

CARBON RESERVE ON RUBBER STANDS IN LAMANKUYANG PLANTATION AS A LEARNING SOURCE IN BIOLOGICAL HIGH SCHOOL AIR POLLUTION MATERIALS

Samsul Riski¹⁾, Sri Wulandari²⁾, L.N. Firdaus³⁾

E-mail: samsulriski@student.unri.ac.id, sri.wulandari@lecturer.unri.ac.id,
firdausln@lecturer.unri.ac.id
No. HP. 082286890547

*Biology Education Study Program
Faculty of Teacher Training and Education
Riau University*

Abstract: *Rubber stands as natural carbon reserves need to be explored and it is considered important to be developed by teachers as a source of contextual learning that is relevant to current natural phenomena. This study aims to produce learning resources in the form of a design of the High School Biology learning module based on carbon stock estimation as air pollution mitigation. For this reason, research has been carried out at the Lamankuyang rubber plantation to obtain scientific data and information as module design material through a partially developed research method (Analysis and Design stage). Determination of the location of the study was carried out by stratified sampling technique. Sampling is carried out by non-destructive strip transect method. Data from the subsequent research will be analyzed using the allometric formula to determine the value of contained biomass and carbon stock. The results show that the rubber stand value of carbon reserves is 73.5 tons / ha with carbon absorption of 1349.8 tons / ha. The factors that influence include diameter, age, clones, spacing and environmental conditions. All research data can be used to design the Class X Air Pollution Mitigation Module for High School Biology Subjects using the Problem-Based Learning Model. However, before the module design is used on a broader scale, it is recommended that a feasibility and effectiveness test be carried out on a limited scale.*

Key Words: *High School Biology Learning Module, Air Pollution Mitigation, Rubber Stand, Lamankuyang Plantation*

CADANGAN KARBON PADA TEGAKAN KARET DI PERKEBUNAN LAMANKUYANG SEBAGAI SUMBER BELAJAR PADA MATERI PENCEMARAN UDARA BIOLOGI SMA

Samsul Riski¹⁾, Sri Wulandari²⁾, L.N. Firdaus³⁾

E-mail: samsulriski@student.unri.ac.id, sri.wulandari@lecturer.unri.ac.id,
firdausln@lecturer.unri.ac.id No. HP. 082286890547

Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Tegakan karet sebagai cadangan karbon alam perlu dieksplorasi dan dirasa penting untuk dikembangkan oleh guru sebagai sumber pembelajaran kontekstual yang relevan dengan gejala alam saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sumber belajar berupa rancangan modul pembelajaran Biologi SMA berbasis estimasi cadangan karbon sebagai mitigasi pencemaran udara. Untuk itu telah dilakukan penelitian di perkebunan karet Lamankuyang untuk mendapatkan data dan informasi ilmiah sebagai bahan rancangan modul melalui metode penelitian pengembangan secara parsial (tahap *Analisis* dan *Desain*). Penentuan lokasi penelitian dilakukan dengan teknik *stratified sampling*. Pengambilan sampel dilakukan dengan metoda *strip transect* secara *non destructive*. Data hasil penelitian selanjutnya akan dianalisis menggunakan rumus allometrik untuk ditentukan nilai biomassa dan cadangan karbon terkandung. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa nilai cadangan karbon tegakan karet sebesar 73,5 ton/ha dengan serapan karbon sebesar 1349,8 ton/ha. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi diantaranya diameter, umur, klon, jarak tanam dan kondisi lingkungan. Seluruh data hasil riset dapat dimanfaatkan untuk perancangan Modul Mitigasi Pencemaran Udara untuk Mata Pelajaran Biologi SMA Kelas X menggunakan *Model Problem-Based Learning*. Namun demikian, sebelum rancangan modul tersebut digunakan pada skala yang lebih luas, disarankan agar dilakukan uji kelayakan dan efektifitas pada skala terbatas.

Kata Kunci: Modul Pembelajaran Biologi SMA, Mitigasi Pencemaran Udara, Tegakan Karet, Perkebunan Lamankuyang

PENDAHULUAN

Kurikulum 2013 secara komprehensif menuntut siswa untuk meningkatkan pemahaman sikap (afektif), pengetahuan (kognitif) dan keterampilan (psikomotor) yang saling terintegrasi. Kompetensi tersebut perlu diperkuat dengan pembelajaran berbasis riset dan pemutakhiran sumber belajar. Pembelajaran Biologi SMA menurut Permendikbud Nomor 24 Tahun 2016 bertujuan untuk menumbuhkan kesadaran siswa agar peduli dan peka terhadap permasalahan lingkungan hidup, serta untuk menjaga dan melestarikan lingkungannya.

Realita pada saat ini, dampak dari pencemaran udara sudah dirasakan, akan tetapi sumber belajar yang digunakan oleh guru pada umumnya hanya bertumpu pada buku-buku teks yang diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Buku-buku teks yang disusun dan digunakan secara nasional tersebut dinilai kurang mengapresiasi sumber-sumber pengetahuan lokal, padahal pembelajaran tematik bertujuan untuk lebih mengenalkan siswa pada lingkungan yang terdekat dengan mereka (Tyas Deviasa, 2018).

Tanaman yang berpotensi dan berperan sebagai mitigasi pencemaran udara salah satunya adalah tegakan karet Perkebunan Lamankuyang. Perkebunan Lamankuyang merupakan salah satu perkebunan karet milik rakyat yang ada di provinsi Riau. Perkebunan Lamankuyang sebagai sumber cadangan karbon alam perlu dieksplorasi dan dirasa penting untuk dikembangkan oleh guru sebagai sumber pembelajaran kontekstual yang relevan dengan permasalahan lingkungan saat ini.

Salah satu permasalahan lingkungan pada saat ini adalah pencemaran udara. Gas karbon merupakan bahan pencemar utama di udara. Gas karbon yang teremisikan secara tidak terkendali di udara akan berakibat buruk pada lingkungan, diantaranya meningkatnya suhu bumi, pemanasan global, hujan asam, mencairnya es di kutub dan berakibat pada rusaknya ekosistem lingkungan. Kemampuan tegakan karet dalam menyerap gas karbon dan Pelestariannya merupakan suatu langkah mitigasi terhadap pencemaran udara.

Desain modul dengan memanfaatkan hasil riset potensi local (*local content*) diharapkan mampu menambah wawasan dan menjadi literasi tambahan. Di dalam paper ini dilaporkan hasil desain Modul Mitigasi Pencemaran Udara dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar Pencemaran Udara di Sekolah Menengah Atas.

METODE PENELITIAN

Penelitian deskriptif ini menggunakan metode survey dan metode penelitian pengembangan. Metode survey digunakan untuk mendapatkan data diameter batang *Diameter Breast Height* (DBH) dan tinggi tegakan karet. Metode penelitian pengembangan digunakan secara parsial (hanya tahap *Analisis* dan *Desain*) untuk perancangan modul pembelajaran Biologi SMA. Modul yang dirancang berisi materi pokok Pencemaran Udara yang didasarkan pada Standar Kurikulum 2013 menurut Permendikbud Nomor 24 Tahun 2016. Penelitian berlokasi di Perkebunan Karet Lamankuyang Desa Rumbio, Kecamatan Kampar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau mulai Juli – Oktober 2018. Penentuan plot dan stasiun penelitian berdasarkan teknik *stratified sampling* yaitu berdasarkan strata umur tegakan 15, 22, 28, 32 tahun.

Pengambilan sampel dilakukan dengan metoda *strip transect* dengan cara menarik transek berukuran (400m x 200m) mulai dari tepi garis stasiun sampai ke titik tengah setengah dari panjang dan lebar stasiun sebagai lokasi plot penelitian (10m x 10m). Data hasil penelitian selanjutnya diolah dengan rumus allometrik. Maurin *et.al.*, (2012) dan Handi (2012) melaporkan bahwa persamaan allometrik $Y = 0,0509 \times \rho \times DBH^2 \times T$ untuk penentuan biomassa tegakan. Sedangkan penentuan cadangan karbon menggunakan rumus $C = W \times 0,47$ (BSN, 2011) dan serapan karbon $EC = 3,67 \times C$ (IPCC, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Cadangan Karbon Tegakan

Adapun nilai biomassa dan cadangan karbon pada setiap stasiun tegakan karet berdasarkan umur tegakan di Perkebunan Lamankuyang Desa Rumbio, Kecamatan Kampar pada (Tabel 1).

Tabel 1. Total Biomassa dan Cadangan Karbon Tegakan Karet Perkebunan Lamankuyang Kecamatan Kampar, Riau.

No.	Umur Tegakan Karet (Tahun)	Total Biomassa (Ton/ha)	Total Cadangan Karbon (Ton/ha)
1	15	12,4	5,8
2	22	37,2	17,5
3	28	52,6	24,7
4	32	54,2	25,5
Total		156,6	73,5

Total nilai biomassa yang diperoleh adalah sebesar 156,6 ton/ha. Dari nilai tersebut maka didapatlah jumlah nilai cadangan karbon tegakan karet Perkebunan Lamankuyang sebesar 73,5 ton/ha. Nilai cadangan karbon tertinggi berada pada tegakan umur 32 tahun yaitu sebesar 25,5 ton/ha, sedangkan terendah pada tegakan umur 15 tahun yaitu 5,8 ton/ha. Tingginya nilai cadangan karbon salah satunya dipengaruhi oleh faktor umur tanaman. Hal Tersebut dikarenakan pertambahan umur tanaman akan diiringi oleh pertumbuhan diameter serta tinggi tanaman sebagai nilai biomassa tanaman. Faktor lainnya adalah dipengaruhi oleh besarnya diameter batang. Semakin besar diameter tanaman maka akan semakin besar nilai biomassa dan cadangan karbon (Rahayu, 2007). Bervariasinya kelas diameter pada tingkat tegakan karet mempengaruhi nilai dari cadangan karbon.

Berdasarkan Purwanto Ris Hadi (2012), kriteria nilai cadangan karbon tegakan karet Perkebunan Lamankuyang yaitu 73,5 ton/ha termasuk ke dalam kategori sedang yaitu berada pada rentang 35-100 ton/ha. Dapat dikatakan bahwa cadangan karbon pada tegakan karet Lamanuyang relatif sama besar dengan ekosistem hutan.

Nilai Serapan Karbon

Nilai cadangan karbon berkorelasi langsung dengan tingginya nilai serapan karbon tegakan. Terdapat hubungan antara nilai cadangan karbon tersimpan dengan serapan karbon tegakan (Tabel 2).

Tabel 2. Total Serapan Karbon Tegakan Karet Perkebunan Lamankuyang, Kecamatan Kampar, Provinsi Riau.

No.	Umur Tegakan Karet (Tahun)	Kerapatan	Cadangan karbon (ton/ha)	Serapan Karbon (ton/ha)
1	15	1193,3	5,8	21,4
2	22	1026,6	17,5	64,2
3	28	1120	24,7	90,7
4	32	726,6	25,5	93,5
Total			73,5	1349,8

Nilai total serapan karbon tegakan karet Perkebunan Lamankuyang adalah sebesar 1349,8 ton/ha. Terjadi peningkatan serapan karbon disetiap strata umur tanaman. Tegakan yang paling tinggi menyerap karbon yaitu tegakan umur 32 tahun dengan nilai sebesar 93,5 ton/ha, sedangkan tegakan yang paling rendah yaitu pada umur 15 tahun hanya 21,4 ton/ha. Tingginya nilai serapan karbon pada tegakan umur 32 tahun dipengaruhi oleh faktor lain yaitu morfologi batang dan tutupan tajuk yang luas. Semakin tinggi dan luas tutupan tajuk tanaman, maka proses fotosintesis pada tanaman juga akan meningkat. Ditambah lagi tipe daun tripoliolate (percabangan tiga) pada tanaman karet membentuk kanopi daun yang rimbun yang produktif dalam menyerap gas karbon (Nazaruddin, 2005).

Dilihat dari kondisi lahan, jarak tanam yang berbeda disetiap stasiun penelitian mempengaruhi nilai cadangan karbon tersimpan. Tuti (2014) melaporkan bahwa, jarak tanam kebun karet yang terlalu rapat akan mempengaruhi kemampuan tanaman dalam mengikat karbon di atmosfer. Semakin rapat jarak tanam maka semakin kecil cadangan karbon yang tersimpan. Adapun pada tegakan umur 32 tahun memiliki jarak tanam 5 x 5m dan stasiun yang lain 5 x 3m.

Rancangan Modul Pembelajaran Biologi

Hasil penelitian lapangan tentang nilai cadangan karbon dan serapan karbon tegakan karet di Perkebunan Lamankuyang Desa Rumbio diperoleh data ilmiah yang dinilai relevan dan berguna sebagai bahan perancangan modul pembelajaran Biologi SMA (Tabel 3).

Tabel 3. Data Ilmiah Hasil Riset Estimasi Nilai Cadangan Karbon untuk Bahan Desain Modul Pembelajaran Biologi SMA

Fakta Ilmiah Hasil Riset	Peruntukan dalam Perancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA	Relevansi dengan Kompetensi Dasar (KD) Biologi SMA Kurikulum 2013
Cadangan karbon tegakan karet perkebunan Laman Kuyang sebagai pengendali emisi karbon pada lingkungan	Narasi materi tentang definisi pencemaran udara dan penyebabnya	3.11.1
	Narasi mitigasi pencemaran udara	3.11.4
Serapan karbon tegakan karet Perkebunan Lamankuyang.	Narasi materi tentang penyebab pencemaran udara	3.11.3
	Narasi materi tentang peran tegakan karet Perkebunan Lamankuyang sebagai mitigasi pencemaran udara	3.11.5

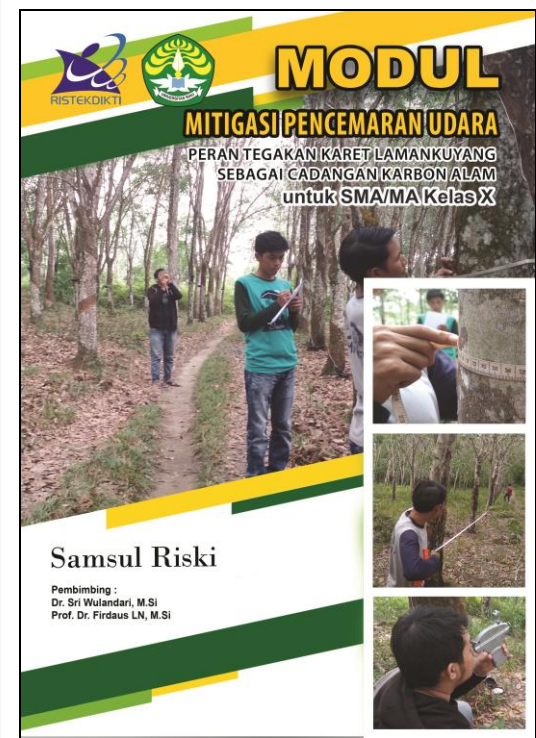
Melalui tahapan analisis terhadap silabus pelajaran Biologi SMA kurikulum 2013, maka data ilmiah tentang nilai cadangan karbon tegakan karet di Perkebunan Lamankuyang Desa Rumbio lebih relevan sebagai informasi ilmiah untuk keperluan narasi materi tentang definisi pencemaran udara, penyebab dan langkah mitigasinya (KD 3.11.1 dan 3.11.4). Sedangkan data ilmiah tentang serapan karbon tegakan karet lebih relevan sebagai informasi ilmiah untuk keperluan narasi materi tentang penyebab pencemaran udara dan peran Perkebunan Lamankuyang sebagai mitigasi pencemaran udara pada (KD 3.11.3 dan 3.11.5) .

Komponen dan Karakteristik Modul yang telah berhasil dirancang berdasarkan (Depdiknas, 2008) diringkaskan dalam Tabel 4. Sedangkan morfologi sampul dan anatomi isi modul disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 4. Komponen dan Karakteristik Modul Mitigasi Pencemaran Udara

KOMPONEN	KARAKTERISTIK
A. IDENTITAS	
▪ Judul	Mitigasi Pencemaran Udara
▪ Penulis	Samsul Riski
▪ Pembimbing	Dr. Sri Wulandari, M.Si Prof. Dr. Firdaus L.N., M.Si
▪ Mata Pelajaran	Biologi SMA
▪ Kurikulum	2013
▪ Sasaran Pembelajaran	Siswa Kelas X
▪ Model Pembelajaran	Problem Based Learning (PBL)
B. NASKAH	
▪ Ukuran Kertas	Kwarto (A4)
▪ Jumlah Halaman	17
▪ Jenis Huruf (Font)	Arial 12
▪ Spasi	Ganda
C. ILUSTRASI	
▪ Jumlah Tabel	2
▪ Jumlah Foto	6
D. REFERENSI	
	10
E. GLOSARIUM	
	5

Tabel 5. Morfologi sampul dan anatomi isi Modul Mitigasi Pencemaran Udara

	<u>Modul Mitigasi Pencemaran Udara</u> 1. Judul/ identitas modul 2. Kata pengantar 3. Daftar isi 4. Daftar tabel 5. Daftar gambar 6. Petunjuk penggunaan modul 7. Peta konsep 8. Kompetensi inti 9. Kompetensi dasar 10. Indikator 11. Indikator pencapaian kompetensi 12. Materi pelajaran 13. Latihan 14. Tugas 15. Rangkuman 16. Tes formatif 17. Kunci jawaban tes formatif 18. Umpan balik 19. Tindak lanjut 20. Daftar pustaka
--	---

Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) yang harus diraih setelah mempelajari modul ini adalah agar peserta didik dapat menjelaskan definisi pencemaran udara, peserta didik dapat menyebutkan jenis-jenis pencemaran udara, peserta didik dapat menjelaskan penyebab terjadinya pencemaran udara, peserta didik dapat menjelaskan upaya mitigasi pencemaran udara, Peserta didik dapat menjelaskan peran tegakan karet dalam mengurangi gas karbon. Modul tersebut telah mengalami sejumlah revisi, baik atas permintaan Dosen Pembimbing maupun atas saran perbaikan dari Tim Penguji Tugas Akhir melalui Seminar Hasil tanggal 8 Mei 2019. Namun demikian, rancangan modul ini belum dilakukan uji kelayakan dan uji efektivitas penggunaannya di lapangan.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

Berdasarkan analisis terhadap hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa nilai cadangan karbon karbon pada tegakan karet Perkebunan Lamankuyang sangat produktif menambatkan gas karbon pada biomassa tanaman yaitu sebesar 73,5 ton/ha dengan serapan karbon sebesar 1349,8 ton/ha. Tingginya nilai cadangan dan serapan karbon tegakan karet tersebut dapat dikatakan sangat berperan sekali sebagai mitigasi pencemaran udara. Adapun faktor yang mempengaruhi adalah umur tegakan, diameter, jarak tanam dan kondisi lingkungan. Seluruh data ilmiah hasil riset dapat dimanfaatkan

untuk perancangan Modul Mitigasi Pencemaran Udara untuk Mata Pelajaran Biologi SMA Kelas X menggunakan *Model Problem-Based Learning*.

Rekomendasi

Rancangan modul pembelajaran biologi berbasis hasil riset tersebut digunakan pada skala yang lebih luas, disarankan agar dilakukan uji kelayakan dan efektifitas pada skalaterbatas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Materi yang dimuat dalam publikasi ini merupakan bagian dari Skripsi atau Tugas Akhir Studi S1 Pendidikan Biologi. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Sri Wulandari M.Si (Pembimbing 1) dan Prof. Dr. Firdaus L.N., M.Si (Pembimbing 2) atas semua bimbingan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2011. Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon— Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (*ground based forest carbon accounting*). Jakarta
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta.
- Handi Supriadi. 2012. Peran Tanaman Karet Dalam Mitigasi Perubahan Iklim. *Buletin RISTRI*. 3(1). Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Suka Bumi.
- Intergovernmental Panel in Climate Change. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Maurin P, Rahmawaty, Risman. 2012. Pendugaan Cadangan Karbon Above Ground Biomass (AGB) Pada Tegakan Hutan Alam di Kabupaten Langkat. *Jurnal Kehutanan*, 1 (3) : 99-105. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Nazzaruddin & Farry Paimin. 2005. *Budi Daya dan Pengolahan Strategi Pemasaran Karet*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Permendikbud Nomor 24 Tahun 2016 tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran Pada Kurikulum 2013 Pada Pendidikan Dasar Dan Pendidikan Menengah.

Purwanto, Ris Hadi. 2012. *Materi Kuliah Inventore Biomassa Hutan*. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Rahayu SB, B. Lusiana, and MV. Noordwijk. 2007. *Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur*. World Agroforestry Centre. Bogor.

Samsul Riski. 2019. *Rancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA Berbasis Estimasi Cadangan Karbon Tegakan Perkebunan Karet di Perkebunan Lamankuyang*. Skripsi Tidak dipublikasikan. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau, Pekanbaru.

Surya Dharma. 2008. *Penulisan Modul*. Direktorat Tenaga Kependidikan. Jakarta.

Tuti Haryati, Idiannor Mahyudin, Abdi Fithria, Abdul Haris. 2014. Pendugaan Potensi Kebun Karet Rakyat Sebagai Cadangan Karbon Kecamatan Cempaka Kota Banjar Baru Provinsi Kalimantan Selatan. *Enviro Scienteae*.10: 150-156. Universitas Lambung Mangkurat. Banjar Baru.

Tyas Deviasa. 2018. Analisis Kebutuhan Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis kearifan Lokal Kabupaten Tulung Agung untuk Kelas V SD Tema Bangsa Sebagai Bangsa Indonesia. *Jurnal Pemikiran dan Pengembangan SD* 6 (1): 47-56.