

POTENSI CADANGAN KARBON NEKROMASA KAYU MATI PADA LAHAN GAMBUT PASCA KEBAKARAN SEBAGAI RANCANGAN POSTER ELEKTRONIK PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA

Cikita Aisyah Fauziah^{1*)}, L.N. Firdaus²⁾, Sri Wulandari³⁾

^{1*)}E-mail: cikitaaisyah@gmail.com

²⁾E-mail: firdausln@lecturer.unri.ac.id

³⁾E-mail: sri.wulandari@lecturer.unri.ac.id

¹⁾²⁾³⁾Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Riau

ABSTRACT

This study purpose was to determine the potential carbon stock of dead wood necromass on post-fire peatlands in Tuah Indrapura Village, Siak and to produce valid electronic poster learning media for class X high school air pollution material. This research type consists of two stages, namely the survey stage with field observations of post-fire peatlands. The tools and materials needed are a compass, tape measure, rope, stationery, label paper, camera, 5 kg plastic, markers, tally sheets, machetes, wood chisels, saws, hammers and scissors. Second, the designing stages electronic posters include three stages, namely Analysis, Electronic poster's design products and Electronic poster's Development products from the results of product validation tests. The results showed that the dead wood necromass' carbon stock on post-fire peatlands in Tuah Indrapura Village, Siak was 0.414 kg/ha which was categorized as very low. The low value of the carbon content obtained was influenced by the decomposition process and the specific gravity of the dead wood obtained. The results of the electronic poster of necromass carbon stocks of dead wood on post-fire peatlands are categorized as very valid with a value of 3.55, which is measured from the feasibility aspects of content, language, appearance and design. The value of necromass carbon stocks can be used as additional data for the Siak District Forestry Service in efforts to mitigate air pollution. The results of the electronic poster designs that have been developed can be used by teachers as an alternative to enrichment of electronic learning media in the biology learning process in schools.

Keywords: Carbon; Dead-wood Necromass; Electronic Posters.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi cadangan karbon nekromasa kayu mati pada lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura, Siak dan menghasilkan media pembelajaran poster elektronik cadangan karbon nekromasa kayu mati yang valid untuk materi pencemaran udara kelas X SMA. Jenis penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu tahapan survei dengan observasi lapangan lahan gambut pasca kebakaran. Alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu kompas, meteran, tali, alat tulis, kertas label, kamera, plastik ukuran 5 kg, spidol, *tally sheet*, parang, pahat kayu, gergaji, martil dan gunting. Kedua, tahapan perancangan poster elektronik meliputi tiga tahapan yaitu Analisis, Perancangan produk poster elektronik dan Pengembangan produk poster elektronik dari hasil uji validasi produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cadangan karbon nekromasa kayu mati pada lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura, Siak 0,414 kg/ha yang dikategorikan sangat rendah. Rendahnya nilai kandungan karbon yang didapat dipengaruhi oleh adanya proses dekomposisi dan berat jenis pada kayu mati yang diperoleh. Hasil poster elektronik cadangan karbon nekromasa kayu mati pada lahan gambut pasca kebakaran dikategorikan sangat valid dengan nilai 3,55, yang diukur dari aspek kelayakan isi, kebahasaan, tampilan dan perancangan. Nilai cadangan karbon nekromasa dapat dijadikan sebagai tambahan data bagi Dinas Kehutanan Kabupaten Siak dalam upaya mitigasi pencemaran udara. Hasil rancangan poster elektronik yang telah dikembangkan dapat digunakan oleh guru sebagai alternatif pengayaan media pembelajaran elektronik dalam proses

pembelajaran biologi di sekolah.

Kata Kunci: Karbon; Nekromasa Berkayu; Poster Elektronik.

PENDAHULUAN

Karbon merupakan salah satu unsur utama pembentuk bahan organik termasuk makhluk hidup. Sebagian besar jumlah karbon yang berasal dari makhluk hidup bersumber dari hutan. Cadangan karbon adalah kandungan karbon tersimpan baik itu pada permukaan tanah sebagai biomassa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati (nekromasa), maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah. Perubahan wujud karbon ini kemudian menjadi dasar untuk menghitung emisi, dimana sebagian besar unsur karbon (C) yang terurai ke udara biasanya terikat dengan O₂ (oksigen) dan menjadi CO₂ (karbon dioksida) (Nindya, 2019). Namun, seiring terjadinya kerusakan hutan, maka pelepasan karbon ke atmosfer juga terjadi sebanyak tingkat kerusakan hutan yang terjadi (Manuri *et al.*, 2011).

Dampak yang ditimbulkan oleh adanya kebakaran terlebih pada lahan gambut adalah hilangnya banyak vegetasi yang terbakar sehingga tidak mampu menyerap karbon di udara yang akan berdampak terhadap kenaikan suhu di lingkungan. Provinsi Riau memiliki lahan gambut terluas di Sumatera yaitu 56,1% dari luas lahan gambut Sumatera atau 45% dari luas daratan Provinsi Riau. Sebanyak 6.425 Hektare hutan dan lahan di Riau berubah menjadi abu selama tahun 2019. Angka ini dicatat oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Riau terkait luasan lahan terbakar. Pada musim kemarau kelembaban lahan gambut biasanya berkurang dan terjadi kekeringan yang menyebabkan terjadinya rawan kebakaran (Saputra *et al.*, 2018). Hal inilah yang menyebabkan Provinsi Riau sebagai salah satu penyumbang terbesar kebakaran hutan dan lahan di Indonesia. Kabupaten penyumbang kebakaran hutan dan lahan terbesar di Riau adalah Kabupaten Siak yang kehilangan lahannya sebanyak 785 Ha. Menurut Official Walhiria (2016) salah satu desa yang sering terbakar dari tahun 2014, 2015 dan 2019 adalah Desa Tuah Indrapura yang disebabkan oleh praktik pengeringan gambut yang dilakukan pemerintah untuk menunjang perkebunan kelapa sawit yang dikelola masyarakat.

Dampak yang ditimbulkan oleh adanya kebakaran pada lahan gambut adalah hilangnya banyak vegetasi yang terbakar sehingga tidak mampu menyerap karbon di udara yang akan berdampak terhadap kenaikan suhu di lingkungan. Untuk itu pentingnya fungsi vegetasi terhadap lingkungan yang mengalami pencemaran adalah sebagai penyimpan karbon yang ada di udara. Nekromasa merupakan salah satu dari tiga penyimpanan karbon di darat, selain vegetasi hidup dan tanah. Nekromasa meliputi pohon atau semua bagian dari pohon berkayu yang mati, baik yang masih berdiri, roboh, tunggul tanaman mati, cabang dan ranting (Sunarno *et al.*, 2020). Hilangnya banyak

vegetasi akibat terbakar akan menghilangkan fungsi penting bagi vegetasi sebagai penyimpanan karbon di udara. Adanya nekromasayang terdapat di lahan gambut pasca kebakaran ini diharapkan dapat berguna dalam menyerap karbon di udara sehingga dapat dijadikan sebagai mitigasi pencemaran udara bagi Desa Tuah Indrapura.

Konsep materi yang dapat dikaitkan dengan menghubungkan kasus kebakaran yang sering terjadi di Riau adalah karbon yang dapat diserap oleh tumbuhan dalam bentuk nekromasa dapat dijadikan sebagai upayamitigasi pencemaran udara dilingkungan yang termasuk kedalam materi pencemaran udara kelas X KD 3.11. Untuk mengeksplor kemampuan siswa dalam memahami materi yang bersifat dinamis, guru dan calon guru harus dapat mengeksplor kemampuannya dalam memanfaatkan kemajuan dan perkembangan teknologi untuk menghasilkan sebuah media pembelajaran elektronik yang inovatif, kreatif dan berkualitas seperti media poster elektronik.

Poster elektronik merupakan sebuah media baru dalam menampilkan sebuah tema atau persoalan secara persuasif dengan memanfaatkan kekuatan media elektronik sehingga membuat poster jauh lebih menarik dan informatif daripada poster kertas (Bima dan Laksmi, 2020). Poster dapat dibaca dalam sebuah media elektronik yang dapat menampilkan poster tersebut misalnya, komputer, televisi dan proyektor (Mahmud, 2017). Implementasi penggunaan poster elektronik ini guru bisa menggunakan aplikasi Flip PDF sebagai media elektronik dengan memanfaatkan kode *barcode* sebagai *link* akses untuk menuju halaman aplikasi yang menampilkan poster elektronik yang telah dirancang sehingga dapat dilihat dan dipelajari oleh siswa.

Adanya bantuan media poster elektronik ini dapat memberikan stimulasi dan meningkatkan kreatifitas serta penghayatan bagi siswa terhadap suatu topik, kemudian menuangkannya dalam bentuk kata-kata berupa presentasi lisan (Silvia *et al.*, 2021). Penggunaan poster elektronik sebagai media pembelajaran dapat membantu siswa dalam memahami isi konten materi karena didukung dengan adanya data, gambar, grafik serta materi yang disajikan berupa ringkasan atau point-point sehingga memudahkan siswa dalam menjalankan daya nalarnya untuk membahas topik bahasan yang akan dipelajari (Bima dan Laksmi, 2020). Hal tersebut dikarenakan sangat penting untuk melatih kemampuan dan kebiasaan berpikir tingkat tinggi para peserta didik (Daryanes 2021; Daryanes & Fauza 2020)

Berdasarkan hasil wawancara pra-survei sekolah mengenai pembelajaran biologi terlihat kurangnya inovasi media ajar yang dihasilkan oleh guru biologi SMA 13 Pekanbaru dan guru hanya memanfaatkan buku paket atau LKS yang disediakan oleh pemerintah yang masih bersifat umum, tidak bervariasi, tidak kontekstual serta tidak dilengkapi dengan adanya gambaran nyata atau informasi aktual mengenai topik bahasan yang akan dipelajari, terlebih pada materi mitigasi

pencemaran udara yang bersifat pengembangan dan abstrak, akibatnya siswa kurang memahami isi materi ajar karena tidak mendapat pandangan secara aktual mengenai topik bahasan yang dipelajari. Untuk itu dibutuhkan sebuah media ajar inovatif yang dapat memberikan pandangan yang aktual terhadap siswa mengenai fenomena alam yang sering terjadi di Riau. Adanya penggunaan poster elektronik sebagai media ajar yang inovatif diharapkan guru dan calon guru dapat memperkaya materi dengan peristiwa-peristiwa yang sering terjadi di Riau dengan menggabungkan konsep KD yang akan dibawakan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan yaitu tahapan rancangan penelitian lapangan dan tahapan perancangan poster elektronik. Penelitian dilaksanakan di dua tempat yaitu Desa Tuah Indrapura, Kecamatan Bungaraya, Kabupaten Siak untuk tahap penelitian lapangan pada bulan Oktober-Desember 2021. Selanjutnya, di Kampus Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau untuk tahap desain, revisi dan validasi pada bulan Mei-Juni 2022. Pada penelitian lapangan jenis penelitian menggunakan metode survei dengan observasi lapangan di lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura, Kecamatan Bungaraya, Kabupaten Siak untuk mengukur nilai cadangan karbon nekromasa kayu mati. Alat dan bahan yang digunakan untuk mengambil data di lapangan adalah kompas, meteran, tali plastik, alat tulis, kertas label, kamera, plastik ukuran 5 kg, spidol permanen, *tally sheet*, parang, pahat kayu, gergaji, martil dan gunting. Alat yang digunakan untuk mengambil data di laboratorium adalah jangka sorong, gelas ukur, batang pengaduk, timbangan digital dan oven. Adapun bahan yang diperlukan adalah *aluminium foil* dan parafin. Dari hasil tahapan pra lapangan yang telah dilakukan diketahui bahwa lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura memiliki 1 Ha lahan yang homogen namun tingkat dekomposisi yang berbeda-beda pada setiap lahan, untuk itu perlu dilakukan penentuan Intensitas Sampling (IS) pada lahan tersebut.

Penentuan Intensitas Sampling (IS), Soerianegara dan Indrawan (1988) mengelompokkan hutan yang luasnya 1.000 Ha atau lebih intensitas sampling yang digunakan sebaiknya 2%, sementara itu jika kurang dari 1.000 Ha maka intensitas samplingnya sebaiknya digunakan 5% - 10%. Berdasarkan ketentuan di atas maka digunakan intensitas sampling 10% dikarenakan luas dari lahan gambut pasca kebakaran Desa Tuah Indrapura, Kecamatan Bunga Raya, Kabupaten Siak seluas 1 Ha.

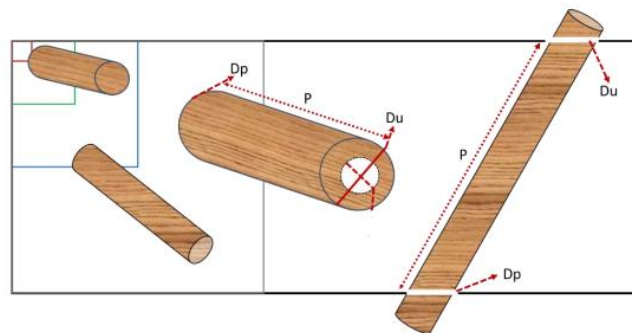
Intensitas Sampling (IS) yang digunakan: 10%

Sampel luas areal penelitian: 1 Ha x 10 % = 1.000 m²

Jumlah plot pengukuran yang digunakan:

$$\frac{\text{luas areal penelitian}}{\text{luas stasiun nekromasa berkayu}} = \frac{1.000\text{m}^2}{200\text{m}^2} = 5 \text{ stasiun}$$

Untuk mengukur nekromasa kayu mati menggunakan teknik pengambilan sampel secara diagonal dengan stasiun yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran 5 m x 40 m = 200 m² (Qirom *et al.*, 2018). Tahapan pengukuran nekromasa kayu mati dengan menghitung diameter bagian pangkal (dp), diameter ujung (du) serta panjang batang kayu (P) yang dicatat kedalam tally sheet. Jika ada sebagian kayu berada di luar plot, maka panjang kayu yang diukur adalah yang berada di dalam plot.



Gambar 1. Pengukuran kayu mati (Rusolono *et al.*, 2015)

Prinsip pengukuran digambarkan pada Penentuan stasiun penelitian berdasarkan tingkat dekomposisi nekromasa kayu mati (Woodall dan Monleon, 2008)

- a) **Stasiun 1** : Stasiun ini terletak di bagian utara dari titik kuadran contoh pengukuran, pada stasiun ini didominasi oleh nekromasa kayu mati tingkat dekomposisi 5 dengan ciri-ciri tidak berstruktur serta teksturnya berupa serbuk, jika dilihat dari kondisi fisik kayunya yang telah rapuh diperkirakan telah terbakar lima tahun yang lalu.
- b) **Stasiun 2** : Stasiun ini terletak di bagian barat dari titik kuadran contoh pengukuran, pada stasiun ini didominasi oleh nekromasa kayu mati tingkat dekomposisi 2 dengan ciri-ciri kayu masih segar dan masih keras, jika dilihat dari kondisi fisiknya diperkirakan telah terbakar dua atau tiga tahun yang lalu.
- c) **Stasiun 3** : Stasiun ini terletak di bagian timur dari titik kuadran contoh pengukuran, pada stasiun ini didominasi oleh nekromasa kayu mati tingkat dekomposisi 4 dengan ciri-ciri bagian dalam dan luar kayu telah membusuk, jika dilihat dari kondisi fisiknya yang mulai rapuh diperkirakan telah terbakar 4 tahun yang lalu.
- d) **Stasiun 4** : Stasiun ini terletak di bagian selatan dari titik kuadran contoh pengukuran, pada stasiun ini didominasi oleh nekromasa kayu mati dengan tingkat dekomposisi 1 dimana kayu masih terlihat segar, utuh atau baru tumbang, jika dilihat dari kondisi fisiknya diperkirakan mengalami kebakaran dua tahun yang lalu.

e) **Stasiun 5** : Stasiun ini terletak di bagian tengah kuadran, pada stasiun ini didominasi oleh nekromasa kayu mati tingkat dekomposisi 3 dengan ciri-ciri bagian dalam kayu segar dan luarnya kayu hampir membusuk, jika dilihat dari kondisi fisiknya yang mulai membusuk diperkirakan mengalami kebakaran tiga tahun yang lalu.

Dalam mengukur potensi cadangan karbon nekromasa kayu mati menggunakan rumus volume Brereton yang dikalikan dengan kerapatan kayu (SNI, 2011:9) sebagai berikut:

$$V_{km} = 0,25 \pi \left(\frac{dp+du}{2 \times 100} \right)^2 \times p$$

$$B_{km} = V_{km} \times BJ_{km}$$

Keterangan:

- V_{km} = Volume kayu mati (m^3)
- dp = diameter pangkal kayu mati (cm)
- du = diameter ujung kayu mati (cm)
- p = panjang kayu mati (m)
- π = 22/7 atau 3,14
- B_{km} = Nekromasa kayu mati (kg)
- BJ_{km} = Berat Jenis kayu mati (kg/m^3)

Perhitungan potensi cadangan karbon pada kayu mati dengan mengkonversi 0,47 dari biomassa maupun nekromassanya (SNI, 2011). Rumus yang digunakan dalam pendugaan potensi karbon sebagai berikut:

$$C = N \times 0,47$$

Keterangan:

- C = Kandungan Karbon (kg)
- N = Nekromasa kayu mati (kg)
- 0,47 = Faktor konversi dari standar internasional untuk pendugaan karbon

Penentuan kategori interval total potensi cadangan karbon nekromasa kayu mati pada lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kategori Interval Total Potensi Cadangan Karbon Nekromasa

Interval Total Potensi Cadangan Karbon Nekromasa	Kategori
$2,94 \leq x \leq 3,92$	Sangat Tinggi
$1,96 \leq x \leq 2,94$	Sedang
$0,98 \leq x \leq 1,96$	Rendah
$0 \leq x \leq 0,98$	Sangat Rendah

(Sumber: Modifikasi Astuti *et al.*, (2020))

Rancangan penelitian yang digunakan dalam merancang poster elektronik dari hasil penelitian mengenai potensi cadangan karbon nekromasa pada lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura untuk materi Pencemaran Udara kelas X SMA. Metode penelitian yang digunakan yaitu model ADDIE namun hanya sampai pada tahap pengembangan. Rancangan penelitian secara garis besar pada penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap analisis, perancangan dan pengembangan.

- 1) Analisis merupakan suatu tahapan yang akan mendefinisikan apa yang akan dipelajari oleh siswa. Pada tahapan ini akan dilakukan analisis kurikulum 2013 revisi 2018 pada materi pembelajaran Biologi SMA kelas X yang dikeluarkan oleh Departemen Pendidikan Nasional berdasarkan rencana kegiatan program pembelajaran materi yang terkait. Analisis ini bertujuan untuk menentukan silabus, RPP dan materi yang cocok untuk digunakan dan dibuat sebagai media pembelajaran yang disesuaikan dengan KI dan KD.
- 2) Pada tahap rancangan, bertujuan untuk merancang desain konsep materi yang berkaitan dengan fakta serta data sesuai dengan hasil penelitian untuk merancang poster elektronik bagi pembelajaran biologi kelas X SMA. Perancangan poster elektronik pada materi perubahan lingkungan meliputi beberapa tahapan, berikut langkah-langkah perancangannya:
 - A. Menentukan atau menganalisis materi yang akan dimuat didalam poster elektronik berdasarkan hasil riset penelitian. Materi yang dimuat didalam poster elektronik mengenai potensi cadangan karbon nekromasa pada lahan gambut pasca kebakaran untuk pembelajaran biologi pada materi pencemaran udara kelas X SMA.
 - B. Proses pembuatan media poster dimulai dari menyusun kerangka dengan isi yang dibuat memanjang dengan ukuran A4 (21 cm x 29,7 cm)
 - C. Setelah ditentukan ukuran poster yang akan dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat desain rancangan media pembelajaran poster elektronik. Berikut desain dari poster elektronik yang dirancang:



Gambar 2. Desain Rancangan poster elektronik

- D. Pembuatan poster elektronik harus memperhatikan tata letak tulisan dan penampilan poster yang harus proporsional seperti warna serta *background* pada poster elektronik.
- E. Pembuatan poster elektronik materinya harus bersifat padat dan jelas serta menarik. Berikut format dari media poster elektronik dalam pembelajaran yang akan dirancang:

<p style="text-align: center;">JUDUL POSTER</p> <p>Nama Pengarang: Nama pembimbing I : Nama pembimbing II :</p> <p>Tujuan Pembelajaran Video kompilasi dan kode <i>barcode</i></p> <ul style="list-style-type: none">● Pendahuluan● Metode Penelitian● Hasil Penelitian<ul style="list-style-type: none">● Peran Cadangan Karbon● Fungsi Nekromasa● Upaya Mitigasi Pencemaran Udara● Daftar Pustaka
--

Gambar 3. Format desain poster elektronik

- 3) Pada tahap pengembangan ini dilakukan penulisan konten (isi) poster elektronik sesuai dengan hasil tahapan perancangan. Penulisan dan struktur dari poster elektronik berpedoman terhadap format poster elektronik yang telah dibuat sebelumnya. Hasil rancangan poster elektronik akan dimuat pada media elektronik *Flip PDF Profesional*. Selanjutnya akan dilakukan uji validitas desain rancangan poster elektronik berdasarkan data ilmiah hasil penelitian. Kualitas suatu produk dapat diketahui melalui tahapan validasi kelayakan oleh ahli materi dan ahli media. Pada tahap validasi, peneliti menghadirkan validator ahli materi dan ahli media untuk memberikan penilaian terhadap produk yang dikembangkan dengan memberikan angket penilaian kepada para ahli,

apabila dirasa masih kurang layak maka para ahli dapat memberikan komentar dan saran terhadap produk yang sedang dikembangkan. Komentar dan saran tersebut menjadi acuan peneliti untuk memperbaiki produk tersebut.

a. Lembar Validasi

Lembar validasi berfungsi sebagai instrument penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kriteria kevalidan mengenai rancangan poster elektronik yang dikembangkan oleh peneliti. Lembar validasi yang dirancang berupa validasi materi yang terdiri dari aspek isi kelayakan isi, kebahasaan, tampilan dan kegrafisan pada bagian penilaian secara umum, saran-saran untuk perbaikan. Lembar validasi untuk ahli dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 2. Aspek Validasi Instrumen

Variabel	Aspek yang divalidasi
Validitas instrumen rancangan poster elektronik	Keteraturan bahasa yang digunakan dalam penyajian item-item pertanyaan atau pernyataan pada instrument
	Kesesuaian sub variabel dengan variable yang akan diukur
	Kesesuaian antara indikator dengan sub variable yang akan diukur
	Kesesuaian kisi-kisi dengan butir item pernyataan

b. Uji Validitas

Suharsimi (2010) menjelaskan validitas adalah ukuran yang menunjukkan tingkat-tingkat kevalidan atau keaslian suatu instrument. Semakin tinggi nilai validitas suatu instrument maka semakin valid instrument. Uji validitas merupakan alat bantu untuk menafsirkan indikator kevalidan yang terdiri dari isi, tampilan, bahasa dan kegrafisan. Uji validitas dilakukan untuk mengukur sejauh mana angket yang digunakan mampu untuk mengungkapkan variabel yang ingin diukur. Aspek validasi yang dinilai oleh validator dibuat dalam bentuk skala penilian.

Validator pada penelitian ini terdiri dari 2 orang dosen Pendidikan Biologi. Jenis skala yang digunakan adalah skala *likert* dengan skor 1-4. Validitas ditentukan oleh rata-rata skor yang diberikan oleh validator. Pengkategorian penilaian yang diberikan oleh validator disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Skala *Likert*

Kategori	Skor penilaian
Sangat Setuju (SS)	4
Setuju (S)	3
Kurang Setuju (KS)	2
Tidak Setuju (TS)	1

(Sugiyono, 2013)

Hasil validasi dihitung dengan menggunakan rumus skor rata-rata yaitu:

$$M = \frac{\sum Fx}{N}$$

Keterangan:

M = Rata-rata skor

$\sum Fx$ = Skor yang diperoleh

N = Jumlah komponen yang divaliditas

Nilai yang diberikan adalah satu sampai empat untuk respon tidak setuju, kurang setuju, setuju dan sangat setuju yang menggambarkan posisi yang sangat negatif ke posisi yang sangat positif. Setelah hasil pengukuran validitas didapat, hasil pengukuran tersebut kemudian disajikan dalam interval yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Interval Nilai Validasi

Interval Rata-rata Skor	Kategori
$3,25 \leq x \leq 4$	Sangat valid
$2,5 \leq x \leq 3,25$	Valid
$1,75 \leq x \leq 2,5$	Kurang valid
$1 \leq x \leq 1,75$	Tidak valid

(Sumber: Modifikasi Sugiyono, 2013)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kandungan Cadangan Karbon Nekromasa Kayu Mati pada Lahan Gambut Pasca Kebakaran di DesaTuah Indrapura, Siak.

Hasil pengukuran rata-rata kandungan karbon nekromasa kayu mati pada lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura, Kabupaten Siak disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Potensi Cadangan Karbon Nekromasa Kayu Mati pada Lahan Gambut Pasca Kebakaran di Desa Tuah Indrapura, Kabupaten Siak

NO	STASIUN	Potensi Cadangan Karbon Nekromasa Kayu Mati (Kg/ha)
1	I (Tingkat Dekomposisi 5)	0,004
2	II (Tingkat Dekomposisi 2)	0,028
3	III (Tingkat Dekomposisi 4)	0,005
4	IV (Tingkat Dekomposisi 1)	2,02
5	V (Tingkat Dekomposisi 3)	0,012
Total dalam luasan		0,26
Rata-rata Karbon		0,414

Berdasarkan Tabel 5 total rata-rata potensi cadangan karbon nekromasa kayu mati pada lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura, Siak sebesar 0,414 kg/ha yang dikategorikan sangat rendah. Rendahnya nilai kandungan karbon yang didapat dipengaruhi oleh adanya proses

dekomposisi dan berat jenis pada kayu mati yang diperoleh. Kecilnya nilai nekromasa kayu mati pada stasiun 1 dikarenakan kecilnya diameter kayu yang didapat sehingga berpengaruh terhadap nilai karbon yang diperoleh. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Farmen *et al.* (2014) bahwa daya serap karbon tumbuhan dipengaruhi oleh diameter dan berat jenisnya. Semakin besar diameter tumbuhan semakin besar kandungan karbonnya, begitu juga dengan berat jenis, semakin besar berat jenis maka akan semakin besar pula kandungan karbonnya. Sehingga nilai karbon didalam nekromasa kayu mati perlahan akan terurai dan teremisikan yang disebabkan oleh proses dekomposisi.

Rendahnya nilai potensi cadangan karbon yang diperoleh disebabkan oleh adanya proses dekomposisi yang dialami oleh nekromasa kayu mati. Hasil lapangan menunjukkan bahwa lahan gambut di Desa Tuah Indrapura, Siak didominasi oleh tingkat dekomposisi 4 dan 5 sehingga berpengaruh terhadap nilai berat jenis nekromasa yang didapat. Dekomposisi adalah penghacuran secara metabolik bahan organik dengan hasil sampingan berupa energi, materi anorganik dan bahan organik lain yang lebih sederhana (Haneda, 2012). Faktor-faktor yang mempengaruhi laju dekomposisi ini meliputi faktor bahan organik dan faktor tanah. Faktor bahan organik meliputi komposisi kimiawi, kadar karbon, kadar nitrogen, kadar lignin dan ukuran bahan. Faktor tanah meliputi temperatur, kelembaban, tekstur, struktur dan suplai oksigen, reaksi tanah, ketersediaan hara terutama N, P, K dan S. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Irfan *et al.* (2021) bahwa besaran nilai karbon pada nekromasa secara tidak langsung juga menunjukkan bahwa potensi pelepasan karbon dari nekromasa akan menjadi lebih besar karna senyawa yang terkandung didalam tubuh tumbuhan mati bersifat tidak stabil dan dapat teremisikan kembali oleh proses dekomposisi.

Rata-rata kandungan karbon pada tingkat dekomposisi yang lebih tinggi memiliki nilai karbon yang lebih rendah, kecenderungan ini terjadi dikarenakan nilai berat jenis yang semakin kecil apabila tingkat pelapukan semakin tinggi. Berat jenis menjadi salah satu faktor dalam penghitungan kandungan nekromasa dengan penghitungan volume sampel. Semakin tinggi tingkat pelapukan maka semakin rendah berat jenis nekromasa. Hal ini dikarenakan berkurangnya kepadatan masa materi organik akibat dari proses dekomposisi sehingga menurunkan besaran berat jenis nekromasa. Alih fungsi lahan dan deforestasi dapat menurunkan kandungan karbon yang tersimpan di dalam hutan dan menjadikan meningkatnya kadar karbon di atmosfer, terutama jika dalam proses pelepasan karbonnya melalui proses pembakaran biomassa (Astuti *et al.*, 2020). Perubahan tata guna lahan dan konversi hutan merupakan sumber emisi CO₂ yang menyumbang sekitar $1,7 \pm 0,6$ Pg C per tahun (Watson *et al.*, 2000). Kandungan karbon suatu kawasan mempunyai peran penting dalam rangka mempertahankan iklim dan mencegah pemanasan global. Semakin tinggi kandungan karbon pada suatu kawasan akan memberi kontribusi positif bagi upaya mengendalikan konsentrasi karbon di

atmosfer (Sunarno *et al.*, 2020).

B. Hasil Rancangan Poster Elektronik Potensi Cadangan Karbon Nekromasa Kayu Mati

1. Analisis

Berdasarkan hasil analisis kurikulum yang telah dilakukan, topik atau kajian yang berkaitan dengan hasil penelitian berupa Kompetensi Dasar (KD) pada mata pelajaran biologi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang Berkaitan dengan Hasil Penelitian

Data Ilmiah Hasil penelitian	Materi	Kompetensi Dasar	Kelas/ Semester	Potensi pengayaan
Nilai Cadangan karbon nekromasa pada lahan gambut pasca kebakaran sebagai mitigasi pencemaran udara di lingkungan	Pencemaran udara	3.11 Menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab dan dampaknya bagi kehidupan 4.11 Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di lingkungan sekitar	X/2	Poster Elektronik

Hasil analisis Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang berkaitan dengan hasil penelitian berupa nilai cadangan karbon nekromasa pada lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura, Siak dapat dijadikan sebagai mitigasi pencemaran udara di lingkungan sehingga materi yang berkaitan dengan hasil penelitian tersebut terdapat pada KD 3.11 dan 4.11 kelas X semester II. Output pengayaan yang dihasil berupa poster elektronik dengan media elektronik *Flip PDF Profesional*.

2. Perancangan Poster Elektronik

Pada tahap perancangan poster elektronik, kegiatan yang dilakukan adalah membuat *storyboard*. *Storyboard* dapat dikatakan sebagai *visual script* yang dijadikan sebagai outline dari sebuah proyek. Poster elektronik yang dirancang akan dimuat kedalam media elektronik *Flip PDF Profesional* sesuai dengan materi dan indikator pencapaian kompetensi yang ada di RPP. *Storyboard* dari poster elektronik dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. *Storyboard* Poster Elektronik

Format	Keterangan
Cover Judul	Pada rancangan poster elektronik ini judul terdiri dari logo unri, judul materi, nama pengarang dan nama pembimbing.
Tujuan Pembelajaran	Tujuan pembelajaran berisikan indikator pencapaian kompetensi yang harus diraih oleh siswa pada materi pencemaran udara pertemuan 1.
Video pembelajaran	Video pembelajaran berfungsi untuk menstimulasi siswa diawal kegiatan pembelajaran.
Kode <i>barcode</i>	Kode <i>barcode</i> ini dimuat dalam bentuk gambar yang terletak di sudut kiri poster elektronik. Kode <i>barcode</i> ini berfungsi sebagai <i>link</i> akses bagi poster elektronik.
Pendahuluan	Pendahuluan pada poster berisi penjelasan mengenai pokok permasalahan berdasarkan Indeks Pencapaian Kompetensi (IPK) yang akan diraih oleh siswa.
Metode Penelitian	Metode penelitian disajikan dalam bentuk diagram alur yang menjelaskan tentang langkah-langkah pengambilan sampel kayu mati dan serasah.
Hasil Penelitian	Hasil penelitian disajikan dalam bentuk table yang menunjukkan nilai rata-rata potensi cadangan karbon nekromasa kayu mati dan serasah.
Kesimpulan	Bagian yang menjelaskan simpulan dari hasil penelitian yang didapat.
Daftar Pustaka	Bagian ini berisikan referensi terkait dengan substansi isi poster elektronik dan juga sebagai referensi bacaan oleh siswa.

Berikut desain produk poster elektronik yang telah dirancang dan di publikasi di aplikasi Flip PDF dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Poster Elektronik

3. Pengembangan Poster Elektronik

Pengembangan produk poster elektronik akan di validasi oleh ahli media dan ahli materi yang dilihat berdasarkan indikator kualitas poster elektronik yang terdiri dari 4 aspek yaitu kelayakan isi, aspek kebahasaan, aspek tampilan dan aspek perancangan pada materi pencemaran udara disajikan pada Tabel 8 .

Tabel 8. Rata-rata hasil validasi oleh ahli media dan ahli materi pada masing- masing aspek poster elektronik

Aspek Poster Elektronik	Validator Ahli Media		Validator Ahli Materi		Skor Rata-rata Per Aspek	KET
	1	ket	2	ket		
Kelayakan Isi	3,85	SV	3,42	SV	3,63	SV
Kebahasaan	3,66	SV	3	V	3,33	SV
Tampilan	4	SV	3	V	3,5	SV
Perancangan	3,75	SV	3,75	SV	3,75	SV
Rata-rata skor	3,815	SV	3,34	SV	3,55	SV

Keterangan : SV= Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 4.10 bahwa rata-rata skor hasil validasi pengembangan poster elektronik pada aspek kelayakan isi, kebahasaan, tampilan dan perancangan pada materi pencemaran udara sebesar 3,55 yang berkategori sangat valid, hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran poster elektronik yang dirancang sudah sesuai dengan kriteria media pembelajaran yang baik. Komponen yang harus dimiliki oleh poster elektronik harus memuat materi pelajaran dalam bentuk fisik yang unik, menarik dan fleksibel (Nurfadillah *et al.*, 2021) dan poster elektronik harus dapat mengkomunikasikan visual pesan atau informasi dalam bentuk yang kreatif menarik sehingga pembaca lebih tertarik membacanya (Mahmud, 2017). Pemanfaatan media poster digital sebagai media pembelajaran juga dilakukan oleh Dityatulloh dan Santosa (2018).

Penelitian Dityatulloh menekankan pada uji validitas, kepraktisan dan kevalidan penggunaan poster sebagai media pembelajaran. Hasil penelitian pengembangan media poster yang didapat menunjukkan penggunaan poster sebagai media pembelajaran layak digunakan sebagai alat bantu untuk siswa dalam belajar serta dapat digunakan sebagai media alternative karena dapat menarik perhatian siswa. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Djonnaidi (2021) dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa poster digital dapat memberikan stimulus kepada mahasiswa untuk lebih kreatif dan inovatif dalam menyampaikan ide-ide secara lisan. Pengaruh penerapan penggunaan poster digital ini dinilai cukup baik karena mahasiswa menjadi lebih berani dalam mengutarakan pikiran serta pendapat mereka melalui presentasi lisan di kelas selain itu menurut penelitian Ririen and Daryanes (2022) bahwa kemampuan literasi

digital mahasiswa dalam kategori baik sehingga dapat memanfaatkan media elektronik dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil uji validitas validator ahli media dan ahli materi produk media pembelajaran berupa poster elektronik potensi cadangan karbon nekromasa pada lahan gambut pasca kebakaran sudah layak untuk di uji coba tahap terbatas dan terbuka untuk pembelajaran biologi SMA kelas X.

KESIMPULAN

Nilai cadangan karbon nekromasa kayu mati di lahan gambut pasca kebakaran di Desa Tuah Indrapura, Kabupaten Siak sebesar 0,414 kg/ha yang dikategorikan sangat rendah. Rendahnya nilai kandungan karbon yang didapat dipengaruhi oleh adanya proses dekomposisi dan berat jenis pada kayu mati yang diperoleh. Data hasil penelitian dapat dijadikan sebagai tambahan data bagi Dinas Kehutanan Kabupaten Siak dalam upaya mitigasi pencemaran udara. Poster elektronik yang telah dirancang dapat dijadikan sebagai media ajar pada materi pencemaran udara kelas X SMA melalui hasil validasi yang memperoleh nilai sebesar 3,55 dengan kategori sangat valid yang diukur berdasarkan aspek kelayakan isi, kebahasaan, tampilan dan perancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, R., Wasis, B., Hilwan, I. (2020). Potensi Cadangan Karbon pada Lahan Rehabilitasi di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Jurnal Media Konservasi*. 25 (2), 140-148.
Diunduh di: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/konservasi/article/view/32447>
- Atiko. (2019). *Booklet, Brosur, dan Poster sebagai Karya Inovatif di Kelas*. Gresik: Camedia Communication.
- Daryanes, F. (2021). *Implementasi Strategi Perkuliahan “ Students as Researchers ” dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa*. *Ip2b V*, 108–114.
- Daryanes, F., & Fauza, N. (2020). Peningkatan Self Regulation Mahasiswa melalui Strategi Perkuliahan “Students as Researchers” berbasis Online Learning. *Bioedusiana*, 5(2), 131–144.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37058/bioed.v5i2.2246>
- Djonaidi, S., Wahyuni, N., Nova, F. (2021). Pengaruh Media Poster Digital dalam Pembelajaran Daring di Masa Pandemi terhadap Kemampuan Berbicara Mahasiswa. *Jurnal Inovasi Teknologi Pembelajaran*. 8(1), 38-46.
Diunduh di: <http://journal2.um.ac.id/index.php/jinotep/article/view/16429/7062>
- Farmen, H., Panjaitan, P. B, Rusli, A. R. (2014). Pendugaan Cadangan Karbon diatas Permukaan Tanah di Areal Kampus Universitas Nusa Bangsa. *Jurnal Nusa Sylva*. 14 (1), 10-19.

- Diunduh di: <https://www.neliti.com/id/publications/235983/pendugaan-cadangan-karbon-di-atas-permukaan-tanah-di-areal-kampus-universitas-nu>
- Hairiah, K dan Rahayu, S. (2007). *Pengukuran Cadangan Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia Office. Di unduh di: <http://apps.worldagroforestry.org/sea/Publications/files/manual/MN0049-11.pdf>
- Hairiah, K, Ekadinata A, Sari R. R., Rahayu, S. (2011). *Pengukuran Cadangan Karbon: dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan*. Petunjuk Praktis. Edisi Kedua. Bogor: World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia Office, University of Brawijaya. Malang.
- Haneda N.F, Sirait B.A. (2012). Keanekaragaman Fauna Tanah dan Perannya terhadap Laju Dekomposisi Serasah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensi* Jacq.). *Jurnal Silvikultur Tropica*. 3 (3), 161-167. Diunduh di: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/63477>
- Irfan, Wulandari, S., Fauziah, Y. (2021). Estimasi Kandungan Karbon Nekromasa di Hutan Larangan Adat Kenagarian Rumbio Kecamatan Kampar sebagai Rancangan Modul pada Pembelajaran Biologi SMA. *Jurnal Online Mahasiswa*. 8 (2), 1-13.
- Manuri, S., C.A.S. Putra, A.D. Saputra. (2011). *Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project*. Palembang: German International Cooperation – GIZ. Diunduh di: <http://forclime.org/merang/Tehnik%20Pendugaan%20Cadangan%20Karbon%20Hutan.pdf>
- Mahmud, Nursalam. (2017). “Pengembangan Media Pembelajaran E-Poster Berbasis *Website* untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Materi Sumber Energi dan Kegunaannya Siswa Kelas III SD Islam Al Madina Semarang”. Skripsi, Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar FIP Universitas Negeri Semarang. Diunduh di: <https://fdokumen.com/document/pengembangan-media-pembelajaran-e-poster-libunnesacid300901-meningkatkan.html>
- Nindya Permata Petsa. (2019). “Potensi Cadangan Karbon pada Permukaan Tanah di Areal Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat (PHBM) di Nagari Kotobaru, Kabupaten Solok Selatan”. Skripsi, Program Studi Biologi. FMIPA Universitas Andalas. Padang. Diunduh di: <https://123dok.com/document/y60jk95y-potensi-cadangan-permukaan-pengelolaan-berbasis-masyarakat-kotobaru-kabupaten.html>
- Nurfadillah, S., Saputra, T., Ferlidya, T., Pamungkas, S. W., Jamirullah, R. F. Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Media Poster pada Materi “Perubahan Wujud Zat Benda” Kelas V di SDN Sarakan II Tangerang. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*. 3 (1), 117-134. Diunduh di: <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/nusantara/article/download/1282/895/>
- Official.walhiriau.or.id. 2016. “Kebakaran Hutan dan Lahan”, diakses pada tanggal 17 Februari 2021 pukul 21.38. Diakses di: <https://official.walhiriau.or.id/2016/05/19/menyekat-kanal-agar->

gambut-tak-lagi-terbakar/

- Prasetyo, B. B dan Laksmi. (2020). Kajian Semiotik E-Poster Peringatan Hari Buku Sedunia Perpustakaan Nasional RI di Instagram. *Jurnal Kajian Informasi dan Perpustakaan*. 12 (2), 120-134. Diakses di <https://jurnal.iainponorogo.ac.id/index.php/pustakaloka/article/view/2885>
- Qirom, M. A., Yuwanti, T. W., Santosa, P.B., Halwany, W., Rachmanadi, D. (2018). Potensi Simpanan Karbon pada Beberapa Tipologi Hutan Rawa Gambut di Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 12 (1), 196-211.
- Ririen, D., & Daryanes, F. (2022). Analisis Literasi Digital Mahasiswa. *Research and Development Journal of Education*, 8(1), 210. <https://doi.org/10.30998/rdje.v8i1.11738>
- Saputra, A., Sukarto, U., Sumarno, Budi, P., Siregar, R. Z. (2018). *Profil Desa Peduli Gambut Desa Tuah Indrapura Kecamatan Bunga raya Kabupaten Siak Provinsi Riau*. Siak: Badan Restorasi Gambut. Diunduh di: <http://brg.go.id/wp-content/uploads/2019/03/6-Buantan-Lestari-Bunga-Raya-Siak-Riau-1.pdf>
- Soerianegara, I., dan Indrawan, A. (1988). *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Diunduh di: http://elib.fahutan.ipb.ac.id/index.php?p=show_detail&id=46&keywords=
- Standar Nasional Indonesia No.7724. (2011). *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon- Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. Diakses di: <https://bsilhk.menlhk.go.id/standarlhk/wp-content/uploads/2022/08/16-SNI-7724-2011.pdf>
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Arikunto, S. (2010). *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sunarno, Rahadian, R., Agung, S. W., Pradika, B., Adistya, B., Wahyudi, F. E., Rahman, A. Z., Paramastya, S., Widiartono. (2020). Potensi Nilai Ekonomi Cadangan Karbon pada Area Hijau yang dikelola oleh PT. Pertamina (Persero) Fuel Terminal Boyolali. *Jurnal Binawakya*. 15 (3), 4201-4216. Diunduh di: <http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI/article/view/804>
- Watson RT. (2000). Land use, land-use change, and forestry. *In: Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Diunduh di <https://www.ipcc.ch/report/land-use-land-use-change-and-forestry/>
- Woodall, Christopher W., Monleon, V. J. (2008). *Sampling Protocol, Estimation and Analysis Procedures for the Down Woody Materials Indicator of the FIA Program*. Newtown Square: Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. Diakses di: <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/13615/>