

Pengenalan Konsep Stok Karbon Pohon sebagai Usaha Mitigasi Perubahan Iklim Kepada Guru IPA dan Biologi se Jawa Tengah

^{1*}Santhyami, ¹Efri Roziaty, ¹Suparti

Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57169

*Corresponding Author e-mail: san915@ums.ac.id

Diterima: Januari 2022; Revisi: Januari 2022; Diterbitkan: Februari 2022

Abstrak: Masalah lingkungan merupakan masalah kritis bersama yang dihadapi dunia saat ini. Melalui pendidikan lingkungan dalam mata pelajaran IPA dan Biologi, siswa diberikan pemahaman terhadap masalah-masalah lingkungan yang merupakan bagian dari proses pembelajaran mereka. Salah satu permasalahan lingkungan yang paling mengancam kelangsungan stabilitas biosfer adalah perubahan iklim. Salah satu bentuk pengamatan langsung di alam untuk mengintegrasikan pengetahuan lingkungan sebagai upaya pelestarian alam adalah pengenalan konsep stok karbon pohon. Salah satu metoda pendugaan stok karbon pohon sederhana yang bisa diaplikasikan pengukurannya di alam oleh siswa adalah metode secara tidak langsung dengan pendekatan ekuasi allometri. Tujuan: Tujuan pengabdian ini adalah untuk mengenalkan konsep stok karbon pohon dengan sasaran guru IPA dan Biologi tingkat SD dan SMP se Jawa Tengah. Metode dan Langkah Kerja: metoda pengabdian dilakukan dengan metoda daring menggunakan aplikasi *zoom* untuk kegiatan sinkron dan metoda diskusi secara asinkron dengan menggunakan aplikasi *schoology*. Metoda pengumpulan Lembar Kerja Peserta (LKP) juga dilakukan dengan aplikasi *schoology*. Guru diberikan pengenalan-pengenalan mengenai konsep dasar stok karbon, metoda pengukuran diameter pohon setinggi dada (dbh), konsep allometri dan praktik pengukuran dbh pohon langsung di lapangan seperti pekarangan sekolah, pekarangan rumah, kebun dan lahan lainnya yang ditumbuhi pohon. Pengabdian ini dihadiri oleh 47 peserta Hasil: Dari hasil evaluasi tugas LKP, sebanyak 95% guru sudah memahami konsep stok karbon namun baru 77% guru yang menguasai teknis estimasi stok karbon pohon sederhana. Rekomendasi: Diharapkan melalui kegiatan ini, guru dapat mengaplikasikan praktikum estimasi stok karbon pohon di sekolah sebagai bentuk kegiatan pengayaan yang bersifat kontekstual.

Kata Kunci: Pendidikan Lingkungan, Pengetahuan Lingkungan, Pohon, Stok Karbon

Introducing the Concept of Tree Carbon Stock as a Climate Change Mitigation Effort to Science and Biology Teachers in Central Java

Abstract: Environmental problems are a common critical problem facing the world today. Through environmental education in science and biology subjects, students are given an understanding of environmental issues that are part of their learning process. One of the environmental problems that most threaten the stability of the biosphere is climate change. One form of direct observation in nature to integrate environmental knowledge as an effort to conserve nature is the introduction of the concept of tree carbon stocks. One method of estimating simple tree carbon stocks that can be applied for measurement in nature by students is the indirect method with an allometric equation approach. Objective: The purpose of this service is to introduce the concept of tree carbon stock with the target of science and biology teachers at the elementary and junior high school levels throughout Central Java. Working Methods and Steps: the service method is carried out using an online method using the zoom application for synchronous activities and asynchronous discussion methods using the Schoology application. The method of collecting Participant Worksheets (LKP) is also carried out using the Schoology application. Teachers are given introductions to the basic concepts of carbon stock, methods of measuring tree diameter at chest height (dbh), allometry concepts and the practice of measuring tree dbh directly in the field such as school yards, house yards, gardens and other land overgrown with trees. This service was attended by 47 participants. Results: From the evaluation results of LKP assignments, 95% of teachers have understood the concept of carbon stock, but only 77% of teachers have mastered the technique of simple tree carbon stock estimation. Recommendation: It is hoped that through this activity, teachers can apply the practice of estimating tree carbon stocks in schools as a form of contextual enrichment activities

Keywords: Environmental Education, Environmental Knowledge, Trees, Carbon Stock

SASAMBO: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service), Februari. Vol.4 , No.1

How to Cite: Santhyami, Roziaty, E., & Suparti, S. (2022). Pengenalan Konsep Stok Karbon Pohon sebagai Usaha Mitigasi Perubahan Iklim Kepada Guru IPA dan Biologi se Jawa Tengah. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 4(1), 144–154. <https://doi.org/10.36312/sasambo.v4i1.566>



<https://doi.org/10.36312/sasambo.v4i1.566>

Copyright© 2022, Santhyami et al
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Lingkungan adalah rangkaian total dari kondisi eksternal (fisik dan biologis) yang didalamnya berinteraksi manusia dengan segala dinamika hidup dan aktivitasnya (Kotlyakov & Komarova, 2007). Istilah lingkungan mencakup dua komponen yaitu lingkungan alami, yang melibatkan unit ekologi lengkap yang berfungsi tanpa campur tangan manusia secara masif (misalnya tumbuhan, mikroorganisme, tanah, batuan, atmosfer, fenomena alam) dan sumber daya alam universal seperti udara, air, dan iklim, energi, radiasi, serta lingkungan buatan yang melibatkan area dan komponen yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia (Bird et al., 2018).

Meningkatnya kepedulian tentang masalah dan isu lingkungan global dan lokal telah menyebabkan terjadinya upaya substansial oleh pembuat kebijakan dan organisasi non-pemerintah untuk mempromosikan perilaku pro-lingkungan sejak dulu kepada siswa. Promosi pengetahuan lingkungan dipandang sebagai komponen fundamental pendidikan lingkungan (Bird et al., 2018; Otto & Pensini, 2017). Informasi dan pendidikan lingkungan adalah alat utama yang disarankan oleh peneliti lingkungan dan diterapkan secara praktis untuk mengembangkan sikap pro lingkungan semenjak dulu. Pendidikan lingkungan merupakan persyaratan yang sangat diperlukan untuk mempromosikan konsumsi berkelanjutan dan perilaku pro lingkungan. Menurut Otto dan Pensini (2017), individu harus mengetahui jenis tindakan yang akan diambil untuk berperilaku lebih ramah lingkungan. Penulis lain juga telah mengkonfirmasi bahwa pengetahuan lingkungan terkait tindakan adalah yang paling penting dalam upaya untuk mempromosikan perilaku pro-lingkungan (Cappetta & Magni, 2015; Ting & Siew, 2014; Zhao et al., 2014).

Masalah lingkungan merupakan masalah kritis bersama yang dihadapi dunia saat ini. Melalui pendidikan IPA, siswa diberikan pemahaman terhadap masalah-masalah lingkungan yang merupakan bagian dari proses pembelajaran mereka. Guru perlu menemukan pendekatan pembelajaran yang tepat dan cocok untuk mengajarkan tentang masalah lingkungan dan mengaplikasikannya langsung di lingkungan (Santhyami et al., 2020). Berbagai macam permasalahan lingkungan dapat memicu kesadaran lingkungan (*Environmental Awareness*) mulai dari hal-hal kecil seperti kepedulian terhadap kebersihan sekolah dan rumah sampai permasalahan global seperti pemanfaatan energi terbarukan, sumber daya alam, masalah sampah, sampai perubahan iklim (Tapilouw, 2017).

Salah satu permasalahan lingkungan yang paling mengancam kelangsungan stabilitas biosfer adalah perubahan iklim. Perubahan iklim akibat efek gas rumah kaca terutama karbondioksida merupakan permasalahan serius yang dihadapi dunia. Akumulasi karbon di atmosfer sudah berada pada kecepatan 3.5×10^9 ton per tahun, sebagian besar berasal dari kegiatan pembakaran sumber energi fosil dan perubahan

fungsi lahan terutama deforestasi dan degradasi hutan tropis (Paustian et al., 2000).

Mata pelajaran IPA (sains) dan pendidikan kewarganegaraan pada tingkatan Sekolah Dasar (Alpusari, 2013; Liobikiené & Poškus, 2019) dan ilmu Biologi terutama subjek Ekologi merupakan mata pelajaran yang memberikan pembekalan kompetensi pengetahuan, sikap dan perilaku lingkungan (Larasati, 2020). Sebagai contoh, pada mata pelajaran sains di Sekolah Dasar, standar kompetensi yang dikembangkan adalah melakukan pengamatan terhadap gejala alam dan menceritakan hasil pengamatannya secara lisan dan tertulis dan upaya pelestariannya dan interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

Salah satu bentuk pengamatan langsung di alam untuk mengintegrasikan pengetahuan dan perilaku siswa sebagai upaya pelestarian alam adalah pengenalan konsep stok karbon. Stok karbon adalah kandungan karbon absolut dalam biomassa tumbuhan pada waktu tertentu yang proporsinya terhadap biomassa total sebesar 50 persen. Stok karbon dituangkan dalam bentuk berat karbon per luas lahan. Sebagian stok karbon terakumulasi pada tegakan tumbuhan, sedangkan sebagian lainnya terakumulasi pada serasah dan materi organik tanah (Brown, 1997). Tumbuhan yang paling penting dalam menyimpan karbon adalah pohon karena mereka menyimpannya dalam bentuk karbon kayu. Stok karbon yang disimpan dalam pohon adalah terdiri dari batang, cabang batang, ranting, tunas, daun, buah serta akar (Brown, 1997).

Salah satu metoda pendugaan stok karbon sederhana yang bisa diaplikasikan pengukurannya di alam oleh siswa adalah metode pendugaan stok karbon pohon secara tidak langsung dengan pendekatan ekuasi allometri. Hubungan allometrik merupakan hubungan antara suatu peubah tak bebas yang diduga oleh satu atau lebih peubah bebas, yang dalam hal ini diwakili oleh karakteristik yang berbeda dalam pohon, contohnya adalah hubungan antara volume pohon atau biomassa pohon dengan dbh dan tinggi total pohon. Dalam hubungan ini, volume pohon atau biomassa pohon merupakan peubah tak bebas yang besar nilainya diduga oleh dbh dan tinggi total pohon, yang disebut sebagai peubah bebas. Hubungan tersebut biasanya dinyatakan dalam suatu persamaan allometrik (Brown 1997). Persamaan allometrik dapat disusun dengan cara pengambilan sampel dengan melakukan penebangan atau perujukan dari berbagai sumber pustaka yang mempunyai tipe lahan atau tegakan yang dapat diperbandingkan. Setelah persamaan allometrik disusun, hanya diperlukan mengukur dbh untuk menaksir biomassa satu pohon. Penaksiran biomassa total untuk seluruh pohon dalam transek ukur dapat dikonversi menjadi biomassa dalam satuan ton per hektar (Hairiah et al., 2011).

Dengan melihat latar belakang ini, maka dilakukan pengabdian masyarakat dengan sasaran guru IPA dan Biologi. Dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini, guru diberikan pengenalan-pengenalan mengenai konsep dasar stok karbon, metode pengukuran diameter pohon setinggi dada (dbh), konsep allometri dan praktek pengukuran dbh pohon langsung di lapangan seperti pekarangan sekolah, pekarangan rumah, kebun dan lahan lainnya yang ditumbuhi pohon. Sasaran pengabdian masyarakat ini adalah guru-guru SD dan SMP pengampu mata pelajaran IPA dan Biologi se Jawa Tengah. Diharapkan melalui kegiatan ini, guru

dapat mengaplikasikan praktikum estimasi stok karbon pohon di sekolah sebagai bentuk kegiatan pengayaan yang bersifat kontekstual.

METODE PELAKSANAAN

Solusi yang ditawarkan bagi pengenalan konsep stok karbon sebagai salah satu materi praktikum ekologi pada mata pelajaran IPA dan Biologi di SD dan SMP se-Jawa Tengah adalah dengan mengadakan workshop pengenalan konsep stok karbon pohon sebagai usaha mitigasi perubahan iklim kepada guru IPA dan Biologi se-Jawa Tengah. Metode pelaksanaan pengabdian masyarakat ini adalah dalam bentuk workshop daring dengan dua platform yaitu *Zoom* dan *Schoology*. Rangkaian kegiatan workshop terdiri dari pembukaan dan penjelasan teknis dan tata tertib dengan *Zoom* dilanjutkan dengan kegiatan berupa pemaparan materi dan cara kerja serta klarifikasi secara diskusi sinkron di *Schoology*. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah antara lain: a) Pohon di lingkungan sekolah atau pemukiman, b) Laptop/computer, c) Jaringan wi-fi, d) Meteran, e) Aplikasi GPS *essentials*, f) Tali raffia, g) Pancang, h) *Termohygrometer*, i) Alat tulis dan kalkulator.

Alur kegiatan adalah sebagai berikut: a) Pembukaan Workshop Praktikum pengenalan konsep stok karbon sebagai salah satu materi praktikum ekologi pada mata pelajaran IPA dan Biologi. Setelah pembukaan kemudian akan dijelaskan secara singkat berbagai jenis praktikum berbasis daring yang akan diberikan materinya selama workshop pada guru. Acara kemudian ditutup dengan mengumumkan teknis dan tata tertib selama workshop sebelum masuk ke materi inti, b) Memberikan materi ini berupa pelatihan dalam mengestimasi stok karbon pohon secara simulasi daring sinkron dan asinkron dengan platform *zoom* dan *schoology*, c) Membagikan LKS pada guru untuk diisi untuk kemudian didiskusikan, d) Melakukan diskusi klarifikasi pemahaman peserta terhadap metode estimasi stok karbon secara sinkron di *schoology*, e) Mengoreksi LKS yang sudah diisi guru untuk dijadikan bahan analisis luaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Workshop praktikum *virtual laboratory* IPA dan biologi di era abad 21 bagi guru IPA dan biologi dilaksanakan pada tanggal 30 Januari 2021 sampai 4 Februari 2021. Peserta workshop adalah guru-guru bidang studi IPA dan Biologi SD dan SMP se-Jawa Tengah, walaupun terdapat beberapa peserta yang berasal dari luar propinsi Jawa Tengah. Kegiatan dilaksanakan secara daring menggunakan platform *zoom* dan *schoology*. Terdata sebanyak 42 guru yang mengisi presensi kegiatan setiap hari dan 5 guru yang tidak bisa mengisi presensi karena permasalahan teknis dan jaringan.

Workshop praktikum *virtual laboratory* IPA dan biologi di era abad 21 bagi guru IPA dan biologi dilaksanakan pada tanggal 30 Januari 2021 sampai 4 Februari 2021. Peserta workshop adalah guru-guru bidang studi IPA dan Biologi SD dan SMP se-Jawa Tengah, walaupun terdapat beberapa peserta yang berasal dari luar propinsi Jawa Tengah. Kegiatan dilaksanakan secara daring menggunakan platform *zoom* dan *schoology*. Terdata sebanyak 42 guru yang mengisi presensi kegiatan setiap hari dan 5 guru yang tidak bisa mengisi presensi karena permasalahan teknis dan jaringan.

Pelaksanaan workshop pengenalan konsep stok karbon pohon sebagai usaha mitigasi perubahan iklim kepada guru IPA dan Biologi se Jawa Tengah merupakan salah satu materi dari rangkaian workshop Pengabdian Masyarakat Hibah Terintegrasi Tri Dharma Universitas Muhammadiyah Surakarta. Kegiatan ini berlangsung selama tiga hari yaitu dari tanggal 2–23 Agustus 2021. Peserta workshop adalah guru-guru bidang studi IPA dan Biologi SD dan SMP se-Jawa Tengah, paling banyak terutama berasal dari MGMP IPA MTs Kabupaten Boyolali. Kegiatan dilaksanakan secara daring menggunakan platform *zoom* dan *schoology*. Terdata sebanyak 47 guru yang mengisi presensi kegiatan setiap hari dan 2 guru yang tidak bisa mengisi presensi, berdiskusi dan mengumpulkan tugas lembar kegiatan peserta karena permasalahan teknis dan jaringan.

Kegiatan workshop dilaksanakan selama tiga hari. Hari pertama dikhkusukan untuk asistensi pengenalan materi secara sinkron via zoom meeting yang diisi oleh empat pemateri termasuk penulis. Penulis (Dr. Santhyami, M.Si.) mengisi workshop pada sesi ke empat. Rangkaian kegiatan workshop lengkap ditampilkan pada tabel 1.

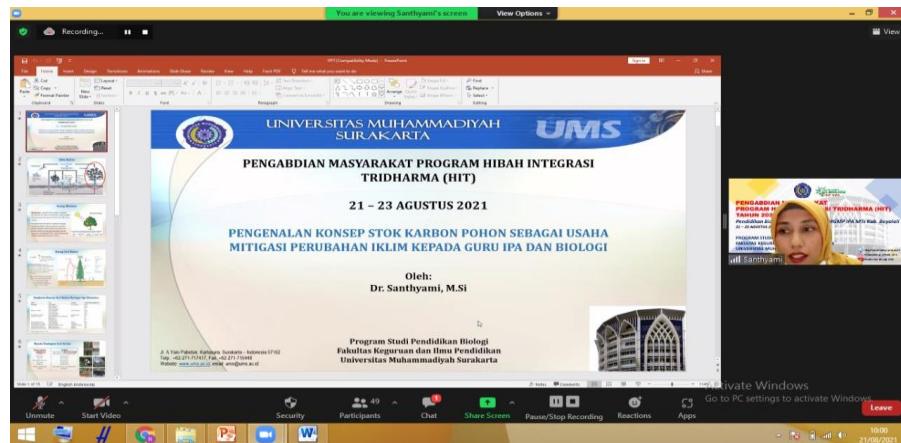
Tabel 1. Rangkaian acara pengabdian masyarakat

No.	WAKTU	KEGIATAN
1.	07.45-08.00	Persiapan
2.	08.00-08.05	Acara dimulai/Pembukaan
3.	08.05-08.15	-Video Lagu Indonesia Raya -Video Lagu Mars Muhammadiyah (Sang Surya)
4.	08.15-08.20	Tilawah dan Saritilawah
5.	08.20-08.30	Sambutan -Wakil Dekan 3 (Dr. Djumadi, M.Biomed)
6.	08.30-11.00	Pemaparan materi - Dr. Djumadi, M. Biomed - Efri Roziaty, S.Si., M.Si - Triastuti Rahayu, S.Si., M.Si - Dr. Santhyami, M.Si
7.	11.00-11.45	Diskusi Pararel
8.	11.45-12.00	Penutup & Dokumentasi

Materi mengenai praktikum virtual Pengenalan konsep stok karbon pohon sebagai usaha mitigasi perubahan iklim kepada guru IPA dan Biologi se Jawa Tengah dilaksanakan pada hari Rabu - Jumat, tanggal 21 – 23 Agustus 2021 dengan *platform zoom* dan *schoology*. Untuk *platform zoom*, pada umumnya peserta sudah familiar dalam penggunaannya, sedangkan *platform schoology* merupakan hal baru bagi peserta. Pada kegiatan ini semua peserta dipastikan sudah mempunyai akun *schoology* dimana sebagian besar kegiatan workshop tiga hari ini berbasis *platform schoology*.

Gambar 1. Platform *schoology* sebagai media utama dalam kegiatan workshop

Pengantar pengenalan konsep stok karbon diberikan secara sinkron dengan zoom (Gambar 2) pada jam 10.30 setelah peserta mendapatkan materi dari pemateri sebelumnya. Dalam kegiatan ini, semua peserta hadir dan mendengarkan konsep, cara kerja praktikum virtual dan petunjuk pengerjaan Lembar Kerja Peserta (LKP)



Gambar 2. Dokumentasi kegiatan pengantar dan pengenalan konsep stok karbon pohon sebagai usaha mitigasi perubahan iklim via zoom, 21 Agustus 2021

Setelah sesi sinkron zoom, peserta diarahkan untuk segera masuk ke *schoology*, yaitu diskusi (Gambar 3). Pada folder ini sudah berisi link presensi dan materi tema Lingkungan yang dapat diakses peserta, terdiri dari modul dan materi dalam *powerpoint* (PPT) bernarasi yang sudah direkam sebelumnya (Gambar 4). Pemberian PPT bernarasi ditujukan agar peserta dapat mendengarkan materi yang secara berulang kali.

Gambar 3. Folder materi di *schoology* yang ditampilkan per hari

Gambar 4. Kelengkapan materi praktikum virtual yang diberikan kepada peserta
Setelah mendapatkan pengantar dari pertemuan di zoom dan mencermati materi yang diakses dari *schoology*, kemudian peserta diminta untuk melakukan kegiatan praktikum secara mandiri yaitu simulasi estimasi stok karbon tegakan pohon di sekitar lingkungan rumah. Asistensi estimasi stok karbon pohon sudah disampaikan sebelumnya pada sesi sinkron, namun ketika pelaksanaan praktikum, peserta diberikan akses untuk berdiskusi langsung dan bertanya di WAG (Gambar 5) dan forum diskusi di *schoology* (Gambar 6). Pengumpulan LKP juga dilaksanakan pada fitur tugas di *schoology* (Gambar 7).

Gambar 5. Screenshot pelayanan diskusi dan pertanyaan dari peserta, dan Forum diskusi secara asinkron di *schoology*

Gambar 6. Fitur pengumpulan tugas LKP di schoology

Dari diskusi di WAG dan forum diskusi terlihat bahwa peserta masih mengalami kesulitan dalam memahami persamaan allometri standar. Oleh karena itu, pemateri kembali memberikan penjelasan dan menuntun peserta dalam melakukan kegiatan pengukuran diameter pohon dan memasukkannya ke dalam persamaan. Allometri adalah hubungan antara pertumbuhan atau ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme. Dalam studi biomassa hutan/pohon persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan. Dengan persamaan allometri maka dapat diprediksi stok karbon yang terkandung di dalam pohon(Altanzagas et al., 2019; Daba & Soromessa, 2019; Nam et al., 2016).

Pelaksanaan praktikum estimasi karbon pohon di lingkungan masing-masing seperti di lahan kebun atau agroforestri terdekat cocok dilakukan untuk materi praktikum materi ekologi tingkatan SMP atau SMA. Menurut (Wirabuana et al., 2020), konstruksi model allometri untuk komputasi biomassa pohon pada komunitas hutan alami lebih sulit dilakukan pada komunitas hutan alami dibandingkan perkebunan. Selain karena memiliki lebih beragam jenis, komunitas hutan juga memiliki beragai variasi kecepatan pertumbuhan pohon dan distribusi umur (Baral et al., 2018).

Gambar 7 menampilkan dokumentasi kegiatan pengumpulan data diameter sttinggi dada yang dilakukan oleh peserta secara mandiri di pekarangan masing-masing. Dari hasil evaluasi tugas LKP, dari total 47 orang peserta, sebanyak 95% guru sudah memahami konsep stok karbon namun baru 77% guru yang menguasai teknis estimasi stok karbon pohon sederhana. Sebanyak 23% guru masih keliru dalam mengestimasi stok karbon pohon. Peserta pada umumnya sudah melakukan pengukuran diameter setinggi dada sebagai data primer dengan benar. Kesalahan umumnya terjadi ketika peserta memasukkan ke dalam perhitungan di *Microsoft Excel*. Hal ini disebabkan masih terdapat peserta yang masih belum terlalu familiar menggunakan *M.Excel*. Dari pelatihan pengabdian dengan materi ekologi komunitas serangga yang juga dilakukan pemateri Februari 2021 yang lalu, hal yang sama juga terjadi. Peserta pada umumnya memiliki kemampuan yang terbatas dalam ilmu statistik dasar, terlihat dalam pertanyaan-pertanyaan yang diberikan pada saat diskusi berkaitan dengan bagian perhitungan. Namun demikian,tim pengabdian

tetap memberikan klarifikasi atas kekeliruan cara hitung guru dengan mengklarifikasinya langsung di media *Whatssup Group*.



Gambar 7. Dokumentasi praktikum mandiri estimasi stok karbon pohon di lingkungan rumah oleh peserta secara mandiri

KESIMPULAN

Pengabdian kepada masyarakat dengan tema pengenalan konsep stok karbon ini memberikan manfaat khususnya kepada guru IPA dan Biologi sebagai tambahan pengayaan materi pengetahuan lingkungan yang terintegrasi dalam tema ekologi. Kegiatan ini memberikan pengalaman bagi guru untuk dapat merancang materi kegiatan praktikum ekologi secara sederhana pada mata pelajaran IPA dan Biologi dengan objek estimasi stok karbon pohon menggunakan pendekatan allometrik dan dapat dilakukan secara daring. Guru diberikan pengenalan-pengenalan mengenai konsep dasar stok karbon, metode pengukuran diameter pohon setinggi dada (dbh), konsep allometri dan praktek pengukuran dbh pohon langsung di lapangan seperti pekarangan sekolah, pekarangan rumah, kebun dan lahan lainnya yang ditumbuhi pohon. Evaluasi dilakukan berdasarkan Lembar Kegiatan Peserta (LKP). Dari 47 orang peserta, tercatat 95% guru sudah memahami konsep stok karbon namun masih terdapat 23% guru yang masih mengalami kesalahan dapat menghitung stok karbon pohon. Kekeliruan diakibatkan karena masih terbatasnya kemampuan guru dalam menggunakan *Ms. Office Excel*. Diharapkan melalui kegiatan ini, guru dapat mengaplikasikan praktikum estimasi stok karbon pohon di sekolah sebagai bentuk kegiatan pengayaan yang bersifat kontekstual.

REKOMENDASI

Rekomendasi untuk kegiatan pengabdian masyarakat bagi guru IPA dan Biologi ke selanjutnya depannya adalah memberikan materi mengenai

estimasi stok karbon serasah dan tumbuhan bawah yang juga merupakan kolam karbon di atas permukaan tanah yang juga berkontribusi pada siklus karbon global

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih dan apresiasi diberikan kepada guru-guru IPA dan Biologi se Jawa Tengah yang telah ikut yang berpartisipasi dalam kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh jajaran panitia kegiatan Workshop beserta mahasiswa Progdi Pendidikan Biologi FKIP UMS atas bantuan teknis dan dokumentasi kegiatan. Terakhir ucapan terima kasih kepada UMS atas bantuan pendanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpusari, M. (2013). Analisis Kurikulum Pendidikan Lingkungan Hidup Pada Sekolah Dasar Pekanbaru. *Primary: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 2(2), 10–17. <https://doi.org/10.33578/jpfkip.v2i2.1957>
- Altanzagas, B., Luo, Y., Altansukh, B., Dorjsuren, C., Fang, J., & Hu, H. (2019). Allometric Equations for Estimating the Above-Ground Biomass of Five Forest Tree Species in Khangai, Mongolia. *Forests*, 10(8), 661. <https://doi.org/10.3390/f10080661>
- Baral, S., Gautam, A. P., & Vacik, H. (2018). Ecological and economical sustainability assessment of community forest management in Nepal: A reality check. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(8), 820–841. <https://doi.org/10.1080/10549811.2018.1490188>
- Bird, E. L., Ige, J. O., Pilkington, P., Pinto, A., Petrokofsky, C., & Burgess-Allen, J. (2018). Built and natural environment planning principles for promoting health: An umbrella review. *BMC Public Health*, 18(1), 930. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5870-2>
- Brown, S. (1997). *Winrock International - Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer*. <https://winrock.org/document/estimating-biomass-and-biomass-change-of-tropical-forests-a-primer/>
- Cappetta, R., & Magni, M. (2015). Locus of Control and Individual Learning: The Moderating Role of Interactional Justice. *International Journal of Training and Development*, 19(2), 110–124. <https://doi.org/10.1111/ijtd.12049>
- Daba, D. E., & Soromessa, T. (2019). Allometric equations for aboveground biomass estimation of *Diospyros abyssinica* (Hiern) F. White tree species. *Ecosystem Health and Sustainability*, 5(1), 86–97. <https://doi.org/10.1080/20964129.2019.1591169>
- Hairiah, D., Ekadinata, A., Sari, R., & Rahayu, S. (2011). *Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan*. Edisi ke 2. World Agroforestry | Transforming Lives and Landscapes with Trees. <https://www.worldagroforestry.org/publication/pengukuran-cadangan-karbon-dari-tingkat-lahan-ke-bentang-lahan-edisi-ke-2>
- Kotlyakov, V., & Komarova, A. (2007). *Elsevier's Dictionary of Geography—1st Edition*. <https://www.elsevier.com/books/elseviers-dictionary-of-geography/kotlyakov/978-0-444-51042-6>
- Larasati, A. (2020). PENINGKATAN KEMAMPUAN MENGOPERASIKAN REFERENCE MANAGEMENT SOFTWARE ZOTERO DAN END-NOTE

- UNTUK GURU SMKN 6 MALANG. *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT*, 26(1), 28.
<https://doi.org/10.24114/jpkm.v26i1.15777>
- Liobikienė, G., & Poškus, M. S. (2019). The Importance of Environmental Knowledge for Private and Public Sphere Pro-Environmental Behavior: Modifying the Value-Belief-Norm Theory. *Sustainability*, 11(12), 3324. <https://doi.org/10.3390/su11123324>
- Nam, V. T., Kuijk, M. van, & Anten, N. P. R. (2016). Allometric Equations for Aboveground and Belowground Biomass Estimations in an Evergreen Forest in Vietnam. *PLOS ONE*, 11(6), e0156827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156827>
- Otto, S., & Pensini, P. (2017). Nature-based environmental education of children: Environmental knowledge and connectedness to nature, together, are related to ecological behaviour. *Global Environmental Change*, 47, 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.009>
- Paustian, K., Six, J., Elliott, E. T., & Hunt, H. W. (2000). Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry*, 48(1), 147–163. <https://doi.org/10.1023/A:1006271331703>
- Santhyami, S., Al Mubarok, Moh. I., & Nurzahra, V. Y. (2020). Introduction and early measurement of carbon footprint concepts to respond the challenge of SDGs-Goal 13. *Journal of Community Service and Empowerment*, 1(2). <https://doi.org/10.22219/jcse.v1i2.12322>
- Tapilouw, M. C. (2017). Teacher's Knowledge Exploration about Environmental Problem in order to Enhanced Problem Based Learning. *Proceedings of the 2016 International Conference on Mathematics and Science Education*. International Conference on Mathematics and Science Education, Bandung, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/icmsed-16.2017.50>
- Ting, K. L., & Siew, N. M. (2014). Effects of Outdoor School Ground Lessons on Students' Science Process Skills and Scientific Curiosity. *Journal of Education and Learning*, 3(4), p96. <https://doi.org/10.5539/jel.v3n4p96>
- Wirabuana, P., Setiahadi, R., Sadono, R., Lukito, M., Martono, D. S., & Matatula, J. (2020). Allometric equations for estimating biomass of community forest tree species in Madiun, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(9), Article 9. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210947>
- Zhao, H., Gao, Q., Wu, Y., Wang, Y., & Zhu, X. (2014). *What affects green consumer behavior in China? A case study from Qingdao*. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2013.05.021>