



Status Keanekaragaman Hayati dan Estimasi Cadangan Karbon

TAHUN 2023

Penulis : Resmita Kusprasetianty





Status

Keanekaragaman Hayati dan Estimasi Cadangan Karbon

PENULIS

Resmita Kusprasetianty

EDITOR

Aa Sophan Kurnia

LAYOUT

Itsna Nabilla

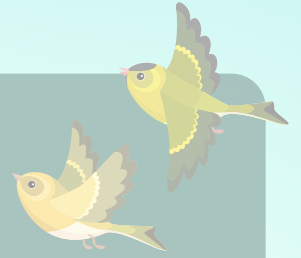
PENERBIT

Penerbit PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk. - Citeureup
Gedung Corporate SHE Division
Jl. Mayor Oking Jayaatmaja, Citeureup, Kab. Bogor, Jawa Barat

Cetakan

Nomor ISBN

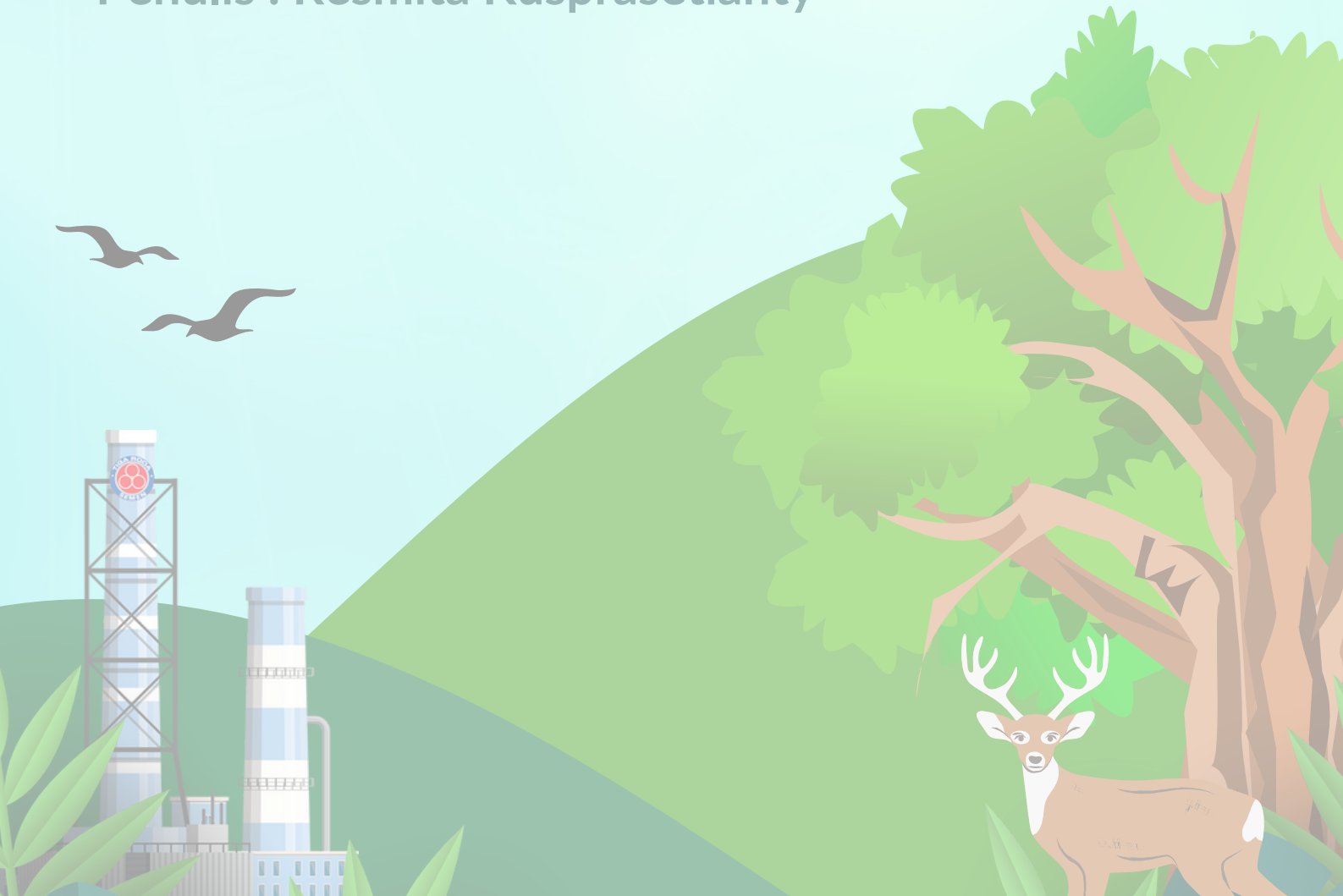
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



Status Keanekaragaman Hayati dan Estimasi Cadangan Karbon

TAHUN 2023

Penulis : Resmita Kusprasetianty





KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun sampaikan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat-Nya buku ini dapat di selesaikan tepat dalam waktunya.



Dalam buku ini penyusunan membahas inovasi-inovasi yang telah dilakukan oleh PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk Unit pabrik Citeureup khususnya inovasi-inovasi yang terkait dengan prinsip pengelolaan lingkungan yang green dan berkelanjutan.

Suatu hal yang sangat penting bagi pembaca, agar mengetahui hal-hal positif yang telah dilakukan Indocement untuk menjaga kelestarian lingkungan dan keberlanjutan usaha sehingga dapat menjaga dan memanfaatkan alam secara bijak dan arif sebagai tempat kita hidup di bumi.

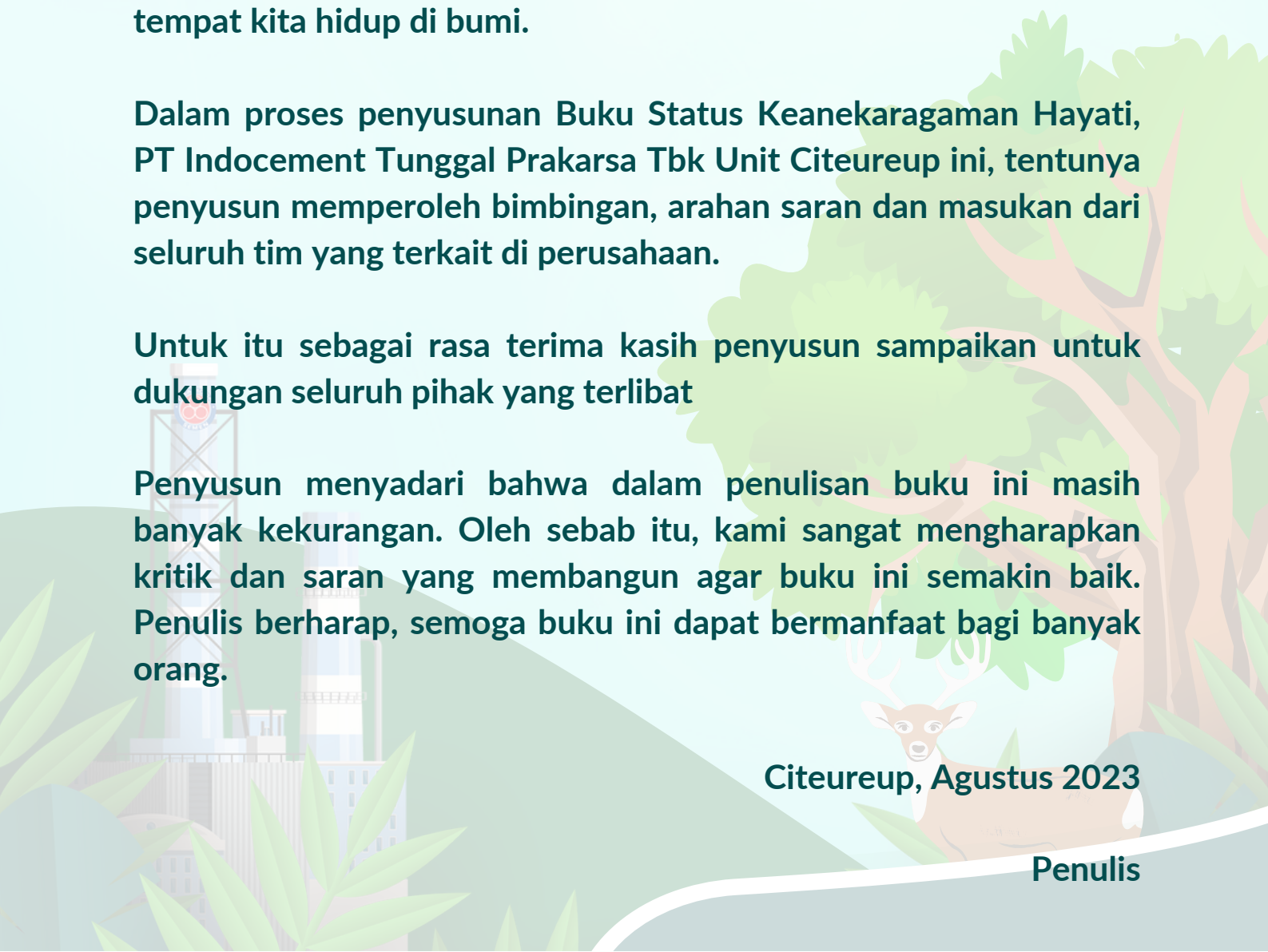
Dalam proses penyusunan Buku Status Keanekaragaman Hayati, PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk Unit Citeureup ini, tentunya penyusun memperoleh bimbingan, arahan saran dan masukan dari seluruh tim yang terkait di perusahaan.

Untuk itu sebagai rasa terima kasih penyusun sampaikan untuk dukungan seluruh pihak yang terlibat

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan buku ini masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar buku ini semakin baik. Penulis berharap, semoga buku ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

Citeureup, Agustus 2023

Penulis



ABSTRAK

Kegiatan penambangan bahan baku milik PT. Indocement Tungal Prakarsa Tbk. Pabrik Citeureup di Bogor dilakukan dengan implementasi program pengelolaan lingkungan yang salah satunya adalah reklamasi lahan pascatambang dalam bentuk revegetasi. Upaya revegetasi telah dilakukan sejak tahun 2004 dan terus dilakukan secara progresif di blok-blok penambangan kuari batu kapur maupun tanah liat. Berbagai spesies vegetasi ditanam di area reklamasi lahan pascatambang dan terdapat 4 titik pemantauan revegetasi yang dilakukan secara rutin, yaitu 3 titik di kuari batu kapur dan 1 titik di kuari tanah liat. Tujuan dari dilakukannya revegetasi adalah untuk memanfaatkan lahan pascatambang agar terjadi peningkatan keanekaragaman hayati dan mendukung fungsi ekosistem sekitar, serta mencegah terjadinya erosi akibat pembukaan lahan selama kegiatan penambangan berlangsung dan juga berpotensi sebagai penyimpanan cadangan karbon sekaligus penyerapan CO₂. Dengan semakin terasanya dampak dari emisi gas rumah kaca, salah satunya CO₂, maka upaya mitigasi dampak dari emisi gas rumah kaca sangat diperlukan. Pohon-pohon yang ditanam untuk revegetasi lahan pascatambang dapat menyerap CO₂ yang terlepas ke udara dari hasil penggunaan bahan bakar fosil maupun dari aktivitas makhluk hidup lainnya, sehingga dapat mengurangi emisi CO₂. Penyerapan CO₂ dapat diestimasi melalui cadangan karbon yang tersimpan dalam tumbuhan. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung estimasi cadangan karbon menggunakan metode nondestruktif yang selanjutnya digunakan untuk analisis finansial dengan mengacu pada nilai tarif karbon sesuai UU Harmonisasi Perpajakan sebesar Rp30.000 per ton CO₂ ekuivalen yang diterapkan pada skema perdagangan karbon dan pajak karbon. Dari hasil penelitian didapatkan lokasi yang paling tinggi nilai indeks keanekaragaman hayati tingkat pohon dan potensi penyerapan CO₂ adalah di Kuari Hambalang, diikuti dengan Kuari D 139C, Kuari D 139B dan yang terendah di Kebun Tegal Panjang. Dengan menggunakan data emisi dari penggunaan bahan bakar fosil pada kegiatan penambangan yang pada tahun 2022 sebesar 12.803 tonCO₂e diimbangi dengan hasil perhitungan potensi penyerapan CO₂ sebesar 16.667,04 tonCO₂e maka terdapat selisih 3.864 tonCO₂e yang dapat diikuti pada skema perdagangan karbon. Sisa kredit karbon sebesar 3.864 tonCO₂e apabila dikonversi menjadi nominal dalam rupiah, maka PT ITP Citeureup berpotensi mendapatkan keuntungan Rp115.923.714 jika mengikuti skema perdagangan karbon.

Kata kunci: *Reklamasi, pascatambang, revegetasi, cadangan karbon, penyerapan CO₂, perdagangan karbon, pajak karbon*

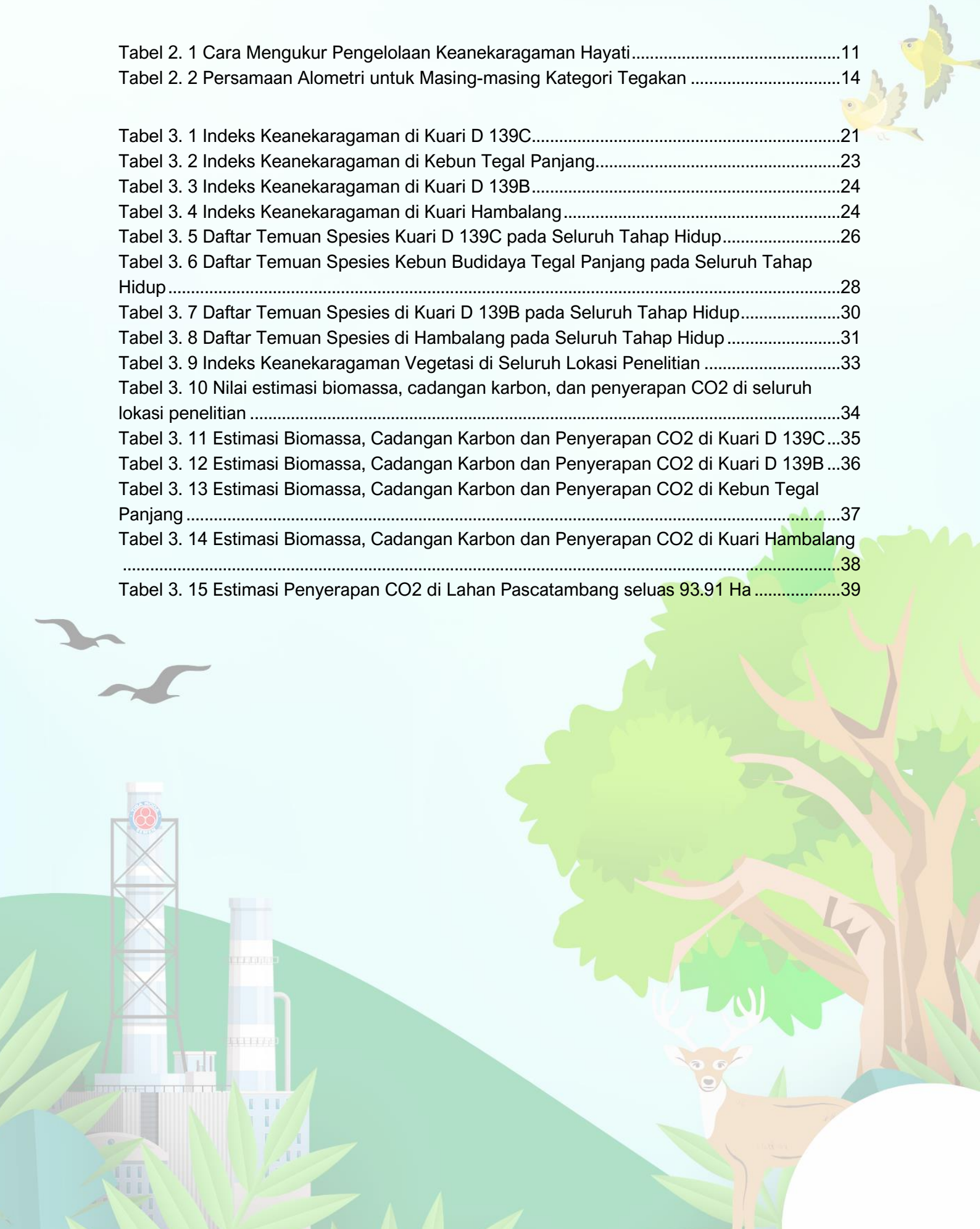
DAFTAR ISI

ABSTRAK	1
DAFTAR ISI	2
DAFTAR TABEL.....	3
DAFTAR GAMBAR	4
BAB I PENDAHULUAN	5
1.1. Latar Belakang Masalah	5
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah.....	7
1.4. Tujuan Penelitian	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
2.1. Pengertian Istilah-istilah dan Kepustakaan	9
2.2. Kerangka Berpikir	20
BAB III ANALISA DATA	21
3.1. Penyajian Data.....	21
3.2. Analisa Data	33
3.3. Pembahasan	39
BAB IV SIMPULAN DAN SARAN	42
4.1. Simpulan	42
4.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
DAFTAR ISTILAH	46



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Cara Mengukur Pengelolaan Keanekaragaman Hayati.....	11
Tabel 2. 2 Persamaan Alometri untuk Masing-masing Kategori Tegakan	14
Tabel 3. 1 Indeks Keanekaragaman di Kuari D 139C.....	21
Tabel 3. 2 Indeks Keanekaragaman di Kebun Tegal Panjang.....	23
Tabel 3. 3 Indeks Keanekaragaman di Kuari D 139B.....	24
Tabel 3. 4 Indeks Keanekaragaman di Kuari Hambalang	24
Tabel 3. 5 Daftar Temuan Spesies Kuari D 139C pada Seluruh Tahap Hidup.....	26
Tabel 3. 6 Daftar Temuan Spesies Kebun Budidaya Tegal Panjang pada Seluruh Tahap Hidup	28
Tabel 3. 7 Daftar Temuan Spesies di Kuari D 139B pada Seluruh Tahap Hidup.....	30
Tabel 3. 8 Daftar Temuan Spesies di Hambalang pada Seluruh Tahap Hidup	31
Tabel 3. 9 Indeks Keanekaragaman Vegetasi di Seluruh Lokasi Penelitian	33
Tabel 3. 10 Nilai estimasi biomassa, cadangan karbon, dan penyerapan CO ₂ di seluruh lokasi penelitian	34
Tabel 3. 11 Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO ₂ di Kuari D 139C ...	35
Tabel 3. 12 Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO ₂ di Kuari D 139B ...	36
Tabel 3. 13 Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO ₂ di Kebun Tegal Panjang	37
Tabel 3. 14 Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO ₂ di Kuari Hambalang	38
Tabel 3. 15 Estimasi Penyerapan CO ₂ di Lahan Pascatambang seluas 93.91 Ha	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Pengukuran di Titik Pemantauan Vegetasi (Flora)	8
Gambar 2. 1 Skema Metode Kombinasi Jalur dan Garis Berpetak (Wijayanti et. al., 2015)	12
Gambar 2. 2 Dokumentasi Foto Tumbuhan Sesuai Tingkat Perkembangan Hidup	13
Gambar 2. 3 Kerangka Berpikir	20
Gambar 3. 1 Jumlah Spesies yang Ditemukan dari Pengamatan di Kuari D 139C	21
Gambar 3. 2 Jumlah Spesies yang Ditemukan dari Pengamatan di Kebun Tegal Panjang	22
Gambar 3. 3 Jumlah Spesies yang Ditemukan dari Pengamatan di Kuari D 139B	23
Gambar 3. 4 Jumlah Spesies yang Ditemukan dari Pengamatan di Kuari Hambalang	24
Gambar 3. 5 Grafik Nilai Indeks Keanekaragaman Hayati dengan Potensi Penyerapan CO ₂	41





BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. Pabrik Citeureup (selanjutnya disebut PT ITP Citeureup) telah berkarya selama 47 tahun dalam menyediakan semen berkualitas tinggi untuk masyarakat Indonesia. PT ITP Citeureup merupakan pabrik semen terbesar dengan kapasitas produksi terpasang tahun 2020 mencapai 20,35 juta ton per tahun. Kapasitas produksi tersebut mencakup 10 pabrik yang telah beroperasi dengan suplai bahan baku utama dari lahan penambangan yang berlokasi di sekitar pabrik.

Secara keseluruhan kegiatan operasi penambangan dan produksi semen dilakukan pada lahan seluas 5.609,54 ha, yang terbagi menjadi area pabrik (*plantsite*) seluas 264,77 ha, area fasilitas penunjang pabrik seluas 56,27 ha, area perumahan dan wisma (*housing*) seluas 7 ha, dan area penambangan bahan baku (*kuari*) seluas 5.281,50 ha. Kegiatan operasi terletak di Kecamatan Citeureup di Kabupaten Bogor, lokasi pabrik Citeureup. PT ITP Citeureup selama ini telah melakukan komitmen kuat untuk berpikir jauh ke depan dengan memanfaatkan teknologi terkini, mengutamakan efektivitas, dan kecepatan dalam menjalankan bisnis, serta berusaha menjadi lebih baik dalam menjalankan kegiatan dengan mengedepankan aspek lingkungan sosial dan tata kelola yang baik.

Sejalan dengan induk perusahaan, Heidelberg Materials, yang memiliki komitmen untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan, maka PT ITP Citeureup juga menjalankan komitmen yang telah dideklarasikan sebagai 'Komitmen Keberlanjutan 2030' (*Sustainability Commitment 2030*). Semua entitas yang berada dalam lingkup Heidelberg Materials wajib mengikuti panduan kebijakan keberlanjutan tersebut yang menetapkan tema-tema prioritas bagi Heidelberg Materials sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*) dari Perserikatan Bangsa-Bangsa. Komitmen Berkelanjutan 2030 memiliki enam tema sebagai berikut:

1. Mendorong kekuatan ekonomi dan inovasi;
2. Mencapai keunggulan dalam keselamatan dan kesehatan kerja;
3. Mengurangi jejak lingkungan;



4. Menciptakan perputaran ekonomi;
5. Menjadi tetangga yang baik; dan
6. Memastikan kepatuhan dan menciptakan transparansi.

Keenam tema tersebut merupakan landasan bagi Indocement dalam menyusun dan menjalankan program kerja yang bertujuan untuk mencapai pertumbuhan berkelanjutan, melestarikan lingkungan dan mensejahterakan masyarakat sekitar. Setiap tema telah ditentukan target masing-masing, disertai strategi pelaksanaan yang optimal. Selanjutnya telah dirancang pula serangkaian kegiatan-kegiatan yang perlu dilaksanakan untuk mencapai target.

Perhatian terhadap pelestarian lingkungan hidup dan pembangunan yang berkelanjutan telah diterapkan oleh PT ITP Citeureup antara lain melalui penyusunan Dokumen Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL) dan Rencana Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup (RKL – RPL) serta melakukan pelaporan terhadap rencana pengelolaan dan pemantauan setiap semester. Selain itu, PT ITP Citeureup telah melaksanakan program reklamasi yang secara simultan mendukung program perlindungan keanekaragaman hayati.

Data dan informasi tentang penanaman pohon pada lahan pascatambang sangat penting sebagai dasar dalam penyelenggaraan penambangan yang berwawasan lingkungan hidup. Selain itu, studi mengenai vegetasi yang sesuai untuk menunjang aspek perlindungan keanekaragaman hayati dan berpotensi untuk cadangan karbon serta penyerapan CO₂ perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar manfaat ekonomi yang bisa didapatkan secara simultan dari upaya revegetasi yang telah dilakukan serta untuk perencanaan ke depan karena program reklamasi akan dilangsungkan secara progresif sampai umur tambang habis untuk kemudian dilanjutkan dengan program penutupan tambang. Menyadari akan pentingnya data dan informasi tersebut, maka studi mengenai Evaluasi Program Reklamasi Pascatambang dari Perspektif Keanekaragaman Hayati dan Estimasi Cadangan Karbon.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang dibahas dalam buku ini ini, antara lain:



- a. Berapa nilai indeks keanekaragaman vegetasi pada 4 lokasi lahan pascatambang di PT ITP Citeureup?
- b. Berapa nilai estimasi biomassa, cadangan karbon, dan penyerapan CO₂ pada 4 lokasi lahan pascatambang di PT ITP Citeureup?
- c. Bagaimana analisis finansial dari estimasi penyerapan CO₂ berdasarkan tarif nilai karbon pada UU Harmonisasi Perpajakan nomor 7 tahun 2021?

1.3. Batasan Masalah

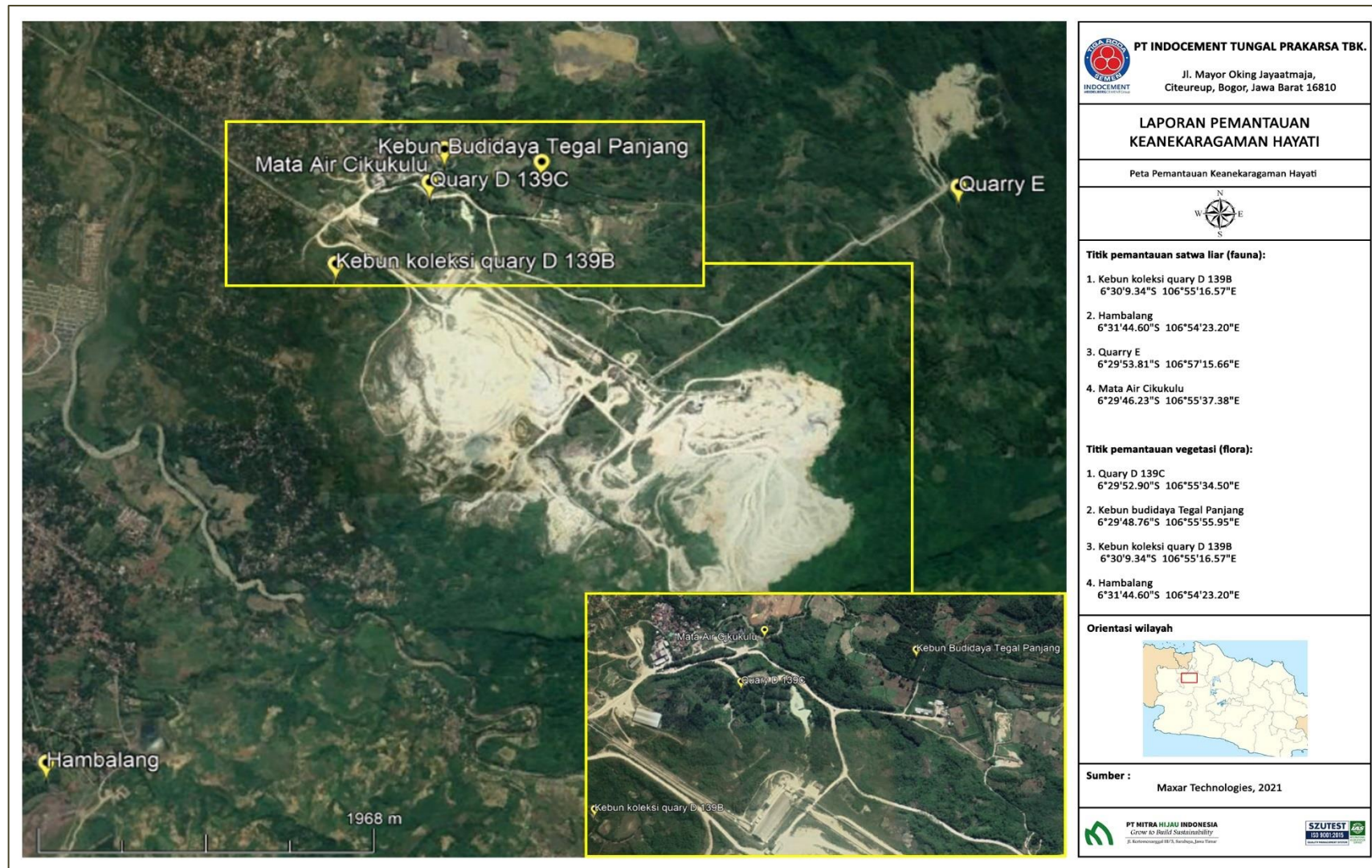
Pembahasan dalam buku ini di batasi oleh beberapa hal, antara lain:

- a) Penelitian dilakukan di lokasi penambangan batu kapur dan tanah liat dengan 4 titik pengukuran, yaitu di Kebun Tegal Panjang, Area Reklamasi Blok 139C, Area Reklamasi Blok 139B, dan Area Reklamasi Hambalang,
- b) Metode estimasi yang digunakan adalah metode nondestruktif menggunakan data diameter batang pohon setinggi dada,
- c) Jenis tegakan yang diukur adalah tingkat pohon, tiang dan pancang,
- d) Data yang dipakai sebagai referensi adalah data Laporan Pemantauan Keanekaragaman Hayati Semester 1 Tahun 2022 yang diambil pada bulan Maret 2022,
- e) Perbaikan dan pengambilan data perbaikan dilakukan pada bulan April 2022,
- f) Data yang digunakan adalah data pengukuran indeks keanekaragaman hayati dan estimasi biomassa di atas dan bawah permukaan tanah.

1.4. Tujuan Penelitian

Dari rumusan dan batasan masalah di atas maka berikut adalah tujuan dari penelitian yang dilakukan, antara lain:

- a. Mengukur indeks keanekaragaman vegetasi pada 4 lokasi lahan pascatambang,
- b. Menghitung estimasi biomassa, cadangan karbon, dan penyerapan CO₂ pada 4 lokasi lahan pascatambang,
- c. Melakukan analisis finansial dari estimasi penyerapan CO₂ berdasarkan tarif nilai karbon pada UU Harmonisasi Perpajakan nomor 7 tahun 2021.



Gambar 1. 1 Lokasi Pengukuran di Titik Pemantauan Vegetasi (Flora)



BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Istilah-istilah dan Kepustakaan

a. Reklamasi

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 26 Tahun 2018, reklamasi didefinisikan sebagai kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai dengan peruntukannya. Reklamasi dilakukan pada seluruh tahap baik pada saat tahap eksplorasi, operasi produksi maupun pada tahap penutupan tambang. Kegiatan reklamasi yang dilakukan di PT ITP Citeureup dilakukan pada lahan pascatambang. Pascatambang dalam Permen ESDM No. 26 Tahun 2018 didefinisikan sebagai kegiatan terencana, sistematis dan berlanjut setelah akhir sebagian atau seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi lingkungan alam dan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah pertambangan.

Beberapa prinsip yang wajib dipenuhi dalam melakukan reklamasi lahan pascatambang, antara lain:

- 1) Perlindungan terhadap kualitas air permukaan, air tanah, laut, tanah dan udara.
- 2) Perlindungan atas keanekaragaman hayati.
- 3) Penjaminan terhadap stabilitas dan keamanan timbunan batuan penutup, kolam tailing, lahan bekas tambangan dan struktur buatan lainnya.
- 4) Pemantauan lahan bekas tambang
- 5) Memperhatikan nilai sosial dan budaya masyarakat setempat.
- 6) Perlindungan terhadap kuantitas air tanah.

b. Keanekaragaman Hayati

Sebagai bagian dari Heidelberg Materials yang memiliki komitmen untuk mengelola keanekaragaman hayati dan telah menerbitkan buku panduan pada tahun 2012 berjudul "*Promotion of biodiversity at the mineral extraction*



sites of HeidelbergCement: A Guidance Document for Asia-Oceania”, maka pengelolaan keanekaragaman hayati di PT ITP Citeureup juga mengacu pada pedoman tersebut. Adapun penjelasan dari buku panduan menyatakan bahwa pengelolaan keanekaragaman hayati dapat membawa banyak keuntungan bagi perusahaan, antara lain:

- Memberikan lebih banyak peluang untuk akses ke lahan yang potensial untuk penambangan bahan baku,
- Meningkatkan reputasi perusahaan dengan terbangunnya persepsi positif dari masyarakat mengenai perusahaan yang peduli dengan lingkungan,
- Meningkatkan kepercayaan diri dan loyalitas investor,
- Memberikan kemudahan dalam proses perizinan operasional perusahaan ke pemerintah,
- Perbaikan hubungan dengan kompakabrikas masyarakat lokal,
- Hubungan suportif yang kuat dengan lembaga non pemerintah,
- Penurunan tingkat resiko perusahaan dan kewajiban terhadap pengelolaan lingkungan.

Implementasi pengelolaan keanekaragaman hayati harus didukung dengan strategi agar program yang direncanakan dapat berjalan sesuai dengan tujuan serta dapat diukur dan dievaluasi penerapannya. Berikut adalah cara bagaimana pengelolaan keanekaragaman hayati dapat dilakukan, diukur dan diterapkan:

- Bagaimana melakukannya?

Dengan membuat prosedur dan sistem untuk implementasi penggunaan lahan yang bertanggung jawab di lahan penambangan dengan fokus terhadap nilai keanekaragaman hayati dan sosial. Selain itu, meningkatkan kerjasama dengan masyarakat lokal untuk menentukan penggunaan lahan yang bernilai ekonomis dan ekologis pada saat pascatambang.

- Bagaimana mengukurnya?



Tabel 2. 1 Cara Mengukur Pengelolaan Keanekaragaman Hayati

Tujuan	Indikator
Kawasan operasional pabrik dan tambang harus memiliki rencana penutupan dan pascatambang yang telah distetujui oleh otoritas terkait dan sejalan dengan kebutuhan kompabrikas masyarakat lokal.	Rencana pascatambang yang telah disusun dan disetujui semua pihak terkait
Perusahaan akan menerima dampak positif peningkatan nilai keanekaragaman hayati dengan penerapan rencana penutupan dan pascatambang yang berorientasi pada perlindungan alam.	Nilai indeks keanekaragaman hayati
Rencana Pengelolaan Keanekaragaman Hayati (<i>Biodiversity Management Plan</i>) harus dibuat pada kawasan operasional pabrik dan penambangan yang berdekatan dengan area konservasi alam secara legal.	Persentase jumlah kawasan operasional yang berdekatan dengan kawasan konservasi alam telah menerapkan Rencana Pengelolaan Keanekaragaman Hayati (<i>Biodiversity Management Plan</i>)
Semua dokumen terbaru yang terkait dengan rencana penutupan dan pascatambang harus memiliki rekomendasi peningkatan	Persentase jumlah rencana pascatambang yang telah memiliki rekomendasi peningkatan keanekaragaman

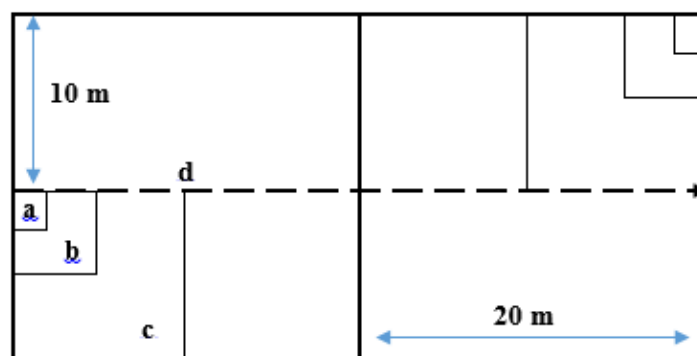
- Bagaimana menerapkannya?

Komitmen penggunaan lahan yang bertanggung jawab akan membantu pengelolaan lahan pascatambang untuk menyediakan potensi nilai adisionalitas bagi lingkungan dan sosial. Penerapan di lapangan akan merujuk ke beberapa dokumen, antara lain Rencana Strategis Pengelolaan Keanekaragaman Hayati, Rencana Reklamasi dan Rencana Pascatambang.

Salah satu cara untuk mengukur pengelolaan keanekaragaman hayati adalah dengan pengukuran indeks. Salah satu metode yang digunakan untuk pengukuran indeks adalah dengan metode pengumpulan data vegetasi, yaitu



dengan membuat kombinasi jalur dan garis berpetak. Luas total area pengamatan sebesar 20 m x 20 m dengan pengulangan 3 kali pada setiap lokasi pemantauan. Wijayanti *et al.* (2015) menyatakan bahwa untuk memudahkan pemantauan vegetasi perlu dibentuk plot berukuran 20 m x 20 m. Di dalam plot berukuran 20 m x 20 m tersebut terdapat plot-plot yang berukuran lebih kecil atau yang disebut dengan plot bertingkat yang bertujuan untuk mengamati tingkatan hidup pohon yang lebih kecil (tiang, pancang, dan semai). Adapun metode kombinasi jalur dan garis berpetak tersebut terdapat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 2. 1 Skema Metode Kombinasi Jalur dan Garis Berpetak (Wijayanti *et. al.*, 2015)

Keterangan:

- a = ukuran 2 m x 2 m (semai)
- b = ukuran 5 m x 5 m (pancang)
- c = ukuran 10 m x 10 m (tiang)
- d = ukuran 20 m x 20 m (pohon)

Penggolongan vegetasi yang di *sampling* dikategorikan berdasarkan Bismarck (2011) yang membagi tahap hidup pohon menjadi 4 dengan rincian sebagai berikut:

- Semai, yaitu tumbuhan dengan tinggi <1,5m
- Pancang, yaitu tumbuhan dengan tinggi >1,5m dan DBH <10 cm
- Tiang, yaitu tumbuhan dengan DBH 10-20 cm
- Pohon, yaitu tumbuhan dengan DBH >20 cm



DBH merupakan singkatan dari istilah *Diameter at Breast Height* atau dapat diartikan sebagai diameter batang setinggi dada.



Semai Awar-awar



Pancang Eboni



Tiang Glodokan

Gambar 2. 2 Dokumentasi Foto Tumbuhan Sesuai Tingkat Perkembangan Hidup

Data jenis dan jumlah spesies yang didapatkan diolah dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon untuk memperoleh indeks keanekaragaman jenis tiap lokasi pemantauan. Adapun persamaan indeks keanekaragaman Shannon adalah sebagai berikut:

$$H' = \sum -(P_i \times \ln(P_i))$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman Shannon

P_i = proporsi jenis ke- i (diperoleh dari jumlah individu jenis ke- i dibagi jumlah seluruh individu total)

$\ln$ = logaritma natural

Penentuan kriteria indeks keanekaragaman (Odum, 1996):

$H' < 1$ = keanekaragaman rendah

$1 < H' < 3$ = keanekaragaman sedang

$H' > 3$ = keanekaragaman tinggi

c. Pengertian Emisi, Sekuestrasi dan Stok Karbon

Emisi Karbon : Proses pelepasan senyawa-senyawa karbon ke



atmosfer bumi akibat fenomena dan kejadian yang terjadi dalam kehidupan kita.

Penyebab emisi karbon yang utama adalah penggunaan bahan bakar fosil (minyak, gas bumi dan batubara) untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti transportasi, pembangkit listrik, proses memasak, pembukaan lahan, serta kebakaran hutan dan lahan.

Adapun yang disebut dengan emisi karbon utamanya mengacu pada CO₂, yang merupakan bagian dari kelompok gas rumah kaca.

Gas rumah kaca yang dikenal selain CO₂, antara lain N₂O, CH₄, HFCs, PFCs dan SF₆.

Stok Karbon : Karbon yang tersimpan sebagai cadangan dari hasil sekuestrasi karbon maupun dari dekomposisi makhluk hidup.

Sekuestrasi Karbon : Penangkapan atau penyerapan CO₂ yang terlepas di atmosfer, umumnya oleh vegetasi.

d. Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO₂

Pengukuran biomassa di atas permukaan tanah dilakukan secara nondestruktif. Data DBH yang diperoleh sebelumnya diekstrapolasi dengan persamaan alometri agar dapat ditentukan nilai total biomassa berdasarkan jenis tegakan. Dalam perhitungan total biomassa hutan atau pohon biasanya digunakan persamaan alometri untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (DBH) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan (Sutaryo, 2009). Pada studi ini perhitungan biomassa hanya pada kategori tegakan atas tumbuhan berkayu (pohon, tiang, dan pancang). Berikut persamaan alometri yang digunakan untuk masing-masing kategori tegakan.

Tabel 2. 2 Persamaan Alometri untuk Masing-masing Kategori Tegakan

Kategori Tegakan	Persamaan Alometrik	Referensi
Pohon (<i>tree</i>)	$Y = 0,11 p D^{2,62}$	Ketterings <i>et al.</i> , 2001



Tiang (<i>poles</i>)	$B = 0,1 \times 0,41 \times D^{2+0,62}$	Ketterings <i>et al.</i> , 2001
Pancang (<i>sapling</i>)	$AGB = \exp (-3,23 + 2,17 \ln (D))$	Ali <i>et al.</i> , 2015

Keterangan: $Y = B$ = Biomassa (kg); AGB = Biomassa atas permukaan tanah (kg); D = Diameter (cm); p = berat jenis pohon berdasarkan spesies (gr/cm^3); $\exp$ = eksponensial; $\ln$ = logaritma natural

- Estimasi Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah

Dari 100% biomassa yang terkandung dalam pohon, 47% biomassa keringnya tersusun atas senyawa karbon (IPCC, 2006). Oleh karena itu nilai biomassa dapat digunakan untuk menduga jumlah cadangan karbon. Nilai biomassa dapat diubah dalam bentuk karbon dengan mengalikan nilai biomassa dengan faktor konversi sebesar 0,47.

$$C = 0,47 \times B \text{ (IPCC, 2006)}$$

Keterangan:

C = jumlah stok karbon (kg)

B = biomassa (kg)

- Estimasi Biomassa di Bawah Permukaan Tanah

Biomassa di bawah permukaan tanah berasal dari akar tumbuhan yang masih hidup (Sutaryo, 2009). Perhitungan biomassa di bawah permukaan tanah dihitung dengan persamaan berikut:

$$B_{bp} = NAP \times B_{ap} \text{ (SNI 7724:2011)}$$

Keterangan:

B_{bp} = biomassa di bawah permukaan tanah (kg atau ton)

NAP = nisbah akar pucuk (hutan pegunungan tropis menggunakan nilai 0,27)

B_{ap} = biomassa di atas permukaan tanah (kg atau ton)

- Estimasi Penyerapan CO_2 di Atas dan Bawah Permukaan Tanah

Masing-masing jenis tipe habitat mempunyai daya serap CO_2 yang berbeda karena adanya perbedaan biomassa dan cadangan karbon. Nilai serapan CO_2 dapat diketahui dengan cara mengalikan nilai cadangan karbon



dengan konstanta konversi karbon menjadi CO₂. Besar nilai konstanta adalah 3,67 yang didapatkan dari persamaan berikut.

$$\text{Serapan CO}_2 = \frac{\text{Mr CO}_2}{\text{Ar C}} \times \text{Kandungan C (Astuti, 2012)}$$

Keterangan: Mr CO₂ = Berat molekul senyawa CO₂ (44)
Ar C = Berat molekul relatif atom C (12)

e. Dampak Emisi Gas Rumah Kaca

- | | |
|-------------------|---|
| Dampak Lingkungan | <ul style="list-style-type: none">• Meningkatnya suhu bumi per tahun sehingga terjadi pencairan salju, es laut di kutub dan cakupan gletser yang berdampak pada kenaikan permukaan air laut,• Permukaan air laut yang meningkat berpotensi terjadi banjir pada wilayah pesisir pantai,• Peningkatan curah hujan dan potensi hujan lebat atau badai lebih sering terjadi, potensi banjir akan lebih tinggi,• Risiko terjadinya kebakaran hutan meningkat karena peningkatan frekuensi dan besaran gelombang panas,• Satwa di alam liar mengalami stress karena iklim yang tidak menentu, terlebih iklim yang hangat. |
| Dampak Kesehatan | <ul style="list-style-type: none">• Peningkatan suhu bumi mengakibatkan cuaca ekstrem yang dapat menimbulkan penyakit baru yang berevolusi.• Risiko dehidrasi dan sengatan panas dari kenaikan suhu bumi,• Terjadi masalah yang serius bagi pernapasan dan kardiovaskuler dan berbagai jenis kanker tertentu karena kualitas udara kian memburuk,• Risiko penularan penyakit lebih cepat melalui |



perantara air, makanan, hewan pengerat.

Dampak Ekonomi	• Kegiatan pertanian, kehutanan, pariwisata dan lainnya terdampak oleh pola cuaca yang tidak pasti seiring terjadi perubahan iklim, • Dampak yang ditimbulkan pada kesehatan memberikan beban dan tekanan pada ekonomi dan keadaan sosial. • Cuaca ekstrem yang berpotensi mengakibatkan bencana alam dapat memutus roda ekonomi, • Kesulitan dalam pengembangan sumberdaya karena terjadinya disrupsi lingkungan dan kesehatan.
-------------------	--

f. Mitigasi Gas Rumah Kaca

Metode mitigasi gas rumah kaca dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu:

1. Manajemen Sisi Permintaan

- a. Gaya hidup dan perilaku konsumen dalam penggunaan bahan bakar fosil, seperti kendaraan bermotor yang digunakan sehari-hari, maupun penggunaan pesawat terbang yang dalam sekali penerbangan pulang pergi untuk jarak dekat bisa menghasilkan 1,6 tonCO₂.
- b. Perubahan pola makan agar mengurangi daging merah yang berasal dari perternakan dan beralih ke sayuran dan buah-buahan karena pemakan daging memberikan kontribusi gas rumah kaca hamper 2 kali lipat lebih besara dibandingkan vegetarian dan vegan.
- c. Efisiensi energi dan konservasi dengan mengurangi penggunaan listrik baik di tingkat rumah tangga maupun industri, seperti menggunakan pencahayaan alami dengan jendela *skylight* atau mengganti lampu yang berjenis LED.
- d. Penggantian sumber bahan bakar fosil dari batu bara atau minyak dengan menggunakan gas alam.



2. Teknologi Rendah Karbon

- a. Meningkatkan penghematan bahan bakar pada kendaraan dengan mesin hibrida listrik atau mobil listrik
- b. Mengubah pembangkit listrik berbahan bakar fosil menjadi pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, tenaga angin, tenaga air, tenaga panas bumi, dll.
- c. Pemanfaatan gas buang panas dari industri yang menggunakan proses pembakaran untuk menjadi alternatif sumber energi, seperti *Waste Heat Recovery Power Generation* di industri semen.
- d. Substitusi bahan baku dengan menggunakan bahan baku alternatif yang rendah karbon seperti *basic oxygen furnace steel slag*, *lignite fly ash*, *co-combustion ash*, dan lain-lain.
- e. Substitusi bahan bakar fosil dengan bahan baku alternatif berupa biomassa seperti sekam padi, serbuk gergaji, kertas atau karton bekas, maupun dengan non-biomassa seperti oli bekas, ban bekas, tekstil bekas, *spent bleaching earth*, dan lain-lain.

3. Pengurangan Emisi Negatif

- a. Reboisasi dan revegetasi untuk lahan-lahan terbuka seperti lahan pascatambang, lahan bekas pertanian, dan lain-lain.
- b. Menghindari pembukaan lahan dengan membakar lahan,
- c. *Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS)*

CCUS adalah terobosan teknologi dalam penanganan emisi CO₂ untuk mencapai *net-zero emission* pada tahun 2050 yang telah dicanangkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa. Emisi CO₂ dapat ditangkap setelah pembakaran pada proses industri dengan menggunakan beberapa metode seperti penanganan amino, penangkapan kriogenik, dan rekayasa cairan ionik. CO₂ kemudian dapat disimpan di fasilitas-fasilitas untuk pemanfaatan bahan bakar sintetik, produksi makanan, es kering dan senyawa kimia lainnya. Selain itu dapat disimpan secara permanen dalam reservoir geologi.



g. Pajak Karbon dan Perdagangan Karbon

Sesuai dengan Undang-Undang Harmonisasi Perpajakan nomor 7 tahun 2021 mengenai kebijakan fiskal, maka pajak karbon dikenakan atas emisi karbon yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan hidup. Pajak karbon akan dikenakan dengan memperhatikan 2 hal, yaitu peta jalan pajak karbon dan peta jalan pasar karbon. Adapun peta jalan pajak karbon yang dimaksud memuat sebagai berikut:

- a) Strategi penurunan emisi karbon
- b) Sasaran sektor prioritas
- c) Keselarasan dengan pembangunan energi baru dan terbarukan
- d) Keselarasan antar berbagai kebijakan lainnya

Kebijakan peta jalan karbon ditetapkan oleh Pemerintah dengan persetujuan Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia. Subjek pajak karbon adalah orang pribadi atau badan yang membeli barang yang mengandung karbon atau aktivitas yang menghasilkan emisi karbon. Pajak karbon terutang atas pembelian barang yang mengandung karbon atau aktivitas yang menghasilkan emisi karbon dalam jumlah tertentu pada periode tertentu.

Tarif pajak karbon yang ditetapkan lebih tinggi atau sama dengan harga karbon di pasar karbon per kilogram karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) atau satuan yang setara. Karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) merupakan representasi emisi gas rumah kaca antara lain senyawa karbon dioksida (CO₂), dinitro oksida (N₂O) dan metana (CH₄). Definisi dari “setara” adalah satuan konversi karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) antara lain ke satuan massa dan satuan volume, sebagaimana tercantum dalam Undang-Undang Harmonisasi Perpajakan nomor 7 tahun 2021. Tarif pajak karbon yang telah ditetapkan oleh Pemerintah yang berlaku saat ini sebesar Rp30 per kgCO₂e.

Penerimaan dari pajak karbon dapat dialokasikan untuk pengendalian perubahan iklim. Wajib pajak yang berpartisipasi dalam perdagangan emisi karbon, pengimbangan emisi karbon dan/atau mekanisme lain sesuai peraturan perundang-undangan di bidang lingkungan hidup dapat diberikan:

- a) Pengurangan pajak karbon, dan/atau



- b) Perlakuan lainnya atas pemenuhan kewajiban pajak karbon.

Berlandaskan rumusan undang-undang di atas, skema perdagangan dan pajak karbon akan diberlakukan dalam 2 kondisi sesuai dengan ambang batas emisi yang diizinkan. Pada kondisi pertama dimana industri telah melampaui ambang batas emisi yang diperbolehkan, maka industri tersebut dapat membeli kredit karbon dari industri lain yang menghasilkan emisi di bawah ambang batas, sehingga tidak perlu membayar pajak karbon, apabila besar emisi yang melampaui batas tersebut telah terpenuhi dengan skema perdagangan karbon antar industri. Pada kondisi kedua, apabila dengan skema perdagangan karbon belum terpenuhi, maka baru akan dikenakan pajak karbon.

2.2. Kerangka Berpikir

Berdasarkan landasan teori pengertian istilah-istilah dan kepustakaan yang telah dibahas pada subbab sebelumnya, maka dapat disusun kerangka berpikir dari penelitian yang dilakukan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.3 di bawah ini.



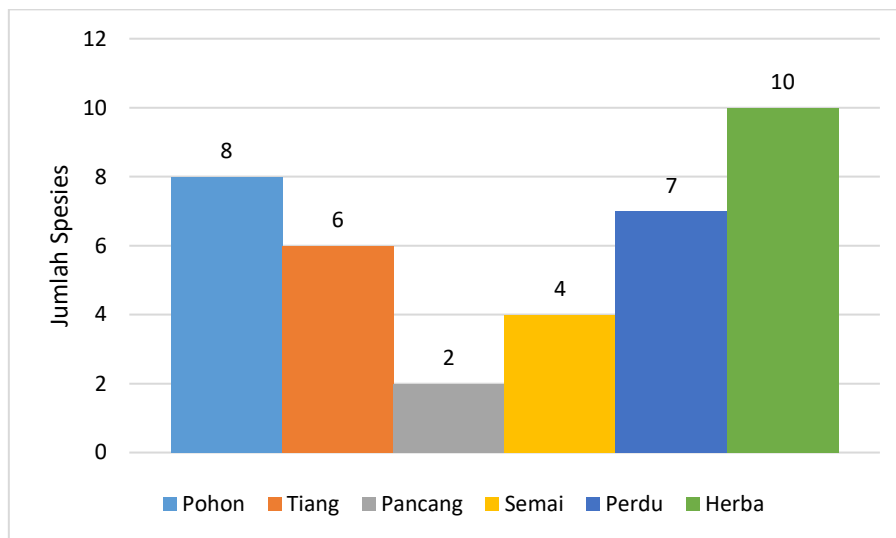
Gambar 2. 3 Kerangka Berpikir



BAB III ANALISA DATA

3.1. Penyajian Data

Setelah melakukan pengamatan dan analisis vegetasi pada kuari D 139C, didapatkan data jumlah vegetasi tiap tahap hidup pohon dan habitus/kategori *landscape* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.1, yaitu jumlah spesies herba memiliki kekayaan tertinggi sebesar 10 spesies, sedangkan pada pancang memiliki kekayaan yang rendah yaitu 2 spesies.



Gambar 3. 1 Jumlah Spesies yang Ditemukan dari Pengamatan di Kuari D 139C

Hasil analisis mengenai indeks keanekaragaman pada area kuari D 139C mayoritas berada pada kategori sedang, kecuali pada tahap hidup pancang yang berada dalam kategori rendah. Jika dilihat pada setiap jenisnya, indeks keanekaragaman tertinggi didapatkan pada habitus herba, sedangkan yang paling rendah berada pada tahap hidup pancang.

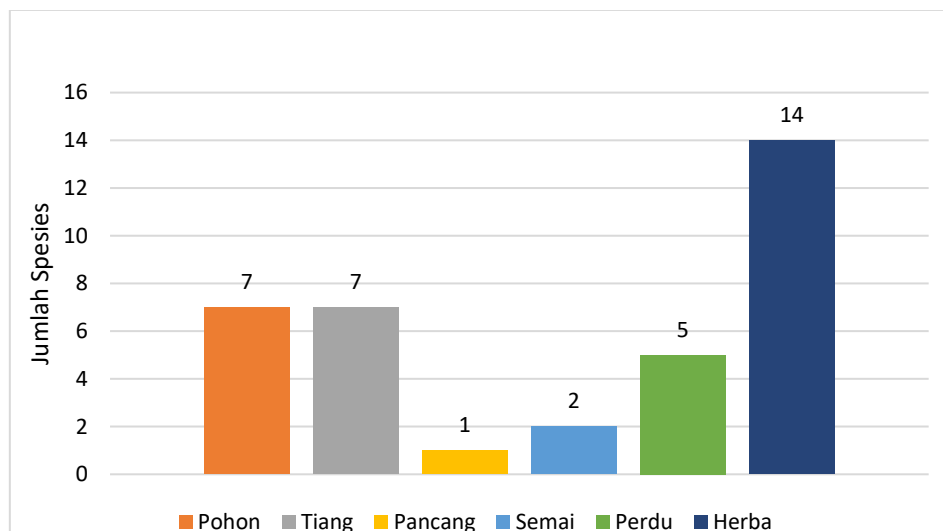
Tabel 3. 1 Indeks Keanekaragaman di Kuari D 139C

Jenis	Indeks Keanekaragaman (H')
Pohon	1,68
Tiang	1,61
Pancang	0,69
Semai	1,06
Perdu	1,71
Herba	1,91

Sumber: Hasil analisis, 2022



Setelah melakukan pengamatan dan analisis vegetasi pada area Kebun Tegal Panjang, didapatkan data jenis vegetasi sebagaimana Gambar 3.2. Jumlah spesies pada herba memiliki kekayaan tertinggi sebesar 14 spesies, sedangkan pada pancang memiliki kekayaan spesies terendah yaitu 1 spesies. Kebun Tegal Panjang adalah kebun yang dibuat untuk kepentingan budidaya tanaman hias serta penanaman tanaman kayu dan tanaman berenergi. Lantai area revegetasi rutin dibersihkan oleh petugas. Namun, pada periode ini kekayaan spesies yang tinggi pada herba sebagai tumbuhan bawah diduga karena telah memasuki musim hujan, sehingga pertumbuhan rumput-rumputan lebih cepat. Selain itu didukung dengan jenis tanaman yang ditanam adalah dari tanaman hias serta tanaman obat yang tidak memiliki struktur kayu pada batangnya sehingga masuk ke dalam kategori herba.



Gambar 3. 2 Jumlah Spesies yang Ditemukan dari Pengamatan di Kebun Tegal Panjang

Berdasarkan hasil analisis mengenai keanekaragaman diperoleh nilai yang ditampilkan pada Tabel 3.2. Secara keseluruhan, nilai indeks keanekaragaman pada area ini berada pada nilai rendah – sedang. Indeks keanekaragaman tertinggi didapatkan pada tahap hidup herba, sedangkan yang paling rendah berada pada tahap hidup pancang. Tingginya indeks keanekaragaman herba karena memiliki jumlah spesies yang tinggi serta pemerataan yang tinggi (mendekati 1). Hal tersebut juga didukung dengan jenis tanaman pada kebun budidaya yang mayoritas termasuk tanaman hias dan obat yang tidak berkayu.



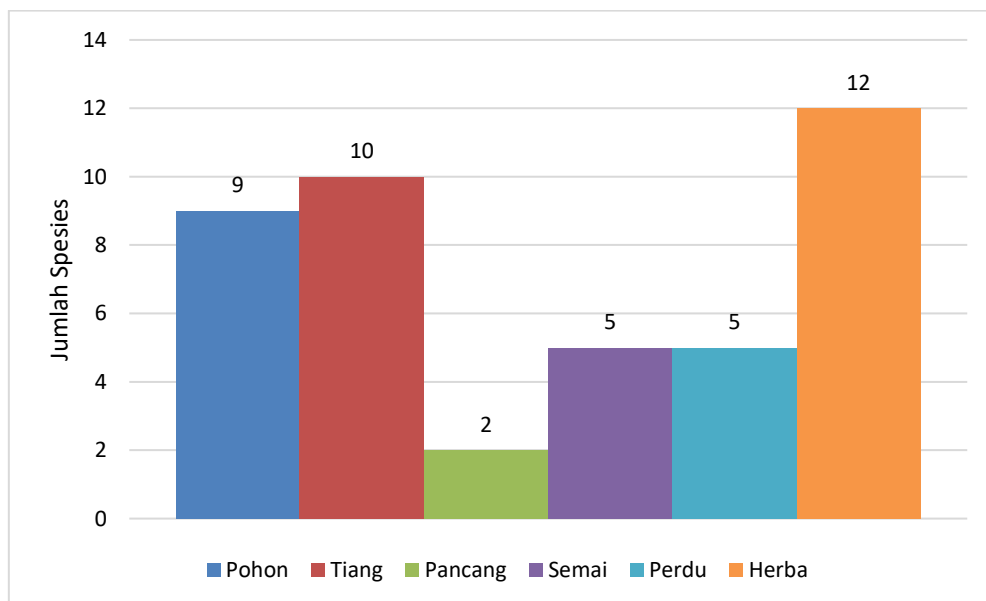
Nilai indeks keanekaragaman yang rendah pada pancang bukan berarti buruk karena hanya ditemukan satu spesies saja. Penanaman pohon pada area ini sudah dilakukan sejak tahun 2009 sehingga tidak ditemukan lagi semai atau individu anakan.

Tabel 3. 2 Indeks Keanekaragaman di Kebun Tegal Panjang

Jenis	Indeks Keanekaragaman (H')
Pohon	1,46
Tiang	1,69
Pancang	0
Semai	0,64
Perdu	1,47
Herba	2,03

Sumber: Hasil analisis, 2022

Setelah melakukan pengamatan dan analisis vegetasi pada kebun koleksi di kuari D 139B, didapatkan data jenis vegetasi sebagaimana Gambar 4.3. Jumlah spesies herba memiliki kekayaan tertinggi sebesar 12 spesies.



Gambar 3. 3 Jumlah Spesies yang Ditemukan dari Pengamatan di Kuari D 139B

Hasil analisis mengenai keanekaragaman ditampilkan pada Tabel 4.3. Secara keseluruhan, nilai indeks keanekaragaman pada kebun koleksi berada pada nilai sedang, kecuali pada tahap hidup pancang. Indeks keanekaragaman tertinggi didapatkan pada tahap hidup tiang, sedangkan yang paling rendah berada pada tahap hidup pancang.

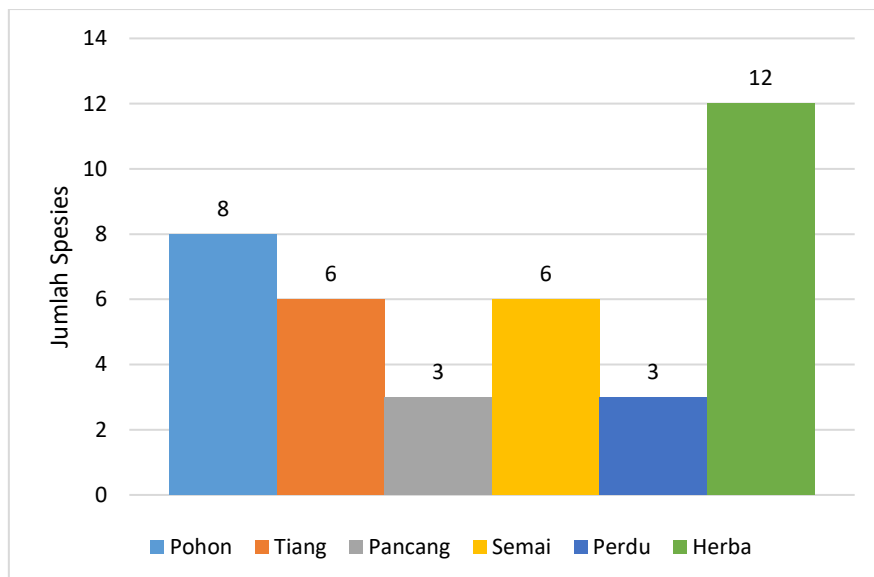


Tabel 3. 3 Indeks Keanekaragaman di Kuari D 139B

Jenis	Indeks Keanekaragaman (H')
Pohon	1,52
Tiang	1,92
Pancang	0,45
Semai	1,52
Perdu	1,32
Herba	1,67

Sumber: Hasil analisis, 2022

Setelah melakukan pengamatan dan analisis vegetasi pada area Hambalang, didapatkan data jenis vegetasi sebagaimana Gambar 3.4. Jumlah spesies pada herba memiliki kekayaan tertinggi sebesar 12 spesies.



Gambar 3. 4 Jumlah Spesies yang Ditemukan dari Pengamatan di Kuari Hambalang

Berdasarkan hasil analisis mengenai indeks biologi diperoleh nilai yang ditampilkan pada Tabel 4.4. Secara keseluruhan, nilai indeks keanekaragaman pada area Hambalang berada pada nilai sedang, kecuali pada tahap hidup pancang. Indeks keanekaragaman tertinggi pada tahap hidup herba akibat tidak dilakukan pemangkasan terhadap tumbuhan bawah sehingga memungkinkan untuk berbagai jenis tumbuhan bawah menempati area ini.

Tabel 3. 4 Indeks Keanekaragaman di Kuari Hambalang

Jenis	Indeks Keanekaragaman (H')
Pohon	1,83



Jenis	Indeks Keanekaragaman (H')
Tiang	1,54
Pancang	0,95
Semai	1,31
Perdu	1,04
Herba	1,93

Sumber: Hasil analisis, 2022



Adapun daftar spesies yang terdapat di area revegetasi Kuari D 139C, Kuari D 139B, Kebun Tegal Panjang dan Kuari Hambalang dapat dilihat pada Tabel 3.5, 3.6, 3.7 dan 3.8 sebagai berikut:

Tabel 3. 5 Daftar Temuan Spesies Kuari D 139C pada Seluruh Tahap Hidup

No	Nama Lokal	Nama Latin	Tahap Hidup / Kategori Landscape					
			Pohon	Tiang	Pancang	Semai	Perdu	Herba
1	Sengon	<i>Falcatoria moluccana</i>	√			√		
2	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	√	√		√		
3	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	√	√	√	√		
4	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	√	√				
5	Mahoni daun lebar	<i>Swietenia macrophylla</i>	√					
6	Sengon buto	<i>Entorolobium cyclocarpa</i>	√	√				
7	Johar	<i>Senna siamea</i>	√					
8	Jambu biji	<i>Psidium guajava</i>	√	√				
9	Awar-awar	<i>Ficus septica</i>			√	√		
10	Terong-terongan	<i>Solanum dyphyllum</i>					√	
11	Pulutan	<i>Urena lobata</i>					√	
12	Kirinyuh	<i>Chromolaena odorata</i>					√	
13	Pecut kuda	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>					√	
14	Girang merah	<i>Leea indica</i>					√	
15	Katuk	<i>Sauropus androgynus</i>					√	
16	Sirih hutan	<i>Piper aduncum</i>					√	
17	Widelia	<i>Sphagneticola trilobata</i>						√
18	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>						√
19	Rumput israel	<i>Asystasia gangetica</i>						√
20	Pancing tawar	<i>Coctus afer</i>						√
21	Ki tolod	<i>Isotoma longiflora</i>						√
22	Suplir	<i>Adiantum capillus</i>						√
23	Rumput Jampang	<i>Eleusine indica</i>						√



No	Nama Lokal	Nama Latin	Tahap Hidup / Kategori <i>Landscape</i>					
			Pohon	Tiang	Pancang	Semai	Perdu	Herba
24	Rumput Teki	<i>Cyperus rotundus</i>						√
25	Paku urban	<i>Nephrolepis biserrata</i>						√
26	Paku Sepat	<i>Nephrolepis cordifolia</i>						√



Tabel 3. 6 Daftar Temuan Spesies Kebun Budidaya Tegal Panjang pada Seluruh Tahap Hidup

No	Nama Lokal	Nama Latin	Tahap Hidup / Kategori Landscape					
			Pohon	Tiang	Pancang	Semai	Perdu	Herba
1	Jati	<i>Tectona grandis</i>	√	√				
2	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	√	√		√		
3	Sengon	<i>Falcatoria moluccana</i>	√	√				
4	Kemiri sunan	<i>Reutealis trisperma</i>	√	√				
5	Dinamit	<i>Hura crepitans</i>	√					
6	Tabebuya ungu	<i>Tabebuya rosea</i>	√					
7	Mahoni uganda	<i>Khaya Anthotheca</i>	√					
8	Mahoni daun lebar	<i>Swietenia macrophylla</i>		√				
9	Kapuk	<i>Ceiba pentandra</i>		√				
10	Glodokan bulat	<i>Polyalthia fragrans</i>		√				
11	Eboni	<i>Diospyros celebica</i>			√			
12	Awar-awar	<i>Ficus septica</i>				√		
13	Bernuk	<i>Crescentia cujete</i>					√	
14	Singkong	<i>Manihot esculenta</i>					√	
15	Sirih hutan	<i>Piper aduncum</i>					√	
16	Puring	<i>Codiaeum variegatum</i>					√	
17	Palem Kuning	<i>Dypsis lutescens</i>					√	
18	Babadotan	<i>Ageratum conyzoides</i>						√
19	Pepaya	<i>Carica papaya</i>						√
20	Hajuang	<i>Corydiline fructicosa</i>						√
21	Rumput israel	<i>Asystasia gangetica</i>						√
22	Keladi	<i>Homalomena pendula</i>						√
23	Paku sepat	<i>Nephrolepis cordifolia</i>						√
24	Rumput gajah	<i>Pennisetum purpureum</i>						√
25	Rumput grinting	<i>Cynodon dactylon</i>						√
26	Philodendron	<i>Philodendron domesticum</i>						√
27	Belimbing tanah	<i>Oxalis barrelieri</i>						√
28	Bambu rejeki	<i>Dracaena reflexa</i>						√
29	Paku pedang	<i>Nephrolepis biserrata</i>						√
30	Paku rasam	<i>Gleichenia linearis</i>						√



No	Nama Lokal	Nama Latin	Tahap Hidup / Kategori <i>Landscape</i>					
			Pohon	Tiang	Pancang	Semai	Perdu	Herba
31	Gletang	<i>Tridax procumbens</i>						√



Tabel 3. 7 Daftar Temuan Spesies di Kuari D 139B pada Seluruh Tahap Hidup

No.	Nama Lokal	Nama Latin	Tahap Hidup / Kategori Landscape					
			Pohon	Tiang	Pancang	Semai	Perdu	Herba
1	Jati	<i>Tectona grandis</i>	√	√				
2	Kemiri sunan	<i>Reutealis trisperma</i>	√	√	√			
3	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	√	√	√			
4	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	√					
5	Tereup	<i>Artocarpus elasticus</i>	√	√				
6	Tabebuia ungu	<i>Tabebuia rosea</i>	√	√				
7	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	√					
8	Kemalagian	<i>Croton tiglium</i>	√					
9	Kemiri sayur	<i>Aleurites moluccana</i>	√	√				
10	Sempur	<i>Dillenia indica</i>		√				
11	Eboni	<i>Diospyros celebica</i>		√				
12	Bisbul	<i>Diospyros discolor</i>		√				
13	Mahoni uganda	<i>Khaya anthotheca</i>		√				
14	Pinus	<i>Pinus sp.</i>			√			
15	Nyamplung	<i>Calophyllum inophyllum</i>				√		
16	Awar-awar	<i>Ficus septica</i>				√		
17	Kirinyuh	<i>Chromolaena odorata</i>					√	
18	Kaliandra	<i>Calliandra calothyrsus</i>					√	
19	Sirih hutan	<i>Piper aduncum</i>					√	
20	Bernuk	<i>Crescentia cujete</i>					√	
21	Purti malu	<i>Mimosa pudica</i>					√	
22	Girang merah	<i>Leea indica</i>						√
23	Bandotan	<i>Ageratum conyzoides</i>						√
24	Rumput gajah	<i>Pennisetum purpureum</i>						√
25	Paku tanduk	<i>Phymatosorus scolopendria</i>						√
26	Urang aring	<i>Eclipta alba</i>						√
27	Belimbing tanah	<i>Oxalis barrelieri</i>						√
28	Rumput israel	<i>Asystasia gangetica</i>						√



No.	Nama Lokal	Nama Latin	Tahap Hidup / Kategori Landscape					
			Pohon	Tiang	Pancang	Semai	Perdu	Herba
29	Ki tolod	<i>Isotoma longiflora</i>						√
30	Ketul	<i>Bidens pilosa</i>						√
31	Keladi merah	<i>Caladium bicolor</i>						√
32	Paku pedang	<i>Phymatosorus scolopendria</i>						√
33	Rumout knop	<i>Hedyotis corymbosa</i>						√

Tabel 3. 8 Daftar Temuan Spesies di Hambalang pada Seluruh Tahap Hidup

No.	Nama Lokal	Nama Latin	Tahap Hidup / Kategori Landscape					
			Pohon	Tiang	Pancang	Semai	Perdu	Herba
1	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	√	√		√		
2	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	√	√				
3	Johar	<i>Senna siamea</i>	√					
4	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	√	√		√		
5	Kapuk randu	<i>Ceiba pentandra</i>	√	√				
6	Kupu-kupu	<i>Bauhinia purpurea</i>	√					
7	Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	√			√		
8	Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	√		√	√		
9	Buchanania	<i>Buchanania sp.</i>		√	√			
10	Mangga	<i>Mangifera indica</i>		√				
11	Jambu air	<i>Syzygium aqueum</i>				√		
12	Perlasan	<i>Ficus montana</i>					√	
13	Singkong	<i>Manihot esculenta</i>					√	
14	Harendong	<i>Melastoma malabathricum</i>					√	
15	Pancing tawar	<i>Costus afer</i>						√
16	Paku batas	<i>Amphineuron terminans</i>						√
17	Paku hata	<i>Lygodium circinatum</i>						√
18	Gadung tikus	<i>Tacca palmata</i>						√
19	Tumbaran	<i>Bracharia distachya</i>						√
20	Senggani bulu	<i>Clidemia hirta</i>						√
21	Suplir	<i>Adiantum peruvianum</i>						√



No.	Nama Lokal	Nama Latin	Tahap Hidup / Kategori <i>Landscape</i>					
			Pohon	Tiang	Pancang	Semai	Perdu	Herba
22	Paku pelanduk	<i>Pteris ensiformis</i>						√
23	Rumput israel	<i>Asystasia gangetica</i>						√
24	Paku pedang	<i>Nephrolepis biserrata</i>						√
25	Paku sarang burung	<i>Asplenium nidus</i>						√
26	Paku rane	<i>Sellaginella sp.</i>						√



3.2. Analisa Data

3.2.1. Indeks Keanekaragaman Hayati

Hasil analisis indeks keanekaragaman ditampilkan pada Tabel 3.9. Indeks keanekaragaman pada seluruh tahap hidup berada dalam kategori sedang, namun pada tahap hidup pancang semua lokasi berada dalam rentang rendah, terutama pada Kebun Tegal Panjang karena hanya ditemukan satu jenis spesies. Berikut adalah resume kategori indeks keanekaragaman di setiap lokasi:

- Pada tahap hidup pohon yang memiliki indeks keanekaragaman tertinggi berada pada lokasi Hambalang dan terendah pada Kebun Tegal Panjang.
- Pada tahap hidup tiang yang memiliki indeks keanekaragaman tertinggi berada pada lokasi koleksi Kuari D 139B dan terendah pada lokasi Hambalang.
- Pada tahap hidup pancang yang memiliki indeks keanekaragaman tertinggi berada pada lokasi Hambalang dan terendah pada Kebun Tegal Panjang.
- Pada tahap hidup semai yang memiliki indeks keanekaragaman tertinggi berada pada kebun koleksi Kuari D 139B dan terendah pada Kebun Tegal Panjang.
- Pada tahap hidup perdu yang memiliki indeks keanekaragaman tertinggi berada pada lokasi Kuari D 139C dan terendah pada lokasi Hambalang.
- Pada tahap hidup herba yang memiliki indeks keanekaragaman tertinggi berada pada lokasi kebun budidaya Tegal Panjang dan terendah pada kebun koleksi Kuari D 139B.

Tabel 3. 9 Indeks Keanekaragaman Vegetasi di Seluruh Lokasi Penelitian

Jenis	Kuari D 139C	Kebun Budidaya Tegal Panjang	Kebun Koleksi Kuari D 139B	Hambalang
Pohon	1,68	1,46	1,52	1,83
Tiang	1,61	1,69	1,92	1,54
Pancang	0,69	0	0,45	0,95
Semai	1,06	0,64	1,52	1,31
Perdu	1,71	1,47	1,33	1,04
Herba	1,91	2,03	1,67	1,93

Sumber: Hasil analisis, 2022



3.2.2. Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO₂

Hasil analisis menunjukkan bahwa estimasi biomassa, cadangan karbon, dan penyerapan CO₂ total tertinggi berada pada tahap hidup pohon. Hal tersebut disebabkan kerapatan pohon memiliki nilai paling tinggi di antara tahap hidup lain. Kerapatan menunjukkan jumlah individu pada satuan luas. Selain itu menurut Masripatin *et al.*, (2010), biomassa dapat meningkat seiring dengan pertambahan usia pohon sehingga bersesuaian dengan hasil yang didapatkan karena pertambahan usia pohon akan meningkatkan diameter dan tinggi pohon. Nilai cadangan karbon serta penyerapan CO₂ juga berbanding lurus dengan nilai biomassa sehingga pada tahap hidup pohon memiliki nilai tertinggi.

Rincian perhitungan nilai estimasi biomassa, cadangan karbon, dan penyerapan CO₂ dari tumbuhan berkayu pada 4 area revegetasi dapat dilihat pada Tabel 3.11, 3.12, 3.13 dan 3.14. Pada Tabel 3.10 berikut ini adalah nilai estimasi biomassa, cadangan karbon, dan penyerapan CO₂ dari tumbuhan berkayu pada 4 area revegetasi yang telah dijumlahkan untuk kategori di atas dan bawah permukaan tanah:

Tabel 3. 10 Nilai estimasi biomassa, cadangan karbon, dan penyerapan CO₂ di seluruh lokasi penelitian

	Kuari D 139C	Kebun Tegal Panjang	Kuari D 139B	Hambalang
Estimasi Biomassa (ton/ha)	102,48	40,51	63,16	152,83
Cadangan Karbon (ton/ha)	48,17	19,04	29,68	71,83
Penyerapan CO₂ (ton/ha)	176,61	69,82	108,84	263,37



Tabel 3. 11 Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO₂ di Kuari D 139C

Kategori Tegakan	Nama Spesies	Nama Latin	Kerapatan (ind/ha)	Di Atas Permukaan Tanah			Di Bawah Permukaan Tanah		
				Estimasi Biomass a (ton/ha)	Cadanga n Karbon (ton/ha)	Penyerapa n CO ₂ (ton/ha)	Estimasi Biomass a (ton/ha)	Cadanga n Karbon (ton/ha)	Penyerapa n CO ₂ (ton/ha)
Pohon	Sengon	<i>Falcataria falcata</i>	167	4,751	2,233	8,188	1,283	0,603	2,211
	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	67	3,884	1,826	6,694	1,049	0,493	1,807
	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	117	3,074	1,445	5,298	0,830	0,390	1,430
	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	8	13,794	6,483	23,772	3,724	1,750	6,418
	Mahoni daun lebar	<i>Swietenia macrophylla</i>	42	3,592	1,688	6,190	0,970	0,456	1,671
	Sengon buto	<i>Entorolobium cyclocarpum</i>	25	36,101	16,967	62,213	9,747	4,581	16,798
	Johar	<i>Senna siamea</i>	25	2,162	1,016	3,725	0,584	0,274	1,006
	Jambu biji	<i>Psidium guajava</i>	8	4,415	2,075	7,608	1,192	0,560	2,054
	Total		458	71,773	33,733	123,689	19,379	9,108	33,396
Tiang	Segon buto	<i>Falcatoria moluccana</i>	33	2,844	1,337	4,901	0,768	0,361	1,323
	Jambu biji	<i>Psidium guajava</i>	33	1,221	0,574	2,104	0,330	0,155	0,568
	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	67	1,594	0,749	2,747	0,430	0,202	0,742
	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	33	2,030	0,954	3,499	0,548	0,258	0,945
	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	33	0,097	0,046	0,168	0,026	0,012	0,045
	Glodokan bulat	<i>Polyalthia fragrans</i>	133	1,092	0,513	1,882	0,295	0,139	0,508
	Total		333	8,878	4,173	15,299	2,397	1,127	4,131
Pancang	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	13	0,027	0,013	0,047	0,007	0,003	0,013
	Awar-awar	<i>Ficus septica</i>	27	0,017	0,008	0,029	0,005	0,002	0,008
	Total		40	0,044	0,021	0,076	0,012	0,006	0,020
Total			832	80,695	37,927	139,064	21,788	10,240	37,547



Tabel 3. 12 Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO₂ di Kuari D 139B

Kategori Tegakan	Nama Spesies	Nama Latin	Kerapatan (ind/ha)	Di Atas Permukaan Tanah			Di Bawah Permukaan Tanah		
				Estimasi Biomassa (ton/ha)	Cadangan Karbon (ton/ha)	Penyerapan CO ₂ (ton/ha)	Estimasi Biomassa (ton/ha)	Cadangan Karbon (ton/ha)	Penyerapan CO ₂ (ton/ha)
Pohon	Jati	<i>Tectona grandis</i>	92	1,866	0,877	3,215	0,504	0,237	0,868
	Kemiri sunan	<i>Reutealis trisperma</i>	225	5,274	2,479	9,089	1,424	0,669	2,454
	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	33	2,589	1,217	4,461	0,699	0,329	1,205
	Tabebuya ungu	<i>Tabebuia rosea</i>	17	3,450	1,621	5,945	0,931	0,438	1,605
	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	8	10,067	4,732	17,349	2,718	1,278	4,684
	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	17	4,327	2,033	7,456	1,168	0,549	2,013
	Kemalakuan	<i>Croton tiglium</i>	17	1,503	0,706	2,590	0,406	0,191	0,699
	Kemiri sayur	<i>Aleurites moluccana</i>	17	0,735	0,345	1,266	0,198	0,093	0,342
	Tereup	<i>Artocarpus elasticus</i>	8	1,061	0,499	1,829	0,287	0,135	0,494
	Total		433	30,871	14,509	53,201	8,335	3,918	14,364
Tiang	Jati	<i>Tectona grandis</i>	100	3,176	1,493	5,474	0,858	0,403	1,478
	Kemiri sunan	<i>Reutealis trisperma</i>	300	2,333	1,096	4,020	0,630	0,296	1,085
	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	33	3,176	1,493	5,474	0,858	0,403	1,478
	Tereup	<i>Artocarpus Elasticus</i>	33	2,030	0,954	3,499	0,548	0,258	0,945
	Tabebuya ungu	<i>Tabebuia rosea</i>	67	1,110	0,522	1,913	0,300	0,141	0,516
	Sempur	<i>Dillenia indica</i>	67	0,224	0,105	0,387	0,061	0,028	0,104
	Eboni	<i>Diospyros celebica</i>	33	0,463	0,217	0,797	0,125	0,059	0,215
	Bisbul	<i>Diospyros discolor</i>	33	0,463	0,217	0,797	0,125	0,059	0,215
	Kemiri sayur	<i>Aleurites moluccana</i>	33	3,387	1,592	5,836	0,914	0,430	1,576
	Mahoni uganda	<i>Khaya anthoteca</i>	33	2,190	1,029	3,775	0,591	0,278	1,019
	Total		733	18,552	8,719	31,971	5,009	2,354	8,632
Pancang	Kemiri sunan	<i>Reutealis trisperma</i>	67	0,017	0,008	0,029	0,005	0,002	0,008
	Pinus	<i>Pinus</i> sp.	13	0,292	0,137	0,503	0,079	0,037	0,136
	Total		80	0,308	0,145	0,532	0,083	0,039	0,144
Total			1247	50	23,374	85,704	13,427	6,311	23,140



Tabel 3. 13 Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO₂ di Kebun Tegal Panjang

Kategori Tegakan	Nama Spesies	Nama Latin	Kerapatan (ind/ha)	Di Atas Permukaan Tanah			Di Bawah Permukaan Tanah		
				Estimasi Biomassa (ton/ha)	Cadangan Karbon (ton/ha)	Penyerapan CO ₂ (ton/ha)	Estimasi Biomassa (ton/ha)	Cadangan Karbon (ton/ha)	Penyerapan CO ₂ (ton/ha)
Pohon	Jati	<i>Tectona grandis</i>	83	1,777	0,835	3,063	0,480	0,226	0,827
	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	75	1,596	0,750	2,750	0,431	0,202	0,742
	Sengon	<i>Falcataria moluccana</i>	17	1,230	0,578	2,120	0,332	0,156	0,572
	Kemiri sunan	<i>Reutealis trisperma</i>	142	9,688	4,554	16,696	2,616	1,229	4,508
	Dinamit	<i>Hura crepitans</i>	8	1,177	0,553	2,028	0,318	0,149	0,548
	Tabebuya ungu	<i>Tabebuya rosea</i>	8	2,091	0,983	3,604	0,565	0,265	0,973
	Mahoni uganda	<i>Khaya anthotheca</i>	8	1,642	0,772	2,830	0,443	0,208	0,764
	Total		342	19,201	9,025	33,090	5,184	2,437	8,934
Tiang	Jati	<i>Tectona grandis</i>	167	2,217	1,042	3,820	0,599	0,281	1,031
	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	167	1,847	0,868	3,182	0,499	0,234	0,859
	Sengon	<i>Falcatoria moluccana</i>	267	1,346	0,633	2,320	0,364	0,171	0,626
	Kemiri sunan	<i>Reutealis trisperma</i>	167	2,510	1,180	4,325	0,678	0,318	1,168
	Glodokan bulat	<i>Polyalthia fragrans</i>	33	1,221	0,574	2,104	0,330	0,155	0,568
	Mahoni daun besar	<i>Swietenia macrophylla</i>	33	3,245	1,525	5,593	0,876	0,412	1,510
	Kapuk	<i>Ceiba pentandra</i>	33	0,282	0,132	0,486	0,076	0,036	0,131
	Total		867	12,667	5,954	21,830	3,420	1,607	5,894
Pancang	Eboni	<i>Diospyros celebica</i>	13	0,032	0,015	0,056	0,009	0,004	0,015
	Total		13	0,032	0,015	0,056	0,009	0,004	0,015
Total			1.222	31,901	14,994	54,976	8,613	4,048	14,844



Tabel 3. 14 Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon dan Penyerapan CO₂ di Kuari Hambalang

Kategori Tegakan	Nama Spesies	Nama Latin	Kerapatan (ind/ha)	Di Atas Permukaan Tanah			Di Bawah Permukaan Tanah		
				Estimasi Biomassa (ton/ha)	Stok Karbon (ton/ha)	Sekuestrasi Karbon (ton/ha)	Estimasi Biomassa (ton/ha)	Stok Karbon (ton/ha)	Sekuestrasi Karbon (ton/ha)
Pohon	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	83	2,641	1,241	4,551	0,713	0,335	1,229
	Beringin	<i>Ficus benamina</i>	83	30,772	14,463	53,031	8,309	3,905	14,318
	Sena/johar	<i>Senna siamea</i>	17	2,961	1,392	5,102	0,799	0,376	1,378
	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	100	10,767	5,061	18,556	2,907	1,366	5,010
	Kapuk	<i>Ceiba pentandra</i>	25	14,101	6,628	24,302	3,807	1,789	6,561
	Kupu-kupu	<i>Bauhinia purpurea</i>	25	3,531	1,659	6,084	0,953	0,448	1,643
	Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	42	5,158	2,424	8,889	1,393	0,655	2,400
	Mahoni daun besar	<i>Swietenia macrophylla</i>	8	8,718	4,098	15,025	2,354	1,106	4,057
	Total			383	78,650	36,965	135,540	21,235	9,981
Tiang	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	100	2,111	0,992	3,638	0,570	0,268	0,982
	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	33	1,780	0,836	3,067	43,041	20,229	74,174
	Beringin	<i>Ficus benamina</i>	33	0,199	0,093	0,342	0,054	0,025	0,092
	Kapuk	<i>Ceiba pentandra</i>	33	2,474	1,163	4,264	0,668	0,314	1,151
	Buchanania	<i>Buchanania sp.</i>	167	1,420	0,668	2,448	0,384	0,180	0,661
	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	33	0,057	0,027	0,097	0,015	0,007	0,026
	Total			400	8,041	3,779	13,857	44,731	21,024
Pancang	Mahoni daun besar	<i>Swietenia macrophylla</i>	13	0,049	0,023	0,085	0,013	0,006	0,023
	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	13	0,037	0,017	0,064	0,010	0,005	0,017
	Buchanania	<i>Buchanania sp.</i>	40	0,045	0,021	0,078	0,012	0,006	0,021
	Total			67	0,132	0,062	0,228	0,036	0,017
Total			850	86,822	40,807	149,624	66,002	31,021	113,744



3.3. Pembahasan

Perhitungan potensi nilai karbon untuk skema perdagangan karbon ini dilakukan untuk keseluruhan lahan pascatambang yang telah dilakukan penanaman, dimana total luas area tersebut mencapai 93,91 Ha. Dengan rincian berdasarkan Laporan Implementasi RKL-RPL AMDAL Semester 1 2022, yaitu lahan revegetasi di Kuari D seluas 63,94 Ha, Kuari Hambalang seluas 28,15 Ha dan Kebun Tegal Panjang seluas 1,82 Ha. Berikut adalah tabel analisis finansial dengan menggunakan nilai estimasi penyerapan CO₂ di Kuari D dari hasil perhitungan rata-rata untuk lokasi Kuari D 139B dan 139C dan tarif karbon sebesar Rp30.000 per tonCO₂e sesuai UU HPP:

Tabel 3. 15 Estimasi Penyerapan CO₂ di Lahan Pascatambang seluas 93.91 Ha

Lokasi	Potensi Penyerapan (ton CO ₂ e per Ha)	Luas Area (Ha)	Total Serapan Karbon	Satuan
Quarry D	142.73	63.94	9,126	tonCO ₂ e
Hambalang	263.37	28.15	7,414	tonCO ₂ e
Tegal Panjang	69.82	1.82	127	tonCO ₂ e
Total Serapan Karbon			16,667	tonCO ₂ e
Penggunaan Solar Kegiatan Penambangan Tahun 2022			4,741,820	liter
Faktor Konversi Emisi Solar = 2.7 kgCO ₂ e per liter			12,802,914	kgCO ₂ e
Emisi Solar per Tahun			12,803	tonCO ₂ e
Estimasi Pajak Karbon Tanpa Upaya Penyerapan CO₂			384,087,420	Rupiah
Sisa Kredit Karbon untuk Skema Perdagangan Karbon			3,864	tonCO ₂ e
Potensi Pendapatan dari Skema Perdagangan Karbon			115,923,714	Rupiah

Pada lokasi Kuari D, perhitungan potensi penyerapan CO₂ menggunakan nilai rata-rata dari hasil estimasi di Kuari D Blok 139C dan 139B. Asumsinya, kedua lokasi memiliki rona vegetasi dan tipe tanah yang mirip, sehingga kedua nilai estimasi tersebut dapat mewakili estimasi perhitungan untuk keseluruhan luas revegetasi lahan pascatambang di Kuari D.

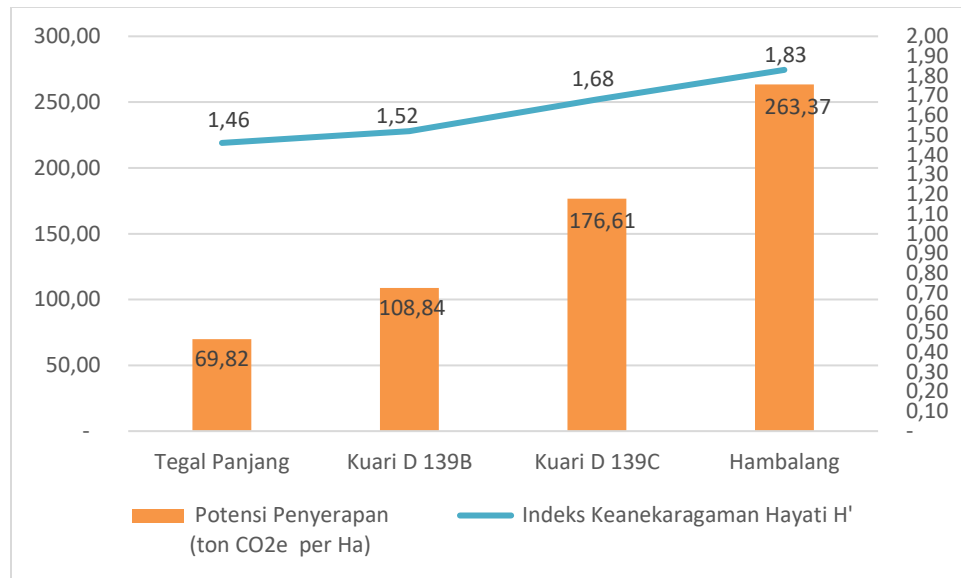
Berdasarkan analisis pada Tabel 3.15, maka lahan reklamasi pascatambang di PT ITP Citeureup memiliki potensi penyerapan CO₂ sebesar 16.667.04 tonCO₂e. Potensi tersebut dapat diperhitungkan sebagai upaya pengimbangan emisi karbon, salah satunya



untuk pengimbangan sumber emisi dari kendaraan alat berat dan peralatan mekanis lainnya yang digunakan untuk kegiatan penambangan. Berdasarkan laporan keuangan tahun 2022, penggunaan solar untuk penambangan selama periode 1 tahun mencapai 4.741.820 liter yang apabila dikonversi ke dalam bentuk emisi CO₂ menggunakan faktor konversi emisi solar sebesar 2.7 kgCO₂e per liter, maka emisi dari kegiatan penambangan menjadi 13.924 tonCO₂e. Dengan demikian, estimasi nilai pajak karbon yang dapat dikenakan tanpa memperhitungkan upaya pengimbangan emisi karbon melalui penyerapan CO₂ oleh penanaman pohon adalah senilai Rp417.708.981.

Jika emisi karbon sebesar 12.803 tonCO₂e dari kegiatan penambangan diimbangi dengan potensi penyerapan CO₂ sebesar 16.667,04 tonCO₂e maka terdapat selisih 3.864 tonCO₂e untuk skema perdagangan karbon. Sisa kredit karbon tersebut apabila dikonversi menjadi nominal dalam rupiah, maka PT ITP Citeureup berpotensi mendapatkan Rp115.923.714. Namun demikian, potensi tersebut hanya bisa didapatkan apabila PT ITP Citeureup memenuhi persyaratan dalam skema perdagangan karbon dan hal ini harus menunggu ketentuan dari pemerintah mengenai ambang batas emisi karbon yang diizinkan. Harapannya, jika emisi karbon PT ITP Citeureup berada di bawah ambang batas yang diizinkan maka potensi nilai karbon dari penanaman pohon dapat diperdagangkan di pasar karbon dan memberikan keuntungan dalam segi ekonomi bagi PT ITP Citeureup.

Selain itu, dari data keanekaragaman hayati juga dapat memberikan informasi korelasi antara nilai indeks keanekaragaman hayati dengan potensi penyerapan CO₂, dimana terindikasi bahwa nilai indeks keanekaragaman hayati berbanding lurus dengan potensi penyerapan CO₂. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai indeks keanekaragaman hayati tingkat pohon di Kuari Hambalang adalah yang paling tinggi sebesar 1,83 dan menghasilkan nilai penyerapan CO₂ yang paling tinggi juga yaitu 263,67 tonCO₂ per ha. Berikut adalah grafik nilai indeks keanekaragaman hayati dan penyerapan CO₂:



Gambar 3. 5 Grafik Nilai Indeks Keanekaragaman Hayati dengan Potensi Penyerapan CO₂

Dengan demikian, hal ini dapat menjadi acuan dalam rencana penanaman di PT ITP Citeureup selanjutnya, baik untuk reklamasi maupun revegetasi di lahan-lahan tidur yang berada di sekitar pabrik. Acuan yang dapat digunakan adalah penanaman dengan metode multikultur dimana penanaman dilakukan dengan beragam jenis tumbuhan sehingga dapat mendukung peningkatan nilai keanekaragaman hayati maupun potensi penyerapan CO₂. Hal ini disebabkan pada penanaman dengan metode multikultur, ragam jenis spesies tumbuhan akan saling mengisi untuk penyimpanan biomassa, dibandingkan dengan penanaman monokultur yang justru kurang mendukung dan cenderung menggerus potensi biomassa yang dapat disimpan.



BAB IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1. Simpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan dapat diambil simpulan untuk menjawab tujuan dari penelitian sebagai berikut:

a. Hasil perhitungan indeks keanekaragaman hayati di 4 lokasi lahan pascatambang:

Jenis	Kuari D 139C	Kebun Budidaya Tegal Panjang	Kebun Koleksi Kuari D 139B	Hambalang
Pohon	1,68	1,46	1,52	1,83
Tiang	1,61	1,69	1,92	1,54
Pancang	0,69	0	0,45	0,95
Semai	1,06	0,64	1,52	1,31
Perdu	1,71	1,47	1,33	1,04
Herba	1,91	2,03	1,67	1,93

b. Hasil estimasi biomassa, cadangan karbon, dan penyerapan CO₂ di 4 lokasi lahan pascatambang:

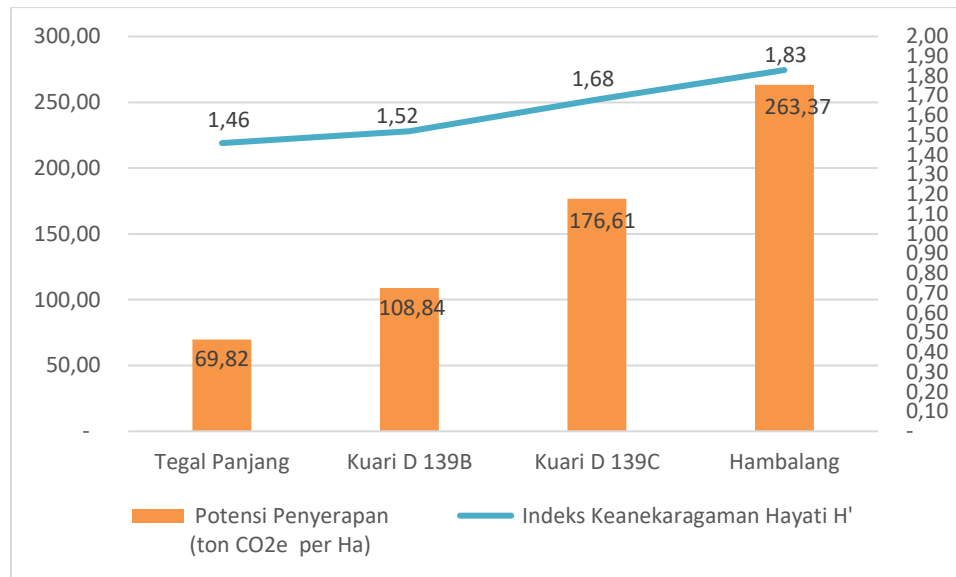
	Kuari D 139C	Kebun Tegal Panjang	Kuari D 139B	Hambalang
Estimasi Biomassa (ton/ha)	102,48	40,51	63,16	152,83
Cadangan Karbon (ton/ha)	48,17	19,04	29,68	71,83
Penyerapan CO ₂ (ton/ha)	176,61	69,82	108,84	263,37

c. Evaluasi program reklamasi pascatambang dari perspektif keanekaragaman hayati dan estimasi cadangan karbon

Total Serapan Karbon	16,667	tonCO ₂ e
Penggunaan Solar Kegiatan Penambangan Tahun 2022	4,741,820	liter
Faktor Konversi Emisi Solar = 2.7 kgCO ₂ e per liter	12,802,914	kgCO ₂ e
Emisi Solar per Tahun	12,803	tonCO ₂ e
Estimasi Pajak Karbon Tanpa Upaya Penyerapan CO₂	384,087,420	Rupiah
Sisa Kredit Karbon untuk Skema Perdagangan Karbon	3,864	tonCO ₂ e
Potensi Pendapatan dari Skema Perdagangan Karbon	115,923,714	Rupiah



- d. Hubungan antara indeks keanekaragaman hayati dengan potensi penyerapan CO₂ dari 4 lokasi lahan pascatambang memberikan indikasi yang sama, yaitu berbanding lurus.



4.2. Saran

Potensi pendapatan dari skema perdagangan karbon yang didapatkan dari evaluasi program reklamasi pascatambang dari perspektif keanekaragaman hayati dan estimasi cadangan karbon adalah potensi dalam ruang lingkup pada lahan pascatambang PT ITP Citeureup, sehingga potensi tersebut dapat meningkat jika estimasi penyerapan CO₂ dilakukan juga untuk lahan-lahan revegetasi lainnya di luar kawasan penambangan, seperti di dalam kawasan pabrik. Selain itu, berdasarkan hasil analisa sederhana terlihat adanya hubungan antara indeks keanekaragaman hayati dengan potensi penyerapan CO₂, maka program revegetasi selanjutnya, baik untuk lahan pascatambang, zona penyangga, maupun lahan-lahan lainnya yang masih berada dalam izin kegiatan operasi PT ITP Citeureup, dapat menerapkan penanaman dengan metode multikultur, dimana penanaman dilakukan dengan beragam jenis tumbuhan sehingga dapat secara simultan mendukung peningkatan nilai keanekaragaman hayati maupun potensi penyerapan CO₂.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali A., Xu, M., Zhao, Y., Zhang, Q., Zho,u L., Yang, X, Yan, E. 2015. *Allometric Biomass Equations for Shrub and Small Tree Species in Subtropical China*. Silva Fennica. 49(4).
- Astuti, W. I. 2016. *Estimasi Stok Karbon Lahan Gambut Berdasarkan Stratifikasi Kedalaman Tanah di Desa Jabiren, Kabupaten Pulang Pisau*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Atmosuseno, B. S. 1998. *Budidaya, Kegunaan, dan Prospek Sengon*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Bismarck, M. 2011. *Prosedur Operasi Standar (SOP) Untuk Survei Keragaman Jenis Pada Kawasan Konservasi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Kementerian Kehutanan Republik Indonesia.
- HeidelbergCement. 2012. *Promotion of biodiversity at the mineral extraction sites of Heidelberg Cement: A Guidance Document for Asia Oceania*. Heidelberg.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Japan: IGES.
- 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.
- Masripatin, N., Ginoga, K., Pari, G., Darmawan, W. S., Siregar, K. A., Wibowo, A., Puspasari, D., Utomo, A. S., Sakuntaladewi, N., Lugina, M., Indartik, Wulandari, W., Darmawan, S., Heryansah, I., Heriyanto, N. M., Seringoringo, H. H., Damayanti, R., Anggraeni, D., Krisnawati, H., Maryani, R., Apriyanto, D., Subekti, B. 2010. *Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Kampus Balitbang Kehutanan,
- Pemerintah Republik Indonesia. 2021. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2021 Tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan*. Jakarta: Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia.



- PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. 2019. *Sustainability Report: Abiding Green Commitment*. Bogor.
- PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. 2022. *Laporan Pemantauan Keanekaragaman Hayati Semester 1 2022*. Bogor.
- PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. 2022. *Laporan Implementasi RKL-RPL AMDAL Semester 1 2022*. Bogor.
- Ramadhani, D.P., Koo,Y. 2022. *Comparative analysis of carbon border tax adjustment and domestic carbon tax under general equilibrium model: Focusing on the Indonesian economy*. Journal of Cleaner Production Volume 377: ISSN 0959-6526.
- Standar Nasional Indonesia SNI 7724:2011. 2011. *Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sutaryo, D. 2009. *Penghitungan Biomassa: Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Wijayanti, F., Priyanti, Kusuma, D. C. 2015. *Struktur dan Komposisi Vegetasi berdasarkan Ketinggian Kawasan Gunung Kendeng Kabupaten Pati Jawa Tengah*. BioWallacea Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi 1(2): 76-86.



DAFTAR ISTILAH

No.	Istilah	Definisi
1.	<i>Revegetasi</i>	Penanaman kembali pada lahan terbuka yang telah selesai digunakan untuk kegiatan eksploitasi, contohnya lahan pascatambang.
2.	<i>Pascatambang</i>	Suatu tahap setelah kegiatan penambangan selesai dilakukan.
3.	<i>Stok karbon</i>	Karbon yang tersimpan sebagai cadangan dari hasil sekuestrasi karbon maupun dari dekomposisi makhluk hidup.
4.	<i>Sekuestrasi karbon</i>	Penangkapan atau penyerapan CO ₂ yang terlepas di atmosfer, umumnya oleh vegetasi.
5.	<i>Pajak karbon</i>	Pajak yang dibayarkan atas emisi karbon yang dihasilkan oleh suatu entitas apabila emisi yang dihasilkan melebihi ambang batas emisi yang ditetapkan oleh pemerintah.
6.	<i>Perdagangan karbon</i>	Skema yang dilakukan sebagai kompensasi bagi entitas yang menghasilkan emisi karbon, dimana bagi entitas yang menghasilkan emisi di bawah ambang batas dapat menjual kredit karbon kepada entitas yang menghasilkan emisi di atas ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah, sehingga terjadi pengimbangan emisi karbon.
7.	<i>Adisionalitas</i>	Penambahan komponen yang bernilai positif pada suatu aspek, contohnya pengelolaan keanekaragaman hayati merupakan adisionalitas bagi aspek lingkungan, karena sebelumnya telah dilakukan revegetasi kemudian terjadi penambahan komponen berupa nilai keanekaragaman hayati baik flora dan fauna sebagai hasil positif dari program revegetasi.



No.	Istilah	Definisi
8.	<i>Nondestruktif</i>	Metode pengukuran tanpa mengambil bagian atau merusak obyek yang diukur.
9.	<i>Biomassa</i>	Bahan organik yang berasal dari organisme hidup tanpa kontaminasi dari zat lain atau limbah dan tersedia secara terbarukan atau dapat diperbaharui yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar alternatif. Biomassa termasuk limbah hutan dan pabrik, tanaman pertanian dan limbah kotoran hewan, serta sisa tumbuhan dan sampah perkotaan maupun industri.
10.	<i>Nonbiomassa</i>	Bahan non organik yang berasal dari benda mati, contohnya ban bekas, oli bekas, dan lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.
11.	<i>Pohon</i>	Tumbuhan yang memiliki batang berkayu, yang terbagi dalam 2 (dua) kelompok yang berakar tunggang dan berakar serabut, dan tingginya lebih dari 6 m dengan DBH >20 cm.
12.	<i>Tiang</i>	Tumbuhan dengan DBH 10-20 cm.
13.	<i>Pancang</i>	Tumbuhan dengan tinggi >1,5 m dan DBH <10 cm.
14.	<i>Semai</i>	Tumbuhan dengan tinggi <1,5m.
15.	<i>Perdu</i>	Tumbuhan berkayu yang dibedakan dengan pohon karena cabangnya yang banyak dan tingginya lebih rendah, kurang dari 4-5 meter.
16.	<i>Herba</i>	Tumbuhan yang memiliki batang berair atau berbatang lunak karena tidak membentuk kayu.
17.	<i>DBH</i>	Istilah dari Bahasa Inggris, <i>Diameter at Breast Height</i> , yang berarti diameter batang pohon setinggi dada.

PROFIL PENULIS



Resmita Kusprasetianty, ST., M.EnvM

Tempat tanggal lahir :
Bogor, 23 Agustus 1990

EDUCATION

- Magister (S2) The University of Queensland Environmental Management 2015-2016
- Strata Satu (S1) Institut Teknologi Bandung Teknik Pertambangan 2008-2012
- SMA Negeri 1 Bogor IPA 2005-2008

JOB EXPERIENCE

- Senior Environmental - Engineer PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk 2023 - Sekarang
- Mining Environmental - Engineer PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk 2019-2022
- Junior Engineer - PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk 2014-2019
- Management Trainee - PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk 2013-2014

COURSES / WORKSHOPS (INFORMAL & FORMAL)

- Biodiversity Training Seminar PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk 201