 yang lalu di 12 lokasi gambut yang terbakar di Kalimantan Tengah yang mendeteksi 90 gas-gas selama kebakaran berlangsung, menghasilkan Gas-gas rumah kaca sebagai berikut: CO₂ (1564±77) g/kg, CO (291±49,9)g/kg, CH₄(9,51±4,74)g/kg dan NH₃(2,86±1,0) g/kg. Hasil penelitian ini mendorong dilakukannya revisi nilai faktor emisi yang

selama ini digunakan IPCC, yaitu untuk nilai CO₂ (-8%), CH₄ (-55%), NH₃ (-86%), CO (+39%). Dengan menggunakan nilai faktor emisi terbaru maka penghitungan emisi karbon Indonesia akan menjadi lebih rendah daripada nilai emisi terdahulu yang menggunakan faktor emisi IPCC sebelumnya. Selain itu ditemukan pula gas-gas yang dapat mengganggu kesehatan manusia yang sangat toxic dan beracun diantaranya seperti HCN dan Furan.

PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan Indonesia sudah lama terjadi dan merupakan catatan sejarah kelam. Kejadian kebakaran terbesar bermula yang terjadi pada tahun 1982/83, khususnya di Kalimantan Timur dengan luasan sekitar 3,6 juta ha. Kejadian ini tentu saja mengagetkan berbagai pihak khususnya para peneliti hutan tropika basah. Mereka hampir tidak percaya bahwa hutan tropika basah yang kaya akan keanekaragaman hayati dan dengan tingkat kepadatan vegetasi yang tinggi dan selalu basah akan juga ikut terbakar bahkan dengan luasan yang fantastis. Fakta lapangan akhirnya menyadarkan mereka bahwa tindakan manusia yang berada di lapanganlah yang mengawali segalanya, mulai dari eksekusi lapangan oleh para kontraktor tanpa berpegangan lagi pada kaidah pemanfaatan hutan yang lestari hingga peran dari para peladang berpindah yang menuntaskan tugas mereka dengan melakukan

Rekomendasi Kebijakan

- *Perhitungan emisi gas rumah kaca seharusnya didasarkan pada data dan fakta bersumber dari hasil penelitian yang tidak bisa digeneralisir*
- *Perhitungan emisi gas rumah kaca yang benar seharusnya menggunakan luas areal terbakar yang benar dan tepat, kedalama gambut yang dihitung berdasarkan kebakaran yang terjadi setempat dan tidak diasumsikan seragam seperti yang terjadi selama ini serta menggunakan faktor emisi yang benar*
- *Penelitian intensif dan dengan cara yang benar seperti yang dilakukan ini telah membuktikan bahwa emisi gas rumah kaca yang dipublikasikan selama ini jauh dari yang sebenarnya dan cenderung over estimate sehingga perlu seHINGA perlu segera direvisi*

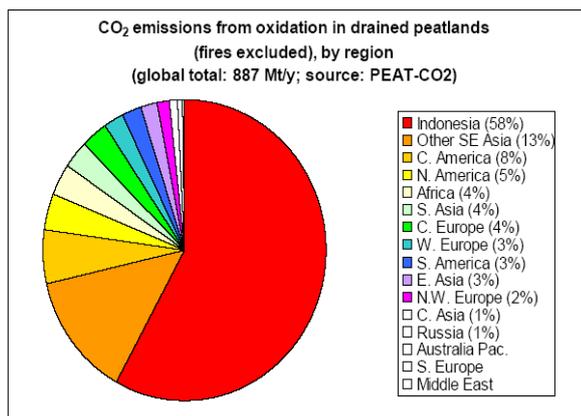
pembakaran dalam rangka penyiapan lahan yang kemudian diikuti oleh pelaku usaha untuk juga melakukan hal yang sama. Kebakaran besar berikutnya terjadi pada tahun 1994 dengan luas 5,11 juta ha yang terjadi di wilayah Sumatra dan Kalimantan, dan kebakaran mencapai puncaknya yang terjadi pada tahun 1997/1998 dengan luasan 10-11 juta ha dimana 5,2 juta ha diantaranya terbakar di Provinsi Kalimantan Timur (Goldammer, 1998; Tacconi, 2003). Akibat kebakaran tersebut telah mengakibatkan terjadinya transboundary haze pollution yang melintas negara tetangga yang juga mengakibatkan negara tetangga mengalami kerugian yang tidak sedikit (Tacconi, 2003). Kerugian yang terjadi akibat kebakaran thn 1997/1998 tersebut diperkirakan sekitar US \$ 10 Miliar (Rp.100 Triliun). Lahan pertanian, hutan dataran rendah, hutan rawa gambut, belukar dan alang-alang, dan lain-lain ikut terbakar. Terjadi peningkatan kandungan garam di sugai-sungai di Kalimantan Timur, terjadi peningkatan hujan asam di Sumatera Utara (pH < 4), peningkatan GRK seperti CO₂, CO, dan NOX lebih dari 13 kali lipat di Sumatera Selatan, serta diduga 176 perusahaan diduga berada dibalik asap tersebut (Saharjo, 2015). Gas Rumah Kaca yang dihasilkan selama kebakaran hutan dan lahan berlangsung dianggap setara dengan CO₂ yang dilepaskan oleh kendaraan-kendaraan dan pusat-pusat tenaga di Eropa Barat yang selama setahun (WWF, 1997) atau setara dengan 22% karbon dunia yang dilepaskan selama setahun yaitu lebih dari 700 juta ton (UNCHS, 1999), bahkan ada yang menyatakan setara dengan emisi yang dihasilkan nomor ketiga terbesar dunia (Page et al, 2002; Hoojier et al, 2006). Kebakaran hutan dan lahan terus berlanjut tanpa henti yang terjadi pada tahun 2006, 2008, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 hingga 2016, bahkan terbukti tidak harus terjadi pada saat ada El-Nino yang berkepanjangan untuk beraksi lebih lama, karena

tanpa El-Nino pun kebakaran tetap besar dan makin buruk dampaknya. Berbagai upaya telah dilakukan untuk menghentikan asap dan dampak negative lainnya dengan melibatkan berbagai pihak hingga kepada permintaan maaf oleh Presiden, perang terhadap asap dan lain sebagainya namun hingga hari ini kebakaran terus berlanjut dengan implikasi negative termasuk menyelimuti negara tetangga dan mengundang kontroversi baru dengan munculnya Undang-Undang Lintas Batas asap yang di terbitkan oleh pemerintah Singapura tahun 2014 dan serta telah pula mulai memakan korban.

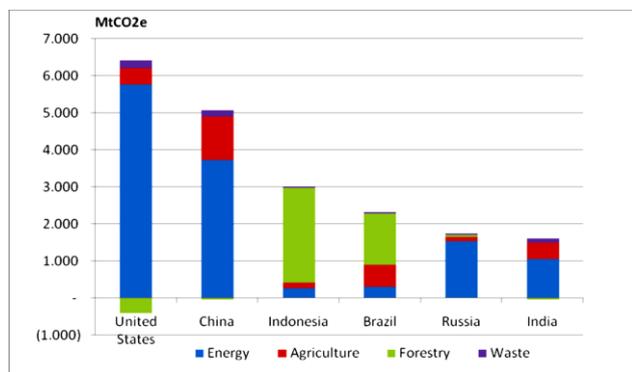
PENGHASIL GAS RUMAH KACA TERBESAR DI DUNIA

Penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu mengungkapkan bahwa emisi Gas Rumah Kaca selama kebakaran berlangsung khususnya yang terjadi pada tahun 1997/1998 khususnya di Kalimantan Tengah telah menempatkan posisi Indonesia sebagai penghasil gas rumah kaca terbesar ke tiga di dunia setelah Amerika Serikat dan China. Pendapat seperti itu terus berkembang seiring dengan dilakukannya berbagai penelitian yang tidak hanya pada kebakaran yang terjadi di lahan gambut juga emisi gas rumah kaca yang dihasilkan selama proses dekomposisi gambut tersebut berlangsung. Melalui publikasinya, Bank Dunia (Peace, 2007) secara jelas sekali menunjukkan fakta tersebut seperti tercantum dalam Gambar 2. Data tersebut menunjukkan bahwa dari 3 Gigaton CO₂ yang dihasilkan sebagian besar (lebih dari 80 %) bersumber dari kegiatan kehutanan, sementara emisi yang bersumber dari kegiatan pertanian, energy dan sampak jauh berada dibawahnya. Penelitian lain menunjukkan bahwa besarnya emisi GRK yang dihasilkan dari kegiatan kehutanan tersebut sebenarnya bersumber dari emisi yang dihasilkan dari

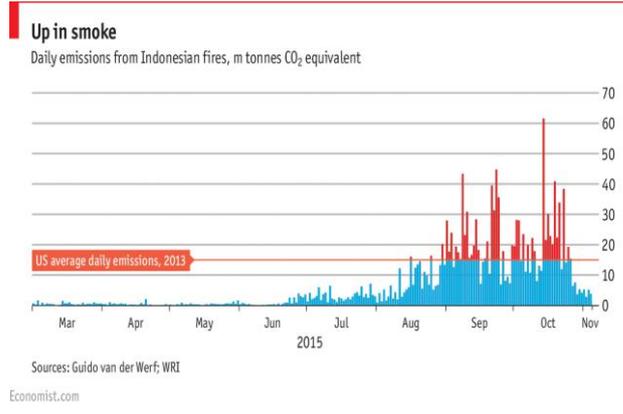
kebakaran khususnya kebakaran gambut. Hasil-hasil penelitian beberapa studi menunjukkan bahwa emisi kebakaran gambut sangat bervariasi, yaitu 1.624 MtCO₂ (Heil et al., 2007), 360 MtCO₂ (Levine, 1999), 1.191 MtCO₂ dan 3.778 MtCO₂ (Page et al., 2002), 1.029 MtCO₂ (Duncan, 2003), 466 MtCO₂ (Van der Werf *et al.*, 2007), dan 6,4 MtCO₂ (IFCA, 200.8)



Gambar 1. Emisi karbondioksida dari gambut Indonesia dibandingkan dengan Negara-negara Asia Tenggara dan Dunia (Hoojier et al, 2006)

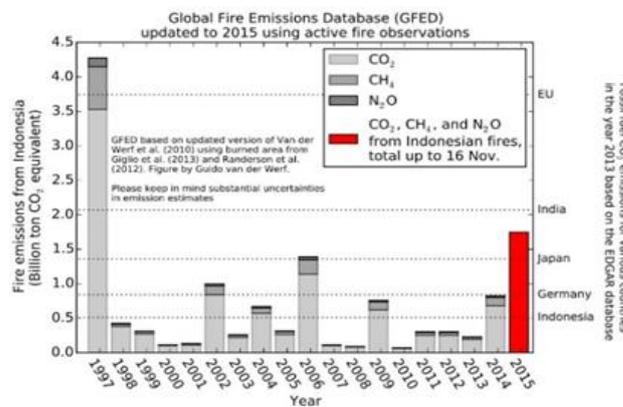


Gambar 2. Posisi Indonesia sebagai Negara penghasil emisi GRK setelah Amerika dan China yang bersumber dari aktivitas bidang kehutanan (PEACE, 2007)



Gambar 3. Emisi CO₂ eq dari kegiatan kehutanan dan kebakaran gambut tahun 2015 yang diperkirakan sebesar 1,748 Milyar ton (van der Werf, 2015)

Data terakhir yang merujuk pada emisi gas rumah kaca akibat kebakaran hutan dan lahan tahun 2015 (GFED, 2015) tetap menempatkan posisi Indonesia sebagai penghasil emisi gas rumah kaca terbesar dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan oleh Jerman dan Jepang dan hampir mendekati India.



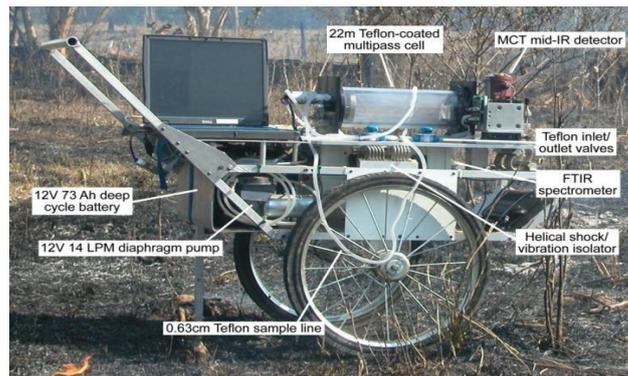
Gambar 4. Emisi GRK Indonesia akibat kebakaran hutan dan lahan 2015 melebihi Jerman dan Jepang serta mendekati India

Data dan informasi ini tentu saja telah menempatkan posisi Indonesia pada tempat yang tidak strategis dan tetap dianggap sebagai Negara penghasil gas rumah kaca yang signifikan di dunia sampai dengan hari ini, meskipun dalam perhitungannya masih banyak yang dapat dipersoalkan seperti faktor emisi yang masih belum mewakili, ketebalan gambut yang terbakar masih belum mewakili ketebalan yang sesungguhnya dan luas kebakaran yang masih sangat bervariasi. Emisi kebakaran gambut selama ini menggunakan persamaan Seiler dan Crutzen (1980) yang

diadopsi oleh IPCC sebagai berikut : $L_{fire} = A * M_b * C_f * G_{ef} * 10^{-3}$ dengan A adalah luasan terbakar, M_b = massa bahan bakar tersedia, C_f = combustion factor, dan G_{ef} = faktor emisi untuk setiap gas. Dengan demikian, kalkulasi factor emisi menjadi salah satu parameter penentu dalam penghitungan emisi total dari kebakaran gambut.

KERJASAMA PENELITIAN SDSU/IPB – NASA PROYEK PENELITIAN KEBAKARAN LAHAN GAMBUT TROPIS

Kebakaran lahan gambut merupakan penyumbang utama terhadap emisi gas rumah kaca (GHG) di Indonesia, terutama pada masa-masa ENSO (El Nino-Osilasi Selatan), di daerah-daerah yang memiliki drainase dan telah mengalami kebakaran pertama dan kedua (Anonymous, 2015) . Meskipun jumlah emisi GHG ini cukup besar, namun kebakaran lahan gambut saat ini belum secara akurat dimasukkan dalam Sistem Perhitungan Karbon Nasional Indonesia atau *Indonesian National Carbon Accounting System (INCAS)*, yang dilaksanakan oleh pemerintah Indonesia melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (Forestry Research and Development Agency/FORDA) sebagai bagian dari tugasnya yaitu Mengawasi, Melaporkan dan Memverifikasi (MRV) penurunan emisi gas rumah kaca. Kondisi ini memunculkan keprihatinan peneliti-peneliti kebakaran dan gambut dari Indonesia dan Amerika. Terkait dengan hal tersebut maka pada tahun 2013 telah ditandatangani kerjasama internasional mengenai penelitian kebakaran gambut tropika Indonesia yang didanai NASA yaitu SDSU/IPB – NASA Tropical Peat Fire Research Project: Incorporating, Quantifying and Locating Fire Emissions from Tropical Peat Lands Filling a Critical Gap in Indonesia’s National Carbon Monitoring, Reporting and Verification (MRV) Capabilities for Supporting REDD+ Activities. Melalui kerjasama penelitian ini maka peneliti-peneliti dari Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan IPB bekerjasama dengan South Dakota State University (SDSU), University of Montana, Universitas Palangkaraya, Pemda Kalimantan Tengah, Pemda Kab. Kapuas dan BOSF Mawas melakukan penelitian. Sebelum kegiatan penelitian maka telah dilakukan beberapa kali workshop dengan berbagai stake holders dan para peneliti di Kalimantan Tengah. Pada bulan Oktober dan November 2015, maka telah dilakukan pengambilan sampel asap dari kebakaran gambut di sekitar areal eks PLG dengan menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Photoacoustic Extinctionmeter (PAX) dengan menggunakan panjang gelombang 405 nm dan 870 nm, gravimetric filters, dan Whole Air Sampling (WAS), untuk menghitung emisi yang dihasilkan dari kebakaran gambut.



Gambar 5. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) yang digunakan dalam pengambilan sampel asap selama penelitian dilakukan di Kalimantan Tengah tahun 2015

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) digunakan untuk melakukan pengambilan sampel terhadap 5-15 jenis gas yang dihasilkan selama kebakaran berlangsung dan Whole Air Sampling (WAS) digunakan untuk melakukan pengambilan sampel terhadap 48 jenis gas (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis gas-gas yang disampling selama penelitian dilakukan di Kalimantan Tengah tahun 2015 (Stockwell et al, 2016)

Technique (# samples)	Selected species measured
FTIR (5-15 samples/hour)	H ₂ O, CO ₂ , CO, CH ₄ , NO, NO ₂ (NO _x = NO+NO ₂), NH ₃ , HCN, HCl, C ₂ H ₂ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆ , limonene, isoprene, 1,3-butadiene, formaldehyde, methanol, acetic acid, formic acid, phenol, furan, acetol, glycolaldehyde, SO ₂ , HF
Whole air sampling (WAS) (48 samples total)	CO ₂ , CH ₄ , CO, OCS, DMS, CS ₂ , HCFC-22, CFC-11, CFC-12, C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ , propyne, 1-butene, 2-butene, 1,2-propadiene, propane, propene, i-butane, n-butane, 1-butene, i-butene, trans-2-butene, cis-2-butene, i-pentane, n-pentane, 1,3-butadiene, 1-pentene, isoprene, trans-2-pentene, cis-2-pentene, 3-methyl-1-butene, 2-methyl-1-butene, methyl acetate, 2-methyl-2-butene, 1,3-pentadiene, 1-heptene, 1-octene, cyclopentene, n-hexane, n-heptane, n-octane, n-nonane, n-decane, 2,3-dimethylbutane, 2-methylpentane, 3-methylpentane, benzene, toluene, ethylbenzene, p-xylene, m-xylene, o-xylene, styrene, i-propylbenzene, n-propylbenzene, 3-ethyltoluene, 4-ethyltoluene, 2-ethyltoluene, 1,3,5-trimethylbenzene, 1,2,4-trimethylbenzene, 1,2,3-trimethylbenzene, methylisopropylbenzene, α-pinene, β-pinene, 4-carene, camphene, myrcene, limonene, acetonitrile, acrylonitrile, furan, 2-methylfuran, 2-ethylfuran, 2,5-dimethylfuran, acetaldehyde, butanal, 2-methylpropanal, 3-methylbutanal, 2-propenal, MAC, furfural, acetone, butanone, MVK, 3-methyl-2-butanone, 3-methyl-3-buten-2-one, methanol
Filter sampling (48 each Teflon and quartz) Stationary and mobile	PM _{2.5} , EC, OC, ions (fluoride, chloride, sulfate, nitrate, potassium, sodium, calcium, magnesium), smoke markers (levoglucosan, polyaromatic hydrocarbons, alkanes, syringols, sterols, organic acids, etc), trace elements (Sb, Pb, Ni, Zn, Cr, etc), PCBs on garbage burning filters
Real-time PM	PAX (405&870): Black and brown carbon (BC&BrC), single scattering albedo (SSA), Absorption Angstrom Exponent (AAE), EFabs





Gambar 6. Pengambilan sampel asap kebakaran (a) dan verifikasi gambut bekas terbakar (b) di lokasi penelitian

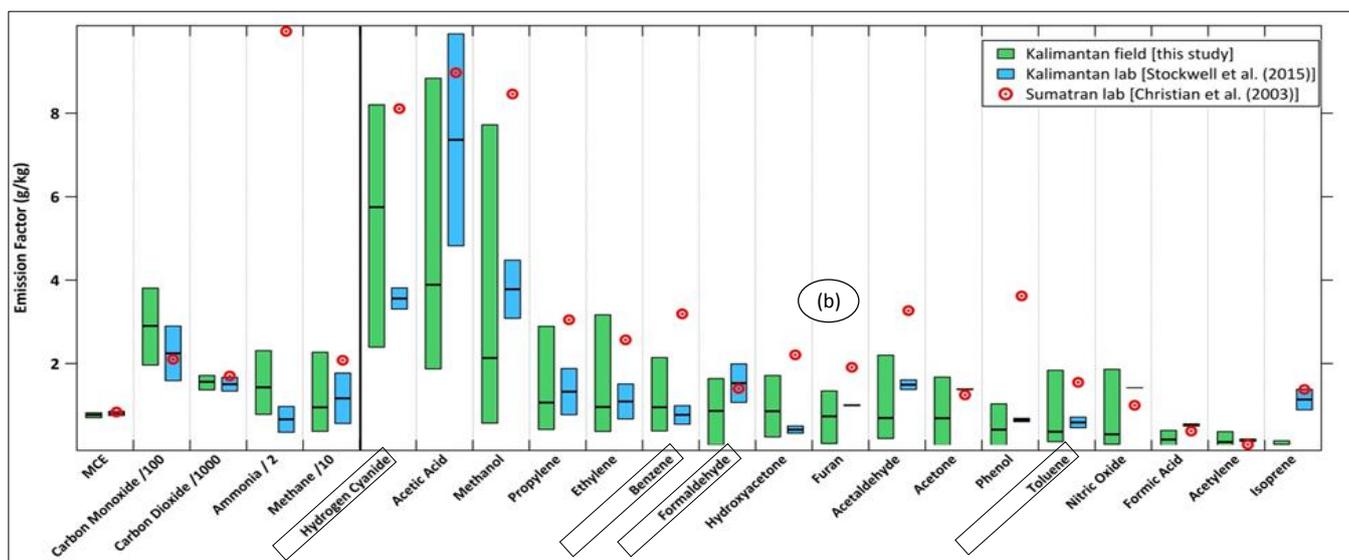


Gambar 7. Kondisi asap hasil kebakaran yang menyelimuti kota Palangkaraya Tanggal 27 September 2015
(Photo: BHS, 2015)

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada bulan Oktober-November 2015 yang lalu di Kalimantan Tengah pada 12 lokasi penelitian yang berbeda-beda yang langsung

dipimpin oleh Prof. Mark A. Cochrane dari SDSU, maka telah berhasil terdeteksi dan dianalisis 90 gas-gas termasuk Gas Rumah Kaca, Gas-gas yang menipiskan lapisan ozon, dan gas-gas yang menyangkut kesehatan manusia dan lingkungan. Gas-gas rumah kaca yang dihasilkan adalah CO₂ (1564±77) g/kg, CO (291±49,9)g/kg, CH₄(9,51±4,74)g/kg dan NH₃(2,86±1,0) g/kg. Hasil penelitian ini mendorong dilakukannya revisi nilai factor emisi yang selama ini digunakan IPCC, yaitu untuk nilai CO₂ (-8%), CH₄ (-55%), NH₃ (-86%), CO (+39%). Dengan menggunakan nilai faktor emisi terbaru untuk dua gas ini saja yaitu CO₂ dan CH₄ maka penghitungan emisi karbon Indonesia akan menjadi 19% lebih rendah daripada nilai emisi terdahulu yang menggunakan faktor emisi IPCC sebelumnya. Emisi gas rumah kaca IPCC sesungguhnya didasarkan pada hasil penelitian laboratorium menggunakan contoh gambut dari Sumatera Selatan yang dipublikasikan pada tahun 2003 oleh Christian et al (Gambar 8).

Selain menghasilkan rekomendasi perbaikan nilai faktor emisi yang akan dapat mereposisi ranking Indonesia sebagai negara emitter karbon, penelitian ini juga menunjukkan adanya emisi Black Carbon dari kebakaran gambut sebesar 0.0055 ± 0.0016 g/kg, tingkat absorpsi aerosol pada panjang gelombang 405 nm yang 52 kali lebih besar daripada tingkat absorpsi pada panjang gelombang 870 nm, dan kontribusi aerosol organik sebesar 96% pada panjang gelombang 405 nm. Data hasil penelitian ini akan mendukung proses pemodelan hubungan antara sifat optis aerosol dengan cuaca pada spektrum panjang gelombang ultra violet ataupun sinar nampak.



Gambar 8. Perbandingan emisi gas rumah kaca dan gas-gas hasil kebakaran berdasarkan hasil penelitian di Kalimantan dan Sumatra (Stockwell et al, 2016).

Selain gas-gas rumah kaca dan gas-gas yang menipiskan lapisan ozon maka telah terdeteksi juga dan berhasil dianalisis gas-gas yang ada kaitannya dengan kesehatan manusia bahkan termasuk yang sangat toxic dan beracun (Tabel 2). Gas-gas tersebut beberapa diantaranya adalah: Dihydrogen (H_2), Acetylene (C_2H_2), Ethylene (C_2H_4), Formic Acid ($HCOOH$), Acetic Acid (CH_3COOH), Glycolaldehyde ($C_2H_4O_2$), Furan (C_4H_4O), Hydrogen Cyanide (HCN).

Tabel 2. Beberapa gas dari 90 gas yang berhasil dideteksi dan di analisis sebagai hasil sampling asap dari kebakaran yang terjadi di lahan gambut Kalimantan Tengah tahun 2015 (Stockwell et al, 2016)

Carbon Dioxide (CO_2)	1564(77)
Carbon Monoxide (CO)	291(49)
Methane (CH_4)	9.51(4.74)
Dihydrogen (H_2)	1.22(1.01)
Acetylene (C_2H_2)	0.121(0.066)
Ethylene (C_2H_4)	0.961(0.528)
Propylene (C_3H_6)	1.07(0.53)
Formaldehyde (HCHO)	0.867(0.479)
Methanol (CH_3OH)	2.14(1.22)
Formic Acid (HCOOH)	0.180(0.085)
Acetic Acid (CH_3COOH)	3.89(1.65)
Glycolaldehyde ($C_2H_4O_2$)	0.108(0.089)
Furan (C_4H_4O)	0.736(0.392)
Hydroxyacetone ($C_3H_6O_2$)	0.860(0.433)
Phenol (C_6H_5OH)	0.419(0.226)
1,3-Butadiene (C_4H_6)	0.189(0.157)
Isoprene (C_5H_8)	5.28E-2(4.33E-2)
Ammonia (NH_3)	2.86(1.00)
Hydrogen Cyanide (HCN)	5.75(1.60)
Nitrous Acid (HONO)	0.208(0.059)
Hydrogen chloride (HCl)	3.46E-2(2.05E-2)
Nitric Oxide (NO)	0.307(0.360)
Carbonyl sulfide (OCS)	0.110(0.036)
DMS (C_2H_6S)	2.82E-3(2.34E-3)
Chloromethane (CH_3Cl)	0.147(0.057)
Bromomethane (CH_3Br)	1.01E-2(3.52E-3)
Methyl iodide (CH_3I)	1.25E-2(4.48E-3)

KESIMPULAN

Penentuan faktor emisi merupakan salah satu faktor terpenting dalam menentukan jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari suatu proses kebakaran. Selama ini karena data factor emisi didasarkan pada hasil penelitian yang didasarkan pada emisi hasil pembakaran gambut di laboratorium sementara hasil dari pembakaran dari lapangan (real) tidak dipertimbangkan membuat emisi yang dihasilkan terlalu besar sehingga perlu dikoreksi. Untuk merevisi factor emisi tersebut tenatu saja tidak mudah karena harus didasarkan pada hasil penelitian yang benar demikian pula proses analisis laboratoriumpun harus

menggunakan peralatan yang canggih. Berdasarkan kerjasama penelitian SDSU/IPB – NASA Tropical Peat Fire Research Project: Incorporating, Quantifying and Locating Fire Emissions from Tropical Peat Lands Filling a Critical Gap in Indonesia's National Carbon Monitoring, Reporting and Verification (MRV) Capabilities for Supporting REDD+ Activities, yang melakukan penelitian ditengah kebakaran yang terjadi di Kalimantan Tengah tahun 2015, telah mendeteksi 90 gas-gas yang dihasilkan selama kebakaran yang tidak hanya gas-gas rumah kaca, gas-gas yang menipiskan lapisan ozon juga gas-gas yang mempunyai dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Gas-gas yang menipiskan lapisan ozon, dan gas-gas yang menyangkut kesehatan manusia dan lingkungan. Gas-gas rumah kaca yang dihasilkan adalah CO_2 (1564 ± 77) g/kg, CO ($291 \pm 49,9$)g/kg, CH_4 ($9,51 \pm 4,74$)g/kg dan NH_3 ($2,86 \pm 1,0$) g/kg. Hasil penelitian ini mendorong dilakukannya revisi nilai faktor emisi yang selama ini digunakan IPCC, yaitu untuk nilai CO_2 (-8%), CH_4 (-55%), NH_3 (-86%), CO (+39%). Dengan menggunakan nilai faktor emisi terbaru maka penghitungan emisi karbon Indonesia akan menjadi lebih rendah daripada nilai emisi terdahulu yang menggunakan faktor emisi IPCC sebelumnya.

ACKNOWLEDGMENT

Risalah Kebijakan (Policy Brief) ini dihasilkan oleh Konsorsium "PETUAH" Perguruan Tinggi untuk Indonesia Hijau, didanai oleh Millenium Challenge Account (MCA) Indonesia

REFERENSI

- Anonymous. 2015. SDSU-IPB Leaflet No.2
- BAPPNEAS. 2009. Reducing carbon emissions from Indonesia's peatlands.
- Christian, T. J., B. Kleiss, R. J. Yokelson, R. Holzinger, P. J. Crutzen, W. M. Hao, B. H. Saharjo, and D. E. Ward, Comprehensive laboratory measurements of biomass-burning emissions: 1. Emissions from Indonesian, African, 15 and other fuels, J. Geophys. Res., 108, 4719, doi:10.1029/2003JD003704, 2003.
- Duncan, B.N., Bey, I., Chin, M., Mickley, L.J., Fairlie, T.D., Martin, R.V., & Matsueda, H. (2003). Indo-nesian wild- fires of 1997: Impact on tropospheric chemistry. *Journal of Geophysical Research* 108 (D15), 4458.
- GFED (Global Fire Emission Database). 2015. 2015 Fire Season: Indonesian fire season progression.

- Goldammer, J.G. 1998. Early warning systems for the prediction of an appropriate response to wildfires and related environmental hazards. IDNDR early warning conference 1998, Postdan, Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag.
- Heil, A., Langmann, B., & Aldrian, E. (2007). Indonesian peat and vegetation fire emissions: Factors influencing large-scale smoke-haze dispersion. *Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change* 12(1), pp. 113-133.
- Henson I.E. 2009. Modelling carbon sequestration and greenhouse gas emissions associated with oil palm cultivation and land-use change in Malaysia. A re-evaluation and a computer model. *MPOB Technology*, 31, 116 pp.
- Hoojier, A., Silvius, M., Wosten, H and Page, S. 2006. PEAT-CO₂, Assessments of CO₂ emissions from drained peatland in SEA. Delft Hydraulics report Q3943 (2006).
- Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K. (Eds). 1992. *Climate change 1992*. Cambridge University Press
- [IFCA] Indonesian Forest Climate Alliance. (2008). *Reducing emission from deforestation and degradation in Indonesia*. (Consolidation Report).
- Levine, J.S. (1999). The 1997 fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia: gaseous and particulate emissions. *Geophysical Research Letters* 26, 815-818
- Page, S.E., Siegert, F., Rieley, J.O., Böhm, H.D.V., Jaya, A., & Limin, S. (2002). The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420, 61-65
- PEACE [Pelangi Energi Abadi Citra Enviro]. 2007. *Indonesia and climate change: current status and policies*. The World Bank. Jakarta
- Seiler, W. and P.J. Crutzen. 1980. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climatic Change*, Vol.2: 207-247
- Saharjo, B.H. 2015. Pembuktian ilmiah terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Makalah disampaikan pada Lokakarya Terpadu Bagi Sektor Peradilan Dalam Penanganan Perkara Untuk Perlindungan Keanekaragaman Hayati di Indonesia. Bekerjasama dengan Mahkamah Agung dan Kejaksaan Agung RI, disponsori oleh USAID. Jakarta, 13 Januari 2015.
- Stockwell, C. E., Jayarathne, T., Cochrane, M. A., Ryan, K. C., Putra, E. I., Saharjo, B. H., Nurhayati, A. D., Albar, I., Blake, D. R., Simpson, I. J., Stone, E. A., and Yokelson, R. J.: Field measurements of trace gases and aerosols emitted by peat fires in Central Kalimantan, Indonesia during the 2015 El Niño, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, doi:10.5194/acp-2016-411, in review, 2016.
- Tacconi, T. 2003. *Kebakaran Hutan di Indonesia, Penyebab, biaya dan implikasi kebijakan*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia. 22 hal
- UNCHS. 1999. Inter-agency report on Indonesian forest and land fires and proposal for risk for reduction in human settlements. UNCHS (Habitat), UNDP, UNHD and ADPC. 36 pp.
- Van der Werf, G. R., Dempewolf, J., Trigg, S. N., Randerson, J. T., Kasibhatla, P. S., Giglio, L., Murdiyarso, D., Peters, W., Morton, D. C., Collatz, G. J., Dolman, A. J., & De-Fries, R. S. 2007. Climate regulation of fire emissions and deforestation in equatoria
- Van der Werf, G. R. 2015. Daily Chart: Indonesia forest-fire haze. *The economist*.
- WWF. 1998. New estimates place damage from Indonesian 1997 fires at US\$ 4.4 billion. WWF press release. 2pp

Authors

Prof. Dr. Bambang Hero
Divisi Perlindungan Hutan, Departemen Silviculture,
Fakultas Kehutanan
Institut Pertanian Bogor (IPB)

The Konsorsium 'PETUAH' Perguruan Tinggi untuk Indonesia Hijau – MCA Indonesia policy briefs present research-based information in a brief and concise format targeted policy makers and researchers. Readers are encouraged to make reference to the briefs or the underlying research publications in their own publications.

ISSN XXXX-XXXX

Title: *Pentingnya Kelembagaan Petani Mandiri Menuju Sertifikasi Sawit yang Berkelanjutan*



Konsorsium PETUAH "Perguruan Tinggi untuk Indonesia Hijau"– MCA Indonesia