

Pemulihan Fungsi Ekosistem Lahan Reklamasi Bekas Tambang Di Area Roto Samurangau PT. Kideco Jaya Agung

Restoration of Ecosystem Functions of Reclaimed Ex-Mine Land in the Roto Samurangau Area of PT. Kideco Jaya Agung

Muhamad Handoyo Hadi^{1*)}, Radjali Amin²

¹ PT. Kideco Jaya Agung, Batu Kajang, Paser, Indonesia

² Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Pascasarjana, Institut Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

*) Corresponding author: muhamadhandoyohadi@gmail.com

ABSTRAK

Article history:

Received: 30 March 2025

Revised: 19 July 2025

Accepted: 30 July 2025

Kata kunci:

Sekuistrasi karbon

Pulai

Sengon

Mahoni

Revegetasi lahan bekas tambang adalah kewajiban perusahaan tambang yang harus dilaksanakan untuk mengembalikan fungsi-fungsi ekosistem. Kriteria keberhasilan revegetasi telah ditetapkan oleh pemerintah dan menjadi acuan strategi revegetasi. Fungsi-fungsi ekosistem belum ada kriteria keberhasilannya sehingga lebih bersifat deskriptif di dalam pencapaiannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat strategi revegetasi PT Kideco Jaya Agung dan memaparkan pemulihan fungsi-fungsi ekosistem lahan reklamasi. Metode penelitian ini adalah survey kuantitatif deskriptif dimana data primer, seperti diameter, tinggi, umur, dan species tanaman revegetasi dikumpulkan di lapangan. Data ini dihitung secara matematis menggunakan rumus alometrik untuk mengetahui cadangan karbon dan produksi oksigen (O₂). Rumus alometrik cadangan karbon dikumpulkan dari data sekunder dengan melakukan kajian pustaka dan dipilih yang paling mirip dengan kondisi di lapangan. Strategi revegetasi telah berhasil memenuhi kriteria keberhasilan revegetasi melalui pengaturan jarak tanam dan penerapan *hydroseeding*. Keberhasilan revegetasi ini telah berangsur-angsur memulihkan fungsi ekosistem setempat dengan penyerapan gas CO₂ dan produksi oksigen (O₂). Perhitungan cadangan karbon dari pohon pionir revegetasi, *Albizia falcataria* dan *Acacia mangium*, adalah masing-masing 7,8 ton/ha dan 12,0 ton/ha atau sebesar 19,8 ton/ha secara total. Produksi O₂ adalah sebesar 0,4 ton/ha dari *A. falcataria* dan sebesar 0,7 ton/ha dari *A. mangium* atau sebesar 1,1 ton/ha dari kedua species ini.

ABSTRACT

Keywords:

Carbon sequestration

Pulai

Sengon

Mahoni

*Revegetation of mined area land is an obligation of mining companies that have to be carried out to restore ecosystem functions. Revegetation success criteria have been set by the government and become a reference for revegetation programme. Ecosystem functions have no success criteria so they are more descriptive in their achievement. The purpose of this study was to examine PT Kidco Jaya Agung's revegetation programme and describe the recovery of ecosystem functions of the reclaimed area. The method was a descriptive quantitative survey where primary data, such as diameter, height, age, and species of revegetation plants were collected in the field. These data were mathematically calculated using allometric formulas to determine carbon stocks and oxygen (O₂) production. The allometric formula was collected from secondary data by conducting a literature review and selected the most similar to the field conditions. The revegetation program had successfully fulfilled the success criteria of revegetation through the setting of plant spacing and the application of hydroseeding. The success of revegetation had gradually been restoring the function of local ecosystem by absorbing CO₂ gas and producing O₂. The carbon stocks of the revegetated pioneer trees, *Albizia falcataria* and *Acacia mangium*, were 7.8 tonnes/ha and 12.0 tonnes/ha respectively or 19.8 tonnes/ha in total. O₂ production was 0.4 tonnes/ha from *A. falcataria* and 0.7 tonnes/ha from *A. mangium* or 1.1 tonnes/ha in total.*

PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan, terlalu sering dikaitkan dengan kerusakan lingkungan. Padahal sesungguhnya, pertambangan yang benar harus dilakukan dengan menerapkan beberapa kegiatan pemulihan lahan dan ekosistem yaitu kegiatan reklamasi lahan bekas tambang dan penutupan tambang. Stigma pertambangan yang merusak lingkungan harus diubah dengan memberikan pemahaman apa itu kegiatan pertambangan dan bukti-bukti keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang yang dilakukan oleh operator tambang.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang mengelola kawasan hutan di Indonesia merasa bertanggung jawab dan perlu mengatur bagaimana kawasan hutannya dikembalikan setelah digunakan untuk kegiatan pertambangan. Reklamasi hutan didefinisikan sebagai upaya untuk memperbaiki atau memulihkan kawasan hutan yang rusak agar berfungsi secara optimal sesuai dengan peruntukannya (Nurbaya, 2024).

KLHK menentukan kriteria keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang yang terjadi di dalam kawasan hutan. Di dalam Surat Edaran (SE) nomor SE.1/MENLHK/SETJEN/KUM.1/ 1/2024 tentang Pedoman Reklamasi Hutan Akibat Penggunaan Kawasan Hutan, kriteria keberhasilan revegetasi terdiri dari beberapa parameter yaitu luas areal penanaman, persentase tumbuh tanaman, jumlah tanaman per hektar, komposisi jenis tanaman, dan pertumbuhan atau kesehatan tanaman. Kriteria ini sangat kuantitatif dan meliputi sebagian peran dan fungsi revegetasi yang

diharapkan dapat menyerupai kriteria suksesi positif ekosistem hutan hujan tropis dimana sebelumnya perusahaan tambang beroperasi.

Pemulihan ekosistem melalui reklamasi lahan juga akan memberikan pemulihan jasa-jasa ekosistem seperti perbaikan hidroorologis kawasan, produksi oksigen, sekuistrasi karbon, penyejuk udara, kehati, pencegah erosi, potensi healing, penahan angin (Mayasari, Fadilah, Reflis, Utama, & Ramdhon, 2024). Menurut Johnston (2024) di dalam Encyclopedia Britannica, jasa ekosistem adalah keluaran, kondisi atau proses dari alam yang secara langsung dan tidak langsung memberi manfaat kepada manusia atau meningkatkan harkat sosial. Penelitian ini ingin melihat secara kuantitatif manfaat revegetasi terhadap 2 (dua) jasa ekosistem utama yang dihasilkan yaitu produksi oksigen dan sekuistrasi karbon (Krzemień, Prusek, Bondaruk, Frączek, & Fidalgo Valverde, 2023) dengan mengambil data kegiatan revegetasi di salah satu tambang batubara di Kalimantan Timur.

Di dalam program revegetasi lahan bekas tambang, peranan tanah pucuk sebagai media pertumbuhan tanaman revegetasi adalah kritikal. Menurut Kepmen ESDM nomor K/30/MEM/2018 tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, penggunaan tanah pucuk disarankan untuk bisa langsung digunakan untuk revegetasi, artinya tanah pucuk tidak disimpan/ditimbun dulu untuk nanti digunakan.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian pada tesis ini adalah waste dump (WD) Samurangau (SMA) – 3 Roto Samurangau, PT Kideco Jaya Agung pada kordinat 1°50'39.7"S 115°52'35.7"E dengan luas lahan sekitar 1 hektar, dan secara administrasi terletak di Desa Batu Kajang, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Area ini merupakan lahan bekas kegiatan penambangan yang telah direvegetasi sejak tahun 2013 dan selesai pengerjaannya di tahun 2017.

Data species dan diameter pohon revegetasi dikumpulkan dengan membuat petak ukur berukuran 20 m × 20 m sebanyak 5 buah petak ukur yang diposisikan secara random di dalam areal reklamasi WD SMA – 3 Roto Samurangau. Tingkat pertumbuhan pohon yang masuk di dalam perhitungan/pengamatan adalah tingkat pohon dengan ciri-ciri adalah berdiameter pada setinggi dada (1,3 m) lebih dari 20 cm.

Data revegetasi dari perusahaan tambang batubara di Kalimantan Timur ini akan dievaluasi dengan menggunakan beberapa formula penghasil oksigen dan sekuistrasi karbon untuk mengungkap perbaikan jasa ekosistem secara kuantitatif.

Perhitungan cadangan karbon dengan mengacu kepada dokumen Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 772:2011 tentang Pengukuran dan Penghitugnan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan. Formula yang digunakan untuk menghitung cadangan karbon di dalam biomasa atau karbon tersekuistrasi adalah (1):

$$CK = B \times 0,47 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: CK= cadangan karbon, dinyatakan dalam kg; B
= total biomasa, dinyatakan dalam kg

Perhitungan biomasa pohon dihitung dengan menggunakan formula dasar (2) (Hairiah et al., 2011; Ketterings, Coe, van Noordwijk, Ambagau, & Palm, 2001).

$$B = a \rho D^b \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: B = Biomasa pohon; a = intercept; ρ = kerapatan kayu; D = diameter pohon setinggi dada (1,3 m); b = koefisien pangkat (power coefficient).

Perhitungan biomasa tingkat pertumbuhan pohon secara alometrik tergantung dari speciesnya: *A. falcataria* (3) (Hairiah & Rahayu, 2007; Perawati, Hardiansyah, & Idham, 2015), *A. mangium* (4) (Purwitasari, 2011), *S. macrophylla* (5) (Lokbere, Pollo, & Tasirin, 2018), dan *A. scholaris* yang dihitung dengan formula menggunakan pendekatan jenis kayu campuran (6) (Ketterings et al. (2001) dalam Krisnawati, Adinugroho, & Imanuddin, 2012).

$$B_{Af} = 0,0272 \rho D^{2,831} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan: B_{Af} = Biomasa *A. falcataria*

$$B_{Am} = 0,140928 \rho D^{2,31} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: B_{Am} = Biomasa *A. mangium*

$$B_{Sm} = 0,044 \rho D^{2,61} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: B_{Sm} = Biomasa *S. macrophylla*

$$B_{As} = 0,11 \rho D^{2,62} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan: B_{As} = Biomasa *A. scholaris*

Perhitungan cadangan karbon per hektar biomasa di atas permukaan tanah menggunakan formula (7).

$$C_n = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{l_{plot}} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan: C_n = kandungan karbon per hektar pada masing-masing carbon pool pada tiap plot, dinyatakan dalam ton/ha; C_x = kandungan karbon pada masing-masing carbon pool pada tiap plot, dinyatakan dalam kg; l_{plot} = luas plot pada masing-masing pool, dinyatakan dalam m².

Perhitungan pendugaan produksi oksigen dengan menggunakan rumus alometrik berat kering tanaman dimana 1 gram berat kering tanaman setara dengan 0,9375 gram oksigen (Anggraini, Jayadi, & Astuti, 2024; Paransi & Wuisang, 2021). Data kerapatan kayu (ρ) dari masing-masing species dikumpulkan dari data sekunder yang diambil dari Dryad dimana disusun oleh Zanne et al. (2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kegiatan Revegetasi

Proses revegetasi di lapangan dimulai dengan kegiatan penataan lahan seperti *resloping* lahan reklamasi, pembangunan saluran pembuangan aliran permukaan atau drainase, dan penyebaran tanah pucuk sebagai media tanam tanaman revegetasi. Tanah pucuk yang disebar berasal dari *stockpile* tanah pucuk yang sengaja diadakan untuk menimbun sementara tanah pucuk hingga suatu saat dibutuhkan untuk

kegiatan revegetasi. Ketebalan tanah pucuk yang kembali dihamparkan pada area sebesar 30-50 cm.

Proses reklamasi lahan bekas tambang sering bahkan hampir selalu menggunakan tanah pucuk yang “tidak sesungguhnya”. Proses pengupasan, pengangkutan, penimbunan/ penyimpanan, dan penghamparan kembali tanah pucuk di lahan reklamasi telah menjadikannya, yang seharusnya kaya akan bahan organik dari seresah tumbuhan, tidak mengandung bahan organik yang cukup atau rusak atau tidak tersedia (Ghose, 2001; Iskandar & Suryaningtyas, 2012). Operator tambang tidak bisa mengandalkan kehandalan tanah pucuk yang semestinya untuk melakukan revegetasi, sehingga sejumlah kompos atau pupuk harus ditambahkan ke dalam lubang tanam seperti yang diatur di dalam Permen Hut nomor P.4 tahun 2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan, walaupun Permen ini sedang dalam proses pembaharuan.

Di lokasi penelitian, sesaat setelah tanah pucuk selesai dihamparkan, *hydroseeding* dengan menggunakan biji *cover crop* dari jenis –jenis legume atau kacang-kacangan atau yang biasa disebut *legume cover crop* (LCC) segera diaplikasikan di permukaan tanah untuk mencegah erosi dan sekaligus mempertahankan hingga meningkatkan kesuburan lahan untuk direvegetasi (Gambar 1).



Gambar 1. Kegiatan *Hydroseeding* Pada Lahan yang Telah Selesai Dilapisi Tanah Pucuk (a); Hasil *Hydroseeding* Di Sepanjang Lereng Jalan Angkutan Menggunakan LCC (b)

Beberapa jenis LCC yang terdapat di dalam bubur *hydroseeding* akan cepat tumbuh dan menutupi tanah. Detil kontribusi masing-masing LCC terhadap ekosistem lahan reklamasi, terutama komponen tanah seperti di dalam **Error! Reference source not found.**

Tabel 1. Jenis LCC dan Manfaat Utama yang Diharapkan Terhadap Perbaikan Ekosistem

Jenis LCC	Manfaat Utama
<i>Calopogonium pubescens</i>	Menahan laju air limpasan
<i>C. mucunoides</i>	Menambah unsur hara N
<i>C. caeruleum</i>	Memperbaiki sifat fisik, kimia, biologi tanah
<i>Sesbania grandiflora</i> (Turi)	Megurangi pencucian unsur hara
<i>Pueraria javanica</i>	Mempercepat pelapukan debris LCC
<i>Mucuna conchinchinensis</i>	Menekan pertumbuhan gulma

Sumber: PT Kideco Jaya Agung

Dengan mengacu kepada kriteria minimal keberhasilan revegetasi lahan bekas tambang di kawasan hutan yang terdapat di dalam Lampiran 3, SE KLHK nomor 1 tahun 2024 yaitu sebesar ≥ 625 pohon per hektar dan berusia minimal 3 (tiga) tahun maka penanaman pohon revegetasi diatur dengan jarak $3 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ sehingga dalam satu hektar memiliki kerapatan 833 pohon guna mengantisipasi kematian tanaman sebesar 20% atau sebesar 667 pohon agar tetap memenuhi target kerapatan yang ditentukan oleh pemerintah.

Jenis-jenis tanaman reklamasi yang ditanam di WD SMA – 3 Roto Samurangau adalah jenis pioner seperti *Albizia falcataria* dan *Acacia mangium*, dan jenis kayu klimaks atau juga dikenal dengan jenis kayu sisipan seperti *Swietenia macrophylla* dan *Alstonia scholaris*.

2. Fungsi Lingkungan

LCC yang diaplikasikan di permukaan lahan reklamasi tidak diperhitungkan di dalam hitungan cadangan karbon tetapi hanya pohon-pohon berkayu yang ditanam yang diperhitungkan. Dari 5 (lima) petak ukur yang dipasang, berukuran total 2.000 m^2 , ditemukan hasil inventarisasi sebanyak 144 batang pohon berkayu. Persebaran species tanaman revegetasi, terdapat 4 (empat) species yaitu *A. mangium*, *A. falcataria*, *S. macrophylla*, dan *A. scholaris* yang masing-masing terdiri dari 36 batang. Hasil inventarisasi lahan reklamasi disajikan di dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Inventarisasi Tanaman Revegetasi pada Lahan Reklamasi WD SMA – 3 Roto Samurangau

Species	Diameter (cm)		Tinggi (m)	
	Rerata	SD	Rerata	SD
<i>A. falcataria</i>	26,0	1,3	19,1	1,1
<i>A. mangium</i>	22,8	1,1	16,1	0,9
<i>S. macrophylla</i>	3,0	0,4	NA	NA
<i>A. scholaris</i>	3,0	0,4	NA	NA

Keterangan: SD= Standar deviasi; NA = tidak diukur karena tingkat pertumbuhan pancang

Pertumbuhan keempat species tanaman revegetasi relatif seragam (Tabel 2) baik dilihat dari parameter diameter dan atau parameter tinggi karena mempunyai standar deviasi atau simpangan data hasil pengukuran diameter yang kecil, berkisar 4,8% pada *A. mangium* hingga 13,3% pada *S. macrophylla* dan *A. scholaris*. Sementara untuk pertumbuhan meninggi, berkisar antara 5,5% untuk *A. mangium* sampai 5,7% untuk *A. limataria*.

Tabel 2 menunjukkan hanya 2 (dua) species yaitu *A. falcataria* dan *A. mangium* yang telah mencapai tingkat pertumbuhan pohon sementara 2 (dua) species lainnya, yaitu *S. macrophylla* dan *A. scholaris*, masih pada tahap pertumbuhan pancang. Hal ini terjadi karena ada perbedaan waktu tanam. *A. falcataria* dan *A. mangium* sebagai tanaman jenis pioner yang cepat tumbuh, lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras, dan diharapkan dapat menciptakan iklim mikro sebelum tanaman sisipan seperti *S. macrophylla* dan *A. scholaris* ditanam. Beda waktu penanaman antara tanaman

pioner dan tanaman sisipan adalah 2 (dua) tahun. Dengan kondisi seperti ini maka perhitungan biomasa, karbon (tersekuistrasi), dan produksi oksigen dengan menggunakan rumus-rumus di atas hanya bisa dilakukan pada *A. falcataria* dan *A. mangium* (Tabel 3).

Tabel 3. Perhitungan Biomasa, Karbon Tersekuistrasi, dan Produksi O₂ Rata-rata dari Satu Pohon *A. falcataria* dan *A. mangium*

Species	Diameter (cm)		Densitas Kayu	Biomasa (kg)		Karbon (kg)		Produksi O ₂ (kg)	
	Rerata	SD		Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD
<i>A. falcataria</i>	26,0	1,3	0,33	91,9	12,4	43,2	5,9	86,1	11,7
<i>A. mangium</i>	22,8	1,1	0,73	141,3	15,9	66,4	7,5	132,4	14,9

Keterangan: SD= Standar deviasi

Perhitungan dengan menggunakan formula (7) maka untuk 1 ha lahan reklamasi PT Kideco Jaya Agung yang dijadikan lokasi penelitian terdapat cadangan karbon atau karbon tersekuistrasi sebesar 7,8 ton/ha dari *A. falcataria* dan 12,0 ton/ha dari *A. mangium* atau sebesar 19,8 ton/ha secara total dari kedua species itu. Sedangkan oksigen yang dihasilkan sebesar 0,4 ton/ha dari *A. falcataria* dan sebesar 0,7 ton/ha dari *A. mangium* atau sebesar 1,1 ton/ha dari kedua species ini.

Dilihat dari karbon tersekuistrasi dari perhitungan di atas, fakta di lapangan cadangan karbon pasti lebih besar daripada itu karena LCC yang ditanam pada awal kegiatan revegetasi tidak termasuk di dalam perhitungan dan beberapa species tanaman sisipan yang relatif lebih tinggi kandungan karbonnya masih dalam tahap pancang sehingga belum diperhitungkan di dalam penelitian ini. Jika mengacu kepada penelitian Yuningsih, Lensari, and Milantara (2018) yang berhasil menghitung cadangan karbon semak belukar maka ada tambahan karbon sebesar 21,8 ton/ha, jika diasumsikan LCC sebagai semak belukar.

Untuk tingkat pertumbuhan pancang, penelitian Noor, Hafizianoor, and Suyanto (2020) menyimpulkan cadangan karbonnya berkisar antara 0,16 ton/ha – 0,83 ton/ha pada 4 tahun dan 6 tahun usia revegetasi dengan menggunakan jenis tanaman utama *A. falcataria*, *S. macrophylla*, dan *Anthocephalus chinensis* pada lahan bekas tambang batubara di PT Borneo Indobara, Kabupaten Tanah Bumbun Provinsi Kalimantan Selatan,

Cadangan karbon oleh kedua species yang dihitung relatif masih rendah karena usia kedua species ini masih relatif muda sehingga pertumbuhannya belum maksimal yang berakibat pada akumulasi karbon yang belum maksimal pula. Sebagai contoh, hutan tanaman *A. mangium* berusia lebih dari 20 tahun mempunyai cadangan karbon sebesar 62,1 ton/ha (Sadeli, Kusumastanto, Kusmana, & Hardjomidjojo, 2012) sedangkan untuk *A. falcataria* mempunyai cadangan karbon sebesar 12,0 ton/ha – 51,0 ton/ha dengan rata-rata 31,5 ton/ha (Ohorella, Febriadi, & Sangadji, 2022).

S. macrophylla yang ditanam di area reklamasi juga mempunyai potensi cadangan karbon yang tinggi walaupun sekarang masih belum dapat dihitung besarnya. Hutan tanaman *S. macrophylla* di provinsi Sumatera Selatan yang berusia 16 – 20 tahun mempunyai cadangan karbon sebesar 64,1 – 166,6 ton/ha (Gintings, 1997) sedangkan di hutan tanaman provinsi Jawa Timur, pada usia 15 tahun cadangan karbon *S. macrophylla* dihitung sebesar 67,3 ton/ha (Mustikaningrum & Rosida, 2023).

Pada hutan campuran yang didominasi oleh *S. macrophylla*, dimana hal ini sangat mungkin terjadi pada kegiatan reklamasi lahan bekas tambang karena dalam kegiatan revegetasi yang tanaman tidak monokultur *S. macrophylla* saja tetapi juga species lainnya, cadangan karbonnya mampu mencapai sekitar 100 ton/ha (Markum, Ichsan, Saputra, & Mudhofir, 2021).

Walaupun di dalam penelitian ini cadangan karbon *A. scholaris* masih belum diperhitungkan, karena tingkat pertumbuhannya masih dalam tingkat pancang, namun potensi cadangan karbon yang dimiliki oleh *A. scholaris* cukup tinggi. Berdasarkan penelitian pada arboretum Universitas Sumatera Utara cadangan karbon *A. scholaris* adalah sebesar 109,5 ton/ha (Banurea, 2020).

Terhadap kegiatan reklamasi tambang lainnya, sebuah penelitian cadangan karbon di lahan reklamasi tambang bauksit PT. Citra Mineral Investido, Tbk. (CMI) Kecamatan Sandai, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat menunjukkan hasil yang lebih rendah daripada penelitian ini. Reklamasi pada tambang CMI menggunakan jenis pioner *Acacia crassiparva* dan jenis tanaman sisipan *Hevea brasiliensis* memiliki cadangan karbon sebesar 11,0 ton/ha pada usia reklamasi 4 (empat) tahun tanam (Irfan, Widhanarto, & Dewantara, 2021) yang kurang lebih sama dengan usia tanaman reklamasi di dalam penelitian ini. Rendahnya cadangan karbon di CMI terhadap penelitian diduga karena kualitas tanah pucuk yang rendah di tambang bauksit daripada tambang batubara di PT Kideco Jaya Agung sehingga pada umur yang relatif sama, kerapatan tanaman yang sama, dan metode revegetasi yang sama CMI memiliki pertumbuhan tanaman revegetasi yang lebih rendah daripada penelitian ini. Kurang suburnya tanah di tambang bauksit dikonfirmasi oleh Aprillia, Mukhtar, Setiawati, and Asbanu (2021) yang meneliti tanah tambang bauksit di Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat dan oleh Gunawan et al. (2023) yang meneliti tanah tambang bauksit di Kabupaten Kotawaringin, Provinsi Kalimantan Tengah dimana disimpulkan jika pH tanah termasuk kelas agak asam (Aprillia et al., 2021) sampai asam (Gunawan et al., 2023) dengan konsekuensi redahnya kandungan bahan organik, nilai KTK, dan kejenuhan basa. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Jauhari, Mahyudin, Lilimantik, and Hafizianor di lahan tambang batubara di Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan juga menyimpulkan pH yang termasuk kelas asam dan rendahnya bahan organik, namun untuk KTK-nya berkisar medium sampai tinggi. Sehingga, sedikit banyak, tanah di tambang batubara relatif sedikit lebih baik dari tanah tambang bauksit.

SIMPULAN

Strategi revegetasi yang dilakukan oleh PT Kideco Jaya Agung dengan mengatur jarak tanam 3 m × 4 m telah berhasil mencapai salah satu kriteria keberhasilan revegetasi yang ditetapkan oleh pemerintah yaitu kerapatan pohon minimal 625 pohon/ha. Selain jarak tanam, hydroseeding yang dilaksanakan pada awal kegiatan revegetasi telah mempertahankan tingkat keberhasilan pertumbuhan tanaman revegetasi sehingga mampu memulihkan fungsi-fungsi ekosistem lahan bekas pertambangan seperti penyerapan gas CO₂ yang diekspresikan dalam perhitungan cadangan karbon

tanaman program revegetasi dan produksi O₂ yang terjadi sejalan dengan perjalannya proses pertumbuhan tanaman revegetasi.

Perhitungan cadangan karbon dari pohon pioner revegetasi, *A. falcataria* dan *A. mangium*, adalah masing-masing sebesar 7,8 ton/ha dan 12,0 ton/ha atau sebesar 19,8 ton/ha secara total. Angka – angka ini masih terbilang rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian lainnya karena usia tanaman revegetasi yang masih muda. Walaupun demikian, angka ini relatif lebih baik jika dibandingkan dengan perhitungan cadangan karbon dari kegiatan reklamasi lahan bekas tambang yang dilakukan di tambang bauksit karena kondisi kesuburan tanah pucuk di tambang batubara, tempat penelitian ini dilaksanakan, relatif lebih baik daripada tanah tambang bauksit. Produksi O₂ dari kegiatan revegetasi adalah sebesar 0,4 ton/ha dari *A. falcataria* dan sebesar 0,7 ton/ha dari *A. mangium* atau sebesar 1,1 ton/ha dari kedua species ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, O. P., Jayadi, H., & Astuti, A. Y. (2024). Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Dalam Mensuplai Kebutuhan Oksigen Di Wilayah Kabupaten Magetan Tahun 2023. *Nusantara Hasana Journal*, 3(12), 65-70.
- Aprillia, R., Mukhtar, W., Setiawati, S., & Asbanu, G. C. (2021). Karakteristik tanah bekas tambang bauksit dan tailing di Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, 10(2), 208-217.
- Banurea, D. (2020). *Pendugaan Cadangan Karbon Tersimpan pada Tegakan Gmelina arborea, Tectona grandis, dan Alstonia scholaris di Arboretum Universitas Sumatera Utara*. Universitas Sumatera Utara.
- Ghose, M. (2001). Management Of Topsoil For Geo-Environmental Reclamation Of Coal Mining Areas. *Environmental Geology*, 40(11), 1405-1410. doi:10.1007/s002540100321
- Gintings, A. N. (1997). Pendugaan Biomasa Karbon Pada Berbagai Tipe Hutan Tanaman. *Kerjasama JIFPRO dan Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam*. Bogor.
- Gunawan, A. B., Amelia, V., Widiastuti, L., Darung, U., Damanik, Z., & Sinaga, S. (2023). Karakteristik Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Pada Kawasan Pasca Tambang Bauksit Di Kabupaten Kotawaringin Timur Provinsi Kalimantan Tengah. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(5), 8618-8629.
- Hairiah, K., Dewi, S., Agus, F., Velarde, S., Ekadinata, A., Rahayu, S., & Noordwijk, M. v. (2011). *Measuring Carbon Stock Across Land Use System: A Manual*. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). *Petunjuk Praktis: Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia Regional Office.

- Irfan, M., Widhanarto, G. O., & Dewantara, I. (2021). Estimasi Cadangan Karbon Dari Kegiatan Reklamasi Blok Tambang PT. Citra Mineral Investido, Tbk. Kecamatan Sandai Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 9(3), 354-365.
- Iskandar, S., & Suryaningtyas, D. (2012). *Reklamasi Lahan-lahan bekas tambang: beberapa permasalahan terkait sifat-sifat tanah dan solusinya*. Paper presented at the Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi.
- Jauhari, R., Mahyudin, I., Lilimantik, E., & Hafizianor, H. Evaluasi Tanah Penutup Pertambangan Batubara CV. Intan Karya Mandiri, Di Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan. *EnviroScienteeae*, 19(3), 25-34.
- Johnston, R. J. (2024). Ecosystem Services. Retrieved from <https://www.britannica.com/science/ecosystem-services>
- Keputusan Menteri (Kepmen) Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik.
- Ketterings, Q. M., Coe, R., van Noordwijk, M., Ambagau, Y., & Palm, C. A. (2001). Reducing Uncertainty In The Use Of Allometric Biomass Equations For Predicting Above-Ground Tree Biomass In Mixed Secondary Forests. *Forest Ecology and Management*, 146(1-3), 199-209.
- Krisnawati, H., Adinugroho, W. C., & Imanuddin, R. (2012). Monograf Model-Model Alometrik Untuk Pendugaan Biomassa Pohon Pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan Di Indonesia. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor*.
- Krzemień, A., Prusek, S., Bondaruk, J., Frączek, R., & Fidalgo Valverde, G. (2023). *Restoration of Ecosystem Services in Post-Mining Areas: A Recovery Project Approach*. Paper presented at the Proceedings of the 26th World Mining Congress.
- Lokbere, M., Pollo, H. N., & Tasirin, J. S. (2018). *Estimasi Biomassa Pohon Mahoni (Swietenia macrophylla King) di Areal UNSRAT*. Paper presented at the COCOS.
- Markum, M., Ichsan, A. C., Saputra, M., & Mudhofir, M. R. T. (2021). Penerapan Ragam Pola Agroforestri Terhadap Pendapatan dan Cadangan Karbon di Kawasan Hutan Sesaot Lombok Barat. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*, 67-83.
- Mayasari, Z. M., Fadilah, F., Reflis, R., Utama, S. P., & Ramdhon, M. (2024). Valuasi Ekonomi Nilai Jasa Hutan: Sebuah Literature Review. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(1), 109-117.

- Mustikaningrum, D., & Rosida, A. (2023). Estimasi Sekuestrasi Karbon Pada Tanaman Pokok Hutan Produksi Di Kabupaten Tuban, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 143-148.
- Noor, M. S., Hafizianoor, H., & Suyanto, S. (2020). Analisis Cadangan Karbon Pada Tanaman Reklamasi Lahan Bekas Pertambangan Batubara Di PT. Borneo Indobara. *Jurnal Hutan Tropis*, 8(1), 99-108.
- Surat Edaran Nomor: SE.1/MENLHK/SETJEN/KUM.1/1/2024 tentang Pedoman Reklamasi Hutan Akibat Penggunaan Kawasan Hutan, SE.1/MENLHK/SETJEN/KUM.1/1/2024 C.F.R. (2024).
- Ohorella, S., Febriadi, I., & Sangadji, Z. (2022). Sengon Biomass Carbon Stock in Tradisional Agroforestry land Tipe; Climate Change Implication. *Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan*, 15(2), 759-769.
- Paransi, S. E., & Wuisang, C. E. (2021). Analisis Pemanfaatan Hutan Kota di Kota Kotamobagu. *Media Matrasain*, 18(2), 1-14.
- Perawati, P., Hardiansyah, G., & Idham, M. (2015). Potensi Karbon Tanah Di Bawah Tegakan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L.) Pada Areal Ipkh Pt. Sari Bumi Kusuma Desa Kuala Dua Kabupaten Kuburaya. *Jurnal Hutan Lestari*, 3(4), 579-589.
- Purwitasari, H. (2011). *Model Persamaan Alometrik Biomassa dan Massa Karbon Pohon Akasia Mangium (Acacia Mangium Willd.): Studi Kasus Pada HTI Akasia mangium di BKPH Parung Panjang, KPH Bogor, Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten*. (Under Graduate), IPB, Bogor.
- Sadelie, A., Kusumastanto, T., Kusmana, C., & Hardjomidjojo, H. (2012). Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Berbasis Perdagangan Karbon. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 6(1), 1-11.
- Yuningsih, L., Lensari, D., & Milantara, N. (2018). Perhitungan Simpanan Karbon Atas Permukaan di Hutan Lindung KPHP Meranti untuk Mendukung Program Redd+. *Jurnal Silva Tropika*, 2(3), 77-83