



PEMBAHARUAN DATA

KEANEKARAGAMAN HAYATI

FLORA DAN FAUNA

TAHUN 2023

di Wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia Tbk.



KERJASAMA

Tim Kedaireka Fakultas Kehutanan dan
Puslit Natural Heritage and Biodiversity LPPM UNHAS
dengan PT. Vale Indonesia Tbk.

DISUSUN OLEH

Tim Kedaireka Fakultas Kehutanan

Prakata

PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale), salah satu perusahaan pertambangan biji nikel di Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan, telah beroperasi lebih dari 50 tahun dan selalu berkomitmen untuk menerapkan prinsip tersebut. Misi PT Vale adalah mengubah sumber daya alam menjadi kemakmuran dan pembangunan berkelanjutan dengan salah satu valuenya menghargai bumi (prize our planet). Bagi kami, penerapan prinsip penambangan yang baik (good mining practices) bukanlah sekadar pemenuhan kewajiban. Lebih dari itu, prinsip keberlanjutan adalah salah satu denyut nadi perusahaan kami "*Sustainability is our core value*". Berbicara tentang keberlanjutan tentunya tidak lepas dari pelestarian lingkungan yang mencakup pelestarian keanekaragaman hayati (biodiversity). Keanekaragaman hayati sangat penting untuk menunjang sistem tata kehidupan, baik sebagai sumber obat-obatan, penyangga siklus daur kehidupan dan ekosistemnya. Selain itu yang tak kalah penting bahwa ada hak hidup tumbuh-tumbuhan dan binatang yang perlu dijamin untuk anak cucu kita.

Sulawesi Selatan sebagai bagian dari pulau Sulawesi terletak pada garis Wallacea merupakan area yang kaya dengan keanekaragaman hayatinya. PT Vale Indonesia Tbk yang juga beroperasi di kawasan hutan Sulawesi Selatan berkomitmen dan terus berupaya untuk meningkatkan pelestarian keanekaragaman hayati. Seperti kata pepatah "tak kenal maka tak sayang" untuk dapat melaksanakan upaya pelestarian tersebut tentunya sangat penting untuk mengenali tumbuh-tumbuhan dan binatang (flora & fauna) yang hidup didalamnya. PT Vale Indonesia Tbk bekerjasama dengan *Center of Technology* (COT) Universitas Hassanuddin untuk menyusun data flora dan fauna yang terdapat di dalam area operasi tambang sebagai baseline program pelestarian keanekaragaman hayati.

Akhir kata, saya sampaikan terima kasih dan apresiasi kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi terbaik dalam penyusunan buku ini. Semoga karya pustaka ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkecimpung dalam pelestarian keanekaragaman hayati, khususnya flora dan fauna.

Salam Tambang Hijau,

PT. Vale Indonesia Tbk.

Kata Pengantar

Kegiatan Penelitian Piloting Sistem Monitoring Biodiversity Untuk Pengelolaan Kawasan Konservasi Bernilai Tinggi Di Kawasan Tambang merupakan kerjasama antara Tim Kedaireka Fakultas Kehutanan Unhas & *Puslit Natural Heritage and Biodiversity* LPPM Unhas dengan PT. Vale Indonesia Tbk Blok Sorowako. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperbarui data sebelumnya yang mampu memperoleh data potensi hutan seperti riap tahunan, biomassa karbon, dan perubahannya dengan pengukuran langsung di lapangan. Tujuannya adalah untuk merepresentasikan dinamika pertumbuhan vegetasi, tegakan, dan biomassa hutan dari berbagai penggunaan lahan, khususnya hutan area revegetasi dan hutan alam di PT. Vale Indonesia Tbk. Blok Sorowako.

Dalam penyusunan dokumen ini, banyak pihak yang telah ikut serta membantu baik yang melalui jalur instansi maupun secara pribadi. Untuk itu, kami ucapkan terima kasih kepada mereka yang telah ikut membantu dalam penyelesaian dokumen ini. Secara khusus, kami sangat berterima kasih kepada instansi sponsor dalam proyek kerja sama ini beserta staf PT. Vale Indonesia Tbk, Blok Sorowako, di mana kegiatan ini dilaksanakan, yang telah banyak membantu selama penyusunan dokumen ini. Kami menyadari sepenuhnya bahwa apa yang dihasilkan dalam kegiatan penyusunan dokumen ini tidaklah terlepas dari kekurangan. Untuk itu, kami berharap saran dan kritik demi sempurnanya dokumen panduan ini.

Sebagai catatan, dokumen ini merupakan pengayaan dari buku Baseline Study (studi dasar) Keanekaragaman Hayati Flora dan Fauna pada Wilayah Konsesi PT Vale Indonesia yang diterbitkan pada tahun 2020. Buku tersebut merupakan hasil kerja sama antara PT Vale Indonesia Tbk dengan Center of Technology (COT) Universitas Hasanuddin. Dalam edisi ini, kami telah melakukan pembaruan dan penambahan informasi yang relevan untuk meningkatkan pemahaman tentang pengelolaan keanekaragaman hayati di kawasan ini. Pada tahun 2023, juga telah dilakukan pembaruan data melalui survei untuk monitoring plot permanen, sehingga data dalam dokumen ini merupakan gabungan hasil survei tahun 2020 dan 2023. Kami berharap bahwa pembaruan ini dapat memberikan kontribusi yang lebih besar dalam upaya pelestarian lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

Makassar, 13 Agustus 2023

Tim Penyusun



Daftar Isi

Halaman Sampul	i
Prakata	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	v
Daftar Gambar	vi
Daftar Lampiran	viii
I. Pendahuluan	1
II. Metode dan Analisis Data	2
2.1 Lokasi	2
2.2 Metode Pengumpulan Data	4
2.3 Analisis Data	6
III. Hasil dan Pembahasan	7
3.1 Kondisi Tutupan Lahan dan Bentang Lahan	7
3.2 Flora	13
3.3 Fauna	22
3.4 Sebaran Biodiversiti	36
3.5 Jasa Ekosistem	44
3.6 Stok Karbonn Tinggi (SKT)	55
3.7 Penilaian Keberhasilan Reklamasi Lahan Menggunakan NDVI	58
3.8 Monitoring Flora dan Fauna pada Petak Ukur Permanen (PUP)	
Tahun 2023	68
IV. Penutup	80
Lampiran	81

Daftar Tabel

Tabel 1. Lokasi Pengamatan Keanekaragaman Hayati pada Wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia	3
Tabel 2. Fungsi Kawasan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	7
Tabel 3. Penutupan Lahan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	8
Tabel 4. Bentuk Lahan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	11
Tabel 5. Pengelompokan lokasi kluster pengamatan	13
Tabel 6. Sebaran Jumlah Individu (N), Jumlah Spesies (S), LBDS, Indeks Keanekaragaman Hayati (H') flora tingkat pohon pada seluruh kluster pengamatan	14
Tabel 7. Persentase nilai indeks kesamaan dan ketidaksamaan Similarity and distance index of Morisita	21
Tabel 8. Spesies Fauna Endemik, Dilindungi dan Terancam Punah	25
Tabel 9. Daftar Penjumpaan Spesies Burung pada wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan	27
Tabel 10. Daftar Penjumpaan Spesies Mamalia pada wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan	30
Tabel 11. Daftar Penjumpaan Spesies Reptil pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan	32
Tabel 12. Daftar Penjumpaan Spesies Amfibi pada wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan	33
Tabel 13. Daftar Penjumpaan Spesies Serangga pada wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan	34
Tabel 14. Keanekaragaman Flora dan Fauna berdasarkan Index Shannon-Wiener	38
Tabel 15. Distribusi Tingkat Keanekaragaman Hayati pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	38
Tabel 16. Spesies Prioritas dalam Wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia	41
Tabel 17. Pembagian Wilayah Sistem Hidrologi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	44
Tabel 18. Wilayah dengan Tingkat Bahaya Banjir Bandang Tinggi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	46
Tabel 19. Wilayah dengan Tingkat Bahaya Tanah Longsor Tinggi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	48
Tabel 20. Tingkat Bahaya Erosi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	50

Tabel 21. Data Kejadian Hotspot (Titik Panas) pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	52
Tabel 22. Perhitungan Stok Karbon Tegakan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	56
Tabel 23. Rincian Luas Wilayah Reklamasi Lahan di PT. Vale Indonesia per Tahun	60
Tabel 24. Rentang Nilai Indeks Vegetasi NDVI	64
Tabel 25. Rentang Nilai NDVI pada Areal Reklamasi Tambang PT. Vale Indonesia Tahun 2020	66
Tabel 26. Nilai kerapatan (K), jumlah jenis (N), dan luas bidang dasar (LBDS) pohon (diameter ≥ 5 cm) pada areal revegetasi bekas tambang dan hutan alam di PT. Vale Indonesia Tbk tahun 2020	73
Tabel 27. Nilai kerapatan (K), jumlah jenis (N), dan luas bidang dasar (LBDS) pohon (diameter ≥ 5 cm) pada areal revegetasi bekas tambang dan hutan alam di PT. Vale Indonesia Tbk tahun 2023.	74
Tabel 28. Nilai kerapatan (K), jumlah jenis (N), dan luas bidang dasar (LBDS) pohon (diameter ≥ 5 cm), serta Indeks Keanekaragaman Hayati (H') pohon pada area revegetasi bekas tambang dan hutan alam di PT Vale Indonesia Tbk pada tahun 2020 dan 2023.	76

Daftar Gambar

Gambar 1. Lokasi Pengamatan Keanekaragaman Hayati pada wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia	2
Gambar 2. (a)Desain klaster berbentuk persegi ukuran 100 m x 100 m untuk hutan lahan kering	5
Gambar 3. Peta Fungsi Kawasan Hutan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	9
Gambar 4. Peta Tingkat Kerapatan Hutan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	10
Gambar 5. Peta Bentuk Lahan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	12
Gambar 6. Jumlah keseluruhan spesies (S) tumbuhan pada masing tipe tutupan lahan	15
Gambar 7. Jumlah Individu (N) tumbuhan pada masing tipe tutupan lahan	19
Gambar 8. Indeks keanekaragaman (H) tumbuhan pada masing tipe tutupan lahan	20
Gambar 9. Dendrogram indeks kemiripan (<i>Similarity Index/IS</i>) Morisita	21
Gambar 10. Total Perjumpaan Individu dan Spesies Pada Tiap Cluster	23
Gambar 11. Nilai Indeks Keanekaragaman berdasarkan cluster pengamatan	24
Gambar 12. Jumlah Spesies Endemik dan Dilindungi	24
Gambar 13. Jumlah Spesies burung berdasarkan family	26
Gambar 14. Beberapa Spesies Burung yang dilindungi	28
Gambar 15. Penyebaran Spesies Burung Berdasarkan Tutupan Lahan	29
Gambar 16. Penyebaran Spesies Mamalia Berdasarkan Tutupan Lahan	31
Gambar 17. Babi Hutan (<i>Sus celebensis</i>) yang tertangkap oleh kamera trap	31
Gambar 18. Spesies Kadal yang ditemukan yang diduga spesies baru	32
Gambar 19. Spesies Kadal yang ditemukan yang diduga spesies baru	33
Gambar 20. Penyebaran Spesies Amfibi Berdasarkan Tutupan Lahan	33
Gambar 21. Penyebaran Spesies Serangga Berdasarkan Tutupan Lahan	34
Gambar 22. Peta Tingkat Keanekaragamahayati Flora pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	39
Gambar 23. Peta Tingkat Keanekaragaman hayati Fauna pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	40
Gambar 24. Peta Sebaran Spesies Flora RTE pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	42
Gambar 25. Peta Sebaran Spesies Fauna RTE pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	43
Gambar 26. Peta Sistem Hidrologi Daerah Aliran Sungai pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	45

Gambar 27. Peta Bahaya Banjir Bandang pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	47
Gambar 28. Peta Bahaya Tanah Longsor pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	49
Gambar 29. Peta Tingkat Bahaya Erosi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	51
Gambar 30. Peta Pantauan Hotspot pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	53
Gambar 31. Peta Potensi NKT 4 pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	54
Gambar 32. Peta Sebaran Stok Karbon Tegakan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan	57
Gambar 33. Peta Sebaran Lokasi Reklamasi Lahan PT. Vale Indonesia di Blok Sorowako dan Blok Petea	61
Gambar 34. Peta Tahun Reklamasi Lahan PT. Vale Indonesia	62
Gambar 35. Penampakan Citra Sentinel 2 pada Lokasi Tambang PT. Vale Indonesia	63
Gambar 36. Raster Histogram Koreksi Atmosferik dan Radiometrik Citra Sentinel 2 (a) Belum Terkoreksi (b) Sudah Terkoreksi	64
Gambar 37. Hasil Perhitungan NDVI Areal Reklamasi Tambang PT. Vale Indonesia menggunakan Citra Sentinel 2 Tahun 2020	65
Gambar 38. Peta Kondisi Tutupan Vegetasi berdasarkan NDVI Tahun 2020	67
Gambar 39. Peta Sebaran Lokasi Petak Ukur Permanen (PUP) pada tahun 2023	72
Gambar 40. Diagram struktur populasi areal revegetasi dan hutan alam pengukuran tahun 2020	75
Gambar 41. Diagram struktur populasi areal revegetasi dan hutan alam pengukuran tahun 2023	75
Gambar 42. Kurva jumlah individu tingkat semai pada PUP tahun pengukuran 2020 dan 2023	77
Gambar 43. Kurva jumlah individu tingkat pancang pada PUP tahun pengukuran 2020 dan 2023	77
Gambar 44. Kurva jumlah individu tingkat pohon pada PUP tahun pengukuran 2020 dan 2023	78
Gambar 45. Kurva Indeks Shannon Wiener (H') pohon diameter ≥ 5 cm Pada PUP tahun pengukuran 2020 dan 2023	79

Daftar Lampiran

Lampiran 1. List Spesies Flora Endemik, Dilindungi dan Terancam Punah	82
Lampiran 2. Komposisi jenis, Sebaran dan Indeks Nilai Penting flora tingkat pohon (Diameter ≥ 5 cm)	85
Lampiran 3. Komposisi jenis, Sebaran dan Indeks Nilai Penting flora tingkat anak pohon (Permudaan pohon dengan tinggi $\geq 1,5$ m tetapi DBH < 5 cm)	87
Lampiran 4. Komposisi jenis, Sebaran dan Indeks Nilai Penting flora tingkat semai (Permudaan pohon dengan tinggi $< 1,5$ m)	89
Lampiran 5. Kondisi Vegetasi pada Masing-Masing Tahun Reklamasi berdasarkan Data NDVI Tahun 2020	91



1. Pendahuluan

Di dalam ekosistem, flora dan fauna merupakan komponen ekosistem utama yang dikenal sebagai produsen (tumbuhan hijau) dan konsumen (fauna) terdiri dari herbivora (hewan pemakan tumbuhan) dan karnivora (hewan pemakan daging) (Odum, 1977). Kedudukan flora dan fauna dalam ekosistem alami selalu terjadi hubungan timbal balik secara berkesinambungan, sehingga terjadi mata rantai untuk mewujudkan ekosistem menjadi stabil (klimaks). Hubungan yang berkesinambungan antara kedua komponen tersebut dapat terjadi rantai pangan, jaring pangan dan terjadi aliran energi secara kontinyu untuk menciptakan kesetabilan ekosistem (homeostasis). Keragaman flora dan fauna dalam suatu ekosistem disebut sebagai sumberdaya hayati, keduanya sebagai komponen penting untuk memainkan peranan penting dalam ekosistem. Negara Indonesia sebagai negara yang beriklim tropis dan memiliki dua musim yaitu musim hujan dan kemarau, yang memiliki keanekaragaman jenis sumberdaya hayati (flora dan fauna) sehingga dijuluki sebagai Negara Mega Biodiversity yang terbesar ke 4 dunia. Adapun jenis flora dan fauna mulai dari tingkat rendah sampai tinggi yang hidup didarat dapat hidup dari berbagai macam habitat, mulai dari dataran rendah (wilayah pesisir) hingga dataran tinggi (pegunungan).

PT Vale Indonesia Tbk. PT Vale Indonesia Tbk (IDX: INCO) merupakan perusahaan tambang dan pengolahan nikel terintegrasi yang beroperasi di Blok Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Perusahaan yang bergerak pada tambang nikel ini telah berdiri sejak 25 Juli 1968. PT Vale adalah bagian dari Vale, perusahaan multitambang yang berpusat di Brasil. Vale merupakan pemimpin global dalam produksi bijih besi dan salah satu produsen nikel terbesar di dunia. Perusahaan ini beroperasi dalam naungan Kontrak Karya yang telah diamandemen pada 17 Oktober 2014 dan berlaku hingga 28 Desember 2025 dengan luas konsesi seluas 118.017 hektar meliputi Sulawesi Selatan (70.566 hektar), Sulawesi Tengah (22.699 hektar) dan Sulawesi Tenggara (24.752 hektar). Perusahaan ini memiliki misi yaitu mengubah sumber daya alam menjadi kemakmuran dan pembangunan yang berkelanjutan, dan misinya adalah menjadi perusahaan sumber daya alam nomor satu di Indonesia yang menggunakan standar global dalam menciptakan nilai jangka panjang, melalui keunggulan kinerja dan kepedulian terhadap manusia dan alam.

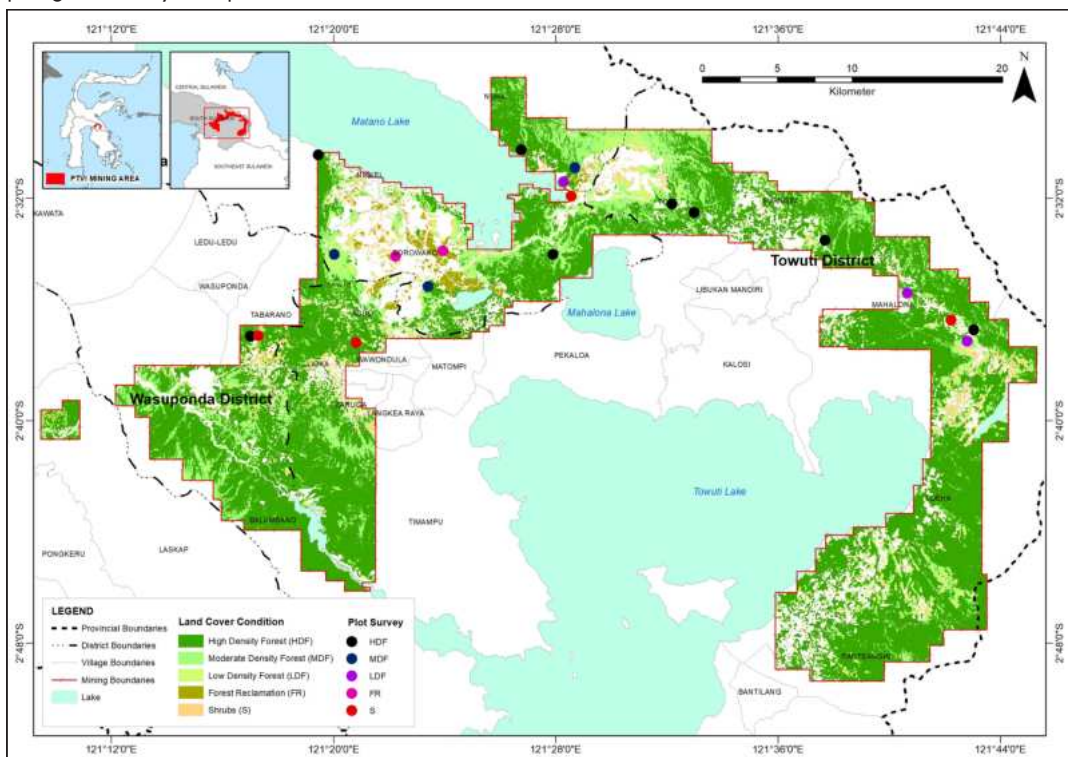
Mengingat kompleksnya keanekaragaman flora dan fauna yang ada di wilayah konsesi PT. Vale Indonesia, maka kegiatan inventarisasi melalui baseline study (studi dasar) flora dan fauna merupakan hal yang paling penting dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman hayati flora dan fauna yang terdapat di dalam kawasan konsesinya. Data dasar menyangkut aspek keanekaragaman hayati berkaitan dengan jenis flora dan fauna ini sangat diperlukan. Data keanekaragaman hayati flora dan fauna di wilayah konsesi PT. Vale Indonesia Tbk. akan menjadi sumber informasi dalam mendukung semua kebijakan dalam perencanaan dan pengelolaan kegiatan pertambangan, baik pra dan pasca penambangan.



2. Metode dan Analisis Data

2.1 Lokasi

Pengamatan keanekaragaman hayati dilakukan berdasarkan keterwakilan pada fungsi kawasan, bentuk lahan dan penutupan lahan. Lokasi pengamatan keanekaragaman hayati dilakukan pada kawasan hutan yang berpenutupan hutan kerapatan tinggi sebanyak 9 kluster (45 subplot), hutan kerapatan sedang sebanyak 5 kluster (25 subplot), hutan kerapatan rendah sebanyak 2 kluster (10 subplot), dan semak belukar sebanyak 4 kluster (20 subplot). Penempatan plot kluster sebanyak 20 kluster (100 sub plot) juga mempertimbangkan aspek bentuk lahan pada wilayah konsesi (Gambar 1.). Dimana wilayah seluas 71.047,29 ha yang menjadi unit pengelolaan dari PT. Vale Indonesia di Provinsi Sulawesi Selatan, bentuk lahannya terbagi menjadi 4 tipe yaitu (i) Dataran lakustrin bermaterial alluvium, (ii) Perbukitan solusional karst bermaterial batuan sedimen karbonat, (iii) Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat, dan (iv) Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar. Penempatan plot kluster pengamatan keanekaragaman ini disebar berdasarkan pembagian blok di wilayah konsesi PT. Vale Indonesia di Provinsi Sulawesi Selatan, yang dalam hal ini hanya ditempatkan pada tiga blok dari lima blok unit pengamatan yakni pada blok Sorowako, Mahalona dan Petea.



Gambar 1. Sebaran Plot Survey Pada Wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia

Tabel 1. Lokasi Pengamatan Keanekaragaman Hayati pada wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia

Plot Kluster	Bentuk lahan	Penutupan	Desa	Kecamatan
VU-01	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Hutan Kerapatan Tinggi	Magani	Nuha
VU-02	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Hutan Kerapatan Tinggi	Nuha	Nuha
VU-03	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Hutan Kerapatan Tinggi	Nuha	Nuha
VU-04	Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat	Hutan Kerapatan Rendah	Nuha	Nuha
VU-05	Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat	Hutan Kerapatan Tinggi	Tole	Towuti
VU-06	Perbukitan solusional karst bermaterial batuan sedimen karbonat	Hutan Kerapatan Tinggi	Tabarano	Wasuponda
VU-07	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Hutan Kerapatan Tinggi	Mahalona	Towuti
VU-08	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Hutan Kerapatan Tinggi	Buangin	Towuti
VU-09	Dataran lakustrin bermaterial aluvium	Hutan Kerapatan Rendah	Mahalona	Towuti
VU-10	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Hutan Kerapatan Sedang	Nuha	Nuha
VU-11	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Hutan Kerapatan Sedang	Sorowako	Nuha
VU-12	Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat	Hutan Kerapatan Sedang (Hutan Reklamasi)	Sorowako	Nuha
VU-13	Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat	Hutan Kerapatan Sedang	Sorowako	Nuha
VU-14	Dataran lakustrin bermaterial aluvium	Hutan Kerapatan Rendah	Mahalona	Towuti
VU-15	Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat	Hutan Kerapatan Rendah (Hutan Reklamasi)	Sorowako	Nuha
VU-16	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Hutan Kerapatan Tinggi	Tole	Towuti
VU-17	Perbukitan solusional karst bermaterial batuan sedimen karbonat	Semak Belukar	Tabarano	Wasuponda
VU-18	Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat	Semak Belukar	Nuha	Nuha
VU-19	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	Semak Belukar	Asuli	Towuti
VU-20	Dataran lakustrin bermaterial aluvium	Semak Belukar	Mahalona	Towuti

2.2 Metode Pengumpulan Data

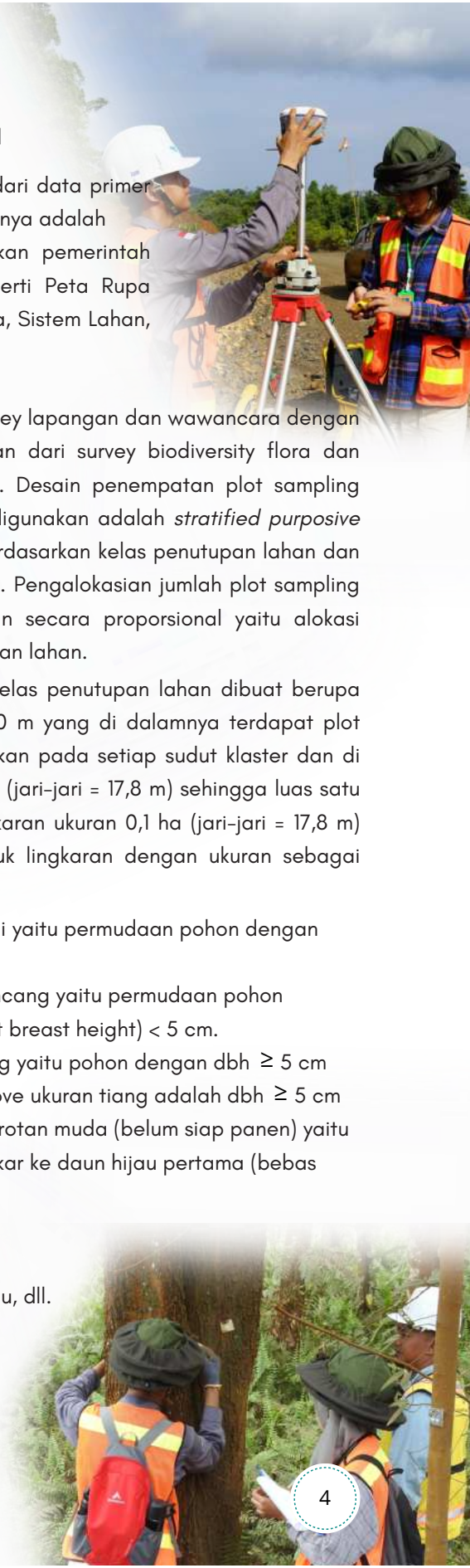
Sumber data untuk menyusun dokumen ini diperoleh dari data primer dan sekunder. Data sekunder yang digunakan diantaranya adalah

1. Peta ekoregion dan peta lainnya yang diterbitkan pemerintah atau lembaga lain yang diakui pemerintah seperti Peta Rupa Bumi, Peta Kawasan Hutan, Peta Administrasi, Peta, Sistem Lahan, Peta DAS, Peta RTRWP/K, dan lain-lain.
2. Peta citra satelit.

Pengumpulan data primer dilakukan melalui kajian survey lapangan dan wawancara dengan penduduk sekitar. Data primer diperoleh berdasarkan dari survey biodiversity flora dan fauna pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia Tbk. Desain penempatan plot sampling survey biodiversity untuk inventarisasi vegetasi yang digunakan adalah *stratified purposive sampling*. Areal yang akan disampling distratifikasi berdasarkan kelas penutupan lahan dan sistem lahan yang berada pada areal konsesi PT Vale. Pengalokasian jumlah plot sampling ke dalam masing-masing penutupan lahan dilakukan secara proporsional yaitu alokasi jumlah plot sampling mempertimbangkan luas penutupan lahan.

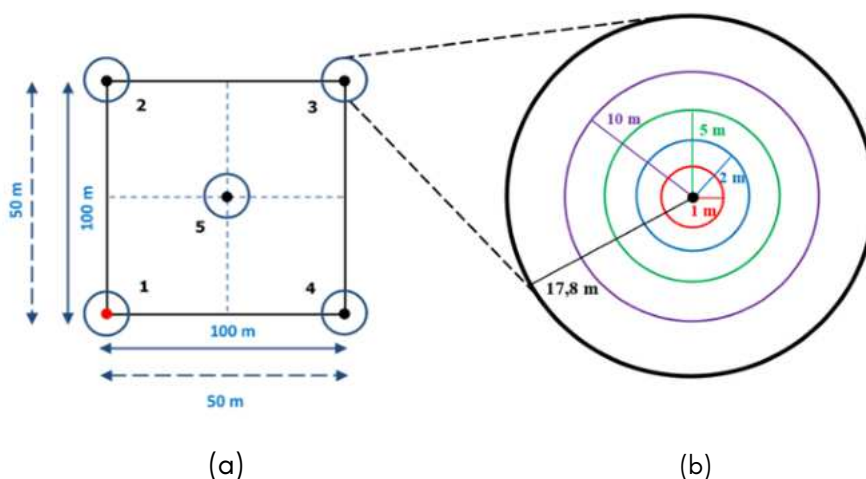
Plot inventarisasi vegetasi pada masing-masing kelas penutupan lahan dibuat berupa klaster berbentuk persegi dengan ukuran 100 m x 100 m yang di dalamnya terdapat plot berbentuk lingkaran sebanyak 5 buah yang ditempatkan pada setiap sudut klaster dan di tengah klaster dengan masing-masing luas plot 0,1 ha (jari-jari = 17,8 m) sehingga luas satu klaster adalah 0,5 ha. Pada masing-masing plot lingkaran ukuran 0,1 ha (jari-jari = 17,8 m) dibuat lagi beberapa subplot pengamatan berbentuk lingkaran dengan ukuran sebagai berikut:

- 1) Sub plot jari-jari 1 m untuk pengamatan tingkat semai yaitu permudaan pohon dengan tinggi < 1,5 m.
- 2) Sub plot jari-jari 2 m untuk pengamatan tingkat pancang yaitu permudaan pohon dengan tinggi tinggi $\geq 1,5$ m tetapi dbh (diameter at breast height) < 5 cm.
- 3) Sub plot jari-jari 5 m untuk pengamatan tingkat tiang yaitu pohon dengan dbh ≥ 5 cm sampai dengan < 20 cm kecuali untuk hutan mangrove ukuran tiang adalah dbh ≥ 5 cm sampai dengan < 10 cm. Pada plot ini juga diamati rotan muda (belum siap panen) yaitu rotan yang mempunyai panjang batang dari leher akar ke daun hijau pertama (bebas pelepah) < 3 m.
- 4) Sub plot jari-jari 10 m untuk pengamatan hasil hutan bukan kayu seperti rotan dewasa (siap panen) yang mempunyai panjang batang ≥ 3 m, bambu, dan sagu, dll.
- 5) Sub plot jari-jari 17,8 m untuk pengamatan Pohon yang mempunyai dbh ≥ 20 cm kecuali untuk hutan mangrove dbh ≥ 10 cm.



Penomoran plot dalam klaster adalah searah jarum jam dimana plot nomor 1 berada pada sudut barat daya titik tengah klaster dan plot nomor 5 berada di titik tengah klaster. Titik pusat Plot 1 disebut juga titik pusat klaster. Desain klaster dan plot sampling dapat dilihat pada berikut.

Pada masing-masing plot tersebut dilakukan pengukuran tinggi pohon, diameter setinggi dada dan identifikasi jenis pohon, tiang, pancang, dan semai. Untuk jenis yang tidak diketahui nama ilmiahnya, dilakukan pengambilan spesimen dengan cara pembuatan herbarium yang kemudian diidentifikasi lebih lanjut pada Laboratorium Konservasi Sumberdaya Hutan & Ekowisata Universitas Hasanuddin dan/atau di Herbarium Bogoriense - LIPI. Seluruh jenis tumbuhan berhabitus pohon yang ditemukan didokumentasikan dengan menggunakan kamera untuk kebutuhan pembuatan database keanekaragaman hayati.



Gambar 2. (a) Desain klaster berbentuk persegi ukuran 100 m x 100 m untuk hutan lahan kering dan (b) Desain Plot Sampling

Data dan informasi tentang potensi fauna dan jasa lingkungan diperoleh dengan cara, yaitu: Menggali informasi dari penduduk sekitar dan studi literature tentang keberadaan fauna di lokasi pengamatan. Survei/pengamatan secara langsung di lapangan. Lokasi pengamatan fauna dilakukan pada daerah teresterial dan akuatik. Pada daerah teresterial dilakukan di lokasi yang sama dengan pengambilan data vegetasi. Survey dilakukan dalam plot klaster maupun pada saat perpindahan antar klaster. Pengamatan pada daerah teresterial dilakukan untuk kelompok aves, mamalia dan juga herpetofauna dilaksanakan di dalam klaster pada kelima subplot pengamatan berukuran jari-jari 17.8 m yang dapat dilihat pada Gambar 2. Pada daerah akuatik, khusus kelompok herpetofauna, survei juga dilakukan dengan menggunakan metode jalur berukuran 10 m x 50 m mengikuti arah sungai yang ditemukan pada atau dekat lokasi pengambilan sampel. Selain herpetofauna, jenis aves dan mamalia yang ditemukan pada jalur akuatik juga dicatat.

Pemasangan kamera trap juga dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai jenis fauna yang tidak ditemukan secara langsung pada saat pengamatan di lapangan. Identifikasi fauna dilakukan berdasarkan perjumpaan langsung, penemuan jejak/kotoran dan suara. Adapun data yang dikumpulkan adalah spesies, jumlah individu, aktivitas satwa, pemanfaatan ruang (lokasi satwa liar dalam strata hutan), waktu teramatinya satwa, serta kondisi habitat tempat ditemukannya satwa. Pengambilan dokumentasi jenis fauna juga sedapat mungkin dilakukan seperti halnya yang dilakukan pada jenis flora. Untuk penghitungan stok karbon dilakukan pada kawasan yang memiliki stok karbon tinggi dan harus dilindungi dengan lahan-lahan terdegradasi yang boleh dikembangkan. Pendekatan stok karbon tinggi mengidentifikasi hutan yang harus dilindungi dan lahan terdegradasi yang boleh dikembangkan. Data primer yang dikumpulkan untuk penghitungan stok karbon ini adalah data geospasial terkini yang tersedia meliputi Citra Satelit Sentinel atau citra resolusi tinggi lainnya, Data Inventarisasi Plot Lapangan terkait Komposisi dan Struktur Vegetasi.

2.3 Analisis Data

Data yang dikumpulkan dari hasil pengamatan dilapangan kemudian diolah untuk mendapatkan informasi tentang jumlah jenis, jumlah individu dan indeks keanekaragaman flora dan fauna. Indeks keanekaragaman jenis dihitung dengan menggunakan rumus Shannon sebagai berikut:

$$H' = - \sum \left\{ \left(\frac{n_i}{n} \right) \ln \left(\frac{n_i}{n} \right) \right\}$$

Dimana: H' = Indeks keanekaragaman,
 n_i = Jumlah individu perjenis,
 n = Jumlah total individu.

Untuk analisis tutupan lahan terkini, stok karbon, jasa ekosistem, dan penilaian biodiversity dilakukan melalui analisis spasial. Analisis spasial ini dilakukan dengan menggunakan analisis data vector, analisis data citra satelit dan analisis data tabular yang ada

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Tutupan dan Bentang Lahan

3.1.1 Kondisi Tutupan Lahan

Di dalam unit pengelolaan yang menjadi wilayah kontrak karya PT. Vale Indonesia di Provinsi Sulawesi Selatan, seluas 71.047,29 ha terdapat areal yang ditetapkan sebagai kawasan konservasi sebesar 0,67% berupa Taman Wisata Alam (TWA) dan hutan lindung (HL) sebesar 58,70% dari total luas wilayah pengelolaan dan selebihnya merupakan hutan produksi terbatas (HPT) sebesar 24,22% dan areal penggunaan lain (APL) sebesar 16,42% (Gambar 3). Data ini didasarkan pada SK MenLHK Nomor: 362/Menlhk/Setje/PLA.0/5/2019 tentang Perubahan Kawasan Hutan Menjadi Bukan Kawasan Hutan, Perubahan Fungsi Kawasan Hutan dan Penunjukan Bukan Kawasan Hutan Menjadi Kawasan Hutan di Provinsi Sulawesi Selatan.

Tabel 2. Fungsi Kawasan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

No.	Fungsi Kawasan	Luas	
		(Ha)	(%)
1	Hutan Konservasi	437,62	0,67%
2	Hutan Lindung	41.703,71	58,70%
3	Hutan Produksi Terbatas	17.204,88	24,22%
4	Areal Penggunaan Lain	11.665,08	16,42%
Total		71.047,29	100,00%

Sumber: SK No. 362/Menlhk/Setjen/PLA.0/5/2019

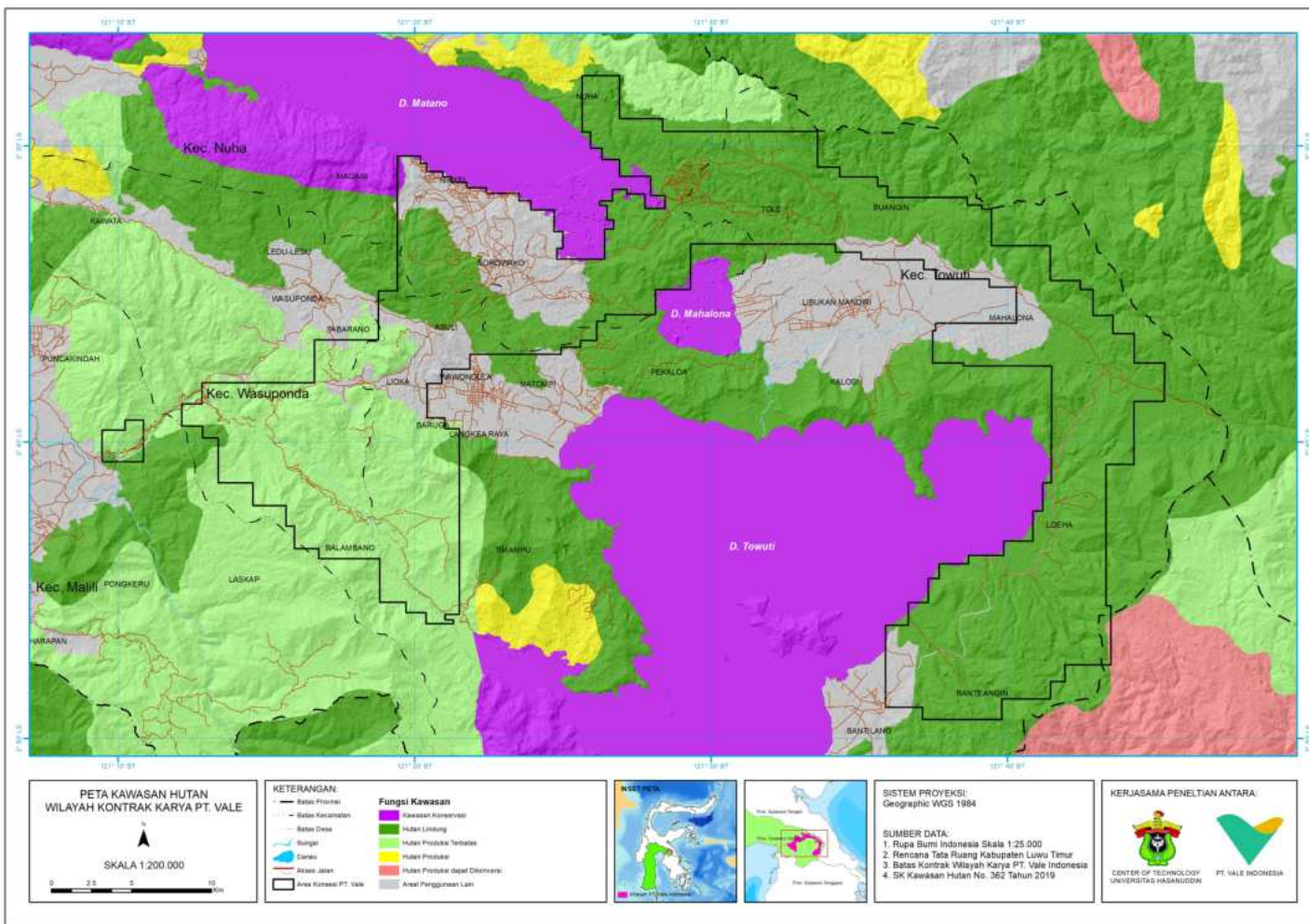
Berdasarkan hasil interpretasi dengan menggunakan Citra Sentinel Rekaman 2019 memperlihatkan bahwa di dalam unit pengelolaan yang menjadi wilayah kontrak karya PT. Vale Indonesia di Provinsi Sulawesi Selatan seluas 71.047,29 ha terdapat areal penutupan lahan yang terbagi menjadi Hutan Kerapatan Tinggi, Hutan Kerapatan Sedang, Hutan Kerapatan Rendah, Semak Belukar, Rawa, Tegalan/Ladang, Sawah, Tanah Terbuka, Okupasi Tambang, Sungai, Danau, Kolam, Bendungan, Permukiman, Industri, Bandara, dan Jalan (Tabel 3. dan Gambar 4). Tabel 3. menunjukkan bahwa terdapat 42,97 % (30.526,49 Ha) berpenutupan hutan kerapatan tinggi, 14,05% (9.985,64 Ha) berpenutupan hutan kerapatan sedang, 8,66% (6.151,93 Ha) berpenutupan hutan kerapatan rendah, dan 3,78% (2.686,15 Ha) berpenutupan semak belukar.



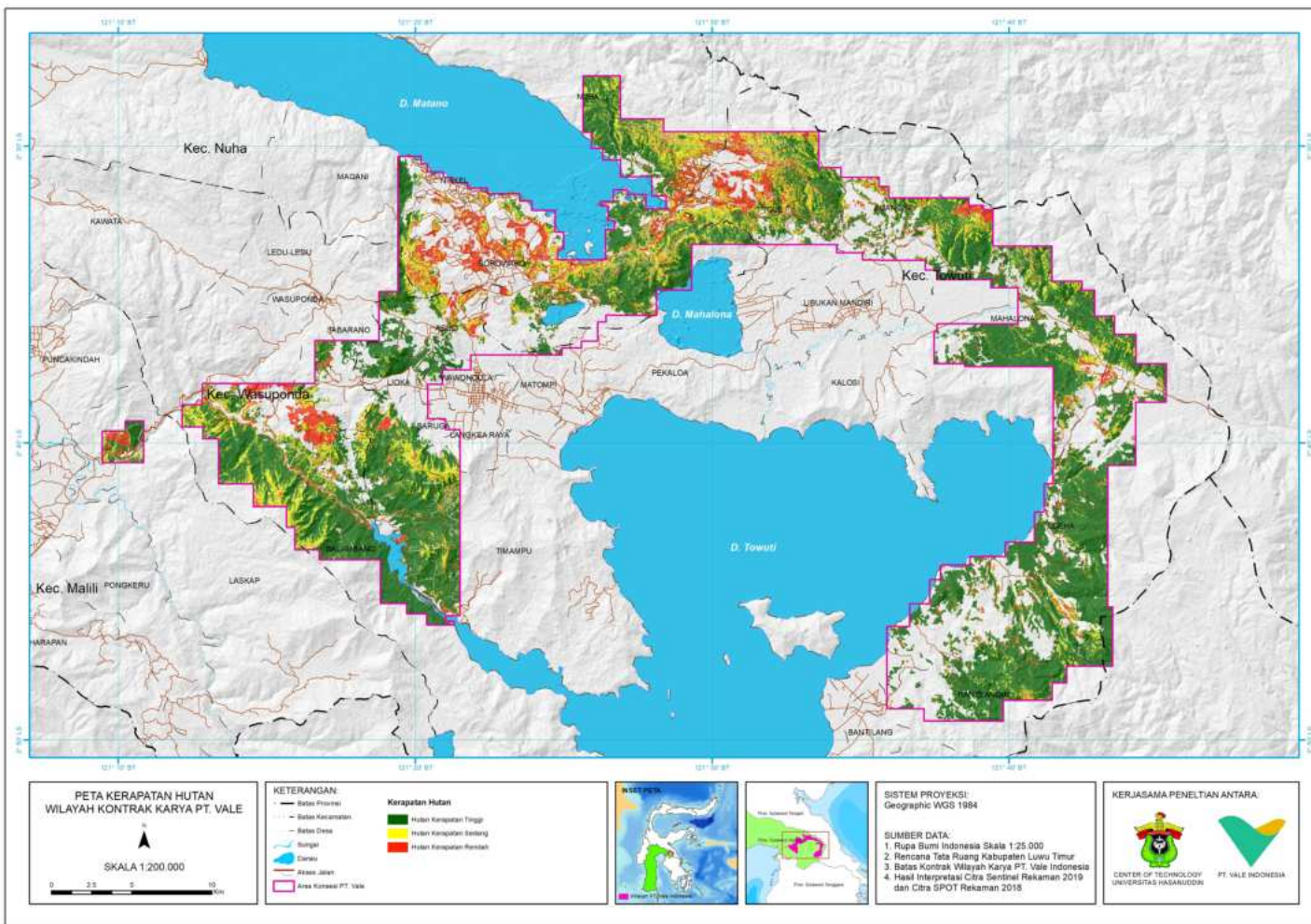
Tabel 3. Penutupan Lahan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

No.	Penutupan Lahan	Luas	
		(Ha)	(%)
1	Hutan Kerapatan Tinggi	30.526,49	42,97%
2	Hutan Kerapatan Sedang	9.985,64	14,05%
3	Hutan Kerapatan Rendah	6.151,93	8,66%
4	Semak Belukar	2.686,15	3,78%
5	Rawa	21,41	0,03%
6	Tegalan/Ladang	15.033,02	21,16%
7	Sawah	244,46	0,34%
8	Tanah Terbuka	1.132,19	1,59%
9	Okupasi tambang	2.956,55	4,16%
10	Sungai	190,32	0,27%
11	Danau	1.231,29	1,73%
12	Kolam	129,82	0,18%
13	Bendungan	4,99	0,01%
14	Pemukiman	239,77	0,34%
15	Industri	131,01	0,18%
16	Bandara	23,63	0,03%
17	Jalan	357,60	0,50%
Total		71.047,29	100,00%

Sumber: Hasil Interpretasi Citra Tahun 2020.



Gambar 3. Peta Fungsi Kawasan Hutan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan



Gambar 4. Peta Tingkat Kerapatan Hutan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

3.1.2 Bentang Lahan

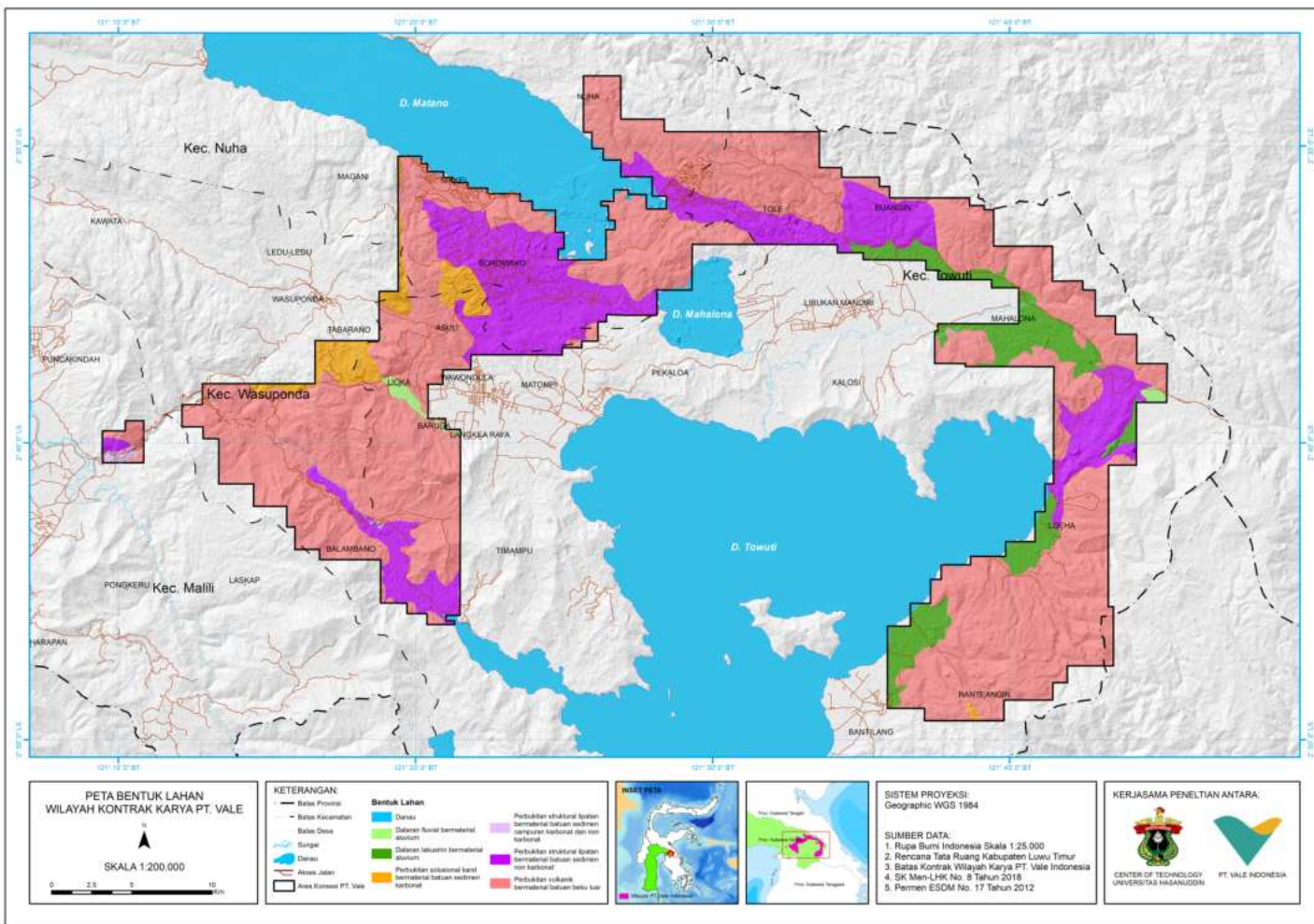
Areal yang memiliki ekosistem langka atau terancam punah seperti elemen bentang alam merupakan tipe-tipe ekosistem khas wilayah tropis seperti hutan karst, Hutan mangrove, hutan rawa, hutan pantai, hutan gambut, hutan kerangas, dan hutan hujan tropika. Penetapan bentang lahan disuatu wilayah didasarkan pada UU No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 11 dimana disebutkan terkaitnya pentingnya inventarisasi lingkungan hidup yang dalam hal ini adalah penetapan ekoregion. Oleh karenanya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan mengeluarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: SK.8/MENLHK/SETJEN/PLA.3/ 1/2018 tentang Penetapan Wilayah Ekoregion Indonesia. Pentingnya inventarisasi lingkungan hidup diuraikan lebih lanjut dalam pasal 21 UU No. 32 tahun 2009 adalah untuk menetapkan kriteria kerusakan lingkungan pada beberapa ekosistem seperti kerusakan tanah, kerusakan terumbu karang, kerusakan lingkungan hidup yang berkaitan dengan kebakaran hutan dan/atau lahan, kerusakan mangrove, kerusakan padang lamun, kerusakan gambut, kerusakan karst dan kerusakan ekosistem lainnya.

Berdasarkan data ekoregion bentuk lahan yang dikeluarkan oleh Ditjen Planologi dan Tata Lingkungan KLHK (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 8 Tahun 2018 tentang Penetapan Wilayah Ekoregion Indonesia) yang dipadukan dengan data penetapan kawasan bentang karst (Permen ESDM No. 17 Tahun 2012 tentang Penetapan Kawasan Bentang Alam Karst), salah satu ekosistem yang perlu dilindungi di wilayah konsesi PT. Vale Indonesia di Provinsi Sulawesi Selatan adalah kawasan karst yang berupa Perbukitan solusional karst bermaterial batuan sedimen karbonat dengan luas sebesar 3,24% dari total luas wilayah konsesi PT. Vale Indonesia di Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun secara rinci sebaran bentuk lahan pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia diuraikan sebagai berikut.

Tabel 4. Bentuk Lahan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

No.	Fungsi Kawasan	Luas	
		(Ha)	(%)
1	Danau	292,01	0,41%
2	Dataran fluvial bermaterial aluvium	380,36	0,54%
3	Dataran Lakustin bermaterial aluvium	4.790,78	6,74%
4	Perbukitan Solusional karst bermaterial batuan sedimen karbonat	2.301,31	3,24%
5	Perbukitan Struktur Lipatan bermaterial batuan sedimen campuran karbonat dan non karbonat	149,51	0,21%
6	Perbukitan Struktur Lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat	15.030,69	21,16%
7	Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar	48.102,57	67,71%
Total		71.047,29	100,00%

Sumber: Pengolahan Data Spasial Ekoregion Pulau Sulawesi dan Kawasan Bentang Alam Karst.



Gambar 5. Peta Bentuk Lahan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

3.2 Flora

Dari seluruh plot kluster pengamatan yang disebar di wilayah ekosistem PT. Vale Indonesia, tidak pada semua plot ditemukan bervegetasi hutan dan semak, melainkan terdapat pula sejumlah plot yang telah diokupasi oleh masyarakat untuk dijadikan sebagai perkebunan, utamanya untuk perkebunan merica. Berdasarkan hasil survey pada 20 kluster lokasi pengamatan yang direncanakan diawal kegiatan, maka diperoleh bahwa hanya terdapat 18 kluster lokasi pengamatan yang dapat diamati dan dianalisis datanya untuk aspek analisis vegetasi. Terdapat 2 kluster pengamatan yang tidak dapat dijadikan sebagai data dasar dalam analisis data flora, dimana 1 kluster lokasi pengamatan tidak dapat diakses untuk diamati dan 1 kluster lainnya merupakan areal yang telah terbuka dengan tutupan kebun merica. Berdasarkan dari seluruh kluster lokasi pengamatan yang telah dilakukan maka ke-18 kluster pengamatan tersebut dapat dikelompokkan menjadi 5 (lima) kelompok tutupan yaitu Hutan Kerapatan Tinggi (HKT) sebanyak 7 kluster (35 Plot), Hutan Kerapatan Sedang (HKS) sebanyak 3 kluster (15 Plot), Hutan Kerapatan Rendah (HKR) sebanyak 3 kluster (15 Plot), Hutan Reklamasi (HR) sebanyak 2 kluster (10 Plot), dan Semak Belukar (SB) sebanyak 3 kluster (15 Plot).

Tabel 5. Pengelompokan lokasi kluster pengamatan

Tipe Tutupan	Kluster	Bentuk Lahan	Tutupan
Hutan Ke- rapatan Tinggi (HKT)	VU-01	Perbukitan karst dengan material batuan sedimen karbonat	Hutan Kerapatan Tinggi
	VU-02	Perbukitan vulkanik dengan material batuan beku di luarnya	Hutan Kerapatan Tinggi
	VU-05	Perbukitan struktural dengan material batuan sedimen non-karbonat	Hutan Kerapatan Tinggi
	VU-06	Perbukitan karst dengan material batuan sedimen karbonat	Hutan Kerapatan Tinggi
	VU-07	Perbukitan vulkanik dengan material batuan beku di luarnya	Hutan Kerapatan Tinggi
	VU-08	Perbukitan vulkanik dengan material batuan beku di luarnya	Hutan Kerapatan Tinggi
	VU-16	Perbukitan vulkanik dengan material batuan beku di luarnya	Hutan Kerapatan Tinggi
Hutan Ke- rapatan Rendah (HKR)	VU-10	Perbukitan vulkanik dengan material batuan beku di luarnya	Hutan Kerapatan Sedang
	VU-11	Perbukitan vulkanik dengan material batuan beku di luarnya	Hutan Kerapatan Sedang
	VU-13	Perbukitan struktural dengan material batuan sedimen non-karbonat	Hutan Kerapatan Sedang
Hutan Ke- rapatan Sedang (HKS)	VU-04	Perbukitan struktural dengan material batuan sedimen non-karbonat	Hutan Kerapatan Rendah
	VU-09	Pelat lakustrin dengan bahan alluvium	Hutan Kerapatan Rendah
	VU-14	Pelat lakustrin dengan bahan alluvium	Hutan Kerapatan Rendah
Hutan Reklamasi (HR)	VU-12	Perbukitan struktural dengan material batuan sedimen non-karbonat	Hutan Kerapatan Sedang
	VU-15	Perbukitan struktural dengan material batuan sedimen non-karbonat	Hutan Kerapatan Rendah
Semak Be-lukar (SB)	VU-17	Perbukitan karst dengan material batuan sedimen karbonat	Semak Belukar
	VU-18	Perbukitan struktural dengan material batuan sedimen non-karbonat	Semak Belukar
	VU-19	Perbukitan vulkanik dengan material batuan beku di luarnya	Semak Belukar

Data lapangan yang diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan untuk tumbuhan tingkat pohon kemudian di analisis keanekaragamannya berdasarkan pada pengelompokkan klaster seperti yang disebutkan sebelumnya. Adapun analisis keanekaragaman flora tumbuhan tingkat pohon diperlihatkan dengan menganalisis sebaran jumlah individu, jumlah spesies, luas bidang dasar (LBD), dan indeks keanekaragaman per klaster yang dapat dilihat pada Tabel 6. sebagai berikut.

Tabel 6. Sebaran Jumlah Individu (N), Jumlah Spesies (S), LBDS, Indeks Keanekaragaman Hayati ('H) flora tingkat pohon pada seluruh klaster pengamatan

Tipe Tutupan	Klaster	Jumlah Spesies (S)			Jumlah Individu (N) /Ha			LBD (cm ²) /Ha	Biodiversity Index of Shannon (H)		
		P	AP	S	P	AP	S		P	AP	S
Hutan Kerapatan Tinggi (HKT)	1	32	20	20	660	3,429	33,121	150,975	2.81	2.66	2.67
	2	33	19	21	1,071	3,500	54,140	181,088	2.84	2.71	2.66
	5	29	19	26	923	3,000	58,599	197,813	2.95	2.73	3.05
	6	26	28	18	666	4,071	22,293	153,279	2.83	3.15	2.74
	7	33	31	21	1,043	4,000	40,764	198,821	2.91	3.25	2.78
	8	24	24	16	1,015	3,786	26,115	163,797	2.97	2.91	2.44
	16	31	24	35	943	3,143	68,790	199,211	3.00	3.01	3.16
	Rata-rata	30	24	22	903	3,561	43,403	177,855	2.90	2.92	2.79
Hutan Kerapatan Sedang (HKS)	10	32	25	29	803	9,683	75,159	112,152	2.79	2.91	2.87
	11	23	14	10	1,227	5,397	19,745	213,609	2.58	2.31	1.95
	13	28	15	15	1,015	4,762	21,656	65,951	2.93	2.59	2.48
	Rata-rata	28	18	18	1,015	6,614	38,854	130,571	2.76	2.61	2.43
Hutan Kerapatan Rendah (HKR)	4	22	20	22	966	6,349	30,573	176,125	2.46	2.73	2.79
	9	21	13	22	571	5,238	45,860	110,548	2.43	2.35	2.67
	14	17	19	18	735	7,619	66,879	153,870	2.23	2.62	1.87
	Rata-rata	20	17	21	757	6,402	47,771	146,848	2.37	2.56	2.44
Hutan Reklamasi (HR)	12	13	8	3	640	4,127	8,280	84,595	1.89	1.53	0.54
	15	21	9	9	860	5,397	22,930	164,048	2.40	1.98	2.07
	Rata-rata	17	9	6	750	4,762	15,605	124,321	2.14	1.75	1.31
Semak Belukar (SB)	17	12	9	3	468	5,079	6,369	44,891	1.72	1.87	1.03
	18	7	8	2	487	3,175	2,548	41,701	1.88	1.82	0.69
	19	13	8	5	149	2,063	5,732	33,224	2.10	1.84	1.43
	Rata-rata	11	8	3	368	3,439	4,883	39,939	1.90	1.84	1.05

Keterangan :

P = Pohon (DBH $\geq$ 5 cm)

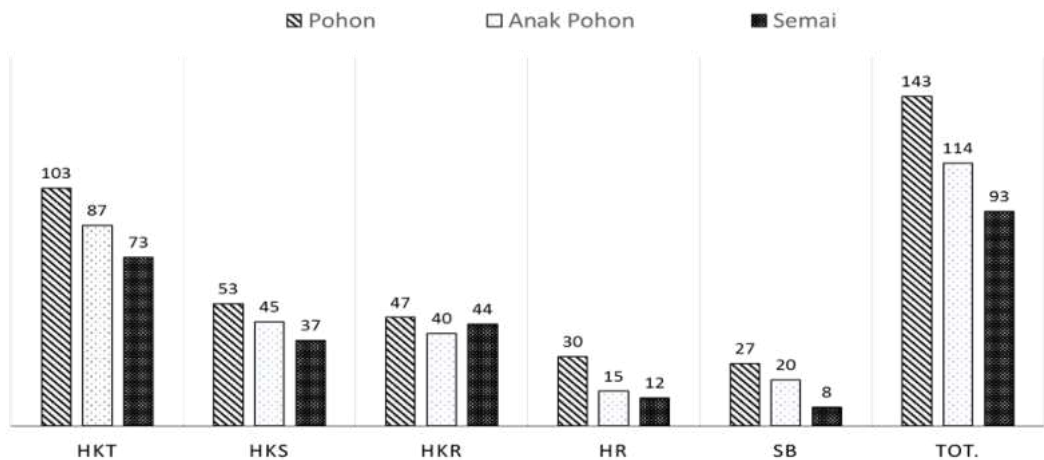
AP = Anak Pohon (Permudaan pohon dengan tinggi $\geq$ 1,5 m tetapi DBH < 5 cm)

S = Semai (Permudaan pohon dengan tinggi < 1,5 m)

Rata-rata jumlah spesies tumbuhan tingkat pohon yang terdapat pada klaster hutan dengan kerapatan tinggi (HKT) secara berurutan dari tingkat pohon, anakan pohon, dan semai, yaitu 30 spesies, 24 spesies, dan 22 spesies. Hutan kerapatan sedang mempunyai jumlah spesies rata-rata secara berurutan dari tingkat pohon, anakan pohon, dan semai, yaitu 28 spesies, 18 spesies, dan 18 spesies. Hutan kerapatan rendah mempunyai jumlah spesies rata-rata secara berurutan dari tingkat pohon, anakan pohon, dan semai, yaitu 20 spesies, 17 spesies, dan 21 spesies. Hutan reklamasi mempunyai jumlah spesies rata-rata secara berurutan dari tingkat pohon, anakan pohon, dan semai, yaitu 17 spesies, 9 spesies, dan 6 spesies. Sementara untuk tutupan semak belukar, jumlah spesies rata-ratanya secara berurutan dari tingkat pohon, anakan pohon, dan semai, yaitu 11 spesies, 8 spesies, dan 3 spesies.

Hutan dengan kerapatan tinggi ini memiliki nilai rata-rata jumlah spesies tumbuhan yang tertinggi dibandingkan dengan kelompok klaster tutupan hutan lainnya yang terdapat di areal konsesi PT. Vale. Apabila dibandingkan dengan hutan reklamasi, nilai jumlah jenis dengan hutan kerapatan tinggi memiliki nilai yang cukup jauh berbeda.

Apabila dilihat dari hasil tabulasi data (Gambar 6.) untuk jumlah spesies keseluruhan yang terdapat pada lokasi kajian PT. Vale, maka dapat diperoleh bahwa terdapat 143 spesies dari 44 famili untuk tingkat pohon, 114 spesies 49 famili untuk tingkat anakan pohon, dan 93 spesies dari 40 famili untuk tingkat semai. Dari keseluruhan spesies untuk tingkat pohon tersebut (114 spesies), kalau dilihat dari masing-masing klaster tutupan lahan maka jumlah jenis untuk HKT sebanyak 103 spesies, HKS sebanyak 53 spesies, HKR sebanyak 47 spesies, HR sebanyak 30 spesies, dan SB sebanyak 27 spesies. Untuk tingkat anakan pohon dengan jumlah keseluruhan sebanyak 114 spesies, jumlah spesies anakan pohonnya pada masing-masing klaster tutupan untuk HKT sebanyak 87 spesies, HKS sebanyak 45 spesies, HKR sebanyak 40 spesies, HR sebanyak 15 spesies, dan SB sebanyak 20 spesies. Sementara untuk tingkat semai, jumlah spesies semai pada masing-masing tutupan lahan secara berurutan dari HKT, HKS, HKR, HR, dan SB, yaitu 73 spesies, 37 spesies, 44 spesies, 12 spesies, dan 8 spesies.



Gambar 6. Jumlah keseluruhan spesies (S) tumbuhan pada masing tipe tutupan lahan

Dari 143 spesies tumbuhan tingkat pohon (Lampiran 2.), spesies yang paling banyak mendominasi dilihat dari nilai indeks nilai pentingnya antara lain adalah *Dillenia serrata*, *Palaquium obovatum*, *Syzygium acuminatissima*, *Melicope maliliensis*, *Horsfieldia glabra*, *Santiria laevigata*, *Canarium sp.*, *Castanopsis javanica*, *Alstonia macrophylla*, *Weinmannia devigeli*, dan *Manilkara fasciculata*. Lampiran 3. memperlihatkan bahwa spesies yang memiliki nilai indeks nilai penting yang tinggi pada tingkat anakan pohon dari 114 spesies yang ditemukan antara lain adalah *Callophyllum soulattri*, *Homalanthus populneus*, *Palaquium obovatum*, *Weinmannia devigeli*, *Stemonurus celebicus*, *Dillenia serrata*, *Santiria laevigata*, *Melicope maliliensis*, *Cinnamomum sp.*, dan *Horsfieldia glabra*. Sementara untuk di tingkat semai, spesies yang memiliki nilai indeks nilai penting yang tinggi dari 93 spesies yang ditemukan antara lain adalah *Callophyllum soulattri*, *Melicope maliliensis*, *Palaquium obovatum*, *Dillenia serrata*, *Cinnamomum sp.*, *Horsfieldia glabra*, *Garcinia rigida*, *Ganophyllum sp.* dan *Ardisia copelandii* (Lampiran 4.).

Berdasarkan pada hasil tabulasi diperoleh bahwa terdapat 179 spesies tumbuhan pada tingkat pertumbuhan pohon, anakan pohon, dan semai di dalam kawasan konsesei PT. Vale. Secara keseluruhan, family dari Euphorbiaceae, Myrtaceae, Moraceae, dan Rubiaceae yang banyak menyumbangkan anggota jenisnya pada ekosistem di wilayah konsesi PT. Vale. Beberapa famili lainnya yang hanya menyumbangkan satu persatu anggota jenisnya yaitu famili dari Aceraceae, Annonaceae, Araucariaceae, Araceae, Bignoniaceae, Cunoniaceae, Cyatheaceae, Cyperaceae, Dilleniaceae, Lecytidaceae, Leeaceae, Marantaceae, Orchidaceae, Oxalidaceae, Polypodiaceae, Proteaceae, Selaginellaceae, Simarabaceae, Stemonuraceae, Tectariaceae, dan Urticaceae.





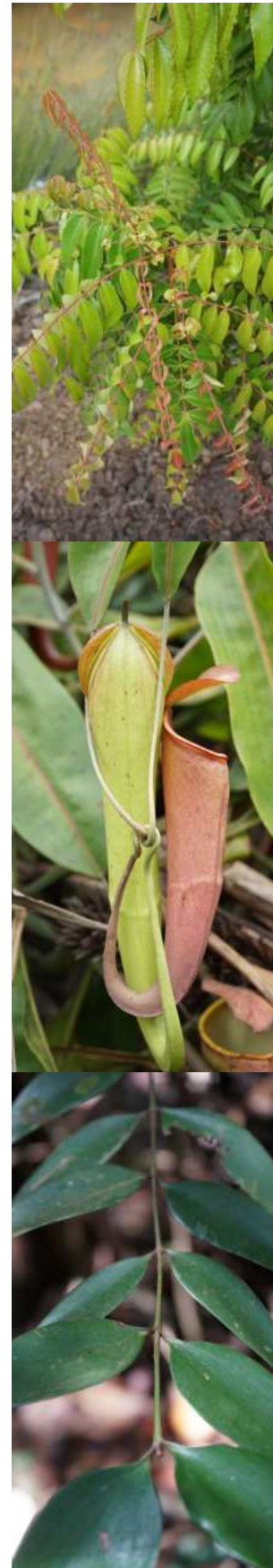
Berdasarkan hasil survey dan analisis vegetasi yang dilakukan oleh tim survei diketahui bahwa pada hutan kerapatan tinggi ditemukan berbagai jenis pohon penting antara lain *Dillenia serrata*, *Agathis dammara*, *Manilkara fascicularis*, *Carallia brachiata*, *Palaquium sp.*, *Lithocarpus celebicus*, *Santiria laevigata*, *Calophyllum*, *Horsfieldia*. Pada areal vegetasi hutan kerapatan sedang ditemukan kurang lebih mirip dengan jenis-jenis yang berada pada hutan kerapatan tinggi, antara lain *Canarium*, *Litocarpus*, *Carallia brachiata*, *Eucalyptus*, *Calophyllum soulatri*, *Elaocarpus*, dan *Alphitonia incana*. Untuk penutupan hutan dengan kerapatan rendah banyak didominasi oleh jenis *Gymnostoma*, *Trema orientalis*, *Dillenia serrata* dan beberapa jenis pionir seperti *Weinmannia*, *Colona scabra*, *Alphitonia incana*, *Melicope maliliensis* dan beberapa jenis dari genus *Macaranga*. Sedangkan pada areal yang berpenutupan semak belukar banyak didominasi jenis *Dillenia serrata*, *Weinmannia*, *Alphitonia incana*, *Glocidion*, *Melastoma* dan beberapa jenis rumput dari genus *Poacea*. Beberapa jenis rumput yang banyak tumbuh pada areal semak belukar diantaranya adalah *Brachiaria decumbens*, *Dinochloa sp*, *Imperata cylindrica*, *Isachne globose*, *Saccarum spontaneum* dan jenis herba seperti *Cromolaena odorata* dan *Lantana camara*.

Dari keseluruhan spesies tumbuhan tingkat pohon yang ditemukan, terdapat 11 (sebelas) spesies yang tergolong endemik. Ke-sebelas spesies tersebut antara lain adalah *Diospyros celebica*, *Agathis damara*, *Kjelbergiodendron celebicum*, *Lithocarpus celebicus*, *Dillenia serrata*, *Garcinia celebica*, *Weinmannia devogelii*, *Pterocarpus indicus*, *Pterospermum celebicum*, *Sarcotheca celebica*, dan *Stemonurs celebicus* (Lampiran 1.). Selain, ke-sebelas spesies yang tergolong endemik tersebut, spesies endemik lainnya dari family *Dipterocarpaceae* juga ditemukan di luar plot pengamatan, yaitu *Hopea celebica*.

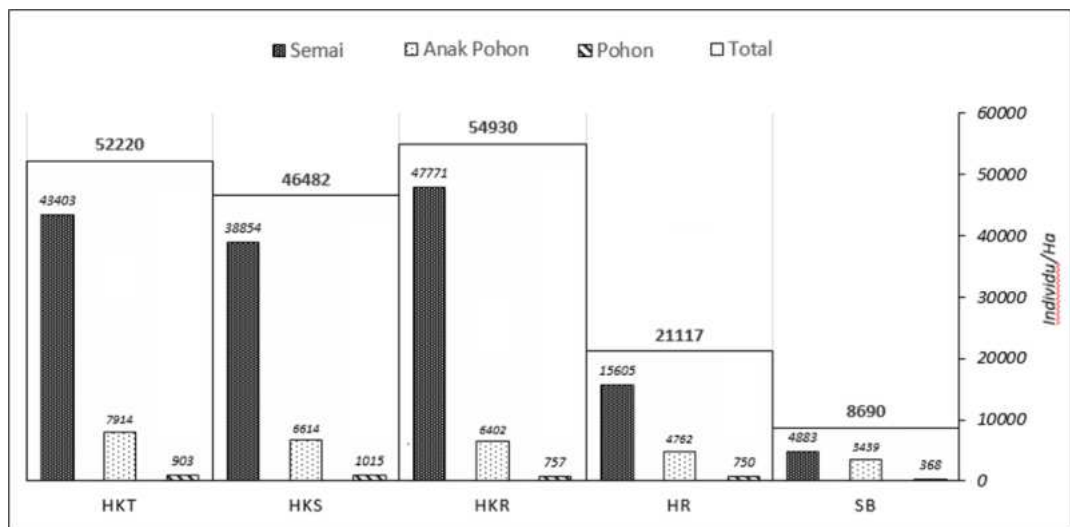
H.C. Hopkins menyatakan bahwa *Weinmannia devogelii* H.C. Hopkins merupakan tumbuhan endemik Danau Matano. Spesies dari famili Cunnonaceae ini menyebar hampir keseluruhan tipe tutupan lahan, dimana spesies ini dapat beradaptasi dengan baik pada berbagai kondisi tanah sehingga jenis ini sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai tanaman reklamasi. Selain itu, terdapat pula spesies yang terancam punah (*endangered*) berdasarkan RED List IUCN dari keduabelas spesies yang tergolong endemik tersebut yaitu *Pterocarpus indicus* dan *Hopea celebica*. Spesies yang tergolong terancam punah ini ditemukan pada ekosistem karst. Selain daripada spesies yang tergolong terancam punah tersebut terdapat pula 3 spesies yang tergolong dilindungi berdasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018. Ketiga spesies tersebut merupakan spesies yang tergolong herba yaitu *Nepenthes maxima*, *Nepenthes tentaculata*, dan *Nepenthes petiolata*. Spesies dari family Nepethaceae ini sebagian besar banyak menyebar pada areal semak belukar dengan ekosistem berawa di sekitar danau. Namun pada beberapa lokasi juga sempat ditemukan menyebar pada areal hutan dengan kerapatan rendah dan sedang.

Berdasarkan luas bidang dasar (LBD) yang di perlihatkan pada Tabel 6, kawasan yang berpenutupan HKT memiliki rata-rata luas bidang dasar sebesar 17,79 m²/Ha, HKS memiliki rata-rata luas bidang dasar sebesar 13,06 m²/Ha, HKR memiliki rata-rata luas bidang dasar sebesar 14,68 m²/Ha, HR memiliki rata-rata luas bidang dasar sebesar 12,43 m²/Ha, dan SB memiliki rata-rata luas bidang dasar sebesar 3,99 m²/Ha. Nilai LBD pada tutupan HR ini dapat dikategorikan cukup tinggi apabila dibandingkan dengan nilai LBD pada tutupan HKT. Walaupun sebenarnya apabila dilihat secara jenis spesies yang memiliki nilai dominansi yang tinggi berbeda jenisnya pada ke-dua tipe tutupan tersebut (HKT & HR). Dimana pada tutupan HR, spesies yang banyak mendominasi adalah jenis-jenis tumbuhan seperti *Gymnostoma rumphianum* dan *Paraserianthes falcataria*. Sementara pada tutupan HKT, spesies seperti *Palaquium obovatum*, *Santiria laevigata*, *Castanopsis javanica*, dan *Dillenia serrata* yang merupakan spesies yang banyak menyumbangkan nilai lbd yang tinggi. Namun apabila dibandingkan dengan nilai luas bidang dasar (basal area) dengan hutan tropis lain yang terdapat di Indonesia, nilainya luas bidang dasarnya tergolong rendah.

Selain dari pada jumlah spesies dan luas bidang dasar, keragaman juga dapat digambarkan pada sebaran jumlah individunya pada tiap tingkat pertumbuhan mulai dari



sampai dengan pohon. Dilihat dari jumlah rata-rata individu per hektar untuk tingkat pohon pada masing-masing tipe tutupan, hutan dengan tipe tutupan HKS yang memiliki jumlah individu rata-rata yang tertinggi sebanyak 1.015 individu/ha, kemudian disusul dengan tipe tutupan lahan yang lain yaitu secara berurutan (tertinggi ke terendah) dari HKT, HKR, HR, dan SB yaitu 903 individu per hektar, 757 individu per hektar, 750 individu per hektar, 368 individu per hektar. Untuk tingkat anak pohon, jumlah individu pada tutupan HKT sebanyak 7.914 individu per hektar, HKS sebanyak 6.614 individu per hektar, HKR sebanyak 6.402 individu per hektar, HR sebanyak 4.762 individu per hektar, dan SB sebanyak 3.439 individu per hektar. Sementara untuk tingkat semai, jumlah individu yang tertinggi sampai ketinggian yang terendah secara berurutan yaitu HKR (47.771 individu per hektar), HKT (43.403 individu per hektar), HKS (38.854 individu per hektar), HR (15.605 individu per hektar), dan SB (4.883 individu per hektar). Secara keseluruhan, hutan dengan tipe tutupan HKR yang memiliki jumlah individu tertinggi dibandingkan dengan tipe tutupan lainnya (HKT, HKS, HR dan SB).

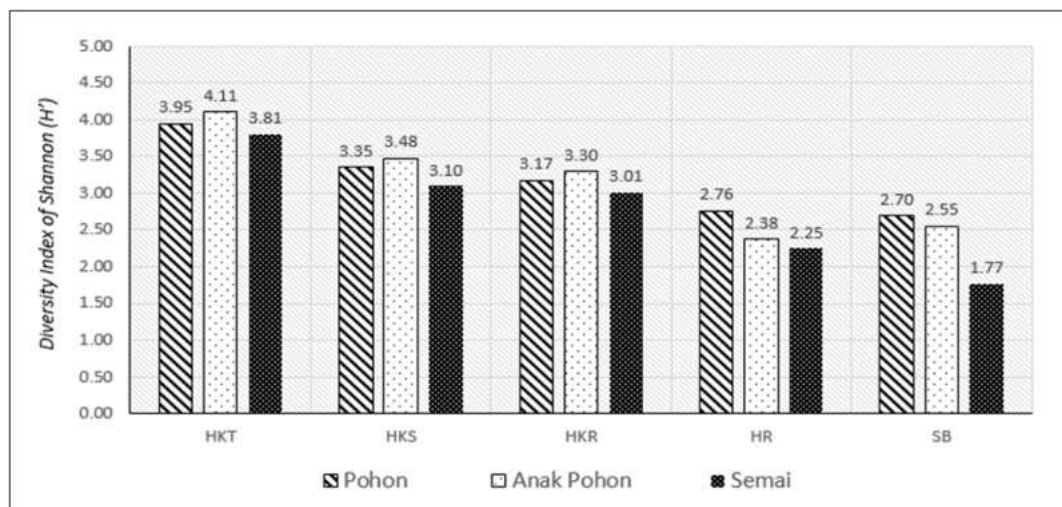


Gambar 7. Jumlah Individu (N) tumbuhan pada masing tipe tutupan lahan

Jika jumlah individu pada HKR ini diperbandingkan dengan kawasan hutan hasil reklamasi (HR) pada tahun 2002 (VU12) dan tahun 2004 (VU15), maka jumlah individunya jauh berbeda dua kali lipat. Tingginya jumlah individu pada tutupan HKT disebabkan karena sebagian besar pohon-pohonnya didominasi dengan pohon berdiameter kecil dikarenakan proses suksesi, dimana beberapa arealnya merupakan bekas tebangan dan jalan setapak untuk laluan kendaraan pengeboran. Hal ini yang kemudian menyebabkan pada tutupan HKT ini memiliki jumlah individu yang banyak, namun memiliki luas bidang dasar yang rendah dibandingkan dengan tutupan lahan yang lainnya.

Selanjutnya, untuk melihat struktur komunitas dan kestabilan ekosistem maka dapat diketahui dengan melihat indeks keanekaragaman spesies. Semakin baik indeks keragaman spesies maka suatu ekosistem semakin stabil. Indeks keragaman yang digunakan dalam survey ini menggunakan indeks Shannon. Indeks Shannon-Wiener merupakan indeks yang sesuai untuk menghitung tingkat keragaman spesies (Suratissa dan Rathnayake 2016).

Hasil analisis indeks keragaman spesies menggunakan indeks Shannon memperlihatkan bahwa baik pada tingkat tumbuhan pohon, anak pohon, dan semai sama-sama memiliki nilai indeks keragaman yang tinggi pada tipe tutupan HKT, HKS dan HKR. Untuk tutupan HR baik pada tingkat tumbuhan pohon, anak pohon, dan semai sama-sama memiliki nilai indeks keragaman spesies yang tergolong sedang. Berbeda halnya dengan tutupan SB, dimana nilai indeks keragaman spesies pada tingkat pohon dan anakan pohon tergolong sedang sementara pada tingkat semai tergolong rendah.

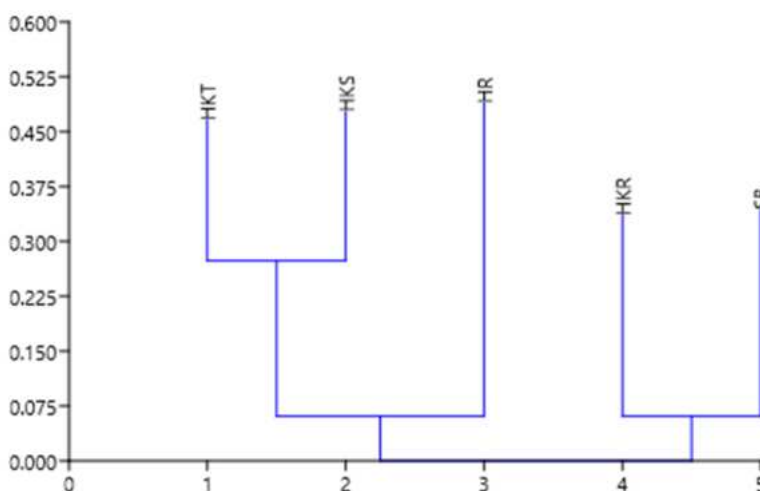


Gambar 8. Indeks keanekaragaman (H') tumbuhan pada masing tipe tutupan lahan

Untuk menggambarkan tingkat kesamaan struktur dan komposisi jenis dari berbagai tipe tutupan hutan yang terdapat di PT. Vale, maka indeks kesamaan komunitas dianalisis menggunakan *Similarity Index* (IS) Morisita. Nilai indeks kesamaan dan ketidaksamaan komunitas antara hutan yang memiliki tutupan dengan kerapatan HKT, HKS, HKR, HR, dan SB diperlihatkan pada persentase nilai indeks kesamaan dan ketidaksamaan (Tabel 7.) dan dendrogram indeks kemiripan (*Similarity Index*/IS) Morisita (Gambar 9.).

Tabel 7. Persentase nilai indeks kesamaan dan ketidaksamaan Similarity and distance index of Morisita

	HKT	HKS	HKR	HR	SB
HKT		60%	29%	7%	20%
HKS			18%	26%	8%
HKR				13%	44%
HR					21%
SB					



Gambar 9. Dendrogram indeks kemiripan (*Similarity Index/IS*) Morisita

Nilai indeks kesamaan berkisar 0-100%, di mana semakin tinggi nilai indeks kesamaan jenis menunjukkan semakin tinggi pula tingkat kemiripan jenis antara dua komunitas yang dibandingkan (Odum, 1996). Dapat diartikan pula bahwa semakin tinggi nilai indeks kesamaan jenis, maka komposisi jenis yang berlainan semakin sedikit dan sebaliknya semakin rendah indeks kesamaan jenis, maka komposisi jenis yang berlainan semakin banyak. Komposisi dua komunitas dikatakan memiliki tingkat kesamaan komposisi apabila memiliki nilai indeks kesamaan jenis > 50%. Tabel 7. menunjukkan bahwa hutan dengan tutupan kerapatan HKT dengan HKS memiliki kesamaan komposisi jenis yang tinggi, yang ditunjukkan dengan nilai indeks kesamaan jenis sebesar 60%. Tabel 7. Juga memperlihatkan bahwa terdapat 44% kesamaan komposisi jenis antara tipe tutupan hutan HKR dengan SB. Sementara, tipe tutupan hutan HR memiliki kesamaan komposisi jenis sebesar 26% dengan tipe tutupan hutan HKS, 13 % dengan tipe tutupan hutan HKR, dan 7% dengan tipe tutupan hutan HKT. Dilihat pada dendrogram indeks kemiripannya, terdapat dua kluster pengelompokan ekosistem dilihat dari kesamaan komposisi jenisnya, yaitu kluster pertama adalah tipe tutupan hutan HKT, HKS, dan HR; Kluster kedua adalah tipe tutupan hutan HKR dan SB.



3.3 Fauna



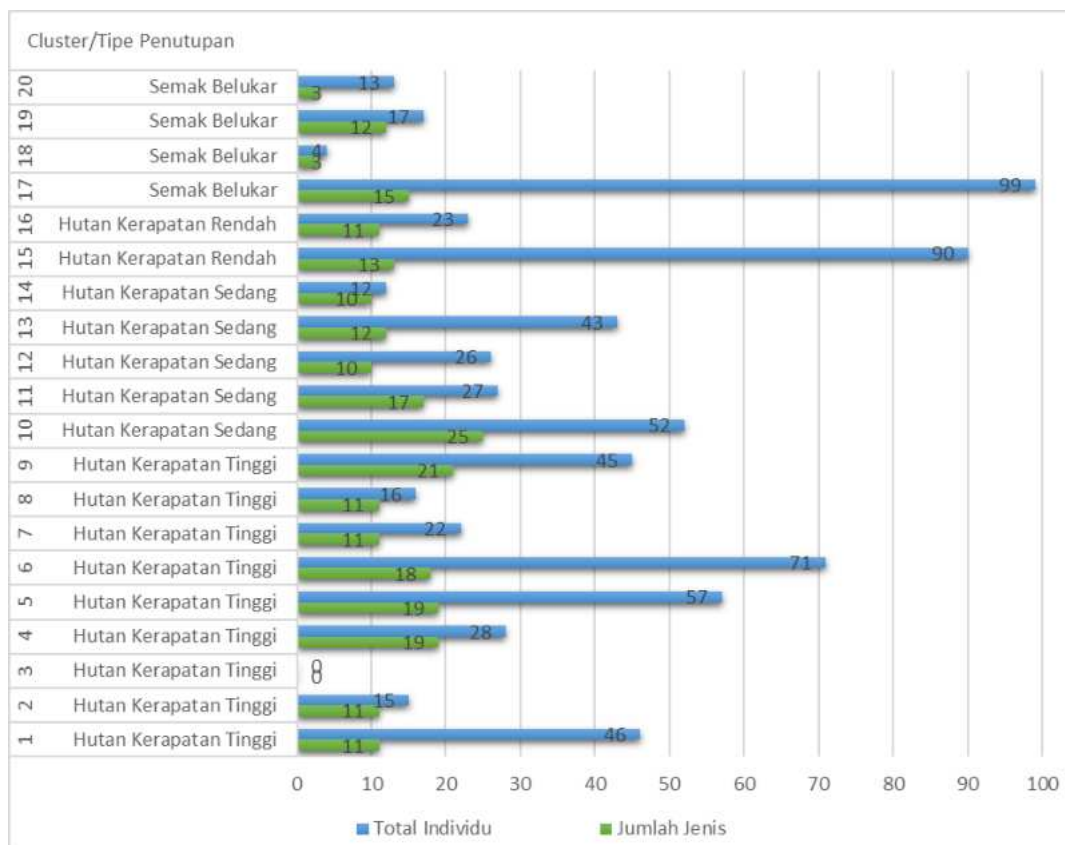
Sumber Gambar: Bobo.id, Klik Hijau & Wikipedia

Pada umumnya spesies fauna yang ditemukan merupakan spesies yang umum ditemukan di Pulau Sulawesi. Sebagian besar spesies tersebut merupakan spesies yang tersebar pada Kawasan Wallacea. Kawasan Wallacea, yang terletak di antara Kawasan oriental di barat dan Kawasan Australia-Papua di timur ini, berada pada jantung suatu Kawasan zoogeografis yang paling menarik di dunia, yaitu kepulauan Indonesia-Malaysia. Kawasan Wallacea merupakan Kawasan campuran yang sangat khas dan zona peralihan dari elemen fauna oriental dan Australia-Papua.

Pulau Sulawesi terbentuk dari pertemuan dua pulau yang masing-masing berasal dari daratan yang berbeda. Bagian Barat dari Pulau Sulawesi merupakan pecahan dari daratan Laurasia, sedangkan pulau yang sekarang menjadi bagian Timur dari Pulau Sulawesi merupakan pecahan dari daratan Gondwana Land. Sejarah biogeografinya yang sangat unik dan kompleks, mengakibatkan ekosistem yang ada di Pulau Sulawesi saat ini sangat beragam dan spesifik. Secara umum ekosistem di Sulawesi dapat dibedakan menjadi ekosistem tropika basah (hutan hujan tropika) dan ekosistem tropika monsoon (hutan musim tropika). Namun secara lebih mendetail, masing-masing ekosistem tersebut tersusun dari sub-sub ekosistem yang sangat bervariasi dari tempat ke tempat. Ekosistem hutan yang ada di Sulawesi dibedakan menjadi beberapa ekosistem seperti: ekosistem hutan dataran rendah, ekosistem hutan pegunungan bawah, ekosistem hutan pegunungan atas, hutan musim, ekosistem hutan mangrove, ekosistem hutan rawa dan ekosistem karst.

Setiap ekosistem memiliki keunikannya masing-masing dan tersusun atas flora dan fauna yang berbeda. Mengingat tipe ekosistem yang ada di Pulau Sulawesi sangat beragam, maka flora dan fauna yang ada di pulau ini pun sangat beragam. Banyak di antara spesies tersebut khususnya fauna merupakan spesies endemik, dalam arti jenis-jenis yang hanya ditemukan di Pulau Sulawesi. Spesies endemik merupakan jenis-jenis yang hanya mampu beradaptasi dengan kondisi habitat yang sangat khusus, dan jika habitatnya berubah maka jenis-jenis tersebut akan punah. Oleh karena itu, hampir seluruh jenis-jenis endemik digolongkan sebagai jenis-jenis langka atau rentan terhadap kepunahan.

Berdasarkan hasil survey, ditemukan sebanyak 76 spesies fauna yang terdiri dari 51 jenis Aves, 7 spesies mamalia, 12 spesies reptile, 2 spesies amfibi, dan 4 jenis serangga. Keseluruhan jenis tersebut dapat ditemukan pada keempat tipe penutupan lahan di wilayah konsesi PT. Vale. Berdasarkan perjumpaan di lapangan, diketahui bahwa jumlah spesies yang dapat dijumpai secara langsung berkisar 3 sampai 25 (aves, mamalia, reptile, amfibi dan serangga) (Gambar 10.). Dari keseluruhan tingkat kelas, kelas aves merupakan kelompok yang mudah dan cukup beragam dijumpai pada lokasi konsensi.



Gambar 10. Total Perjumpaan Individu dan Spesies Pada Tiap Cluster

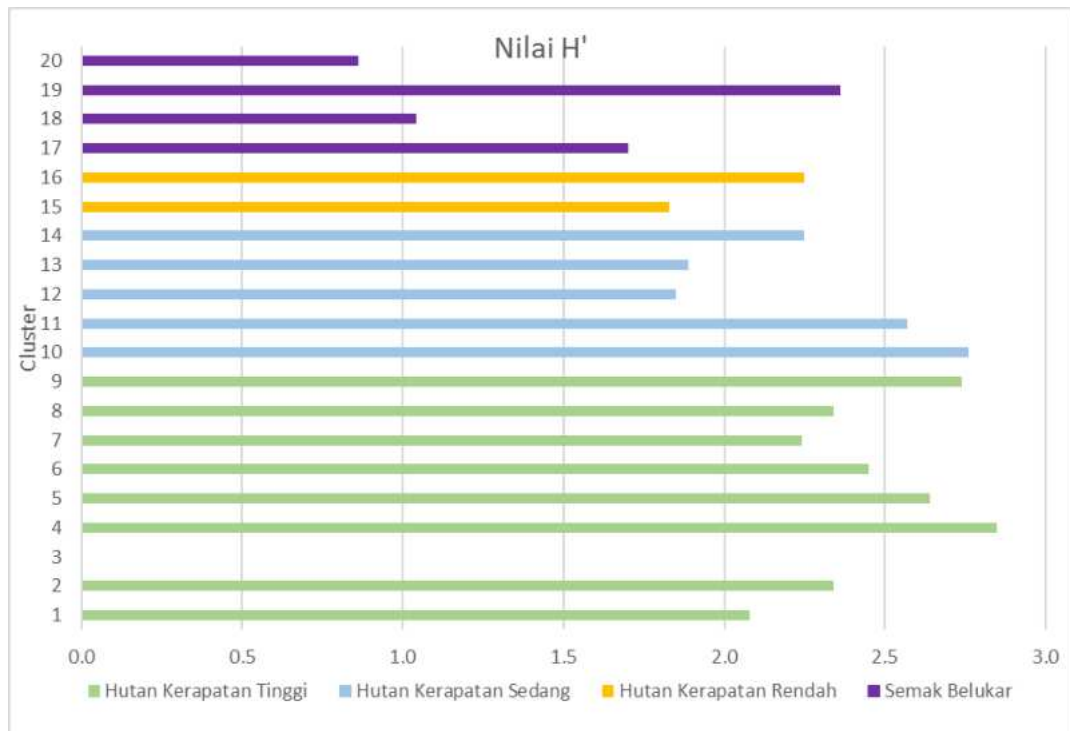
Berdasarkan hasil analisis, dari keempat tipe penutupan yang disurvei, dapat diketahui nilai indeks keanekaragaman faunanya. Dari data yang diperoleh, diketahui bahwa tipe hutan yang memiliki kerapatan tinggi memiliki nilai indeks keanekaragaman yang tertinggi dibandingkan tipe penutupan lahan lainnya (Gambar 11.).

Meskipun diketahui bahwa tidak semua spesies fauna hidup di dalam hutan. Namun, hasil yang diperoleh menggambarkan bahwa keberadaan hutan yang rapat sangat mendukung keberadaan dan keragaman fauna yang ada di wilayah konsesi. Hutan merupakan habitat yang penting bagi fauna untuk mencari makan, berkembang biak dan juga sebagai tempat berlindung. Hampir seluruh spesies yang ditemukan menggantungkan hidupnya pada keberadaan hutan.

Berdasarkan hasil pengamatan, spesies fauna yang ditemukan merupakan spesies yang hidup pada daerah Wallacea. Dari 57 spesies yang ditemukan, sekitar 25 spesies merupakan spesies yang penting karena merupakan spesies yang dilindungi, terancam punah dan endemic. Sebanyak 15 spesies yang dilindungi berdasarkan Permen LHK No. 106 tahun 2018. Sebanyak 15 spesies yang dilindungi dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018 yang terdiri dari 12 spesies aves/burung dan 3 spesies mamalia. Kedua belas jenis aves yang dilindungi tersebut adalah

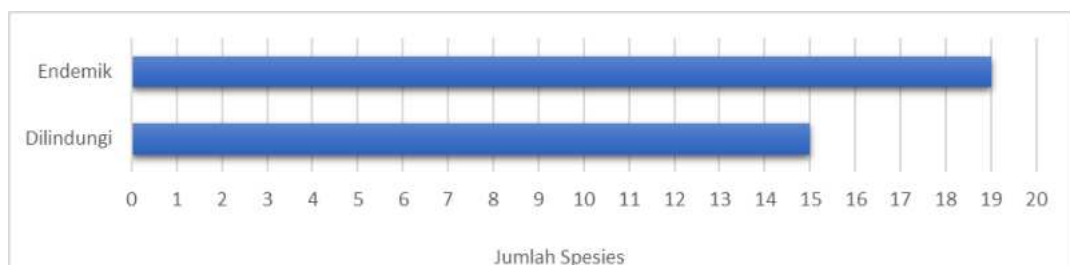
Haliastur indus, *Accipiter nanus*, *Accipiter gularis*, *Ictinaetus malayensis*, *Falco moluccensis*, *Accipiter trinotatus*, *Spilornis rufipectus*, *Pandion haliaetus*, *Rhyticeros cassidix*, *Rhabdotorrhinus exarhatus*, *Loriculus stigmatus*, dan *Macrocephalon maleo*. Sementara untuk 3 spesies mamalia yang dilindungi yaitu Monyet dingo (*Macaca ochreata*), Rusa timor (*Rusa timorensis*), dan Anoa (*Bubalus depressicornis*).

Selain itu, berdasarkan *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) *Red List*, sebanyak 2 spesies yang masuk kategori *Endangered*, 6 spesies masuk dalam kategori *Vulnerable*, 3 spesies masuk dalam kategori *Near Threatened*.



Gambar 11. Nilai Indeks Keanekaragaman berdasarkan cluster pengamatan

Sebanyak 19 spesies fauna yang ditemukan merupakan spesies endemic. Untuk spesies yang dilindungi sebanyak 15 spesies yang terdiri dari 3 spesies mamalia dan 12 spesies burung.



Gambar 12. Jumlah Spesies Endemik dan Dilindungi

Tabel 8. Spesies Fauna Endemik, Dilindungi dan Terancam Punah.

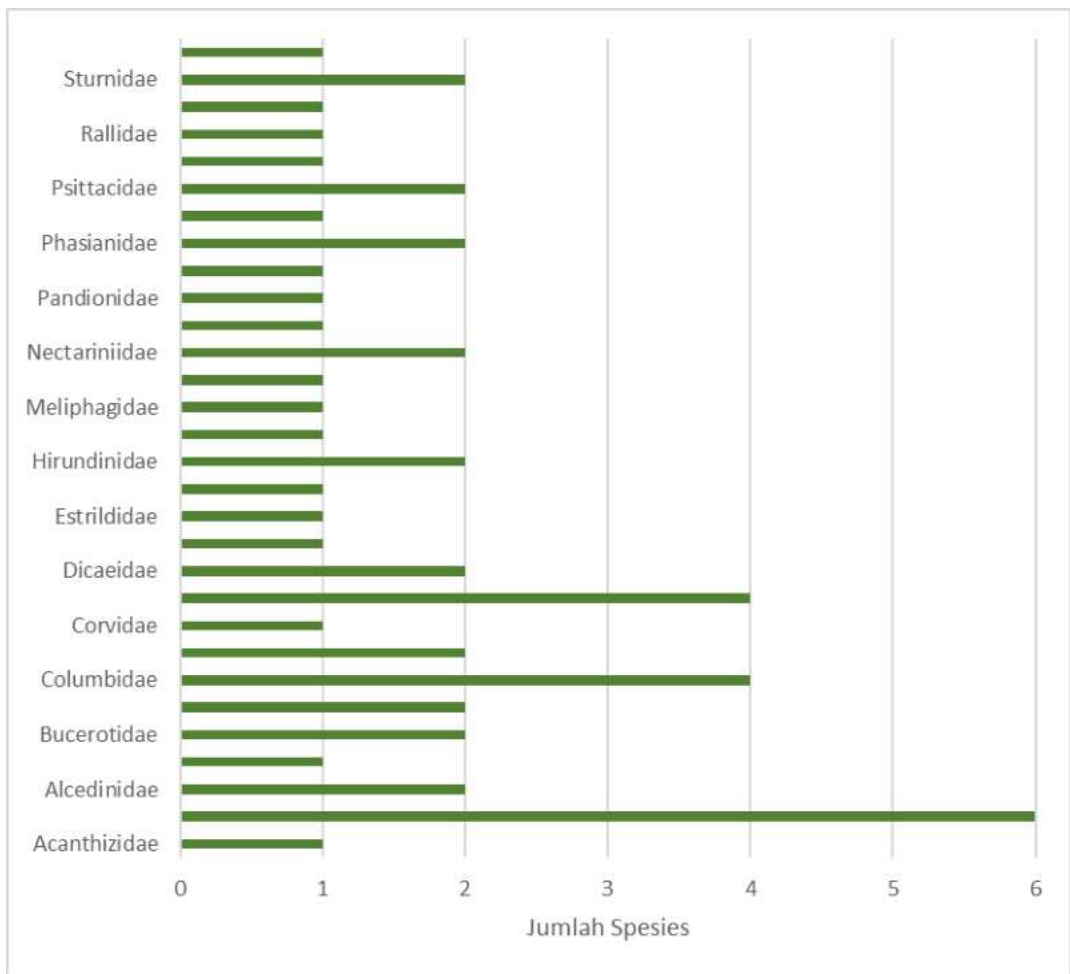
No.	Nama Lokal	Nama Latin	Status	IUCN	Populasi	Permen 106
1	Monyet digo	<i>Macaca ochreata</i>	Endemik	VU	Decreasing	Dilindungi
2	Rusa timor	<i>Rusa timorensis</i>	-	VU	Decreasing	Dilindungi
3	Anoa	<i>Bubalus sp.</i>	Endemik	EN	Decreasing	Dilindungi
4	Babi Hutan	<i>Sus celebensis</i>	Endemik	NT	Decreasing	-
5	Cabai Panggul Kelabu	<i>Dicaeum celebicum</i>	Endemik	LC	Stable	-
6	Cabai Panggul Kuning	<i>Dicaeum aureolimbatus</i>	Endemik	LC	Stable	-
7	Elang Bondol	<i>Haliastur indus</i>	-	LC	Decreasing	Dilindungi
8	Elang alap kecil	<i>Accipiter nanus</i>	Endemik	NT	Decreasing	Dilindungi
9	Elang Alap Nipon	<i>Accipiter gularis</i>	-	LC	Stable	Dilindungi
10	Elang hitam	<i>Ictinaetus malayensis</i>	-	LC	Stable	Dilindungi
11	Alap-alap sapi	<i>Falco moluccensis</i>	-	LC	Increasing	Dilindungi
12	Elang Alap Ekor Total	<i>Accipiter trinitatus</i>	Endemik	LC	Stable	Dilindungi
13	Elang Ular Sulawesi	<i>Spilornis rufipectus</i>	Endemik	LC	Stable	Dilindungi
14	Elang tiram	<i>Pandion haliaetus</i>	-	LC	Increasing	Dilindungi
15	Kadalan Sulawesi	<i>Rhamphococcyx calyphorhynchus</i>	Endemik	LC	Decreasing	-
16	Tiong lampu Sulawesi	<i>Coracias temminckii</i>	Endemik	LC	Decreasing	-
17	Kepudang Sungu Biru	<i>Coracina temminckii</i>	Endemik	LC	Stable	-
18	Udang Merah Sulawesi	<i>Ceyx fallax</i>	Endemik	NT	Decreasing	-
19	Pelatuk kelabu sula-wesi	<i>Mulleripicus fulvus</i>	Endemik	LC	Decreasing	-
20	Julang sulawesi	<i>Rhyticeros cassidix</i>	Endemik	VU	Decreasing	Dilindungi
21	Kangkareng sulawesi	<i>Rhabdotorrhinus exarhatus</i>	Endemik	VU	Decreasing	Dilindungi
22	Serindit Sulawesi	<i>Loriculus stigmatus</i>	Endemik	LC	Stable	Dilindungi
23	Kring-kring bukit	<i>Prioniturus platurus</i>	Endemik	LC	Decreasing	-
24	Raja Perling Sulawesi	<i>Basilornis celebensis</i>	Endemik	LC	Unknown	-
25	Maleo senkawor	<i>Macrocephalon maleo</i>	Endemik	EN	Decreasing	Dilindungi

Keterangan: DD= Data Deficient, LC= Least Concern, NT= Near Threatened, VU= Vulnerable, EN= Endangered

3.3.1 Burung

Sebanyak 51 spesies burung ditemukan pada saat pengamatan secara langsung di lapangan. Burung yang ditemukan terdiri dari spesies burung pemakan biji-bijian, buah-buahan, serangga, pengisap madu dan pemangsa. Spesies-spesies tersebut merupakan burung yang umumnya bisa ditemukan di Kawasan Wallacea. Namun, beberapa di antaranya hanya bisa ditemukan di Pulau Sulawesi. Setidaknya terdapat 16 spesies burung endemic yang bisa dijumpai di wilayah konsesi. Dari keseluruhan jenis, 12 spesies diantaranya merupakan jenis yang dilindungi (Permen LHK No. 106 tahun 2018). Selain itu, berdasarkan IUCN, beberapa diantaranya masuk dalam kategori terancam punah (Tabel 9.)

Terdapat 30 family burung yang dapat ditemukan di wilayah konsesi. Dari keseluruhan burung yang ditemukan, famili Accipitridae memiliki jumlah spesies yang terbanyak dibandingkan famili yang lainnya yang ditemukan secara langsung pada saat pengamatan



Gambar 13. Jumlah Spesies burung berdasarkan family



Sumber gambar: Jakartakita.com

Tabel 9. Daftar Penjumpaan Spesies Burung pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan

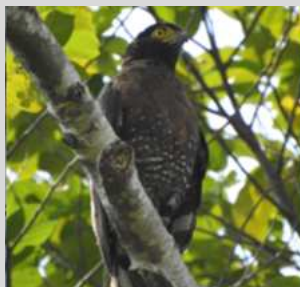
No.	Famili	Nama Lokal	Nama Latin	Status	IUCN	Populasi
1	Cercopithecidae	Remetuk Laut	<i>Gerygone sulphurea</i>	-	LC	Decreasing
2	Accipitridae	Elang Bondol	<i>Haliastur indus</i>	-	LC	Decreasing
3		Elang alap kecil	<i>Accipiter nanus</i>	Endemik	NT	Decreasing
4		Elang Alap Nipon	<i>Accipiter gularis</i>	-	LC	Stable
5		Elang hitam	<i>Ictinaetus malayensis</i>	-	LC	Stable
6		Elang Alap Ekor Total	<i>Accipiter trinitatus</i>	Endemik	LC	Stable
7		Elang Ular Sulawesi	<i>Spilornis rufipectus</i>	Endemik	LC	Stable
8	Alcedinidae	Cekakak Sungai	<i>Todiramphus chloris</i>	-	LC	Decreasing
9		Udang Merah Sulawesi	<i>Ceyx fallax</i>	Endemik	NT	Decreasing
10	Artamidae	Kekep Babi	<i>Artamus leucorhynchus</i>	-		Unknown
11	Bucerotidae	Julang sulawesi	<i>Rhyticeros cassidix</i>	Endemik	VU	Decreasing
12		Kangkareng sulawesi	<i>Rhabdotorrhinus exarhatus</i>	Endemik	VU	Decreasing
13	Campephagidae	Kapasan Sayap putih	<i>Lalage sueurii</i>	-	LC	Increasing
14		Kepudang Sungu Biru	<i>Coracina temminckii</i>	Endemik	LC	Stable
15	Columbidae	Tekukur biasa	<i>Streptopelia chinensis</i>	-	LC	Stable
16		Pergam Hijau	<i>Ducula aenea</i>	-	LC	Decreasing
17		Uncal Ambon	<i>Macropygia magna</i>	-	LC	Stable
18		Walik kembang	<i>Ptilinopus melanospila</i>	-	LC	Stable
19	Coraciidae	Tiong lampu Sulawesi	<i>Coracias temminckii</i>	Endemik	LC	Decreasing
20		Tiong lampu biasa	<i>Eurystomus orientalis</i>	-	LC	Decreasing
21	Corvidae	Gagak hutan	<i>Corvus enca</i>	-	LC	Stable
22		Bubut alang-alang	<i>Centropus bengalensis</i>	-	LC	Increasing
23	Cuculidae	Kadalan Sulawesi	<i>Rhamphococcyx calyphorhynchus</i>	Endemik	LC	Decreasing
24		Kedasi Gould	<i>Chalcites minutillus</i>	-	LC	Stable
25		Tuwur Asia	<i>Eudynamis scolopacea</i>	-	LC	Stable
26	Dicaeidae	Cabai Panggul Kelabu	<i>Dicaeum celebicum</i>	Endemik	LC	Stable
27		Cabai Panggul Kuning	<i>Dicaeum aureolimbatus</i>	Endemik	LC	Stable
28	Dicruridae	Srigunting jambul rambut	<i>Dicrurus hottentottus</i>	-	LC	Unknown
29	Estrildidae	Bondol Rawa	<i>Lonchura malacca</i>	-	LC	Stable
30	Falconidae	Alap-alap sapi	<i>Falco moluccensis</i>	-	LC	Increasing
31	Hirundinidae	Layang-layang batu	<i>Hirundo tahitica</i>	-	LC	Unknown
32		Layang-layang api	<i>Hirundo rustica</i>	-	LC	Decreasing
33	Megapodiidae	Maleo senkawor	<i>Macrocephalon maleo</i>	Endemik	EN	Decreasing
34	Meliphagidae	Myzomela merah tua	<i>Myzomela sanguinolenta</i>	-	LC	Stable
35	Monarchidae	Kehicap ranting	<i>Hypothymis puella</i>	-	LC	Stable
36	Nectariniidae	Burung madu sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	-	LC	Stable
37		Burung madu hitam	<i>Leptocoma aspasia</i>	-	LC	Stable
38	Oriolidae	Kepudang Kuduk Hitam	<i>Oriolus chinensis</i>	-	LC	Decreasing
39	Pandionidae	Elang tiram	<i>Pandion haliaetus</i>	-	LC	Increasing
40	Passeridae	Burung gereja erasia	<i>Passer montanus</i>	-	LC	Decreasing

No.	Famili	Nama Lokal	Nama Latin	Status	IUCN	Populasi
41	Phasianidae	Ayam hutan	<i>Gallus gallus</i>	-	LC	Decreasing
42		Puyuh batu	<i>Coturnix chinensis</i>	-	LC	Stable
43	Picidae	Pelatuk kelabu sulawesi	<i>Mulleripicus fulvus</i>	Endemik	LC	Decreasing
44	Psittacidae	Serindit Sulawesi	<i>Loriculus stigmatus</i>	Endemik	LC	Stable
45		Kring-kring bukit	<i>Prioniturus platurus</i>	Endemik	LC	Decreasing
46	Pycnonotidae	Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	-	LC	Decreasing
47	Rallidae	Mandar Padi Zebra	<i>Hypotaenidia torquata</i>	-	LC	Unknown
48	Scolopacidae	Trinil semak	<i>Tringa glareola</i>	-	LC	Stable
49	Sturnidae	Raja Perling Sulawesi	<i>Basilornis celebensis</i>	Endemik	LC	Unknown
50		Blibong pendeta	<i>Streptocitta albigollis</i>	-	LC	Decreasing
51	Zosteropidae	Kacamata Dahi hitam	<i>Zosterops atrifrons</i>	-	LC	Unknown

Keterangan: DD= Data Deficient, LC= Least Concern, NT= Near Threatened, VU=Vulnerable, EN= Endangered



Elang Bondol
(*Haliastur Indus*).



Elang Ular
(*Spilortus rufipectus*)



Elang Tiram
(*Pandion haliaetus*)



Elang Alap Ekor Totol
(*Accipiter trinator*)



Elang Alap Kecil
(*Accipiter nanus*)



Elang Alap Nipon
(*Accipiter gularis*)

Gambar 14. Beberapa Spesies Burung yang dilindungi

Lima puluh satu spesies burung yang ditemukan tersebar pada keempat tipe penutupan lahan di wilayah konsesi. Namun, tidak semua spesies tersebar secara merata atau bisa ditemukan pada keempat tipe hutan tersebut (Gambar 15.). Terdapat lima spesies yang dapat ditemukan pada keempat tipe penutupan lahan yaitu Cabai Panggul Kuning (*Dicaeum aureolimbatus*), ayam hutan (*Gallus gallus*), Kadalan Sulawesi (*Rhamphococcyx calyrorhynchus*), Burung madu sriganti (*Cinnyris jugularis*) dan Burung madu hitam (*Leptocoma aspasia*).



Gambar 15. Penyebaran Spesies Burung Berdasarkan Tutupan Lahan

3.3.2 Mamalia

Sebanyak 7 spesies mamalia ditemukan pada saat pengamatan secara langsung di lapangan. Penemuan berdasarkan perjumpaan langsung maupun penemuan jejak ataupun kotorannya. Mamalia yang ditemukan terdiri dari spesies mamalia pemakan biji-bijian, buah-buahan, serangga. Spesies-spesies tersebut merupakan mamalia yang umumnya bisa ditemukan di Kawasan Wallacea. Namun, beberapa di antaranya hanya bisa ditemukan di Pulau Sulawesi. Setidaknya terdapat 3 spesies mamalia endemic yang bisa dijumpai di wilayah konsesi. Dari keseluruhan spesies, tiga diantaranya merupakan jenis yang dilindungi (Permen LHK No. 106 tahun 2018). Selain itu, berdasarkan IUCN, beberapa diantaranya masuk dalam kategori terancam kepunahan (Tabel 10.)

Tabel 10. Daftar Penjumpaan Spesies Mamalia pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan

No.	Famili	Nama Lokal	Nama Latin	Status	IUCN	Populasi
1	Cercopithe-cidae	Monyet digo	<i>Macaca ochreata</i>	Endemik	VU	Decreasing
2	Cervidae	Rusa timor	<i>Rusa timorensis</i>	-	VU	Decreasing
3	Tarsiidae	Tarsius	<i>Tarsius sp.</i>	-	-	-
4	Bovidae	Anoa	<i>Bubalus sp.</i>	Endemik	EN	Decreasing
5	Muridae	Tikus	<i>Rattus sp.</i>	-	-	-
6	Suidae	Babi Hutan	<i>Sus celebensis</i>	Endemik	NT	Decreasing
7	Sciuridae	Bajing	<i>Rubisciurus ru-briventer</i>	-	VU	Decreasing

Keterangan: DD= Data Deficient, LC= Least Concern, NT= Near Threatened, VU= Vulnerable, EN= Endangered

Enam spesies mamalia yang ditemukan tersebar pada keempat tipe penutupan lahan di wilayah konsesi. Namun, tidak semua spesies tersebar secara merata atau bisa ditemukan pada keempat tipe hutan tersebut (Gambar 16.). Hanya satu spesies yang dapat ditemukan pada keempat tipe penutupan lahan yaitu babi hutan (*Sus celebensis*). Keberadaan babi hutan cukup banyak, hal ini ditandai dengan mudahnya menemukan jejak kaki dan bekas kaisan di permukaan tanah. Selain itu, pemasangan kamera trap pada beberapa lokasi memperkuat fakta keberadaan mamalia tersebut.





Gambar 16. Penyebaran Spesies Mamalia Berdasarkan Tutupan Lahan



Gambar 17. Babi Hutan (*Sus celebensis*) yang tertangkap oleh kamera trap.

3.3.3 Herpetofauna

Sebanyak 14 spesies herpetofauna ditemukan pada saat pengamatan secara langsung di lapangan. Spesies herpetofauna tersebut terdiri dari 12 spesies reptile dan 2 spesies amfibi. Spesies-spesies tersebut merupakan spesies reptile dan amfibi yang umumnya bisa ditemukan di Kawasan Wallacea (Tabel 11. dan Tabel 18.)

Reptil

Tabel 11. Daftar Penjumpaan Spesies Reptil pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan

No.	Famili	Nama Lokal/Kode	Nama Latin	Status	IUCN	Populasi
1	Scincidae	Forest Skink	<i>Sphenomorphus spp.</i>	-	-	-
2	Agamidae	Kadal terbang	<i>Draco walkeri</i>	-	-	-
3	Scincidae	Kadal ekor biru	<i>Emoia caeruleocauda</i>	-	LC	Stable
4	Scincidae	RSp 1	<i>Emoia impar</i>	-	LC	Stable
5	Scincidae	RSp 2	<i>Eutrophis multifasciata</i>	-	-	-
6	Scincidae	RSp 3	<i>Emoia sp. 1</i>	-	-	-
7	Scincidae	RSp 4	<i>Emoia sp. 2</i>	-	-	-
8	Varanidae	Biawak	<i>Varanus salvator</i>	-	LC	Unknown
9	Viperidae	Ular Hijau	<i>Tropidolaemus subanulatus</i>	-	LC	Unknown
10	Colubridae	Ular hitam	<i>Ptyas dipsas</i>	-	DD	Unknown
11	Pythonidae	Pyton	<i>Phyton reticulatus</i>	-	Unknown	Unknown
12	Elapidae	King kobra	<i>Ophiophagus hannah</i>	-	VU	Decreasing

Keterangan: DD= Data Deficient, LC= Least Concern, NT= Near Threatened, VU= Vulnerable, EN= Endangered

Terdapat satu spesies yang diduga merupakan spesies baru berdasarkan temuan LIPI pada tahun 2007. Spesies tersebut juga ditemukan Kembali pada saat survey. Spesies tersebut merupakan spesies kadal dari family Scincidae. Tidak semua spesies bisa ditemukan dengan mudah pada keempat tipe penutupan lahan. Pada saat pengamatan di lapangan, dari 12 spesies reptile hanya satu spesies yang ditemukan pada keempat tipe penutupan lahan



Gambar 18. Spesies Kadal yang ditemukan yang diduga spesies baru



Gambar 19. Penyebaran Spesies Reptil Berdasarkan Tutupan Lahan

Amfibi

Pada saat pengamatan di lapangan, hanya bisa ditemukan 2 spesies amfibi (Tabel 11.) Namun, kemungkinannya terdapat lebih banyak spesies amfibi yang bisa ditemukan. Terbatasnya perjumpaan amfibi dikarenakan amfibi merupakan fauna yang banyak beraktivitas pada malam hari (*nocturnal*). Mengingat prosedur keselamatan kerja di wilayah konsesi PT Vale, sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pengamatan pada malam hari. Kedua jenis amfibi tersebut ditemukan pada dua tipe penutupan lahan di wilayah konsesi (Gambar 20.).

Tabel 12. Daftar Penjumpaan Spesies Amfibi pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan

No.	Famili	Nama Lokal/Kode	Nama Latin	Status	IUCN	Populasi
1	Dicroglossidae	A1	<i>Limnonectes sp.</i>	-	-	-
2	Ranidae	A2	<i>Hylarana sp.</i>	-	-	-



Gambar 20. Penyebaran Spesies Amfibi Berdasarkan Tutupan Lahan

3.3.4 Serangga

Sebanyak 7 spesies serangga yang ditemukan pada saat pengamatan secara langsung di lapangan. Spesies tersebut merupakan kelompok serangga yang umum ditemuka di wilayah tersebut. Spesies-spesies tersebut merupakan spesies serangga yang umumnya bisa ditemukan di Kawasan Wallacea (Tabel 13.).

Tabel 13. Daftar Penjumpaan Spesies Serangga pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia Sulawesi Selatan

No.	Famili	Nama Lokal/Kode	Nama Latin	Status	IUCN	Populasi
1	Phylliidae	Serangga daun	<i>Phasmatodea</i> sp.	-	-	-
2	Nymphalidae	Kupu-kupu coklat	<i>Junonia hedonia</i>	-	-	-
3		Kupu-kupu bulan biru	<i>Hypolimnas bolina</i>	-	-	-
4		Kupu-kupu	<i>Idiopsis juventa</i>	-	-	-
5	Libellulidae	Capung Air	<i>Orthetrum migratum</i>	-	LC	Stable
6		Capung	<i>Rhodothemis</i> sp	-	-	-
7		Capung	<i>Neurothemis termnata</i>	-	-	-

Keterangan: DD= *Data Deficient*, LC= *Least Concern*, NT= *Near Threatened*, VU= *Vulnerable*, EN= *Endangered*



Gambar 21. Penyebaran Spesies Serangga Berdasarkan Tutupan Lahan

Keseluruhan spesies yang ditemukan tidak tersebar secara merata pada keempat tipe penutupan lahan. Sebanyak dua spesies bisa ditemukan pada tipe penutupan hutan dengan kerapatan rendah dan semak belukar. Sedangkan spesies lainnya hanya bisa ditemukan pada satu tipe penutupan lahan.

Keanekaragaman Kupu-kupu di areal Taman Kehati Sawerigading Wallacea

Berikut ini ada jenis kupu-kupu yang ditemui diareal Taman Kehati Sawerigading Wallacea PT Vale Indonesia :

No.	Famili	Species	Status dilindungi Permen LHK 22-2019
1	Papilionidae	<i>Papilio gigon</i>	-
2	Papilionidae	<i>Papilio peranthus</i>	-
3	Papilionidae	<i>Papilio memnon</i>	-
4	Papilionidae	<i>Papilio helenus</i>	-

No.	Famili	Species	Status dilindungi Permen LHK 22-2019
5	Papilionidae	<i>Lamproptera polyphontes</i>	-
6	Papilionidae	<i>Pachiliopta polyphontes</i>	-
7	Papilionidae	<i>Graphium anthedon</i>	-
8	Papilionidae	<i>Graphium agamemnon</i>	-
9	Papilionidae	<i>Graphium androcles</i>	-
10	Papilionidae	<i>Graphium reshus</i>	-
11	Papilionidae	<i>Graphium eurypylus</i>	-
12	Pieridae	<i>Appias zarinda</i>	-
13	Pieridae	<i>Catopsilia pomona</i>	-
14	Pieridae	<i>Catopsilia scylla</i>	-
15	Nymphalidae	<i>Chetosia sp. (Probably C.myrina)</i>	Dilindungi
16	Nymphalidae	<i>Moduza lymire</i>	-
17	Nymphalidae	<i>Euploea sp.</i>	-

Gambar beberapa jenis Kupu-kupu di areal taman kehati PT Vale Indonesia :



3.4 Sebaran Biodiversity

Untuk mengetahui kondisi keanekaragaman secara eksisting pada wilayah konsesi PT. Vale Indonesia, maka survey keanekaragaman hayati dilakukan berupa kegiatan ground check yang penentuan lokasinya didasarkan pada fungsi kawasan, bentuk lahan dan penutupan lahan. Survey keanekaragaman hayati dilakukan pada kawasan hutan yang berpenutupan hutan kerapatan tinggi sebanyak 9 kluster (45 subplot), hutan kerapatan sedang sebanyak 5 kluster (25 subplot), hutan kerapatan rendah sebanyak 2 kluster (10 subplot), dan semak belukar sebanyak 4 kluster (20 subplot). Penempatan plot kluster sebanyak 20 kluster (100 sub plot) juga mempertimbangkan aspek bentuk lahan pada wilayah konsesi. Dimana wilayah seluas 71.047,29 ha yang menjadi unit pengelolaan dari PT. Vale Indonesia di Provinsi Sulawesi Selatan, bentuk lahannya terbagi menjadi 4 tipe yaitu (i) Dataran lakustrin bermaterial alluvium, (ii) Perbukitan solusional karst bermaterial batuan sedimen karbonat, (iii) Perbukitan struktural lipatan bermaterial batuan sedimen non karbonat, dan (iv) Perbukitan vulkanik bermaterial batuan beku luar. Penempatan plot kluster pengamatan keanekaragaman ini disebar berdasarkan pembagian blok di wilayah konsesi PT. Vale Indonesia di Provinsi Sulawesi Selatan, yang dalam hal ini hanya ditempatkan ada tiga blok dari lima blok unit pengamatan sebagaimana dijelaskan sebelumnya, yakni pada blok Sorowako, Mahalona dan Petea. Adapun rangkaian kegiatan survey keanekaragaman hayati ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi jenis dan sebaran flora fauna khas/prioritas beserta dengan ekosistem alaminya.

Sebagian besar dari wilayah konsesi dari perusahaan ini menjadi habitat bagi spesies prioritas Kawasan wallacea, baik flora maupun faunanya. Terdapat 11 jenis flora pada tingkat pohon yang menjadi spesies prioritas kawasan wallacea dan tergolong spesies endemik. Kedua belas spesies endemik tersebut antara lain adalah *Agathis dammara*, *Diospyros celebica*, *Garcinia celebica*, *Kjelbergiodendron celebicum*, *Lithocarpus celebicus*, *Weinmannia devogelii*, *Dillenia serrata*, *Pterospermum celebicum*, *Sarcotheca celebica*, *Pterocarpus indicus*, dan *Stemonurs celebicus* (Tabel 4.3). Salah satu dari sebelas spesies endemik tersebut tergolong spesies yang terancam punah (Endangered) berdasarkan RED LIST IUCN Tahun 2020 yaitu *Pterocarpus indicus*. Selain itu, terdapat pula spesies dari keluarga family Nepenthaceae yang termasuk spesies yang dilindungi menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P. 106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018. Spesies dari keluarga family Nepenthaceae yang dijumpai pada wilayah konsesi PT Vale yaitu sebanyak tiga spesies antara lain *Nepenthes maxima*, *Nepenthes tentaculate*, dan *Nepenthes petiolate*.

Untuk spesies prioritas fauna, dari keseluruhan jenis yang dijumpai pada wilayah konsesi PT. Vale dimana terdapat 19 spesies yang berstatus endemik yang terdiri dari 16 spesies aves/burung dan 3 spesies mamalia (Tabel 6.).

Sebanyak 15 spesies yang dilindungi dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P. 106/MENLHK/SETJEN /KUM.1/12/2018 yang terdiri dari 12 spesies aves/burung dan 3 spesies mamalia. Kedua belas jenis aves yang dilindungi tersebut adalah *Haliastur indus*, *Accipiter nanus*, *Accipiter gularis*, *Ictinaetus malayensis*, *Falco moluccensis*, *Accipiter trinotatus*, *Spilornis rufipectus*, *Pandion haliaetus*, *Rhyticeros cassidix*, *Rhabdotorrhinus exarhatus*, *Loriculus stigmatus*, dan *Macrocephalon maleo*. Sementara untuk 3 spesies mamalia yang dilindungi yaitu Monyet dingo (*Macaca ochreata*), Rusa timor (*Rusa timorensis*), dan Anoa (*Bubalus depressicornis*). Selain itu, berdasarkan International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List, sebanyak 2 spesies yang masuk kategori Endangered, 6 spesies masuk dalam kategori Vulnerable, 3 spesies masuk dalam kategori *Near Threatened*.

Pengamatan flora dilakukan dengan mengidentifikasi jenis pada tingkat pohon yang dijumpai dan untuk pengamatan fauna dilakukan dengan mengidentifikasi jenis fauna yang dijumpai baik jenis pada tingkat aves, mamalia, reptil, dan amfibi. Setelah di analisis menggunakan formula index Keragaman Shannon-Wiener maka diperoleh nilai indeks keanekaragaman (H') pada wilayah kajian sebagai berikut.



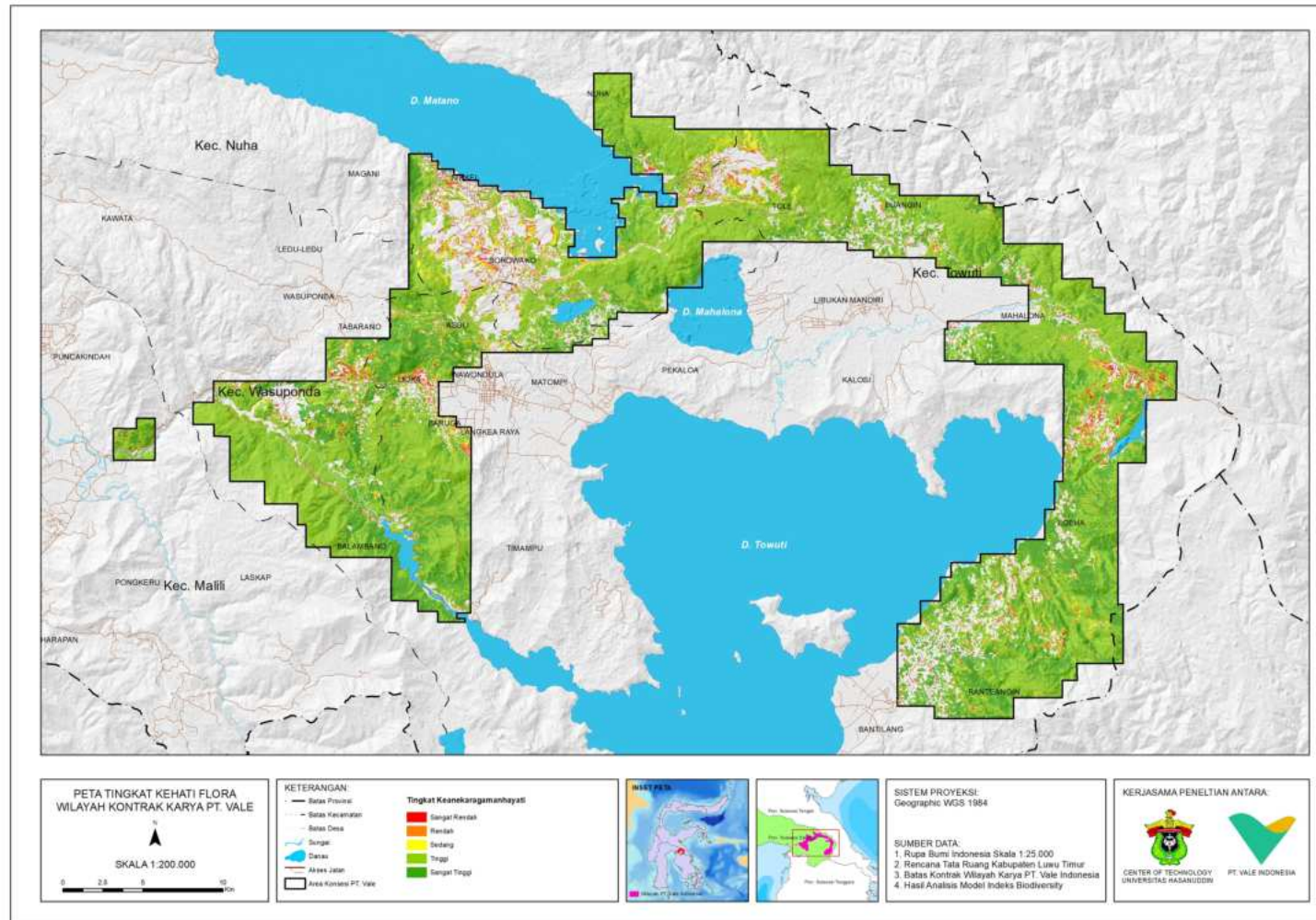
Tabel 14. Keanekaragaman Flora dan Fauna berdasarkan Index *Shannon-Wiener*

Kluster	Flora			Fauna		
	Jumlah Species	Jumlah Individu	H'	Jumlah Species	Jumlah Individu	H'
VU-01	32	330	2,81	11	46	2,08
VU-02	33	535	2,84	11	15	2,34
VU-04	22	483	2,46	19	28	2,85
VU-05	29	461	2,95	19	57	2,64
VU-06	26	333	2,83	18	71	2,45
VU-07	33	522	2,91	11	22	2,2
VU-08	24	508	2,97	11	16	2,34
VU-09	32	286	2,43	21	45	2,74
VU-10	32	401	2,79	25	52	2,76
VU-11	23	613	2,58	17	27	2,57
VU-12	13	320	1,89	10	26	1,85
VU-13	27	507	2,93	12	43	1,89
VU-14	17	368	2,23	10	12	2,25
VU-15	21	430	2,40	13	90	1,83
VU-16	32	471	3,00	11	23	2,25
VU-17	12	234	1,72	15	99	1,70
VU-18	7	244	1,88	3	4	1,04
VU-19	13	74	2,10	12	17	2,36
VU-20	0	0	-	3	13	0,86

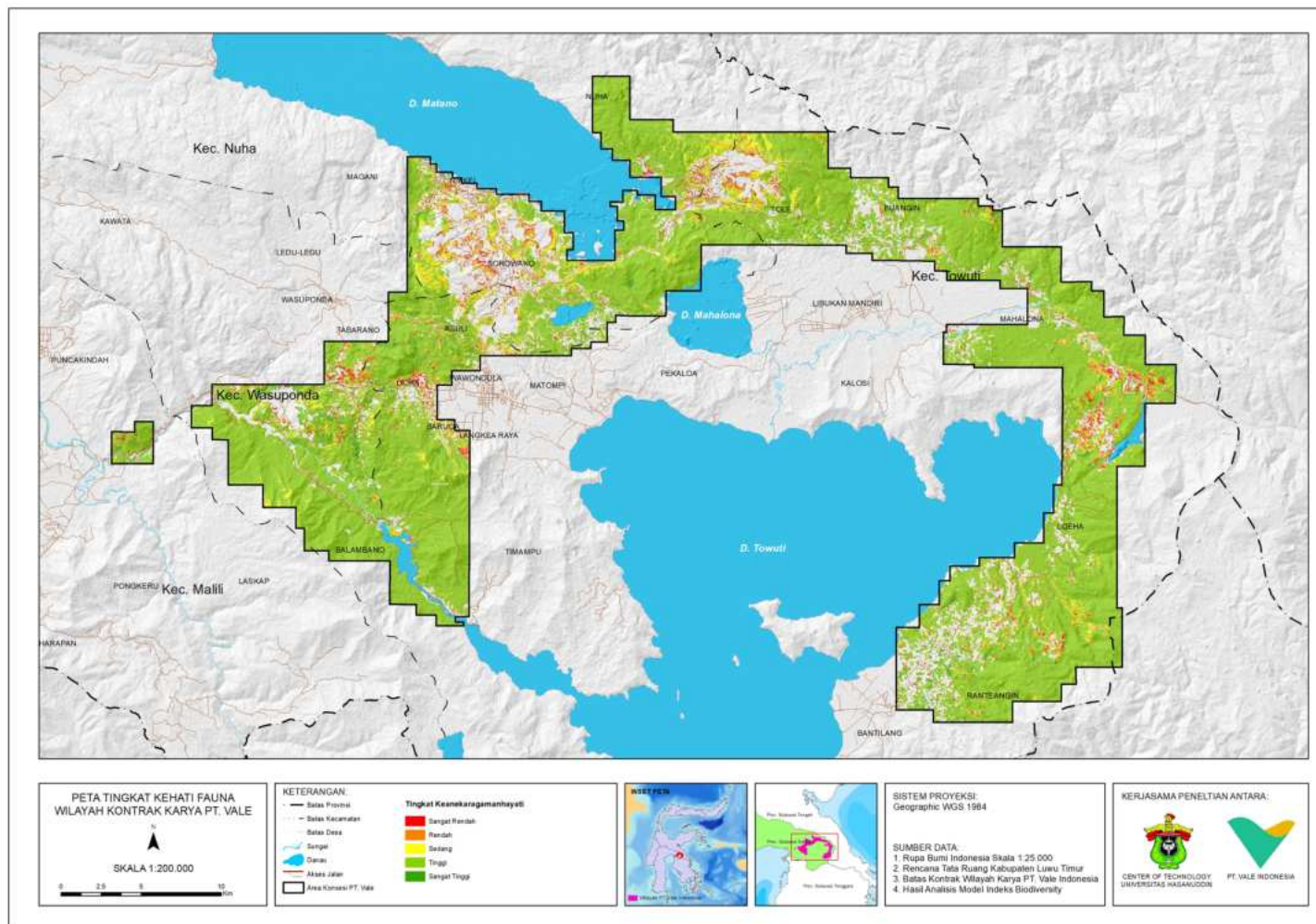
Tabel diatas menjelaskan bahwa dari hasil pengamatan terhadap beberapa klaster diketahui bahwa nilai indeks keanekaragamanhayati baik flora maupun fauna pada wilayah kajian cukup beragam. Perbedaan nilai index keanekaragamanhayati ini dapat disebabkan kondisi habitat yang berbeda. Hal ini yang menyebabkan nilai index keanekaragamanhayati ini tergantung dari jumlah spesies yang ditemukan dalam suatu petak pengamatan. Berdasarkan data indeks keanekaragaman hayati yang telah diperoleh baik untuk flora maupun fauna, kemudian dibuat sebaran tingkat keanekaragamanhayati pada wilayah kajian menggunakan pendekatan GIS untuk mendistribusikan nilai keanekaragaman hayati pada setiap pixel data raster NDVI hutan dan semak belukar. Adapun hasil sebaran tingkat keanekaragamanhayai pada wilayah kajian disajikan sebagai berikut.

Tabel 15. Distribusi Tingkat Keanekaragaman hayati pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Tingkat Keanekaragaman Hayati	Flora		Fauna	
	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Sangat Rendah ($H' < 1$)	872.58	1.2%	1,195.15	1.68%
Rendah ($1 \leq H' < 1.5$)	1,593.55	2.2%	2,183.76	3.07%
Sedang ($1.5 \leq H' < 2$)	2,464.86	3.5%	4,945.60	6.96%
Tinggi ($2 \leq H' < 3$)	37,711.82	53.1%	48,015.08	67.58%
Sangat Tinggi ($H' \geq 3$)	14,574.52	20.5%	874.61	1.23%



Gambar 22. Peta Tingkat Keanekaragaman hayati Flora pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan



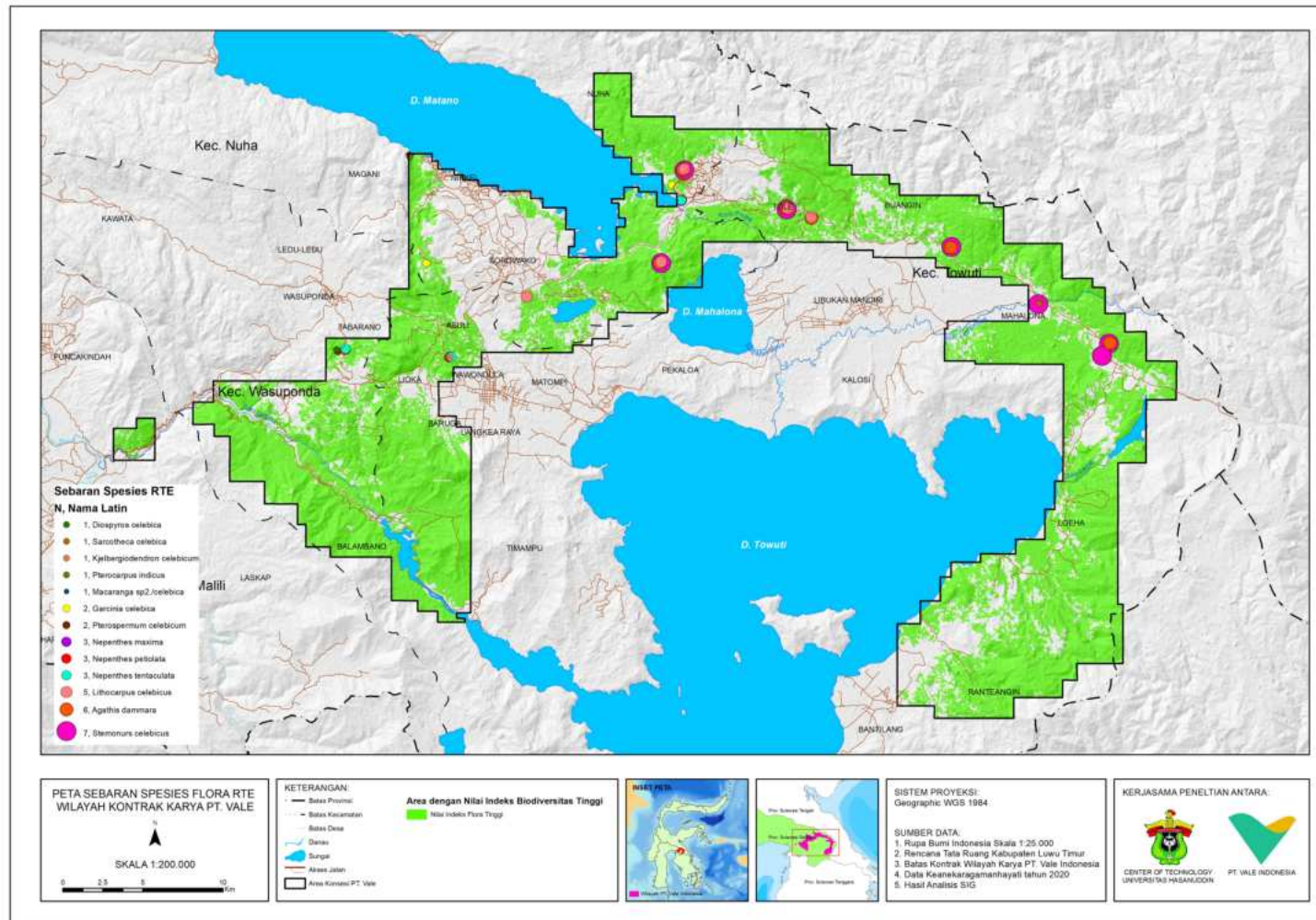
Gambar 23. Peta Tingkat Keanekaragaman hayati Fauna pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Berdasarkan areal yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati tinggi pada areal teridentifikasi sebagai hutan dan semak belukar dan memperhatikan sebaran ditemukannya spesies langka, terancam punah dan endemik maka habitat dari kawasan tersebut dapat ditetapkan. Walaupun luasnya habitat yang diperlukan untuk memelihara spesies sangat beragam dan bergantung pada tiap-tiap jenis, tetapi areal yang berukuran luas, tidak terfragmentasi dan memiliki beragam tipe ekosistem, memiliki potensi yang lebih besar untuk mempertahankan kelangsungan hidup berbagai jenis dibandingkan dengan areal yang berukuran kecil, terfragmentasi dan dengan keragaman tipe ekosistem yang terbatas. Oleh karena itu, ukuran pendekatan (*proxy*) sederhana dari potensi daya dukung untuk kebutuhan spesies adalah semua areal yang luas dengan core area minimal 100 hektar dianggap mencukupi secara ukuran dan kondisi, untuk memelihara populasi spesies-spesies. Penentuan ukuran tersebut berguna bagi cover area dan penyediaan pakan.

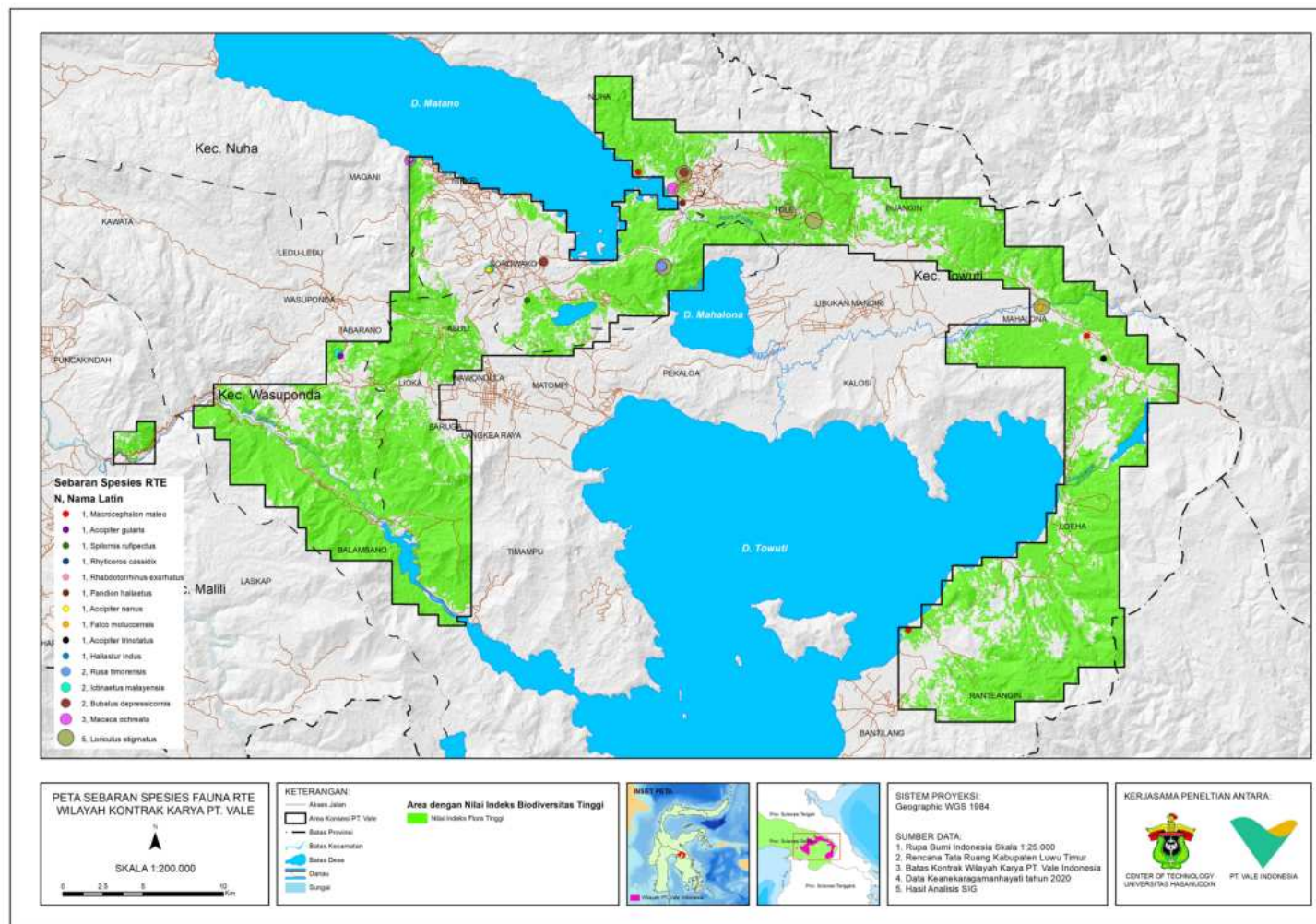
Tabel 16. Spesies Prioritas dalam Wilayah Konsesi PT. Vale Indonesia

No	Nama Latin	Nama Lokal	Status	IUCN	Populasi	Permen 106
A. FLORA						
1	<i>Aghatis dammara</i>	Agathis	Endemik	VU	Decreasing	-
2	<i>Diospyros celebica</i>	Eboni	Endemik	VU	Unspecified	-
3	<i>Garcinia celebica</i>	Manggis Hutan	Endemik			-
4	<i>Kjelbergiodendron celebicum</i>	Jambu-jambu	Endemik	-	-	-
5	<i>Lithocarpus celebicus</i>	Kayu asa	Endemik	LC	Stable	-
6	<i>Weinmannia devogelii</i>	Buri	Endemik	-	-	-
7	<i>Dillenia serrata</i>	Dengen	Endemik	LC	Stable	-
8	<i>Pterospermum celebicum</i>	Bayur	Endemik	LC	Stable	-
9	<i>Sarcotheca celebica</i>	Belimbing majo	Endemik	-	-	-
10	<i>Nepenthes maxima</i>	Kantong semar maximum	-	-	-	Dilindungi
11	<i>Nepenthes tentaculata</i>	Kantong Semar Berungut	-	LC	Stable	Dilindungi
12	<i>Nepenthes petiolata</i>	Kantong Semar	-	VU	Unknow	Dilindungi
13	<i>Stemonurs celebicus</i>	Belulang	Endemik	-	-	-
B. FAUNA						
1	<i>Rhyticeros cassidix</i>	Julang Sulawesi	Endemik	VU	Decreasing	Dilindungi
2	<i>Rhabdotorrhinus exarhatus</i>	Kangkareng Sulawesi	Endemik	VU	Decreasing	Dilindungi
3	<i>Rusa timorensis</i>	Rusa Timor	-	VU	Decreasing	Dilindungi
4	<i>Macaca ochreata</i>	Monyet dingo	Endemik	VU	Decreasing	Dilindungi
5	<i>Loriculuc stigmatus</i>	Serindit Sulawesi	Endemik	LC	Stable	Dilindungi
6	<i>Ictinaetus malayensis</i>	Elang Hltam	-	LC	Stable	Dilindungi
7	<i>Accipiter gularis</i>	Elang Alap Nipon	-	LC	Increasing	Dilindungi
8	<i>Falco moluccensis</i>	Alap-alap Api	-	LC	Decreasing	Dilindungi
9	<i>Babalus depressicornis</i>	Anoa	Endemik	EN	Decreasing	Dilindungi
10	<i>Spilornis rufipectus</i>	Elang Ular Sulawesi	Endemik	LC	Stable	Dilindungi
11	<i>Accipiter trinitatus</i>	Elang Alap Ekor Total	Endemik	LC	Stable	Dilindungi
12	<i>Accipiter nanus</i>	Elang Alap Kecil	Endemik	NT	Decreasing	Dilindungi
13	<i>Haliastur indus</i>	Elang Bandol	-	LC	Decreasing	Dilindungi
14	<i>Pandion haliaetus</i>	Elang Tiram	-	LC	Increasing	Dilindungi
15	<i>Macrocephalon maleo</i>	Maleo senkawor	Endemik	EN	Decreasing	Dilindungi

Keterangan: LC= Least Concern, NT= Near Threatened, VU= Vulnerable, EN= Endangered



Gambar 24. Peta Sebaran Spesies Flora RTE pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan



Gambar 25. Peta Sebaran Spesies Fauna RTE pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

3.5 Jasa Ekosistem

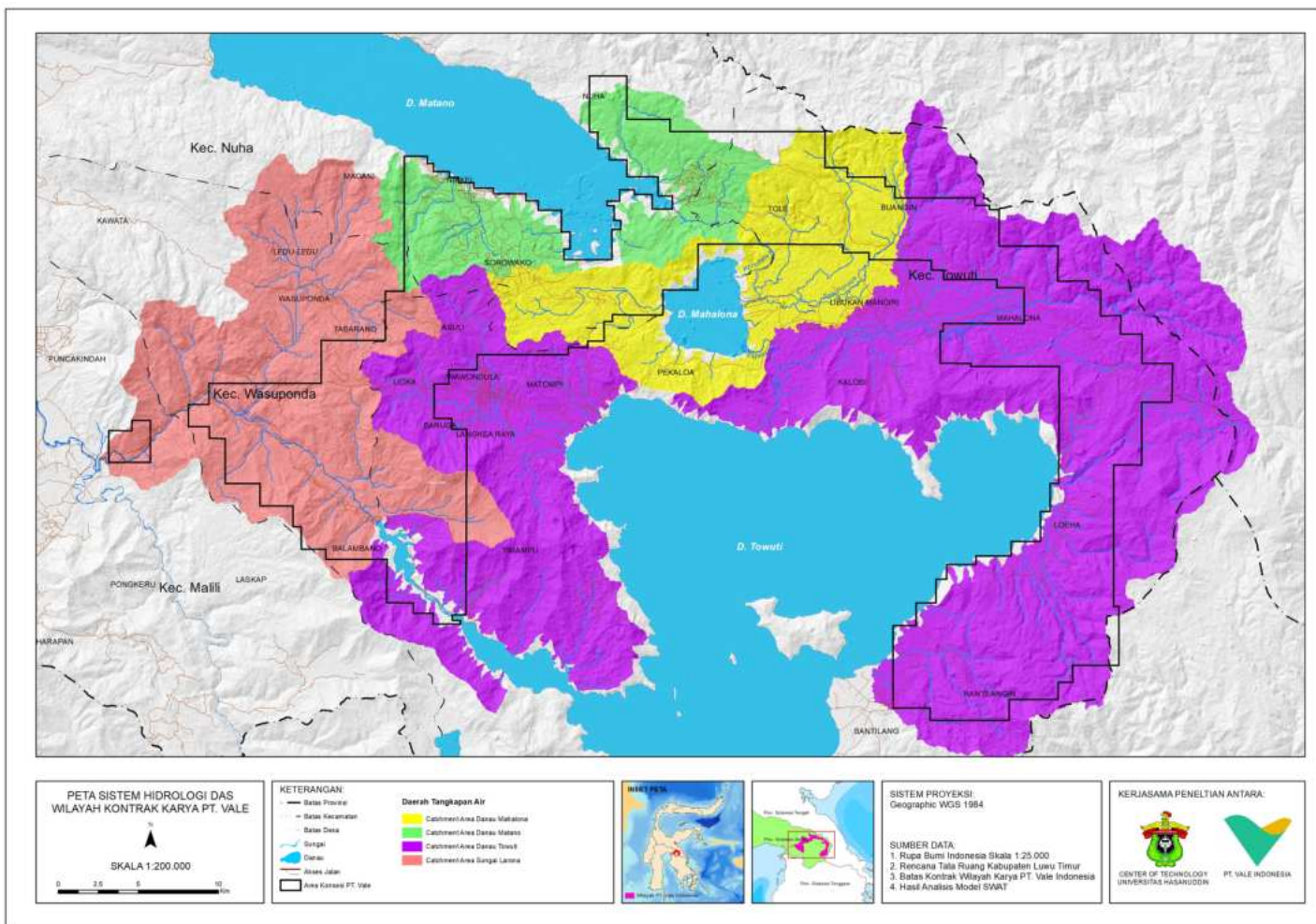
Areal yang memiliki jasa ekosistem merupakan kawasan yang menyediakan jasa-jasa lingkungan alami, yang mana diantaranya merupakan (1) kawasan yang penting untuk perlindungan fungsi hidrologis dan daerah aliran sungai baik berfungsi sebagai perlindungan kuantitas atau kualitas air serta pengendalian banjir, (2) kawasan yang fungsinya untuk mencegah terjadinya tanah longsor, erosi, dan sedimentasi dan (3) kawasan untuk pengendalian terhadap perluasan kebakaran hutan atau lahan.

3.5.1 Perlindungan Fungsi Hidrologis Daerah Tangkapan Air

Kawasan yang berfungsi sebagai penyedia air dan pengendalian banjir bagi masyarakat hilir sangat dipengaruhi oleh adanya aktifitas penggunaan lahan atau pemanfaatan hutan pada suatu kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dapat menimbulkan kerusakan dan degradasi lahan. Terkadang hal ini dapat berakibat terhadap terganggunya siklus air dalam DAS tersebut. Hutan dalam kondisi baik memiliki fungsi pengaturan air terhadap wilayah di bagian hilir. Keberadaan hutan tersebut dinilai memberikan jasa terhadap pemenuhan air bersih atau sebagai pengendali banjir bagi masyarakat hilir. Di wilayah konsesi PTVI terdapat empat daerah tangkapan air (DTA) yang mempengaruhi wilayah hilirnya yang dianalisis menggunakan model hidrologi SWAT (Soil and Water Assessment Tools), diantaranya aliran sungai yang mempengaruhi Danau Matano (DTA Danau Matano), aliran sungai yang mempengaruhi Danau Mahalona (DTA Danau Mahalona), aliran sungai yang mempengaruhi Danau Towuti (DTA Danau Towuti), dan aliran sungai yang mempengaruhi beberapa DAM di sungai Larona (DTA Sungai Larona) serta hanya sebagian kecil dari wilayah konsesi yang mempengaruhi beberapa DAS ke Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Tengah. Adapun gambarannya diuraikan sebagai berikut.

Tabel 17. Pembagian Wilayah Sistem Hidrologi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Sistem Hidrologi	Luas	
	(Ha)	(%)
Catchment Area Sungai Larona	13.648,16	19,21%
Catchment Area Danau Mahalona	9.780,53	13,77%
Catchment Area Danau Matano	12.507,14	17,60%
Catchment Area Danau Towuti	34.261,78	48,22%
Bagian DAS Tambalako	611,98	0,86%
Bagian DAS Karaupa	39,64	0,06%
Bagian DAS Lasolo	198,02	0,28%



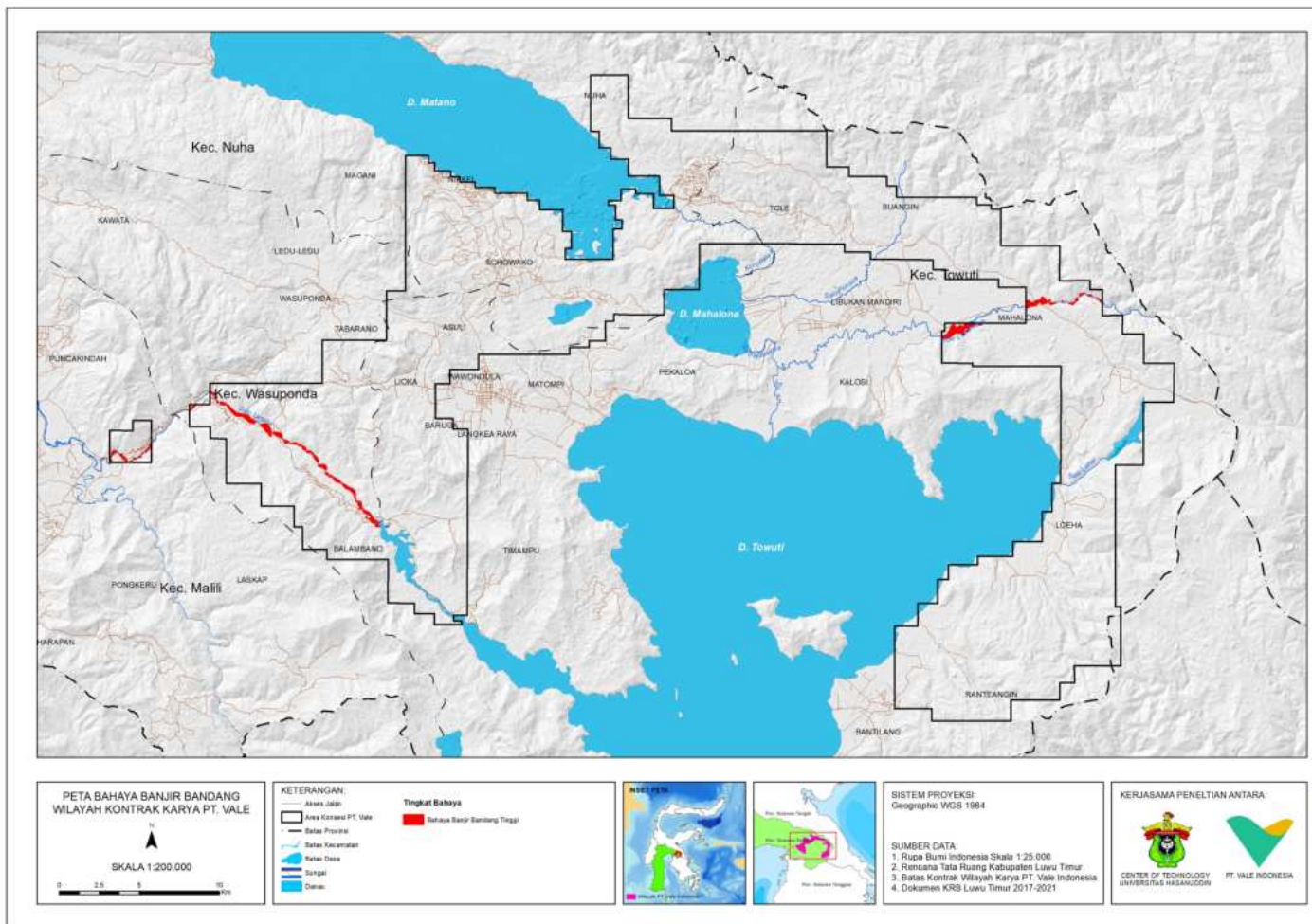
Gambar 26. Peta Sistem Hidrologi Daerah Aliran Sungai apada Area Konsepsi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Empat daerah tangkapan air yang memiliki luasan cukup besar, memiliki peranan yang sangat besar karena dapat dipengaruhi oleh aktifitas yang sedang dan akan dilakukan pada kawasan konsesi PTVI. Pengaruh tersebut dapat memberikan dampak negatif terhadap masyarakat yang bermukim disekitarnya, mempengaruhi fasilitas yang memanfaatkan sumberdaya air (PLTA) dan tentunya ekosistem dari 3 danau besar yang terdapat disekitarnya. Salah satu dampak yang dapat timbul dari ketidakseimbangan sistem hidrologi dari beberapa aliran sungai yang berada pada daerah tangkapan air tersebut adalah bencana banjir bandang. Banjir bandang adalah banjir yang berada di daerah dengan permukaan rendah dan sebagai akibat dari turunnya hujan secara terus menerus. Sehingga keadaan air di wilayah yang terkena banjir ini sudah berada pada titik jenuhnya, menyebabkan air tidak lagi mampu diserap oleh lapisan tanah, sedangkan jumlah aliran air dari daerah hulu sangat besar. Banjir bandang terjadi secara tiba-tiba dalam aliran yang deras dan dalam waktu yang cepat.

Berdasarkan data kajian risiko bencana (KRB) yang tertuang didalam Dokumen Kajian Risiko Bencana Kabupaten Luwu Timur Tahun 2017-2021 terdapat beberapa wilayah yang memiliki tingkat bahaya banjir bandang tinggi di kawasan konsesi PTVI yakni pada aliran Sungai Larona (DTA Larona) dan Sungai Lampesue (DTA Towuti) sehingga keberadaan ekosistem hutan daerah tangkapan air dari kedua sungai tersebut perlu diperhatikan agar tidak terokupasi dan memberikan dampak lebih lanjut seperti meningkat areal yang berisiko bencana banjir.

Tabel 18. Wilayah dengan Tingkat Bahaya Banjir Bandang Tinggi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Sistem Hidrologi	Rawan Banjir Bandang Tinggi	
	(Ha)	(%)
Catchment Area Sungai Larona	213,18	0,30%
Catchment Area Danau Mahalona	-	0,00%
Catchment Area Danaui Matano	-	0,00%
Catchment Area Danau Towuti	138,17	0,19%



Gambar 27. Peta Bahaya Banjir Bandang pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

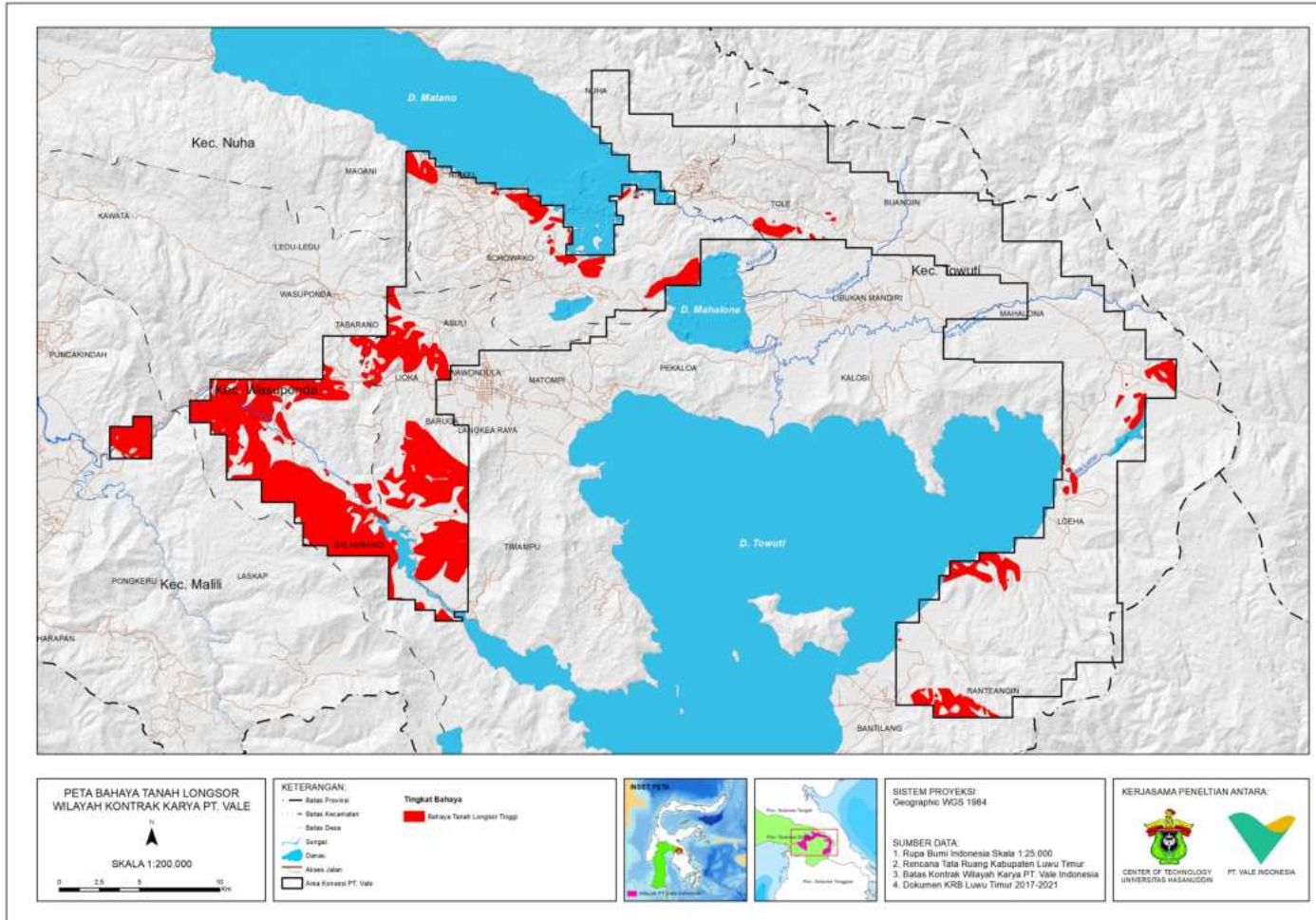
3.5.2 Kawasan untuk Mencegah Terjadinya Tanah Longsor, Erosi, dan Sedimentasi

Selain banjir bandang, rusaknya sistem tata air pada suatu daerah aliran sungai juga dapat ditandai dari ketidakstabilan lahan akibat tingginya aktifitas pemanfaatan lahan seperti terjadinya longsor lahan. Berdasarkan data kajian risiko bencana (KRB) yang tertuang didalam Dokumen Kajian Risiko Bencana Kabupaten Luwu Timur Tahun 2017-2021 terdapat beberapa wilayah yang memiliki tingkat bahaya tanah longsor tinggi di kawasan konsesi PTVI. Adapun gambarannya diuraikan pada Tabel 19. dan Gambar 28. berikut.

Tabel 19. Wilayah dengan Tingkat Bahaya Tanah Longsor Tinggi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Sistem Hidrologi	Rawan Longsor Tinggi	
	(Ha)	(%)
Catchment Area Sungai Larona	6.842,63	9,63%
Catchment Area Danau Mahalona	550,67	0,78%
Catchment Area Danaui Matano	607,25	0,85%
Catchment Area Danau Towuti	3.342,81	4,71%

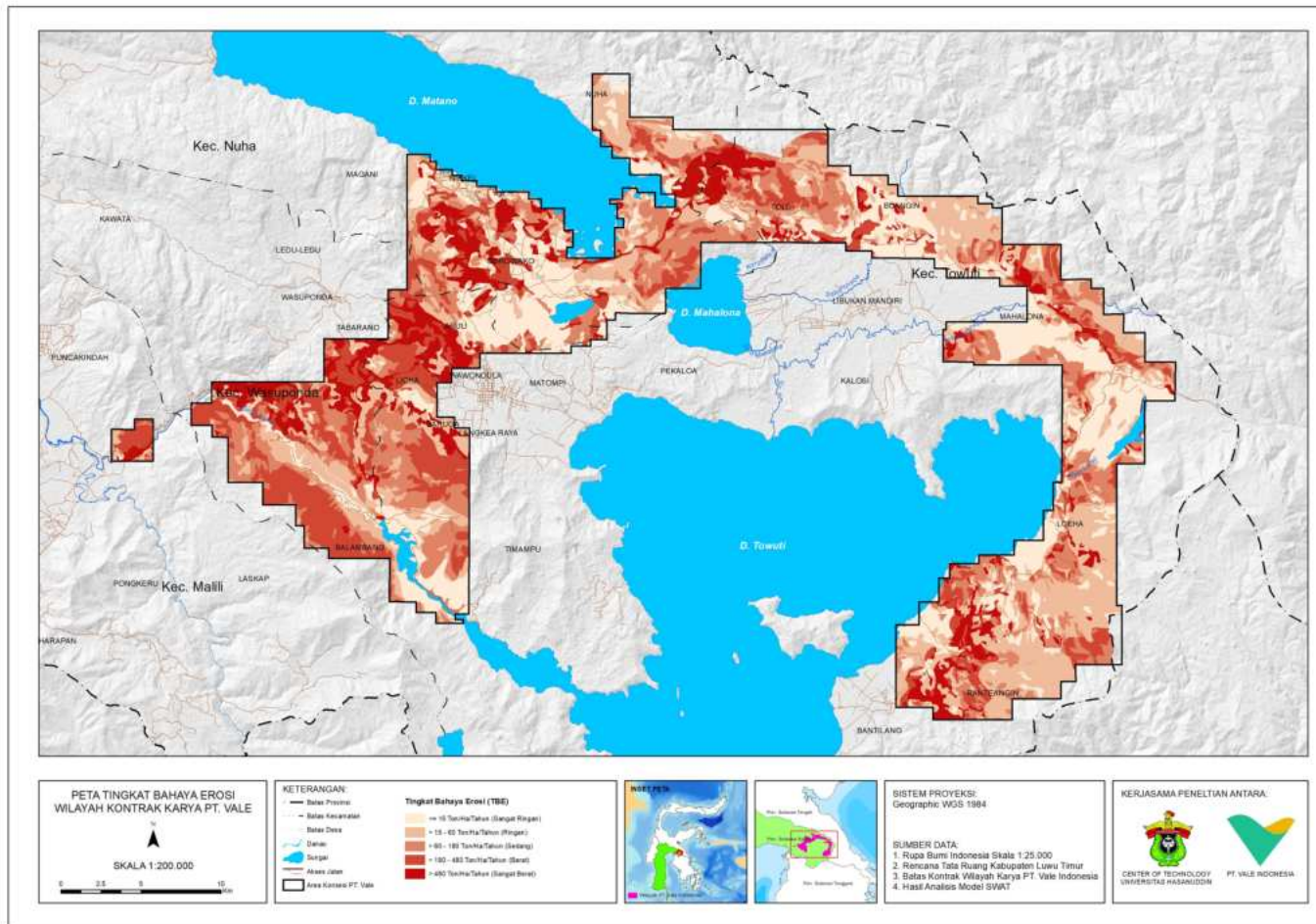
Erosi tanah merupakan salah satu penyebab terjadinya longsor. Erosi tanah bisa disebabkan karena aliran air yang deras menghujam tanah sehingga membuat tanah menjadi sangat curam. Aliran ini biasanya berupa aliran sungai, hujan, banjir, dan sebagainya. Tebing yang kekurangan pohon atau tidak memiliki penahan akan lebih mudah terkikis dan mengalami erosi sehingga mudah longsor. Aktifitas pemanfaatan lahan pada empat daerah tangkapan air yang sifatnya membuka lahan dapat menimbulkan terjadinya erosi tanah. Berdasarkan analisis tingkat bahaya erosi (TBE) pada wilayah kajian menggunakan model hidrologi SWAT (Soil and Water Assessment Tools) diketahui bahwa pada areal konsesi PTVI terdapat wilayah yang memiliki tingkat bahaya erosi sangat berat (>480 toh/ha/tahun) dan berat (>180-480 ton/ha/tahun). Adapun gambarannya diuraikan pada Tabel 20. dan Gambar 29. berikut.



Gambar 28. Peta Bahaya Tanah Longsor pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Tabel 20. Tingkat Bahaya Erosi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Sistem Hidrologi	Tingkat Bahaya Erosi									
	Sangat Ringan		Ringan		Sedang		Berat		Sangat Berat	
	<= 15 Ton/Ha/Tahun		> 15 - 60 Ton/Ha/Tahun		> 60 - 180 Ton/Ha/Tahun		> 180 - 480 Ton/Ha/Tahun		> 480 Ton/Ha/Tahun	
	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Catchment Area Sungai Larona	738,48	1,0%	2.595,32	3,7%	3.270,90	4,6%	5.132,24	7,2%	1.911,18	2,7%
Catchment Area Danau Mahalona	3.573,65	5,0%	1.990,82	2,8%	2.119,82	3,0%	1.719,16	2,4%	344,80	0,5%
Catchment Area Danaui Matano	2.512,26	3,5%	3.513,85	4,9%	2.516,45	3,5%	1.471,17	2,1%	2.370,63	3,3%
Catchment Area Danau Towuti	9.832,45	13,8%	10.882,03	15,3%	6.209,85	8,7%	4.251,23	6,0%	3.077,97	4,3%



Gambar 29. Peta Tingkat Bahaya Erosi pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

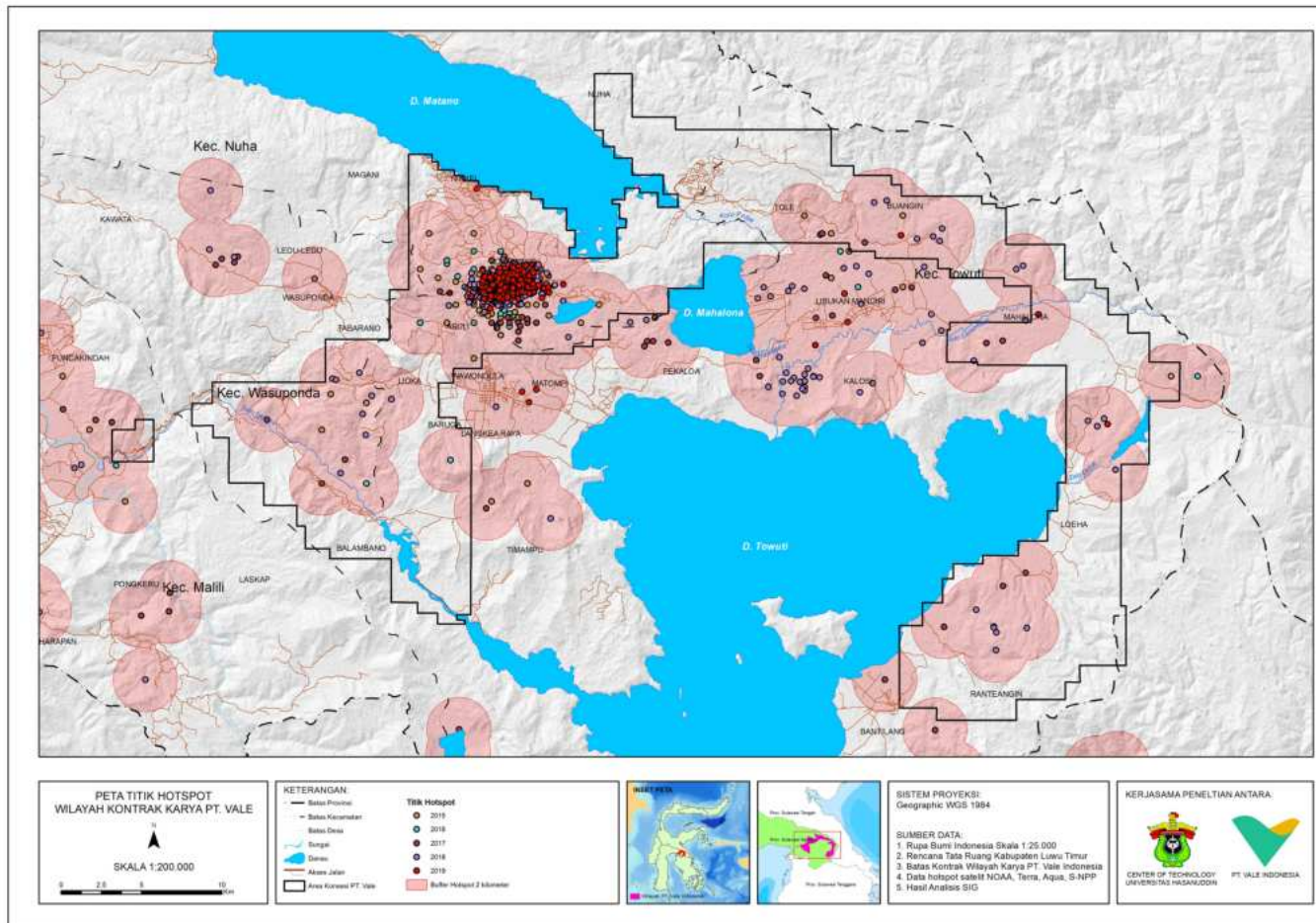
Erosi memberikan konsekuensi ekologi dan ekonomi yang sangat penting dalam skala bentang alam. Erosi permukaan menyebabkan menipisnya lapisan top-soil yang berdampak pada merosotnya produktifitas lahan. Sedangkan morpho-erosi atau bentukan dari erosi seperti tanah longsor mengurangi luas lahan produktif, merusak infrastruktur ekonomi, dan meningkatkan muatan sedimen (kajian ini perlu dilakukan pendalaman untuk melihat besaran sedimentasi yang terjadi dan mempengaruhi danau dan bendungan). Dalam kondisi alami, laju erosi tanah adalah sebanding dengan laju pelapukan dan pembentukan tanah. Namun apabila kondisi lingkungan terganggu, maka terjadi percepatan erosi yang sangat merusak dan memerlukan usaha dan biaya yang besar untuk mengendalikannya.

3.5.3 Kawasan Pengendalian Perluasan Kebakaran Hutan atau Lahan

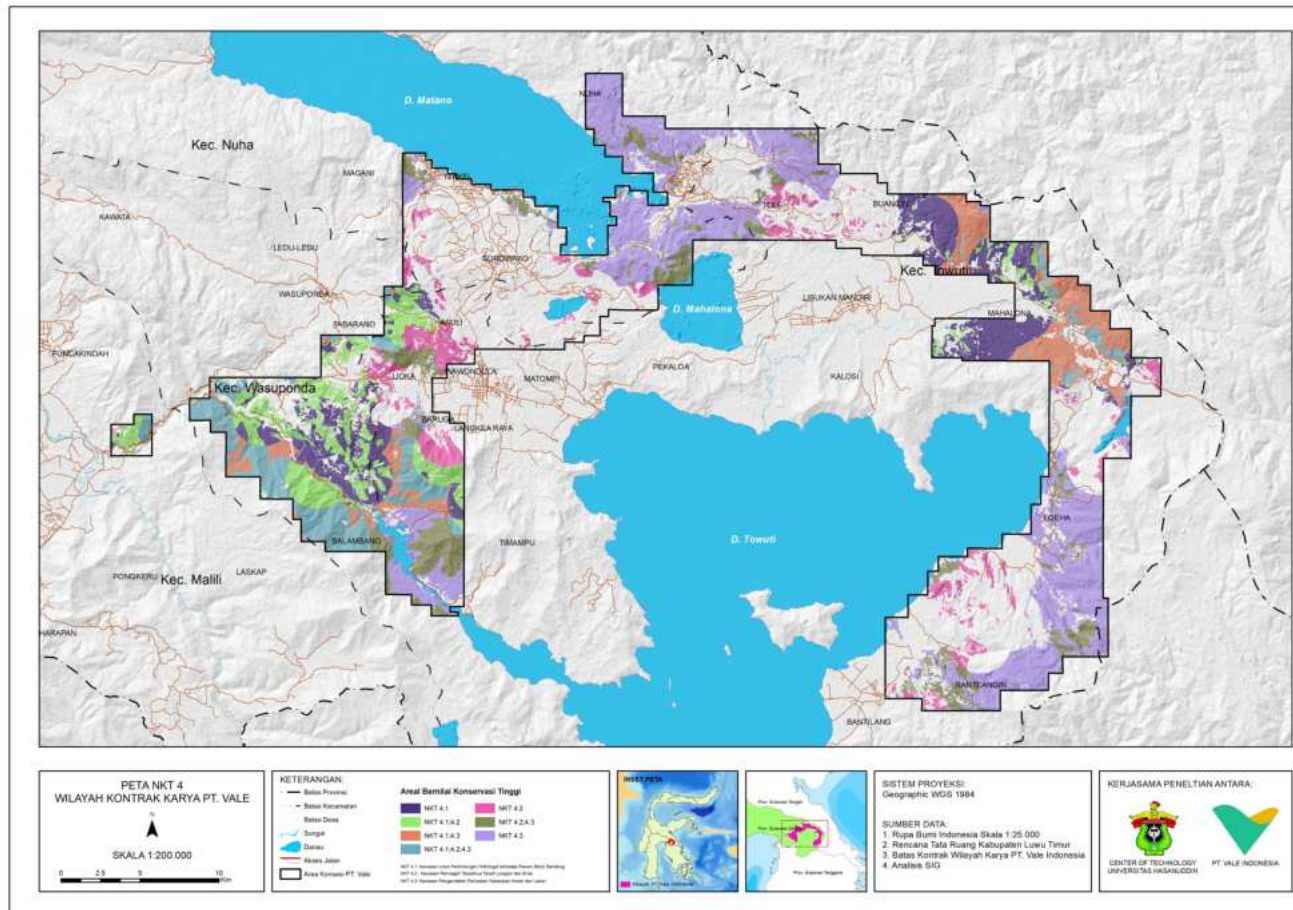
Selain bahaya fisik yang disebabkan oleh lahan, kajian ini juga dititikberatkan pada kawasan yang berfungsi sebagai sekat alam untuk mencegah meluasnya kebakaran hutan atau lahan. Keberadaan suatu kawasan yang berupa hutan ataupun lahan basah dapat mencegah meluasnya kebakaran ke tempat lain menjadikan kawasan tersebut mempunyai nilai yang sangat penting. Data kajian risiko bencana (KRB) yang tertuang didalam Dokumen Kajian Risiko Bencana Kabupaten Luwu Timur Tahun 2017-2021, terkait rawan kebakaran hutan dan lahan diperoleh bahwa pada wilayah konsesi PTVI tingkat bahaya kebakaran hutan dan lahan berada pada kategori sedang. Namun berdasarkan data titik panas (hotspot) yang diakuisisi dari data satelit NOAA, Terra, Aqua, dan S-NPP (dapat diakses di <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>) dari periode 2015-2019 terdapat titik-titik hotspot yang terpantau pada wilayah kajian. Informasi titik hotspot ini dapat menjadi pertimbangan pembuatan radius wilayah dari titik hotspot sebagai area yang rawan kebakaran, dimana wilayah yang rentan kebakaran dibuat menggunakan metode buffering pada titik hotspot yang terpantau dengan ukuran 2 km. Adapun gambaran pantauan titik hotspot dan wilayah yang rentan mengalami kebakaran pada wilayah kajian disajikan pada Tabel 21. dan Gambar 30 berikut.

Tabel 21. Data Kejadian Hotspot (Titik Panas) pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Tahun	Jumlah Pantauan Hotspot					
	Hutan	Semak Belukar	Areal Tambang	Lahan Pertanian	Permukiman	Total
2015	20	7	45	1		73
2016	11		39			50
2017	72	51	450	4		577
2018	136	98	802	9		1045
2019	36	50	359		1	446
Total	275	206	1695	14	1	2191



Gambar 30. Peta Pantauan Hotspot pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan



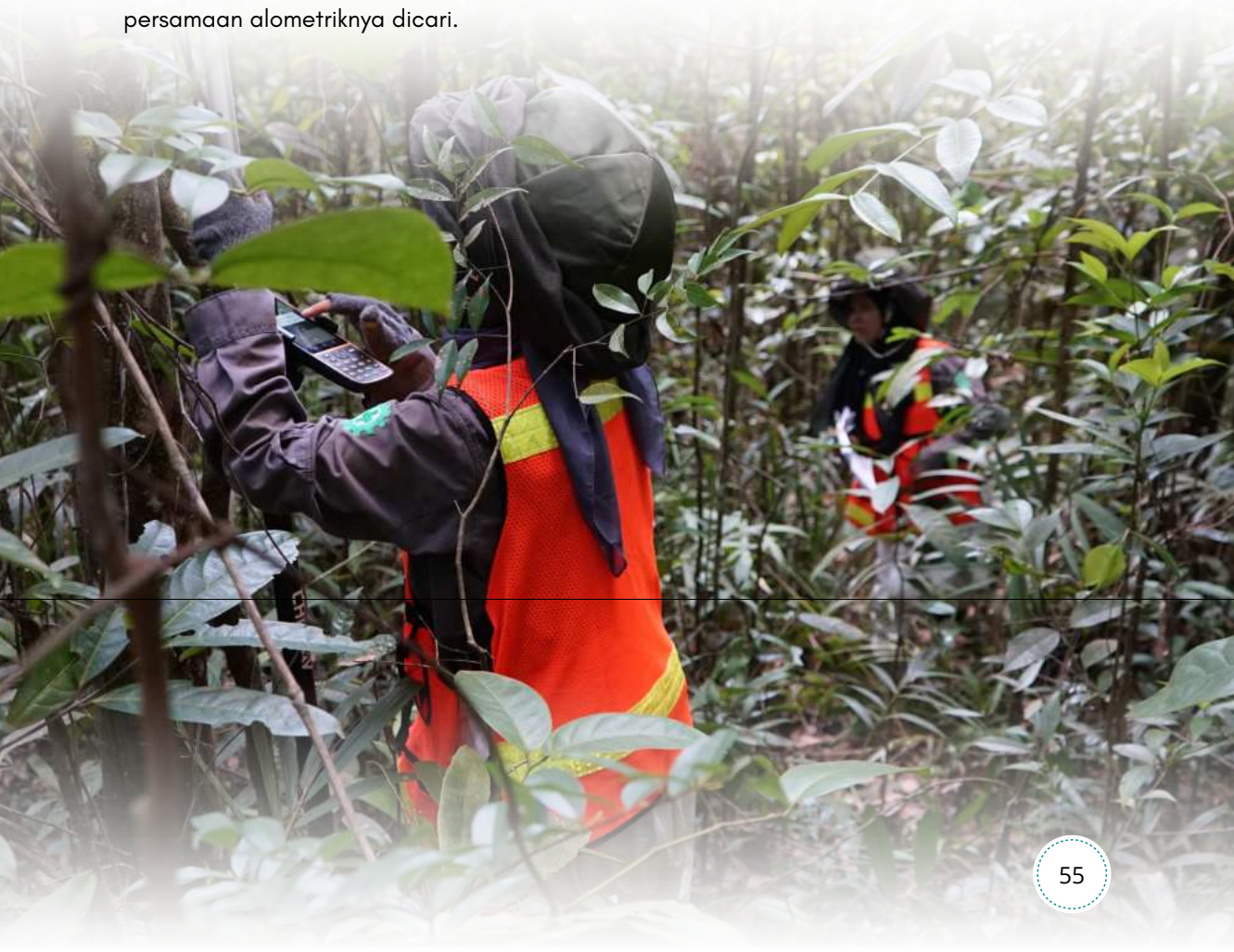
Gambar 31. Peta Potensi NKT 4 pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

3.6 Stok Karbon Tinggi (SKT)

Pendekatan stok karbon tinggi akan mengidentifikasi hutan yang harus dilindungi dan lahan yang boleh dikembangkan. Hutan tetap dipertahankan karena berfungsi penyimpan karbon tinggi, menjadi habitat bagi keanekaragaman flora fauna, penyedia kebutuhan hidup bagi masyarakat lokal. Pendekatan ini pada awalnya tidak dirancang sebagai alat untuk menghentikan deforestasi dan mitigasi iklim. Namun pada tahun 2015 organisasi Stock Karbon Tinggi global (HCSA) meluncurkan sebuah metodologi global yaitu “Pendekatan Stok Karbon Tinggi (SKT)” yang membantu menjawab pertanyaan-pertanyaan itu dan mengimplementasikan komitmen untuk menghentikan deforestasi.

Pada tahap penilaian SKT, estimasi dari stok karbon per hektar dihitung dari data biomassa yang dikumpulkan dari plot lapangan menggunakan model persamaan alometrik. Nilai biomassa selanjutnya dikonversi menjadi nilai karbonnya sehingga diketahui simpanan karbon untuk setiap stratifikasi vegetasi. Persamaan allometrik yang digunakan bersifat umum untuk seluruh vegetasi yang ditemukan di lokasi kajian.

Seluruh informasi DBH dari vegetasi yang diukur selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai biomassa pada setiap vegetasi. Jika setiap jenis vegetasi yang ditemukan di lapangan telah selesai diidentifikasi, baik nama jenis maupun nama ilmiahnya selanjutnya rumus persamaan alometriknya dicari.





Setiap jenis akan menggunakan satu rumus alometrik tersendiri. Namun jika tidak memungkinkan atau belum ada penelitian mengenai hal tersebut untuk jenis tertentu, maka rumus persamaan alometrik yang digunakan adalah rumus umum yang dikeluarkan oleh Katterings et al. (2001), yaitu sebagai berikut:

$$B \text{ (ton)} = 0,11 \times p \times (\text{DBH})^{2.62}$$

Persamaan Alometrik yang digunakan untuk mengukur biomassa pohon adalah Kattering et al. (2001). Pertimbangan dalam penggunaan rumus tersebut adalah kesesuaiannya untuk digunakan pada tipe hutan di daerah tropis. Beberapa hal yang harus diperhatikan ketika menggunakan persamaan alometrik adalah berat jenis kayu. Berat jenis kayu dapat dilihat paad basis data kekerasan kayu yang dikeluarkan oleh Pusat

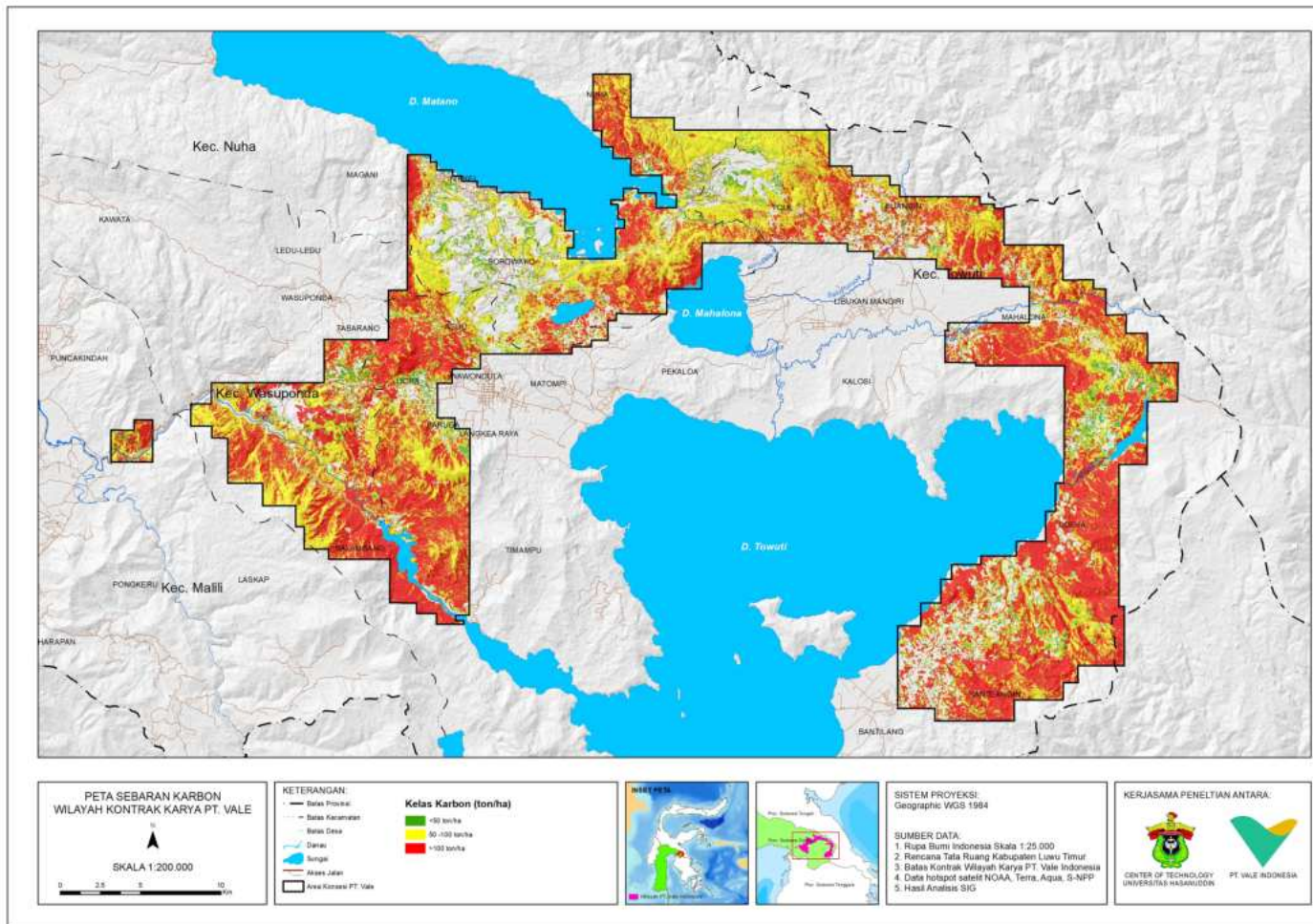
Agroforestry Dunia (World Agroforestry Centre-WAC) dengan alamat web <http://db.worldagroforestry.org/wd>. Jika hanya genus yang diketahui maka kekerasan kayu/ berat jenis kayu yang digunakan adalah nilai rata-rata ditingkat genus. Jika tidak diketahui maka menggunakan nilai standar 0,55 ton/m³ untuk spesies pohon tropis dan 0,247 ton/m³ untuk spesies palem yang didasarkan pada data penelitian IPCC (2006). Setelah diketahui nilai biomassanya, selanjutnya nilai stok karbonnya dihitung berdasarkan persamaan yang dikeluarkan oleh IPCC, yaitu:

$$C \text{ (ton)} = 0,47 \times \text{Biomassa}$$

Hasil perhitungan biomassa dari data hasil pengukuran tegakan, memiliki nilai yang beragam. Rata-rata karbon tegakan yang tinggi terdapat pada tutupan vegetasi hutan kerapatan tinggi. Adapun gambarannya disajikan pada Tabel 22 berikut.

Tabel 22. Perhitungan Stok Karbon Tegakan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

Kelas Vegetasi	Jumlah Plot	Batang/Ha	LBDS (m ²)/ha	Karbon rata-rata (ton/ha)
Hutan Kerapatan Tinggi	8	903	17,79	106,09
Hutan Kerapatan Sedang	3	1015	13,06	81,90
Hutan Kerapatan Rendah	3	757	14,68	60,84
Hutan Reklamasi	2	750	12,43	77,20
Semak Belukar	4	368	3,99	35,20



Gambar 32. Peta Sebaran Stok Karbon Tegakan pada Area Konsesi PT. Vale Indonesia di Sulawesi Selatan

3.7 Penilaian Keberhasilan Reklamasi Lahan Menggunakan NDVI

Reklamasi lahan bekas tambang merupakan kegiatan yang tidak dapat dipisahkan dengan kegiatan penambangan dan menjadi kunci untuk menjaga kelestarian lingkungan pertambangan. Kegiatan reklamasi lahan bekas tambang harus dirancang bersamaan dengan kegiatan penambangan itu sendiri. Reklamasi lahan adalah usaha untuk memperbaiki atau memulihkan kembali lahan dan vegetasi yang rusak agar dapat berfungsi secara optimal sesuai peruntukannya.

Di Indonesia, terkait reklamasi pasca tambang diatur melalui kementerian teknis yaitu Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Kementerian ESDM) dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Kementerian LHK). Ada 3 (tiga) aturan teknis di tingkat kementerian yang mengatur baik pedoman reklamasi pasca-tambang maupun pedoman penilaian keberhasilan pascatambang. Khusus di Kementerian ESDM, aturan teknis tersebut yaitu Peraturan Menteri ESDM Nomor 7 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Reklamasi dan Pasca-tambang pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara. Pada Kementerian LHK terdapat Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.60/Menhut-II/2009 tentang Pedoman Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan dan Permenhut Nomor P.4/Menhut-II/2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan. Ketiga peraturan menteri tersebut merupakan peraturan teknis yang disusun untuk menerjemahkan prinsip-prinsip kegiatan reklamasi pada undang-undang, peraturan pemerintah dan peraturan presiden yang ada di atasnya.

Reklamasi lahan bekas tambang saat ini lebih sering ditujukan untuk tujuan revegetasi dengan tanaman-tanaman kehutanan. Dalam pedoman Penilaian Kriteria Keberhasilan Reklamasi, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 18 Tahun 2008, reklamasi yang mengarah kepada revegetasi lahan bekas tambang dinilai dari berbagai aspek yang terkait dengan penataan lahan yang berkaitan dengan pekerjaan sipil, persiapan lahan untuk dapat ditanami vegetasi sesuai peruntukannya, dan teknik penanaman. Keberhasilan revegetasi pada lahan bekas tambang sangat ditentukan oleh banyak hal, diantaranya adalah:

- 1) Aspek penataan lansekap
- 2) Kesuburan media tanam
- 3) Penanaman dan perawatan tanaman

Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.60/Menhut-II/2009 menguraikan bahwa penilaian reklamasi lahan merupakan kegiatan pengamatan yang dilakukan secara periodik terhadap kegiatan reklamasi hutan untuk menjamin bahwa rencana kegiatan yang diusulkan, jadwal kegiatan, hasil yang diinginkan dan kegiatan lain yang diperlukan dapat berjalan sesuai dengan rencana dan dijadikan dasar perpanjangan, pengembalian izin penggunaan kawasan hutan dan untuk mengetahui kemajuan pelaksanaan reklamasi hutan. Dalam Permenhut tersebut dijelaskan bahwa persentase reklamasi lahan diukur menggunakan persentase tumbuh tanaman yaitu berupa perbandingan antara tanaman sehat dengan jumlah tanaman yang ditargetkan dikalikan 100%.

Penilaian keberhasilan ini dapat dilakukan dengan mengecek kondisi dilapangan. Namun, pengecekan wilayah yang luas mengharuskan perlunya sampling terhadap lokasi yang dikunjungi. Kondisi ini dapat menyebabkan tidak terwakilinya informasi yang akan dinilai sehingga bisa saja kondisi yang diperoleh tidak akurat. Akan tetapi, metode tersebutlah yang sering dilakukan untuk menilai keberhasilan suatu rehabilitasi hutan dan lahan. Kegiatan penilaian dan pengawasan seperti itu belum menyentuh kemampuan teknologi yang berkembang sekarang, misalnya dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Penggunaan citra atau foto udara yang diperoleh dari kegiatan penginderaan jauh saat ini dapat memonitor kondisi lingkungan disuatu wilayah secara temporal, akurat dan luasnya langsung diketahui.

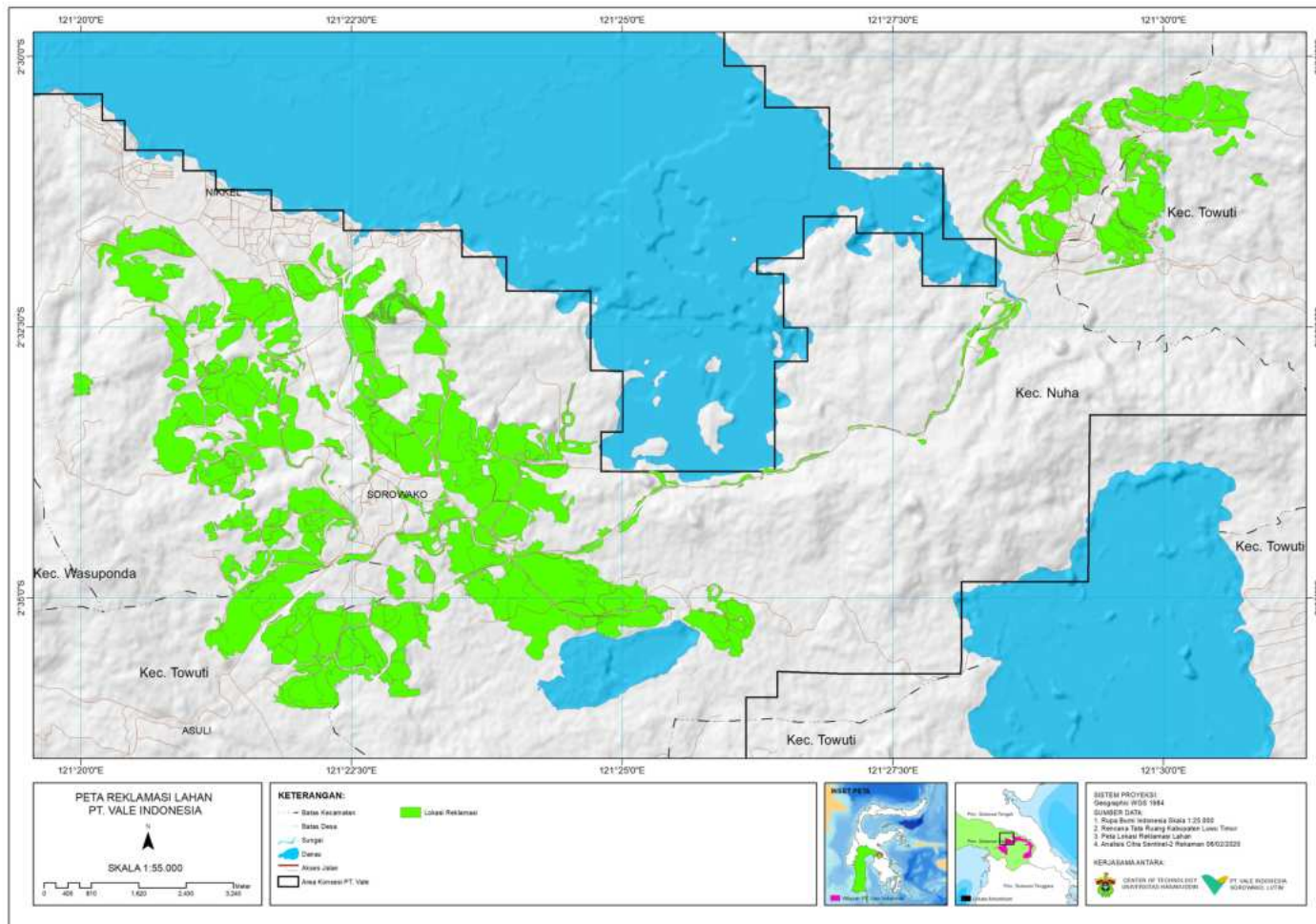
Pemanfaatan citra atau foto udara saat ini banyak berkembang untuk menilai kesehatan vegetasi disuatu wilayah, melalui analisis vegetasi yang memanfaatkan formula-formula matematis dalam menilai panjang gelombang elektromagnetik dari setiap kanal yang disajikan oleh citra atau foto udara. Indeks vegetasi adalah ukuran kuantitatif dari citra yang terkait dengan kerapatan, biomassa atau kesehatan vegetasi. Indeks vegetasi biasanya dibentuk melalui dua atau tiga saluran citra, dimana saluran-saluran tersebut dapat dihitung melalui pembagian, penjumlahan atau perkalian.

Penilai atau pengawas dalam penilaian keberhasilan rehabilitasi hutan dan lahan atau reklamasi lahan pasca tambang, sebenarnya dapat memanfaatkan teknologi ini untuk menilai keberhasilan tutupan vegetasi disuatu wilayah. Dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh seperti citra sebenarnya dapat menekan pengeluaran anggaran untuk kegiatan tersebut, khususnya jika memanfaatkan citra-citra yang disajikan gratis melalui beberapa website atau melakukan koordinasi dengan lembaga penyedia citra di Indonesia yakni LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) atau dengan membeli unit UAV untuk menghasilkan foto udara multispektral yang dapat digunakan kapanpun dan dimanapun yang biaya investasinya hanya dikeluarkan satu kali saja saat membeli alat.

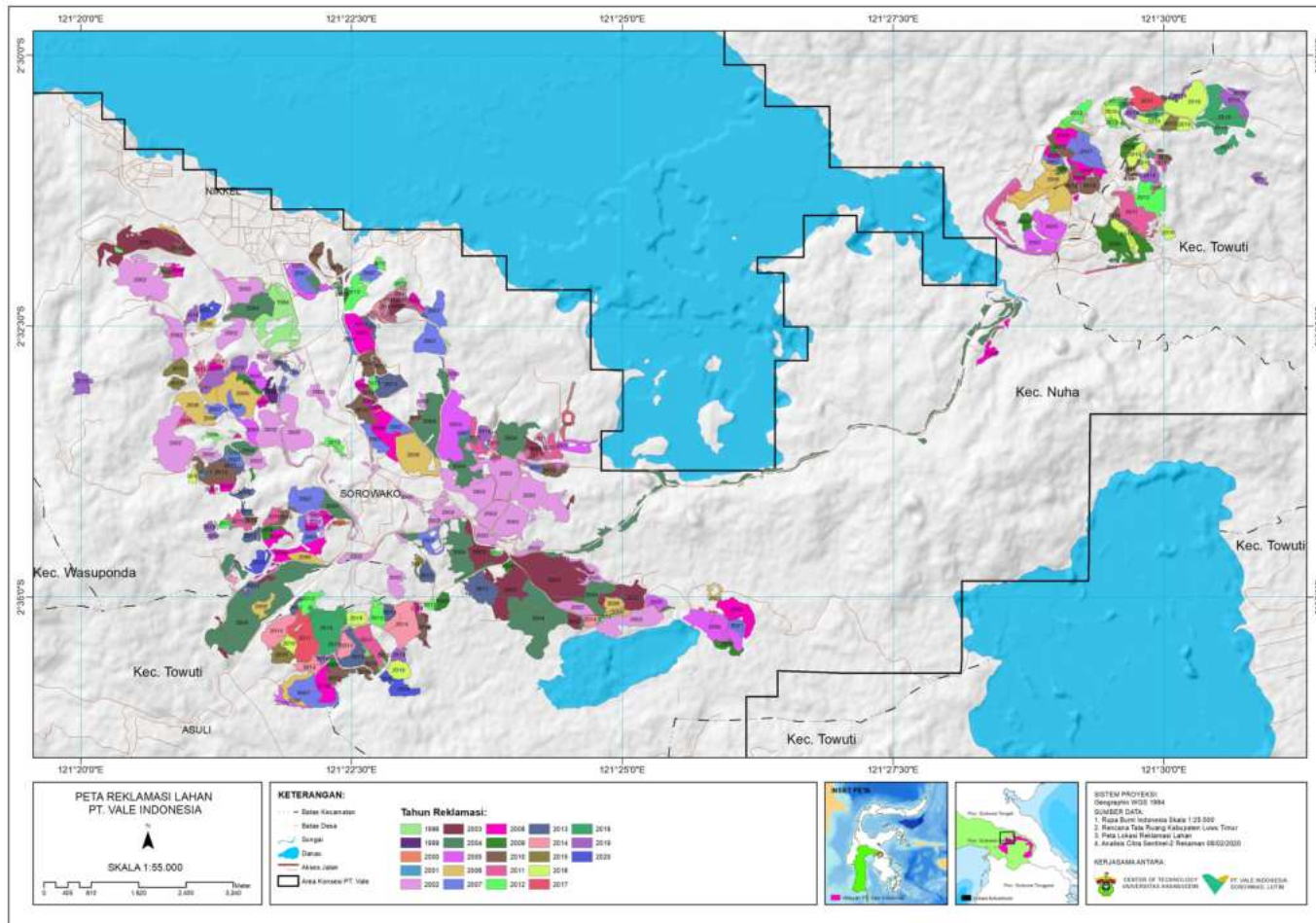
Reklamasi lahan bekas tambang PTVI telah dimulai sejak Tahun 1996 hingga sekarang. Total luas lahan yang direklamasi adalah 2.928,42 ha yang terbagi di Blok Sorowako dan Blok Petea. Adapun situasi lokasi reklamasi lahan di kawasan tambang PTVI sebagai berikut.

Tabel 23. Rincian Luas Wilayah Reklamasi Lahan di PT. Vale Indonesia per Tahun

No.	Tahun Reklamasi	Luas (Ha)
1	1996	48,13
2	1999	6,71
3	2000	2,67
4	2001	3,84
5	2002	503,05
6	2003	219,57
7	2004	418,48
8	2005	174,25
9	2006	179,03
10	2007	196,30
11	2008	158,06
12	2009	83,52
13	2010	147,92
14	2011	119,33
15	2012	97,69
16	2013	97,43
17	2014	85,30
18	2015	32,26
19	2016	97,93
20	2017	52,79
21	2018	89,58
22	2019	83,90
23	2020	30,69
Total		2.928,42



Gambar 33. Peta Sebaran Lokasi Reklamasi Lahan PT. Vale Indonesia di Blok Sorowako dan Blok Petea



Gambar 34. Peta Tahun Reklamasi Lahan PT. Vale Indonesia

Salah satu metode penilaian keberhasilan reklamasi tambang menggunakan teknologi penginderaan jauh adalah memanfaatkan Citra Sentinel 2 untuk melakukan analisis vegetasi. Salah satu indeks yang dapat dimanfaatkan dalam analisis vegetasi adalah NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Citra Sentinel 2 merupakan citra yang multi spasial resolusional dimana masing-masing satelitnya Sentinel 2A dan Sentinel 2B memiliki waktu rotasi 10 hari. Sehingga masing-masing satelit memiliki resolusi temporal maksimal pada satu lokasi perekaman yakni 5 hari yang artinya tiap 5 hari kita dapat mendapatkan hasil perekaman. Namun, kondisi perekaman tersebut sangat bergantung lagi dari kebersihan citra dari gangguan atmosfer karena pada dasarnya hasil penginderaan jauh yang diperoleh dari hasil perekaman satelit sangat ditentukan oleh kondisi atmosfer.

Satelit sentinel ini sebenarnya menggabungkan kemampuan dari dua teknologi satelit citra yang sebelumnya pernah ada yakni SPOT dan Landsat. Dimana SPOT memiliki resolusi yang bagus dan Landsat merupakan satelit yang dapat menghasilkan citra multispektral. Citra multispektral adalah salah satu cara atau metode menangkap data gambar pada frekuensi tertentu di seluruh spektrum elektromagnetik.



Gambar 35. Penampakan Citra Sentinel 2 pada Lokasi Tambang PT. Vale Indonesia

Memanfaatkan pola spektral yang terdapat pada Citra Sentinel 2, dapat dilakukan analisis vegetasi untuk menilai tingkat keberhasilan reklamasi yang terdapat di lokasi tambang. Pola spektral tersebut dapat digunakan untuk menghitung tingkat kepadatan dan kehijauan vegetasi menggunakan formula NDVI. Adapun formula NDVI yang digunakan adalah:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

Dimana:

NIR : radiasi inframerah

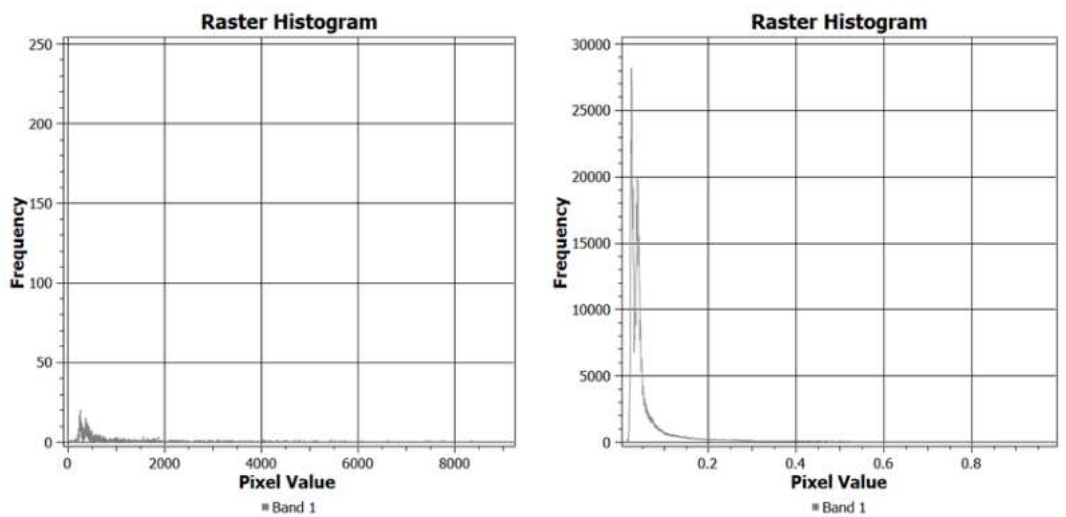
Red : radiasi cahaya merah

Nilai indeks yang dihasilkan oleh NDVI berkisar dari nilai -1 (bukan vegetasi) sampai 1 (vegetasi). Adapun pembagian nilai indeksnya untuk menentukan tingkat kerapatan dan kehijauan vegetasi sebagai berikut.

Tabel 24. Rentang Nilai Indeks Vegetasi NDVI

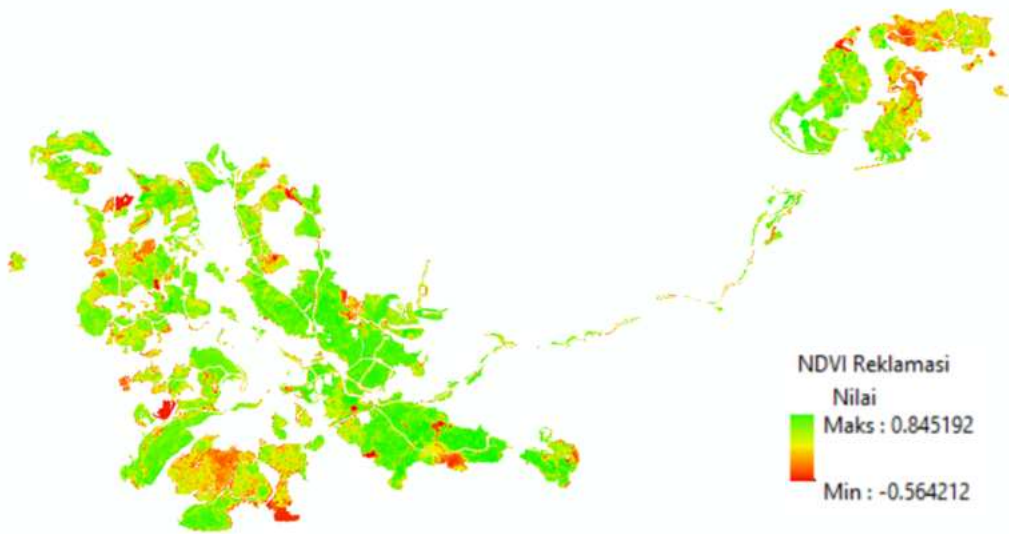
No.	Index	Kelas	Kondisi yang dijumpai di Lapangan
1	-1 - 0,1	<i>Lowest Vegetation</i>	Bangunan, Tanah Terbuka dan Tubuh Air
2	0,1 - 0,3	<i>Lower Vegetation</i>	Padang Rumput
3	0,3 - 0,5	<i>Low Vegetation</i>	Semak Belukar
4	0,5 - 0,6	<i>Moderate Vegetation</i>	Campuran Beberapa Pohon dan Semak Belukar
5	0,6 - 0,7	<i>High Vegetation</i>	Hutan Kerapatan Rendah
6	0,7 - 0,9	<i>Higher Vegetation</i>	Hutan Kerapatan Tinggi
7	0,9 - 1	<i>Highest Vegetation</i>	Hutan Kerapatan Sangat Tinggi

Penilaian reklamasi lahan tambang PT. Vale Indonesia, dilakukan dengan memanfaatkan nilai indeks ini menggunakan Citra Sentinel 2 rekaman 2020-02-06 T 02:13:39. Sebelum dianalisis lebih lanjut, Citra Sentinel 2 yang telah didownload dikoreksi terlebih dahulu pada tahapan preprocessing menggunakan Plugin Semi-Automatic Classification Plugin pada Software QGIS. Koreksi yang dilakukan adalah koreksi atmosferik dan radiometrik untuk memperbaiki gangguan atmosfer pada hasil perekaman dan mengubah nilai DN citra ke nilai TOA radiance.



Gambar 36. Rester Histogram Koreksi Atmosferik dan Radiometrik Citra Sentinel 2 (a) Belum Terkoreksi (b) Sudah Terkoreksi

Setelah pengolahan data citra dan perhitungan nilai NDVI, diperoleh informasi nilai NDVI pada kawasan reklamasi PT. Vale Indonesia yang berkisar dari nilai -0,56 (minimum) dan 0.85 (maksimum). Dari nilai indeks vegetasi ini dapat diketahui kondisi hasil reklamasi pada setiap tahunnya baik yang sudah berhasil menjadi tutupan hutan dan ada juga yang belum. Kondisi ini dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum NDVI pada setiap tahunnya sebagai berikut.



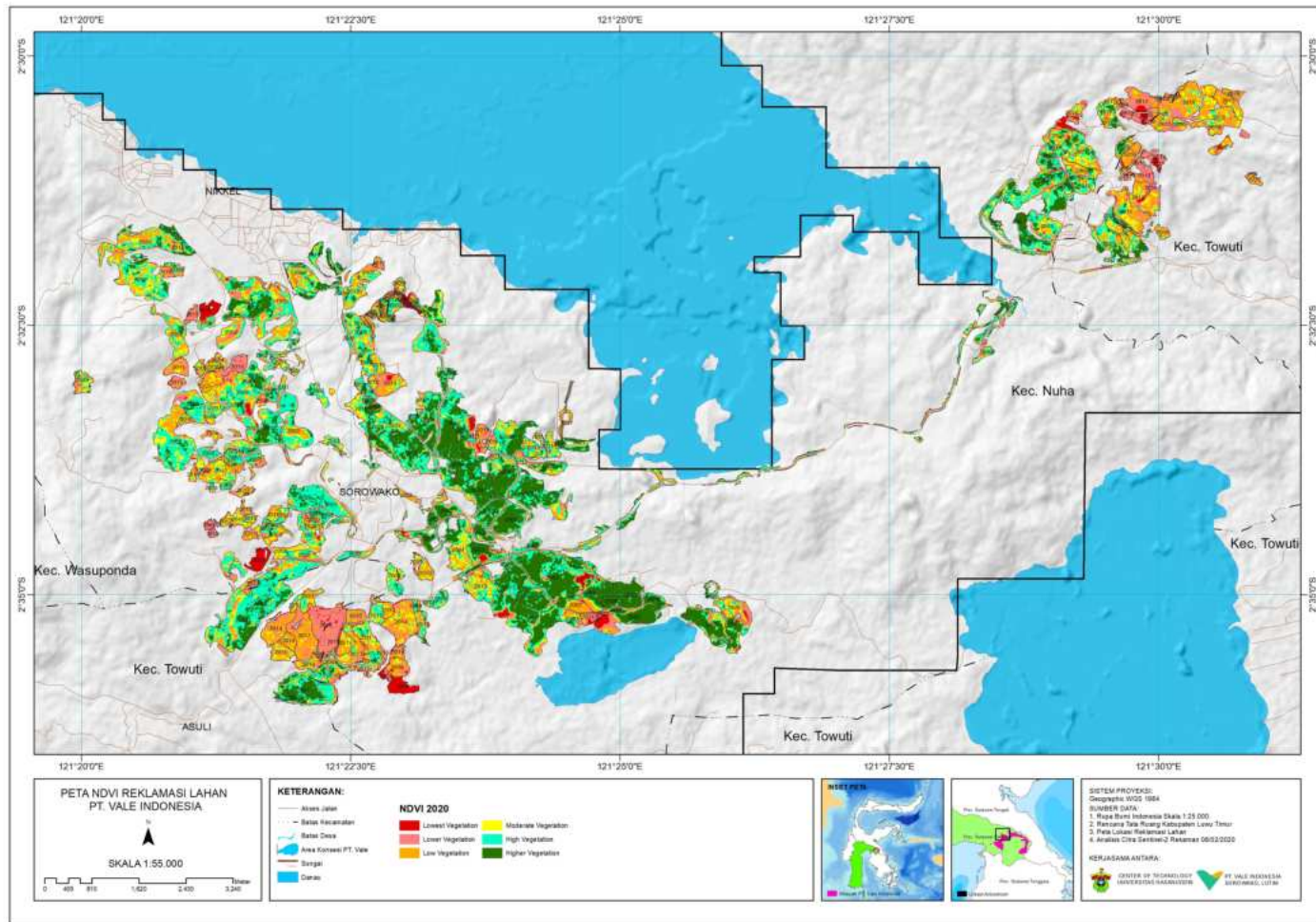
Gambar 37. Hasil Perhitungan NDVI Areal Reklamasi Tambang PT. Vale Indonesia menggunakan Citra Sentinel 2 Tahun 2020



Tabel 25. Rentang Nilai NDVI pada Areal Reklamasi Tambang PT. Vale Indonesia Tahun 2020

No.	Tahun Reklamasi	Luas (Ha)	Nilai NDVI	
			(Ha)	(%)
1	1996	48,13	-0,27	0,75
2	1999	6,71	0,09	0,77
3	2000	2,67	0,22	0,72
4	2001	3,84	0,04	0,73
5	2002	503,05	-0,49	0,82
6	2003	219,57	-0,56	0,82
7	2004	418,48	-0,52	0,82
8	2005	174,25	-0,23	0,81
9	2006	179,03	-0,35	0,82
10	2007	196,30	-0,38	0,82
11	2008	158,06	-0,39	0,82
12	2009	83,52	-0,09	0,85
13	2010	147,92	-0,21	0,81
14	2011	119,33	-0,05	0,82
15	2012	97,69	-0,03	0,79
16	2013	97,43	-0,56	0,76
17	2014	85,30	-0,01	0,80
18	2015	32,26	0,00	0,76
19	2016	97,93	-0,37	0,84
20	2017	52,79	-0,05	0,78
21	2018	89,58	-0,27	0,79
22	2019	83,90	-0,28	0,78
23	2020	30,69	-0,31	0,42
Total		2.928,42		

Berdasarkan nilai indeks diatas, dapat digambarkan dari nilai maksimum NDVI bahwa sebagian hasil reklamasi tambang oleh PT. Vale Indonesia telah mendekati nilai indeks Higher Vegetation dengan nilai indeks 0.7 - 0.9, khususnya pada reklamasi pada rentang 2002-2011. Nilai ini sebenarnya telah mendekati nilai hutan alam yang berada disekitarnya. Namun dengan persentase yang belum terlalu besar. Adapun distribusinya luasannya diuraikan sebagai berikut.



Gambar 38. Peta Kondisi Tutupan Vegetasi berdasarkan NDVI Tahun 2020

3.8 Monitoring Flora dan Fauna pada Petak Ukur Permanen (PUP) Tahun 2023

Adapun kegiatan pembuatan dan pengukuran petak ukur permanen di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan dan pembuatan project pada titik BM (Benchmark) menggunakan GNSS (Global Navigation Satellite System).



2. Penentuan Lokasi dengan menentukan titik X0Y0 Petak Ukur Permanen



3. Penentuan arah plot dengan menggunakan kompas dan laser distance meter



4. Pemasangan patok permanen dan tali rafia sebagai pembatas subplot



5. Pengambilan titik koordinat setiap patok menggunakan GNSS (*Global Navigation Satellite System*)



6. Pengukuran Diameter Pohon



7. Pengukuran TBC dan TTOT Pohon



8. Pemasangan Nomor Pohon dan Pengecetan Lingkaran batang untuk diameter



9. Pencatatan nama jenis pohon



10. Pengambilan Titik Koordinat setiap pohon

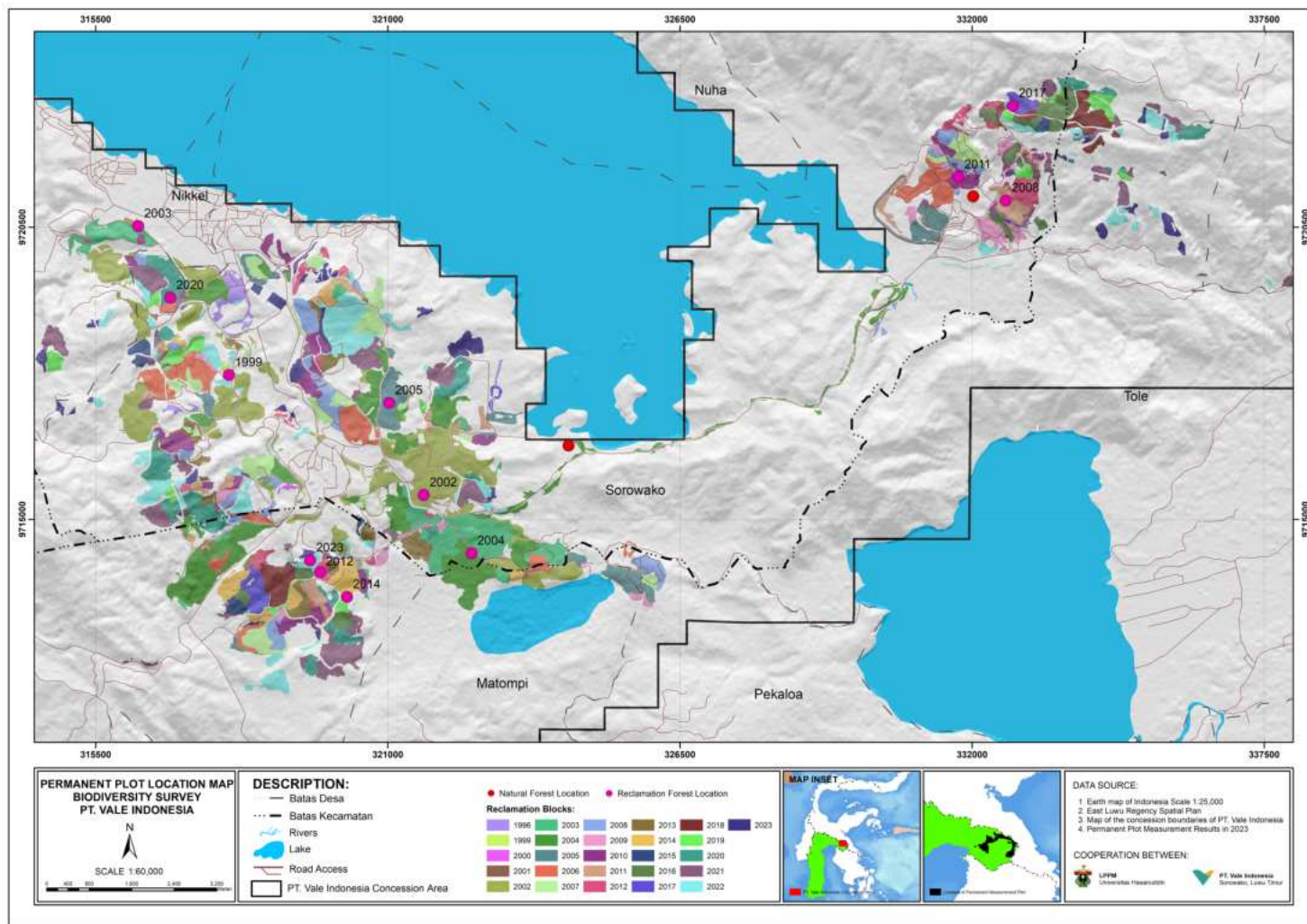


11. Pengukuran dan pencatatan anakan dan semai



5.3 Hasil Pengukuran Petak Ukur Permanen Tahun 2020 dan 2023

Dalam dinamika komunitas tumbuhan hutan, pengukuran parameter vegetasi dilakukan dengan mengamati perubahan komposisi jenis tumbuhan yang menggambarkan kuantifikasi dan kualifikasi keadaan komunitas tumbuhan yang terjadi di dalam Petak Ukur Permanen (PUP). Pengukuran parameter vegetasi di dalam plot permanen dilakukan pada Tahun 2023 di areal revegetasi yang berumur 0 tahun (2023), 3 tahun (2020), 6 tahun (2017), 9 tahun (2014), 12 tahun (2011), 15 tahun (2008), 18 tahun (2005), 21 tahun (2002), dan 23 tahun (1999), serta di areal hutan alam yang mewakili hutan wilayah Sorowako dan Petea di dalam wilayah konsesi PT Vale Indonesia Tbk. Peta sebaran lokasi dari setiap Petak Ukur Permanen (PUP) dapat di lihat pada Gambar 40.



Gambar 39. Peta Sebaran Lokasi Petak Ukur Permanen (PUP) pada tahun 2023

Adapun beberapa parameter vegetasi yang diukur yaitu jumlah individu atau kerapatan (K), jumlah jenis (N) dan luas bidang dasar (LBDS). Nilai kerapatan (K), jumlah jenis (N), dan luas bidang dasar (LBDS) pohon pada areal revegetasi bekas tambang dan hutan alam di PT. Vale Indonesia Tbk tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 26. berikut.

Tabel 26. Nilai kerapatan (K), jumlah jenis (N), dan luas bidang dasar (LBDS) pohon (diameter ≥ 5 cm) pada areal revegetasi bekas tambang dan hutan alam di PT. Vale Indonesia Tbk tahun 2020.

Tahun Revegetasi	Nama Lokasi	Kerapatan Pohon (K)	Jumlah Jenis (N)	LBDS (cm2)	H'
1999	Pongsesa Quarry	86	16	37018.87	2.11
2002	Chandra	63	11	24984.25	1.82
2003	Butoh	100	14	28059.97	1.74
2004	Debby	128	21	30137.70	2.19
2005	Himalaya Disposal	104	18	82380.94	1.96
2008	Petea_02	89	17	13396.98	2.03
2011	Petea B Dsp 17	56	11	8548.46	1.94
2012	Anoa Dsp 13	39	7	5938.74	1,37
2014	Anoa_dsp_26	32	4	10305.78	1.30
2017	Petea B Dsp_P10	54	10	3693.35	1.86
2020	Konde North_Dsp_07	0	0	0.00	0.00
HA-SRW	Otuno	131	35	36741.71	3.01
HA-PTA	Petea	147	46	33195.88	3.50

Dalam Kegiatan Penelitian Piloting Sistem Monitoring Biodiversity pada tahun 2023 ini dilakukan untuk memperbarui data sebelumnya yang dilakukan menggunakan metode dan alat yang berbeda dari tahun sebelumnya seperti pengambilan titik koordinat pohon dilakukan menggunakan GNSS (Global Navigation Satelite System) yang memiliki keakurasian 0,1ml. Adapun beberapa parameter vegetasi yang diukur kembali yaitu jumlah individu atau kerapatan (K), jumlah jenis (N), luas bidang dasar (LBDS) dan Nilai kerapatan tajuk yang menggunakan densiometer. Nilai kerapatan (K), jumlah jenis (N), luas bidang dasar (LBDS) pohon dan Kerapatan tajuk (%) perplot pada areal revegetasi bekas tambang dan hutan alam di PT. Vale Indonesia Tbk tahun 2023, dapat dilihat pada Tabel 27 berikut.

Tabel 27. Nilai kerapatan (K), jumlah jenis (N), dan luas bidang dasar (LBDS) pohon (diameter ≥ 5 cm) pada areal revegetasi bekas tambang dan hutan alam di PT. Vale Indonesia Tbk tahun 2023.

Tahun Revegetasi	Nama Lokasi	Kerapatan Pohon (K)	Jumlah Jenis (N)	LBDS (cm2)	H'	Kerapatan Tajuk (%)
1999	Pongsesa	96	19	33565.86	2.39	65
2002	Chandra	69	10	29617.07	1.76	61
2003	Butoh	110	14	32651.33	1.77	80
2004	Debby	133	24	23503.22	2.19	55
2005	Himalaya Disposal	130	20	71367.54	2.06	76
2008	Petea_02	118	19	16505.33	2.05	85
2011	Petea B Dsp 17	114	13	14443.42	1.96	77
2012	Anoa Dsp 13	46	6	9460.29	1.04	43
2014	Anoa_dsp_26	61	5	17832.14	1.31	29
2017	Petea B Dsp_P10	85	12	16390.65	1.93	53
2020	Konde North_Dsp_07	7	5	311.86	1.48	0
HA-SRW	Otuno	134	37	35589.81	3.08	84
HA-PTA	Petea	151	45	37315.05	3.49	89
2023	Anoa 43	0	0	0	0	0

Adapun data dan jenis tumbuhan penyusun hutan areal revegetasi dan hutan alam di dalam petak ukur permanen secara lengkap terlampir menjadi bagian dari dokumen ini. Selain itu, struktur populasi yang mencerminkan potensi permudaan alami di dalam petak ukur permanen pada berbagai areal revegetasi dan hutan alam juga dianalisis kembali pada tahun 2023 ini. Gambar 40. memperlihatkan strukur populasi pada tingkat pertumbuhan Semai, Pancang , dan Pohon pada tahun 2020 sedangkan Gambar 41. merupakan strukur populasi pada ingkat pertumbuhan Semai, Pancang , dan Pohon pada tahun 2023. Perubahan jumlah individu dari tahun 2020 ke 2023 mencerminkan pola regenerasi alami yang baik, sesuai dengan bentuk diagram J terbalik, di mana jumlah semai lebih tinggi dibandingkan pancang dan pohon. Pola ini menunjukkan bahwa ekosistem sedang mengalami pemulihan dengan peningkatan individu baru yang tinggi, yang merupakan indikasi keberhasilan revegetasi. Hanya saja, pada petak ukur permanen tahun revegetasi 1999, 2002, 2014, 2017, 2020 jumlah individu pohon, semai dan pancangnya cenderung meningkat pada tahun 2020 dan kemudian menurun pada 2023. Secara keseluruhan, kedua diagram tersebut menunjukkan bahwa ekosistem di area revegetasi memiliki kapasitas regenerasi yang cukup baik dan memiliki potensi untuk berkembang lebih lanjut menjadi ekosistem yang lebih stabil dalam beberapa tahun mendatang.



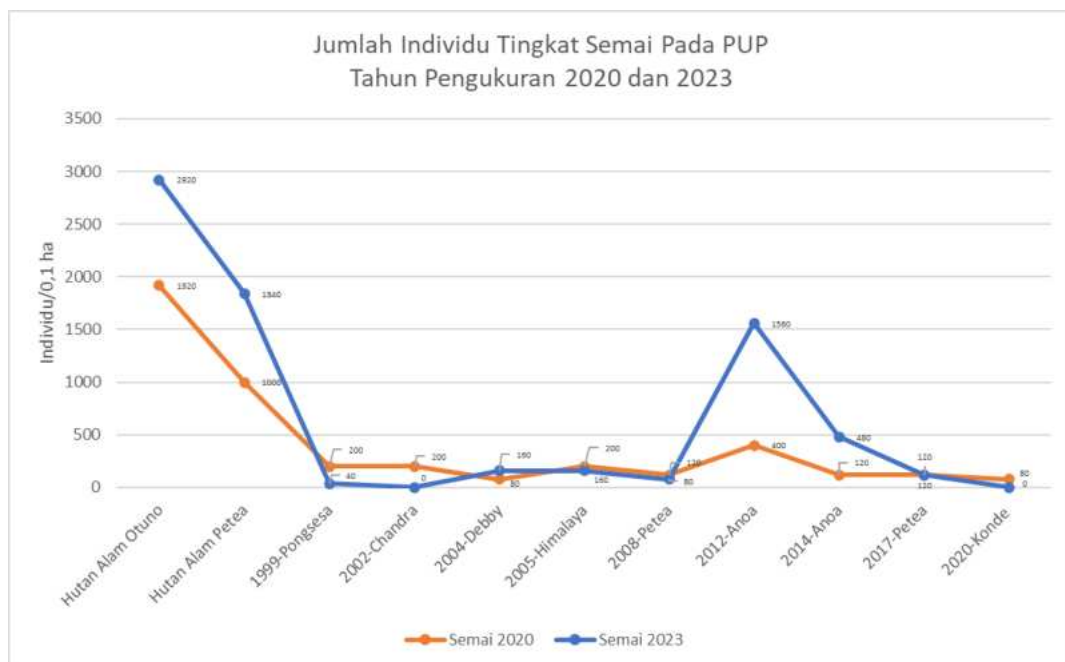
Gambar 40. Diagram struktur populasi areal revegetasi dan hutan alam pengukuran tahun 2020



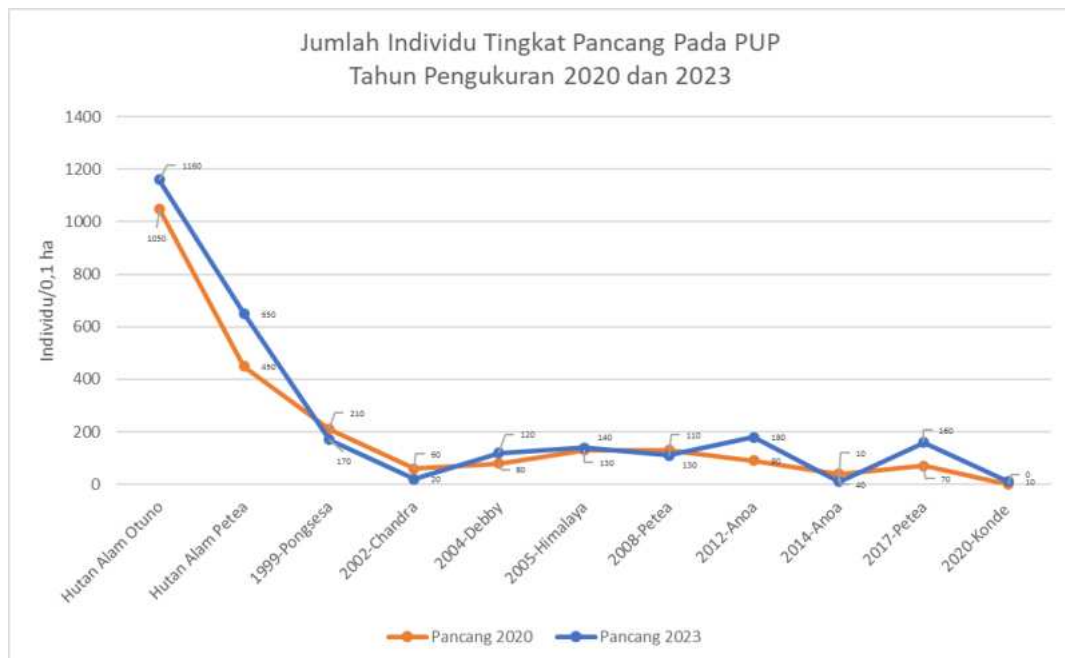
Gambar 41. Diagram struktur populasi areal revegetasi dan hutan alam pengukuran tahun 2023

Tabel 28. Nilai kerapatan (K), jumlah jenis (N), dan luas bidang dasar (LBDS) pohon (diameter ≥ 5 cm), serta Indeks Keanekaragaman Hayati (H') pohon pada area revegetasi bekas tambang dan hutan alam di PT Vale Indonesia Tbk pada tahun 2020 dan 2023.

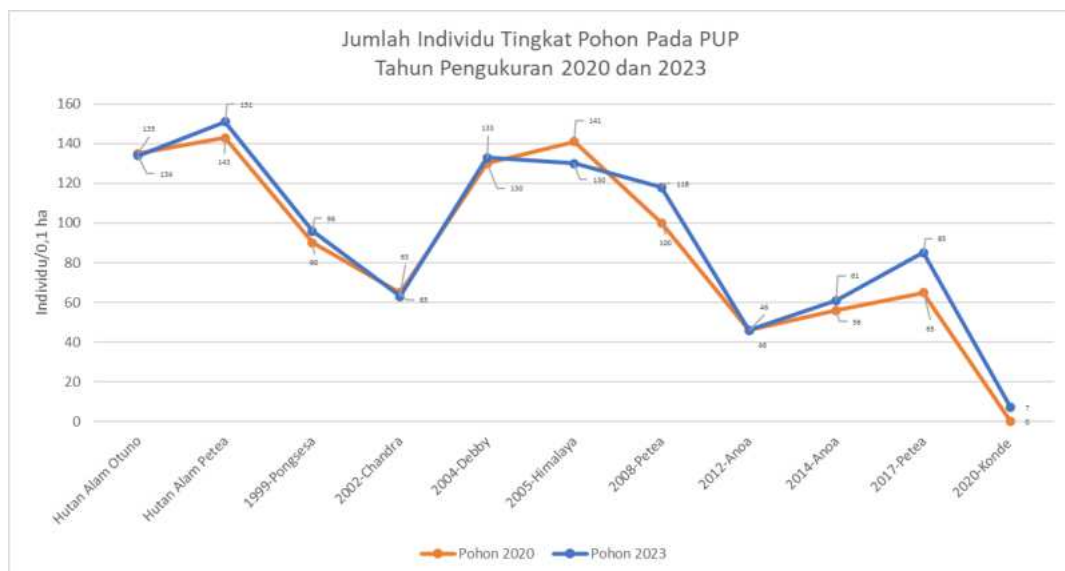
No.	Year of Revegetation	Location Name	Tree Density (K)		Number of species (N)		LBDS (cm2)		H'	
			2020	2023	2020	2023	2020	2023	2020	2023
1	1999	Pongsesa	86	96	16	19	37018.87	33565.86	2.11	2.39
2	2002	Chandra	63	69	11	10	24984.25	29617.07	1.82	1.76
3	2003	Butoh	100	110	14	14	28059.97	32651.33	1.74	1.77
4	2004	Debby	128	133	21	24	30137.70	23503.22	2.19	2.19
5	2005	Himalaya Disposol	104	130	18	20	78228.72	71367.54	1.96	2.06
6	2008	Petea_02	89	118	17	19	13396.98	16505.33	2.03	2.05
7	2011	Petea B Dsp 17	56	114	11	13	8548.46	14443.42	1.94	1.96
8	2012	Anoa Dsp 13	39	46	7	6	5938.74	9460.29	1.37	1.04
9	2014	Anoa_dsp_26	32	61	4	5	10305.78	17832.14	1.30	1.31
10	2017	Petea B Dsp_P10	54	85	10	12	3693.35	16390.65	1.86	1.93
11	2020	Konde North_Dsp_07	0	7	0	5	0	311.86	0.00	1.48
12	HA-SRW	Otuno	131	134	35	37	36741.71	35589.81	3.01	3.08
13	HA-PTA	Petea	147	151	46	45	33195.88	37315.05	3.50	3.49
14	2023	Anoa 43	0	0	0	0	0	0	0	0



Gambar 42. Kurva jumlah individu tingkat semai pada PUP tahun pengukuran 2020 dan 2023



Gambar 43. Kurva jumlah individu tingkat pancang pada PUP tahun pengukuran 2020 dan 2023



Gambar 44. Kurva jumlah individu tingkat pohon pada PUP tahun pengukuran 2020 dan 2023

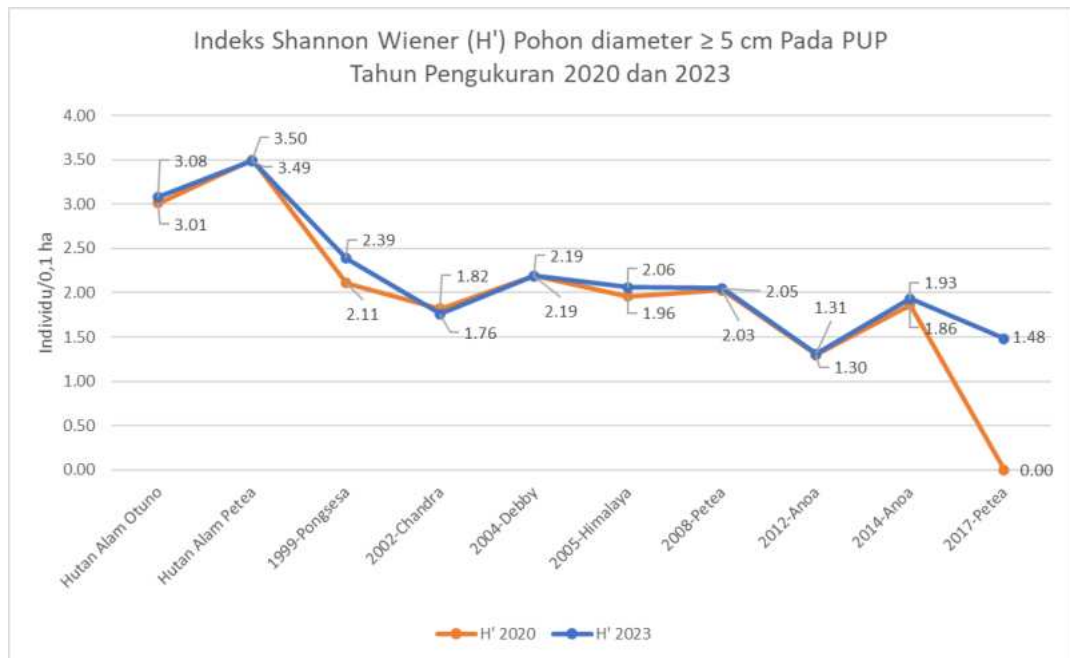
Berdasarkan perbandingan ketiga kurva di atas yaitu Gambar 42, Gambar 43, dan Gambar 44 terlihat bahwa jumlah individu pada tingkat semai, pancang, dan pohon mengalami perubahan dari tahun 2020 ke 2023. Pada tingkat semai, terdapat peningkatan signifikan di beberapa lokasi, utamanya untuk areal reklamasi seperti pada 2004-Debby, 2012-Anoa, dan 2014-Anoa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan semakin mendukung pertumbuhan bibit baru, yang merupakan indikasi awal regenerasi alami yang baik.

Pada tingkat pancang, pola pertumbuhan relatif stabil dengan sedikit peningkatan di beberapa lokasi. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian semai yang ada pada tahun 2020 telah berhasil bertahan dan berkembang menjadi pancang dalam tiga tahun berikutnya. Stabilitas ini menandakan keberlanjutan proses suksesi alami yang berjalan dengan baik di areal revegetasi.

Sementara itu, pada tingkat pohon, jumlah individu relatif tidak mengalami perubahan signifikan, dengan tren yang cenderung stabil dari tahun 2020 ke 2023. Hal ini wajar karena transisi dari pancang ke pohon membutuhkan waktu yang lebih lama. Namun, kestabilan jumlah pohon menunjukkan bahwa vegetasi yang telah tumbuh mampu bertahan, yang merupakan tanda bahwa ekosistem mulai mencapai keseimbangan.

Secara keseluruhan garis biru (2023) berada di atas garis oranye (2020) pada ketiga grafik, yang menunjukkan adanya peningkatan jumlah individu di semua tingkat pertumbuhan (semai, pancang, dan pohon) pada tahun 2023 dibandingkan dengan 2020. Tren positif ini mencerminkan bahwa areal revegetasi memiliki kapasitas regenerasi alami yang baik. Dengan lebih

banyak individu yang muncul di tahun 2023, ekosistem di hutan alam maupun areal reklamasi menunjukkan tanda-tanda pemulihan yang semakin kuat, sehingga dalam jangka panjang diharapkan dapat berkembang menjadi ekosistem yang lebih stabil dan berkelanjutan.



Gambar 45. Kurva Indeks Shannon Wiener (H') pohon diameter ≥ 5 cm Pada PUP tahun pengukuran 2020 dan 2023

Berdasarkan kurva Indeks Shannon-Wiener (H') untuk pohon dengan diameter ≥ 5 cm pada tahun 2020 dan 2023, terlihat bahwa nilai indeks keanekaragaman hayati secara umum mengalami peningkatan atau tetap stabil di sebagian besar lokasi. Garis biru (H' 2023) cenderung berada di atas atau sejajar dengan garis oranye (H' 2020), yang menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pohon dalam areal revegetasi mengalami perkembangan positif dalam kurun waktu tiga tahun.

Pada beberapa lokasi seperti Hutan Alam Otuno dan Hutan Alam Perea, nilai indeks keanekaragaman tetap tinggi, yang menandakan ekosistem di area ini memiliki struktur komunitas yang beragam dan stabil. Selain itu, pada beberapa lokasi revegetasi seperti 2004 Debby dan 2005 Himalaya, indeks H' mengalami peningkatan, yang menunjukkan bahwa semakin banyak spesies pohon yang bertahan dan berkembang dalam ekosistem tersebut.

Meskipun ada beberapa fluktuasi di lokasi tertentu, secara keseluruhan tren ini menunjukkan bahwa populasi di areal revegetasi memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang cukup baik, mencerminkan keberhasilan dalam proses pemulihan ekosistem. Keberagaman spesies yang meningkat menandakan bahwa area revegetasi mampu mendukung berbagai jenis pohon dan menciptakan ekosistem yang lebih seimbang serta berkelanjutan dalam jangka panjang.

4. Penutup

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, keseluruhan tipe penutupan lahan memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang berbeda-beda. Pada umumnya tipe penutupan lahan berupa hutan kerapatan rapat memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi baik flora maupun fauna. Keberadaan hutan memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga keutuhan ekosistem yang ada. Hal tersebut mengindikasikan bahwa keberadaan hutan dengan kondisi yang masih utuh dan baik, sangat mendukung keberadaan flora maupun fauna. Interaksi antara flora dan fauna merupakan hal yang tidak bisa dipisahkan dan saling ketergantungan antara satu sama lain. Khususnya bagi beberapa jenis fauna, keberadaan hutan berfungsi sebagai habitat untuk berlindung, berkembang biak dan mencari makan. Di sisi lain, tumbuhan yang ada di dalam hutan membutuhkan satwa untuk membantu proses perkembangbiakan (proses penyerbukan) dan juga membantu menyebarkan biji yang dihasilkan oleh tumbuhan (dispersal). Setiap spesies tumbuhan maupun satwa memiliki peranannya masing-masing dalam suatu ekosistem.

Selain itu, dari hasil pengamatan telah diketahui bahwa terdapat beberapa spesies flora dan fauna yang endemic, terancam kepunahannya dan dilindungi. Flora fauna endemic merupakan spesies yang hanya bisa ditemukan di daerah spesifik misalnya di Sulawesi dan tidak ditemukan di daerah lain. Apabila spesies endemic tersebut menghilang, maka artinya spesies tersebut juga punah. Oleh karena itu, mengingat fungsi dan status flora fauna yang ditemukan, maka keberadaan flora fauna tersebut di Kawasan perlu dijadikan pertimbangan dalam pengelolaan Kawasan tambang. Keberadaan flora maupun fauna yang ada perlu dijaga dan apabila memungkinkan populasinya dikembangkan. Spot-spot hutan yang tersisa sedapat mungkin dijaga karena dapat berfungsi sebagai habitat bagi beberapa spesies fauna. Mengingat juga bahwa wilayah tersebut merupakan bagian dari tiga kompleks danau purba yang ada di Sulawesi. Kondisi ekosistem teresterial yang baik tentunya akan ikut mendukung kondisi ekosistem danau yang ada. Informasi dasar keanekaragaman hayati yang telah ada harus dapat dijadikan sebagai landasan dalam pengelolaan dan penentuan target capaian dalam proses rehabilitasi kawasan pasca tambang yang dikaitkan dengan proses penyelamatan sumber plasma nutfah flora dan fauna setempat.



- **LAMPIRAN**

Lampiran 1. List Spesies Flora Endemik, Dilindungi dan Terancam Punah

No	Spesies	Family	Status	IUCN	Populasi	Permen 106	Sebaran				
							HKT	HKS	HKR	HR	SB
1	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	-	LC	Unknown	-	0	0	0	✓	0
2	<i>Acer laurinum</i>	Aceraceae	-	LC	Unknown	-	✓	✓	0	0	0
3	<i>Acmena acuminatissima</i>	Myrtaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	✓	0	✓
4	<i>Actinodaphne agustifolia</i>	Lauraceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
5	<i>Adenathera pavonina</i>	Fabaceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	✓	0
6	<i>Agathis dammara</i>	Araucariaceae	Endemik	VU	Decreasing	-	✓	✓	0	0	0
7	<i>Aglia tomentosa</i>	Meliaceae	-	LC	Unspecified	-	✓	0	0	0	✓
8	<i>Ailanthus triphylla</i>	Simarubaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
9	<i>Alpitonia incana</i>	Rhamnaceae	-	-	-	-	0	✓	0	✓	✓
10	<i>Alstonia macrophylla</i>	Apocynaceae	-	LC	Unspecified	-	✓	✓	✓	✓	✓
11	<i>Anacolosia frutescens</i>	Oleaceae	-	LC	Stable	-	0	✓	0	0	0
12	<i>Antidesma bunius</i>	Euphorbiaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	0	0	0
13	<i>Aphanamixis polystachya</i>	Meliaceae	-	LC	Unknown	-	✓	✓	✓	0	0
14	<i>Aporosa frutescens</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	✓
15	<i>Aporosa granularis</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
16	<i>Aquilaria malaccensis</i>	Thymelaeaceae	-	CR	Decreasing	-	✓	✓	✓	0	0
17	<i>Aralia elata</i>	Araliaceae	-	LC	Stable	-	✓	0	✓	0	0
18	<i>Ardisia copelandii</i>	Myrsinaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	0
19	<i>Ardisia sp2</i>	Myrsinaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
20	<i>Ardisia sp3</i>	Myrsinaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	✓
21	<i>Arenga pinnata</i>	Arecaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
22	<i>Artocarpus heterophylla</i>	Moraceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
23	<i>Artocarpus sericarpus</i>	Moraceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	0	✓
24	<i>Baccaurea motleyana</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	0	0	✓	0	0
25	<i>Baccaurea lancelata</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	0	✓	✓	0	0
26	<i>Baccaurea racemosa</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	0	✓	✓	0	0
27	<i>Bakata/ P265</i>	Rubiaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
28	<i>Bambusa sp</i>	Poaceae	-	-	-	-	0	✓	✓	0	0
29	<i>Beilschmiedia gigantocarpa</i>	Lauraceae	-	-	-	-	0	✓	✓	0	0
30	<i>Bischofia javanica</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
31	<i>Buchanania arborescens</i>	Anacardiaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
32	<i>Buchanania sp.</i>	Anacardiaceae	-	-	-	-	0	0	✓	0	0
33	<i>Calophyllum soulattri</i>	Clusiaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	0
34	<i>Calophyllum sp2</i>	Clusiaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
35	<i>Cananga odorata</i>	Annonaceae	-	LC	Stable	-	0	0	0	✓	0
36	<i>Canarium sp.1</i>	Burseraceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
37	<i>Canarium sp.2</i>	Burseraceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
38	<i>Carallia brachiata</i>	Rhyzophoraceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
39	<i>Carallia sp.</i>	Rhyzophoraceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
40	<i>Caryota mitis</i>	Arecaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	0	0	✓
41	<i>Cassia siamea</i>	Fabaceae	-	LC	Decreasing	-	0	0	0	✓	0
42	<i>Castanopsis javanica</i>	Fagaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	✓
43	<i>Castanopsis sp.</i>	Fagaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
44	<i>Cela pentandra</i>	Malvaceae	-	LC	Unknown	-	0	0	0	✓	0
45	<i>Celtis philippinensis</i>	Ulmaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
46	<i>Cinnamomum sp</i>	Lauraceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
47	<i>Cinnamomum verum</i>	Lauraceae	-	-	-	-	0	✓	✓	0	0
48	<i>Clerodendrum japonicum</i>	Verbenaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
49	<i>Colona scabra</i>	Malvaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
50	<i>Cryptocarya caesia</i>	Lauraceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
51	<i>Cyathea contaminans</i>	Cyatheaceae	-	LC	Stable	-	0	✓	0	✓	0
52	<i>Dacrydium nidulum</i>	Podocarpaceae	-	LC	Unknowns	-	✓	0	0	0	0
53	<i>Deplanchea banchana</i>	Bignoniaceae	-	LC	Unspecified	-	0	✓	0	✓	✓
54	<i>Dillenia serrata</i>	Dilleniaceae	Endemik	LC	Stable	-	✓	✓	✓	✓	✓
55	<i>Diospyros celebica</i>	Ebenaceae	Endemik	VU	Unspecified	-	✓	0	0	0	0
56	<i>Diospyros cf. malabarica</i>	Ebenaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
57	<i>Diospyros sp.</i>	Ebenaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
58	<i>Dipterocarpaceae</i>	Dipterocarpaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
59	<i>Donax caniniformis</i>	Maranthaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
60	<i>Dracaena angustifolia</i>	Pandanaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
61	<i>Dracontomelon dao</i>	Anacardiaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
62	<i>Durio sp.</i>	Malvaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
63	<i>Dysoxylum macrocapum</i>	Meliaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	✓
64	<i>Elaeocarpus glaber</i>	Elaeocarpaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
65	<i>Elaeocarpus sphaericus</i>	Elaeocarpaceae	-	-	-	-	0	✓	0	0	0
66	<i>Elaeocarpus sp.</i>	Elaeocarpaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
67	<i>Elmeria ovalis</i>	Magnoliaceae	-	-	-	-	0	0	0	✓	0
68	<i>Eucalyptus pellita</i>	Myrtaceae	-	LC	Unknown	-	0	0	0	✓	0

69	<i>Eucalyptus sp.</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
70	<i>Ficus ampelas</i>	Moraceae	-	LC	Stable	-	✓	0	✓	0	0
71	<i>Ficus benjamina</i>	Moraceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	0	0
72	<i>Ficus elastica</i>	Moraceae	-	-	-	-	0	0	0	✓	0
73	<i>Ficus minahasae</i>	Moraceae	-	LC	Stable	-	✓	0	✓	0	0
74	<i>Ficus oppositifolia</i>	Moraceae	-	-	-	-	0	✓	0	0	0
75	<i>Ficus pedunculosa</i>	Moraceae	-	-	-	-	✓	✓	0	✓	0
76	<i>Ficus septica</i>	Moraceae	-	LC	Stable	-	0	0	0	✓	0
77	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	-	-	-	-	0	✓	0	0	0
78	<i>Ficus sp2</i>	Moraceae	-	-	-	-	0	0	0	✓	0
79	<i>Ficus sp3</i>	Moraceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
80	<i>Finschia chloroxantha</i>	Proteaceae	-	LC	Stable	-	✓	0	✓	0	0
81	<i>Ganophyllum sp.</i>	Sapindaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	✓
82	<i>Garcinia celebica</i>	Clusiaceae	Endemik	-	-	-	0	✓	✓	0	0
83	<i>Garcinia rigida</i>	Clusiaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
84	<i>Garcinia sp3</i>	Clusiaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
85	<i>Garcinia sp5</i>	Clusiaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
86	<i>Gastonia serratifolia</i>	Araliaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	0
87	<i>Girardinia subaequalis</i>	Ulmaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	✓	0	✓
88	<i>Glochidion littorale</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	0	0	0	0	✓
89	<i>Glochidion sericeum</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	0	0	0	0	✓
90	<i>Glochidion zeylanicum</i>	Euphorbiaceae	-	LC	Stable	-	0	0	✓	0	✓
91	<i>Gnetum gnetum</i>	Gnetaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
92	<i>Gonystylus sp.</i>	Thymelaeaceae	-	-	-	-	✓	0	0	✓	0
93	<i>Gronophyllum sp.</i>	Arecaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
94	<i>Gymnacanthra forbesii</i>	Myristicaceae	-	-	-	-	0	0	0	✓	0
95	<i>Gymnacanthra paniculata</i>	Myristicaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
96	<i>Gymnostoma cf nobile</i>	Casuarinaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
97	<i>Gymnostoma rumphianum</i>	Casuarinaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	✓	✓
98	<i>Homalanthus populneus</i>	Euphorbiaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	✓	✓	✓
99	<i>Hopea sp.</i>	Dipterocarpaceae	-	-	-	-	0	0	✓	0	0
100	<i>Horsfieldia glabra</i>	Myristicaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
101	<i>Horsfieldia grandis</i>	Myristicaceae	-	LC	Unspecified	-	✓	0	0	0	0
102	<i>Ixora sp.</i>	Rubiaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	✓	✓
103	<i>Kjellbergiodendron celebicum</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	0	✓	0	✓	✓
104	<i>Knema matanensis</i>	Myristicaceae	-	VU	Unspecified	-	✓	✓	0	0	✓
105	<i>Leea aculata</i>	Leeaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
106	<i>Leea indica</i>	Leeaceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	0	0
107	<i>Litsea ochracea</i>	Lauraceae	-	-	-	-	✓	✓	0	✓	0
108	<i>Litsea sp2.</i>	Lauraceae	-	-	-	-	0	✓	0	0	0
109	<i>Lithocarpus celebensis</i>	Fagaceae	Endemik	LC	Stable	-	✓	✓	0	0	0
110	<i>Lithocarpus sp.</i>	Fagaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
111	<i>Litsea glutinosa</i>	Lauraceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	0	0
112	<i>Lunasia amara</i>	Rutaceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	0	0
113	<i>Macademia hildebrandii</i>	Proteaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	0
114	<i>Macaranga mappia</i>	Euphorbiaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	✓	0	✓
115	<i>Macaranga sp.1</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	✓	✓
116	<i>Macaranga sp2.</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
117	<i>Maesa lanceolata</i>	Myrsinaceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	0	0
118	<i>Mangifera odorata</i>	Anacardiaceae	-	DD	Unspecified	-	✓	✓	✓	0	✓
119	<i>Manilkara fasciculata</i>	Sapotaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
120	<i>Meisopsis emini</i>	Rhamnaceae	-	LC	Stable	-	0	0	0	✓	0
121	<i>Melastoma malabathricum</i>	Melastomaceae	-	-	-	-	0	0	✓	✓	✓
122	<i>Melicope lunu-ankenda</i>	Rutaceae	-	LC	Unknown	-	✓	✓	0	0	✓
123	<i>Melicope maliliensis</i>	Rutaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	✓
124	<i>Metroxylon sagu</i>	Arecaceae	-	-	-	-	0	0	0	0	✓
125	<i>Mischocarpus sp.</i>	Sapindaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
126	<i>Nageia wallichiana</i>	Podocarpaceae	-	LC	Decreasing	-	✓	0	0	0	0
127	<i>Nauclea orientalis</i>	Rubiaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	✓	✓	0
128	<i>Nephelium sp.</i>	Meliaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
129	P065 - 'Kayu Putih' / Rubiaceae -	Rubiaceae	-	-	-	-	0	✓	0	0	0
130	P169	-	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
131	P187	Rubiaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	0
132	P262	Dipterocarpaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
133	<i>Palaquium obovatum</i>	Sapotaceae	-	LC	Decreasing	-	✓	✓	✓	✓	0
134	<i>Palaquium sp2</i>	Sapotaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	✓	0
135	<i>Palaquium sp3</i>	Sapotaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
136	<i>Pandanus sp</i>	Pandanaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	✓
137	<i>Parartocarpus venenosus</i>	Moraceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
138	<i>Paraserianthes falcata</i>	Fabaceae	-	LC	Stable	-	0	0	0	✓	0
139	<i>Payena sp.</i>	Sapotaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
140	<i>Persea sp.</i>	Lauraceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
141	<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae	-	LC	Stable	-	0	0	0	✓	0

142	<i>Planchonella firma</i>	Sapotaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	0	0	✓
143	<i>Planchonella sp</i>	Sapotaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
144	<i>Planchonella sp.3</i>	Sapotaceae	-	-	-	-	0	✓	0	0	0
145	<i>Podocarpus nerifolius</i>	Podocarpaceae	-	LC	Unknown	-	✓	0	✓	0	0
146	<i>Psychotria malayana</i>	Rubiaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	0
147	<i>Psychotria robusta</i>	Rubiaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
148	<i>Pterocarpus indicus</i>	Fabaceae	Endemik	EN	Decreasing	-	✓	0	0	0	0
149	<i>Pterospermum celebicum</i>	Malvaceae	Endemik	LC	Stable	-	✓	0	✓	✓	0
150	<i>Rhodamnia sp.</i>	Rubiaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	0	0
151	<i>Rothmannia grandis</i>	Rubiaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
152	<i>Santiria laevigata</i>	Burseraceae	-	LC	Unspecified	-	✓	✓	✓	0	0
153	<i>Sarcotheca celebica</i>	Oxalidaceae	Endemik	NT	Unspecified	-	0	0	✓	0	0
154	<i>Saurauia sp.</i>	Actinidiaceae	-	-	-	-	0	✓	0	0	0
155	<i>Sloetia elongata</i>	Moraceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
156	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	0	0
157	<i>Spondias pinnata</i>	Anacardiaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
158	<i>Stemonurus celebicus</i>	Stemonuraceae	Endemik	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
159	<i>Streblus sp</i>	Moraceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
160	<i>Syzygium acuminatissima</i>	Myrtaceae	-	LC	Stable	-	✓	✓	✓	0	0
161	<i>Syzygium acutangulum</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
162	<i>Syzygium scortechinii</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	✓
163	<i>Syzygium sp1</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	✓
164	<i>Syzygium sp2</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	✓
165	<i>Syzygium sp3</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
166	<i>Syzygium sp4</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
167	<i>Tabernaemontana pendacaulis</i>	Apocynaceae	-	-	-	-	0	0	✓	0	0
168	<i>Terminalia sp1</i>	Combretaceae	-	-	-	-	✓	✓	✓	0	0
169	<i>Terminalia sp2</i>	Combretaceae	-	-	-	-	✓	✓	0	0	0
170	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
171	<i>Trema orientalis</i>	Ulmaceae	-	LC	Unknown	-	0	0	0	✓	0
172	<i>Uncaria sp.</i>	Rubiaceae	-	-	-	-	0	0	0	✓	0
173	<i>Vernonia arborea</i>	Asteraceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
174	<i>Villebrunea rubescens</i>	Urticaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
175	<i>Vitex cofassus</i>	Verbenaceae	-	LC	Stable	-	0	0	0	✓	0
176	<i>Vitex oppositifolia</i>	Verbenaceae	-	-	-	-	✓	0	✓	✓	0
177	<i>Weinmannia devogelii</i>	Cunoniaceae	Endemik	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
178	<i>Wrightia sp.</i>	Apocynaceae	-	-	-	-	✓	0	0	0	0
179	<i>Ziziphus mauritiana</i>	Rhamnaceae	-	LC	Stable	-	✓	0	0	0	0

Lampiran 2. Komposisi jenis, Sebaran dan Indeks Nilai Penting flora tingkat pohon (Diameter ≥ 5 cm)

No	Spesies	Family	Penjumlahan (Individu)						KR	FR	DR	INP
			HKT	HKS	HKR	HR	SB	Tot.				
1	<i>Dillenia serrata</i>	Dilleniaceae	97	0	128	26	141	391	5.50	2.40	4.58	12.48
2	<i>Palaquium abovatatum</i>	Sapotaceae	187	131	14	0	0	332	4.66	2.64	4.98	12.29
3	<i>Syzygium acuminatissima</i>	Myrtaceae	230	89	13	0	0	332	4.66	1.92	3.22	9.80
4	<i>Melicope maliliensis</i>	Rutaceae	93	3	97	0	0	193	2.71	1.44	5.59	9.74
5	<i>Horsfieldia glabra</i>	Myristicaceae	148	94	26	0	0	267	3.76	2.40	3.30	9.45
6	<i>Santiria laevigata</i>	Burseraceae	185	61	15	0	0	261	3.66	2.40	3.27	9.34
7	<i>Canarium sp.2</i>	Burseraceae	112	81	15	0	0	207	2.91	2.16	2.38	7.45
8	<i>Catanopsis javanica</i>	Fagaceae	78	27	6	0	13	124	1.74	1.68	3.93	7.35
9	<i>Alstonia macrophylla</i>	Apocynaceae	13	39	140	0	17	209	2.94	1.20	3.11	7.25
10	<i>Weinmannia devogelii</i>	Cunoniaceae	26	27	19	141	29	241	3.38	1.92	1.66	6.96
11	<i>Manilkara fasciculata</i>	Sapotaceae	90	3	29	0	0	122	1.71	1.92	2.27	5.89
12	<i>Sloetia elongata</i>	Moraceae	19	0	140	0	0	159	2.23	1.20	1.95	5.38
13	<i>Carallia brachiata</i>	Rhyzophoraceae	35	4	14	0	0	52	0.74	2.16	2.45	5.35
14	<i>Girardinia subaequalis</i>	Ulmaceae	81	49	1	0	0	131	1.85	1.20	2.28	5.33
15	<i>Cyathea contaminans</i>	Cyatheaceae	0	115	0	116	0	232	3.26	0.72	1.31	5.29
16	<i>Knema matanensis</i>	Myristicaceae	51	103	0	0	13	167	2.34	1.44	1.40	5.18
17	<i>Calana scabra</i>	Malvaceae	3	3	51	21	2	80	1.13	1.68	2.24	5.05
18	<i>Calophyllum soulattri</i>	Clusiaceae	25	51	1	13	0	90	1.26	1.92	1.68	4.86
19	<i>Ganophyllum sp.</i>	Sapindaceae	26	103	13	0	0	141	1.98	1.44	0.96	4.38
20	<i>Agathis dammara</i>	Araucariaceae	118	1	0	0	0	119	1.68	1.44	1.22	4.33
21	<i>Elaeocarpus glaber</i>	Elaeocarpaceae	52	31	13	0	0	96	1.35	1.68	1.28	4.31
22	<i>Ixora sp.</i>	Rubiaceae	26	66	0	26	3	120	1.69	1.20	1.37	4.26
23	<i>Lithocarpus celebicus</i>	Fagaceae	28	23	0	0	0	51	0.71	1.20	2.15	4.06
24	<i>Homalanthus populneus</i>	Euphorbiaceae	64	13	0	0	38	115	1.62	1.68	0.50	3.80
25	<i>Dysoxylum macrocarpum</i>	Meliaceae	40	4	13	0	13	70	0.98	1.92	0.61	3.52
26	<i>Paraserianthes falcataria</i>	Fabaceae	0	0	0	35	0	35	0.49	0.48	2.40	3.37
27	<i>Villebrunea rubescens</i>	Urticaceae	104	0	0	0	0	104	1.45	0.72	1.18	3.36
28	<i>Bakata/ P265</i>	Rubiaceae	19	38	3	0	0	60	0.85	1.44	1.02	3.30
29	<i>Gonystylus sp.</i>	Thymelaeaceae	37	0	0	1	0	38	0.53	1.44	1.15	3.12
30	<i>Podocarpus nerifolius</i>	Podocarpaceae	95	0	0	0	0	95	1.33	0.96	0.64	2.93
31	<i>Macaranga mappa</i>	Euphorbiaceae	13	15	0	0	64	92	1.29	0.96	0.67	2.92
32	<i>Ardisia copelandii</i>	Myrsinaceae	26	0	13	77	0	115	1.62	0.72	0.56	2.90
33	<i>Dipterocarpaceae</i>	Dipterocarpaceae	12	5	0	0	0	17	0.24	0.96	1.68	2.87
34	<i>Syzygium sp2</i>	Myrtaceae	52	1	0	0	13	66	0.93	1.44	0.40	2.77
35	<i>Pandanus sp.</i>	Pandanaceae	0	0	52	0	38	91	1.27	0.48	0.98	2.73
36	<i>Celtis philippinensis</i>	Ulmaceae	22	1	2	0	0	25	0.35	1.20	1.04	2.59
37	<i>Ficus pedunculosa</i>	Moraceae	5	15	0	13	0	33	0.46	1.20	0.83	2.48
38	<i>Acmena acuminatissima</i>	Myrtaceae	26	1	14	0	5	45	0.64	1.44	0.39	2.47
39	<i>Aphananixis polystachya</i>	Meliaceae	14	38	1	0	0	53	0.75	1.20	0.41	2.36
40	<i>Artocarpus sericarpus</i>	Moraceae	5	0	0	0	2	7	0.10	0.72	1.33	2.15
41	<i>Aglaia tomentosa</i>	Meliaceae	32	0	0	0	26	57	0.80	0.72	0.62	2.15
42	<i>Parartocarpus venenosus</i>	Moraceae	53	0	0	0	0	53	0.75	0.72	0.57	2.04
43	<i>Syzygium scortechinii</i>	Myrtaceae	2	26	0	0	13	40	0.57	0.96	0.46	1.99
44	<i>Alpitania incana</i>	Rhamnaceae	0	2	0	2	28	32	0.44	0.96	0.58	1.98
45	<i>Mischocarpus sp.</i>	Sapindaceae	13	39	1	0	0	53	0.75	0.96	0.24	1.94
46	<i>Gnetum gnetum</i>	Gnetaceae	28	0	13	0	0	40	0.57	0.72	0.65	1.94
47	<i>Gastonia serratifolia</i>	Araliaceae	2	0	26	13	0	40	0.57	0.96	0.40	1.92
48	<i>Garcinia celebica</i>	Clusiaceae	0	1	53	0	0	54	0.76	0.48	0.67	1.92
49	<i>Ailanthus triphylla</i>	Simarubaceae	32	0	13	0	0	44	0.62	0.48	0.80	1.90
50	<i>P262</i>	-	33	0	1	0	0	34	0.47	0.72	0.69	1.88
51	<i>Macademia hildebrandii</i>	Proteaceae	26	27	0	0	0	53	0.73	0.72	0.41	1.86
52	<i>Caryota mitis</i>	Arecaceae	53	0	0	0	13	66	0.93	0.48	0.45	1.86
53	<i>Aporosa granularis</i>	Euphorbiaceae	1	0	39	0	0	40	0.57	0.72	0.53	1.82
54	<i>Mangifera odorata</i>	Anacardiaceae	13	33	0	0	1	46	0.65	0.96	0.18	1.79
55	<i>Actinodaphne agustifolia</i>	Lauraceae	39	0	0	0	0	39	0.55	0.72	0.45	1.72
56	<i>Ficus ampelas</i>	Moraceae	15	0	26	0	0	40	0.57	0.72	0.43	1.72
57	<i>Elmeria ovalis</i>	Magnoliaceae	0	0	0	35	0	35	0.49	0.48	0.73	1.70
58	<i>Dracontomelon dao</i>	Anacardiaceae	44	0	0	0	0	44	0.62	0.48	0.58	1.68
59	<i>Palaquium abovatatum</i>	Sapotaceae	1	0	3	26	0	30	0.42	0.72	0.55	1.68
60	<i>Gymnostoma rumphianum</i>	Casuarinaceae	1	0	4	13	0	18	0.25	0.72	0.68	1.65
61	<i>Deplanchea banchana</i>	Bigoniaceae	0	0	0	51	14	65	0.91	0.48	0.26	1.65
62	<i>Planchonella sp</i>	Sapotaceae	52	0	0	0	0	52	0.73	0.48	0.40	1.61
63	<i>Planchonella firma</i>	Sapotaceae	14	2	0	0	1	17	0.24	0.96	0.40	1.59
64	<i>Garcinia rigida</i>	Clusiaceae	40	13	0	0	0	53	0.75	0.72	0.08	1.55
65	<i>Baccaurea racemosa</i>	Euphorbiaceae	0	38	13	0	0	51	0.72	0.48	0.32	1.52
66	<i>Terminalia sp1</i>	Combretaceae	28	0	13	0	0	40	0.57	0.72	0.17	1.46
67	<i>Syzygium acutangulum</i>	Myrtaceae	15	3	0	0	0	18	0.25	0.72	0.48	1.44
68	<i>Ficus benjamina</i>	Moraceae	20	0	0	0	0	20	0.28	0.48	0.67	1.43
69	<i>Trema orientalis</i>	Ulmaceae	0	0	0	46	0	46	0.65	0.24	0.53	1.42
70	<i>Pteraspium celebicum</i>	Malvaceae	20	0	0	0	0	20	0.28	0.48	0.65	1.41
71	<i>Eucalyptus sp.</i>	Myrtaceae	30	0	0	0	0	30	0.42	0.24	0.72	1.38
72	<i>Elaeocarpus sphaericus</i>	Elaeocarpaceae	0	27	0	0	0	27	0.37	0.48	0.44	1.30
73	<i>Gymnacranthera paniculata</i>	Myristicaceae	0	24	0	0	0	24	0.33	0.48	0.46	1.28

74	<i>Syzygium sp1</i>	Myrtaceae	14	0	0	0	13	27	0.37	0.72	0.18	1.28
75	<i>Finschia chloranthra</i>	Proteaceae	26	0	0	0	0	26	0.36	0.48	0.43	1.27
76	<i>Litsea ochracea</i>	Lauraceae	0	3	0	6	0	9	0.13	0.72	0.39	1.24
77	<i>Gymnostoma nobile</i>	Casuarinaceae	3	0	3	0	0	6	0.08	0.48	0.67	1.24
78	<i>Garcinia sp5</i>	Clusiaceae	26	1	0	0	0	27	0.37	0.48	0.34	1.20
79	<i>Adenathera pavanina</i>	Fabaceae	1	0	0	26	0	27	0.37	0.48	0.32	1.18
80	<i>Metraylton sagu</i>	Arecaceae	0	0	0	0	26	26	0.36	0.24	0.51	1.11
81	<i>Naucleria orientalis</i>	Rubiaceae	3	3	0	0	0	6	0.08	0.72	0.24	1.04
82	<i>Horsfieldia grandis</i>	Myristicaceae	27	0	0	0	0	27	0.37	0.24	0.42	1.03
83	<i>Terminalia sp2</i>	Combretaceae	13	13	0	0	0	26	0.36	0.48	0.13	0.97
84	<i>Buchanania arborescens</i>	Anacardiaceae	0	13	14	0	0	27	0.37	0.48	0.11	0.96
85	<i>P169</i>	-	2	0	2	0	0	4	0.06	0.48	0.28	0.81
86	<i>Ficus sp3</i>	Moraceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.53	0.79
87	<i>Litsea glutinosa</i>	Lauraceae	26	0	0	0	0	26	0.36	0.24	0.18	0.78
88	<i>Aquilaria malaccensis</i>	Thymelaeaceae	0	1	13	0	0	14	0.19	0.48	0.11	0.78
89	<i>Theobroma sp.</i>	Malvaceae	26	0	0	0	0	26	0.36	0.24	0.14	0.74
90	<i>Pterocarpus indicus</i>	Fabaceae	26	0	0	0	0	26	0.36	0.24	0.12	0.72
91	<i>Buchanania sp.</i>	Anacardiaceae	0	0	26	0	0	26	0.36	0.24	0.09	0.69
92	<i>Arenga pinnata</i>	Arecaceae	3	0	0	0	0	3	0.04	0.48	0.14	0.67
93	<i>Nephelium sp.</i>	Meliaceae	13	0	0	0	0	13	0.18	0.24	0.23	0.65
94	<i>Bischovia javanica</i>	Euphorbiaceae	3	0	0	0	0	3	0.04	0.24	0.33	0.61
95	<i>Gymnacranthera forbesii</i>	Myristicaceae	0	0	0	13	0	13	0.18	0.24	0.18	0.60
96	<i>Hopea sp.</i>	Dipterocarpaceae	0	0	15	0	0	15	0.21	0.24	0.13	0.58
97	<i>Ficus elastica</i>	Moraceae	0	0	0	13	0	13	0.18	0.24	0.15	0.57
98	<i>Glochidion littorale</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	13	13	0.18	0.24	0.15	0.57
99	<i>Cassia siamea</i>	Fabaceae	0	0	0	13	0	13	0.18	0.24	0.14	0.56
100	<i>Cinnamomum sp.</i>	Lauraceae	13	0	0	0	0	13	0.18	0.24	0.13	0.55
101	<i>Durio sp.</i>	Malvaceae	13	0	0	0	0	13	0.18	0.24	0.10	0.52
102	<i>Ficus oppositifolia</i>	Moraceae	0	13	0	0	0	13	0.18	0.24	0.09	0.51
103	<i>Macaranga sp2</i>	Euphorbiaceae	13	0	0	0	0	13	0.18	0.24	0.06	0.48
104	<i>Cela pentandra</i>	Malvaceae	0	0	0	3	0	3	0.04	0.24	0.19	0.47
105	<i>Diospyros celebica</i>	Ebenaceae	13	0	0	0	0	13	0.18	0.24	0.05	0.47
106	<i>Granophyllum sp.</i>	Arecaceae	14	0	0	0	0	14	0.19	0.24	0.03	0.46
107	<i>Tabernaemontana pendacauli</i>	Apocynaceae	0	0	13	0	0	13	0.18	0.24	0.03	0.45
108	<i>Baccaurea lanceolata</i>	Euphorbiaceae	0	0	13	0	0	13	0.18	0.24	0.03	0.45
109	<i>Glochidion sericeum</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	13	13	0.18	0.24	0.02	0.44
110	<i>Psychotria malayana</i>	Rubiaceae	0	0	0	13	0	13	0.18	0.24	0.02	0.44
111	<i>Ficus sp2</i>	Moraceae	0	0	0	3	0	3	0.04	0.24	0.14	0.43
112	<i>Lithocarpus sp.</i>	Fagaceae	2	0	0	0	0	2	0.03	0.24	0.14	0.40
113	<i>Aporosa frutescens</i>	Euphorbiaceae	2	0	0	0	0	2	0.03	0.24	0.13	0.40
114	<i>Paysona sp.</i>	Sapotaceae	2	0	0	0	0	2	0.03	0.24	0.11	0.38
115	<i>Vitex oppositifolia</i>	Verbenaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.12	0.37
116	<i>P065 - Kayu Putih</i>	Rubiaceae	0	2	0	0	0	2	0.03	0.24	0.10	0.37
117	<i>Vitex cofassus</i>	Verbenaceae	0	0	0	3	0	3	0.04	0.24	0.08	0.36
118	<i>Artocarpus heterophylla</i>	Moraceae	2	0	0	0	0	2	0.03	0.24	0.07	0.33
119	<i>Carallia sp.</i>	Rhizophoraceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.08	0.33
120	<i>Garcinia sp.3</i>	Clusiaceae	0	0	2	0	0	2	0.03	0.24	0.06	0.33
121	<i>Canarium sp.1</i>	Burseraceae	2	0	0	0	0	2	0.03	0.24	0.06	0.33
122	<i>Wrightia sp.</i>	Apocynaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.07	0.33
123	<i>Aralia elata</i>	Araliaceae	2	0	0	0	0	2	0.03	0.24	0.06	0.32
124	<i>Palaquium sp3</i>	Sapotaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.07	0.32
125	<i>Calophyllum sp.</i>	Clusiaceae	0	1	0	0	0	1	0.01	0.24	0.06	0.32
126	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	0	0	0	1	0	1	0.01	0.24	0.05	0.31
127	<i>Eucalyptus pellita</i>	Myrtaceae	0	0	0	1	0	1	0.01	0.24	0.05	0.30
128	<i>Meisopsis emini</i>	Rhamnaceae	0	0	0	1	0	1	0.01	0.24	0.05	0.30
129	<i>Antidesma bunius</i>	Euphorbiaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.05	0.30
130	<i>Spondias pinnata</i>	Anacardiaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.04	0.30
131	<i>Cananga odorata</i>	Annonaceae	0	0	0	1	0	1	0.01	0.24	0.04	0.29
132	<i>Elaeocarpus sp.</i>	Elaeocarpaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.04	0.29
133	<i>Persea sp.</i>	Lauraceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.04	0.29
134	<i>Nageia wallichiana</i>	Podocarpaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.04	0.29
135	<i>Litsea sp2</i>	Lauraceae	0	1	0	0	0	1	0.01	0.24	0.04	0.29
136	<i>Syzygium sp4</i>	Myrtaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.03	0.29
137	<i>Leuca aculata</i>	Leeaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.03	0.29
138	<i>Dacrydium nidulum</i>	Podocarpaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.03	0.29
139	<i>Cryptocarya caesia</i>	Lauraceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.03	0.29
140	<i>Syzygium sp3</i>	Myrtaceae	1	0	0	0	0	1	0.01	0.24	0.03	0.28
141	<i>Sarcotricha celebica</i>	Oxalidaceae	0	0	1	0	0	1	0.01	0.24	0.03	0.28
142	<i>Glochidion zeylanicum</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	1	1	0.01	0.24	0.01	0.27
143	<i>Kjellbergiodendron celebicum</i>	Myrtaceae	0	0	0	0	1	1	0.01	0.24	0.01	0.26
Total								7118	100	100	100	300

Lampiran 3. Komposisi jenis, Sebaran dan Indeks Nilai Penting flora tingkat anak pohon (Permudaan pohon dengan tinggi $\geq 1,5$ m tetapi DBH < 5 cm)

No	Spesies	Family	Penjumlahan (Individu)					KR	FR	INP	
			HKT	HKS	HKR	HR	SB				Tot.
1	<i>Calophyllum soulattri</i>	Clusiaceae	11	14	5	0	0	30	4.17	3.19	7.36
2	<i>Hamalanthus populneus</i>	Euphorbiaceae	9	2	3	8	5	27	3.75	2.23	5.98
3	<i>Palaquium obovatum</i>	Sapotaceae	6	7	8	1	0	22	3.06	2.87	5.93
4	<i>Weinmannia devigalii</i>	Cunnoniaceae	3	0	5	14	6	28	3.89	1.92	5.80
5	<i>Stemonurus celebicus</i>	Stemonuraceae	13	5	4	0	0	22	3.06	2.23	5.29
6	<i>Dillenia serrata</i>	Dilleniaceae	2	0	3	3	13	21	2.92	2.23	5.15
7	<i>Santiria laevigata</i>	Burseraceae	15	2	2	0	0	19	2.64	2.23	4.87
8	<i>Melicope maliliensis</i>	Rutaceae	4	0	18	0	1	23	3.19	1.60	4.79
9	<i>Cinnamomum sp</i>	Lauraceae	5	5	5	0	0	15	2.08	2.55	4.64
10	<i>Horsfieldia glabra</i>	Myristicaceae	10	1	3	0	0	14	1.94	2.55	4.50
11	<i>Elaeocarpus glaber</i>	Elaeocarpaceae	7	5	6	0	0	18	2.50	1.92	4.42
12	<i>Acmena acuminatissima</i>	Myrtaceae	7	3	5	0	0	15	2.08	2.23	4.32
13	<i>Garcinia rigida</i>	Clusiaceae	12	4	0	0	0	16	2.22	1.92	4.14
14	<i>Ganaphyllum sp.</i>	Sapindaceae	5	6	0	0	1	12	1.67	2.23	3.90
15	<i>P187</i>	Rubiaceae	11	0	0	2	0	13	1.81	1.92	3.72
16	<i>Sloetia elongata</i>	Moraceae	12	1	4	0	0	17	2.36	1.28	3.64
17	<i>Syzygium scortechinii</i>	Myrtaceae	3	6	8	0	0	17	2.36	1.28	3.64
18	<i>Psychotria malayana</i>	Rubiaceae	12	1	1	0	0	14	1.94	1.60	3.54
19	<i>Actinodaphne agustifolia</i>	Lauraceae	12	0	0	0	0	12	1.67	1.60	3.26
20	<i>Agathis dammara</i>	Araucariaceae	11	1	0	0	0	12	1.67	1.28	2.94
21	<i>Canarium sp2</i>	Burseraceae	3	3	3	0	0	9	1.25	1.28	2.53
22	<i>Finschia chloroxantha</i>	Proteaceae	4	0	7	0	0	11	1.53	0.96	2.49
23	<i>Melastoma malabathricum</i>	Melastomaceae	0	0	0	0	13	13	1.81	0.64	2.44
24	<i>Calophyllum sp</i>	Clusiaceae	4	6	0	0	0	10	1.39	0.96	2.35
25	<i>Ardisia copelandii</i>	Myrsinaceae	6	1	0	0	0	7	0.97	1.28	2.25
26	<i>Carallia brachiata</i>	Rhyzophoraceae	4	2	1	0	0	7	0.97	1.28	2.25
27	<i>Mischocarpus sp.</i>	Sapindaceae	5	0	1	0	0	6	0.83	1.28	2.11
28	<i>Alostania macrophylla</i>	Apocynaceae	0	1	0	6	1	8	1.11	0.96	2.07
29	<i>Syzygium acuminatissima</i>	Myrtaceae	7	0	1	0	0	8	1.11	0.96	2.07
30	<i>Nageia wallichiana</i>	Podocarpaceae	10	0	0	0	0	10	1.39	0.64	2.03
31	<i>Ficus minahasae</i>	Moraceae	4	0	1	0	0	5	0.69	1.28	1.97
32	<i>Mangifera odorata</i>	Anacardiaceae	3	0	1	0	1	5	0.69	1.28	1.97
33	<i>Vitex oppositifolia</i>	Verbenaceae	2	0	1	2	0	5	0.69	1.28	1.97
34	<i>Bambusa sp</i>	Poaceae	0	6	1	0	0	7	0.97	0.96	1.93
35	<i>Manilkara fasciculata</i>	Sapotaceae	4	0	3	0	0	7	0.97	0.96	1.93
36	<i>Nauclea orientalis</i>	Rubiaceae	1	0	3	3	0	7	0.97	0.96	1.93
37	<i>Beilschmiedia gigantocarpa</i>	Lauraceae	0	8	1	0	0	9	1.25	0.64	1.89
38	<i>Syzygium sp4</i>	Myrtaceae	0	3	1	0	0	4	0.56	1.28	1.83
39	<i>Melicope lunu-ankenda</i>	Rutaceae	3	1	0	0	2	6	0.83	0.96	1.79
40	<i>Dracontomelon dao</i>	Anacardiaceae	8	0	0	0	0	8	1.11	0.64	1.75
41	<i>Ficus septica</i>	Moraceae	0	0	0	8	0	8	1.11	0.64	1.75
42	<i>Aporosa frutescens</i>	Euphorbiaceae	2	0	0	0	3	5	0.69	0.96	1.65
43	<i>Buchanania arborescens</i>	Anacardiaceae	5	0	0	0	0	5	0.69	0.96	1.65
44	<i>Castanopsis sp.</i>	Fagaceae	2	2	1	0	0	5	0.69	0.96	1.65
45	<i>Garcinia celebica</i>	Clusiaceae	1	3	1	0	0	5	0.69	0.96	1.65
46	<i>Kjelbergiodendron celebicum</i>	Myrtaceae	0	2	0	2	1	5	0.69	0.96	1.65
47	<i>Syzygium sp2</i>	Myrtaceae	7	0	0	0	0	7	0.97	0.64	1.61
48	<i>Pterospermum celebicum</i>	Malvaceae	9	0	0	0	0	9	1.25	0.32	1.57
49	<i>Ardisia sp2</i>	Myrsinaceae	3	0	1	0	0	4	0.56	0.96	1.51
50	<i>Gastonia serratifolia</i>	Araliaceae	1	0	2	1	0	4	0.56	0.96	1.51
51	<i>Streblus sp</i>	Moraceae	1	3	0	0	0	4	0.56	0.96	1.51
52	<i>Uncaria sp</i>	Rubiaceae	0	0	0	6	0	6	0.83	0.64	1.47
53	<i>Aquilaria malaccensis</i>	Thymelaceae	2	0	1	0	0	3	0.42	0.96	1.37
54	<i>Bakata/ P265</i>	Rubiaceae	2	0	1	0	0	3	0.42	0.96	1.37
55	<i>Gnetum gnemom</i>	Gnetaceae	1	1	1	0	0	3	0.42	0.96	1.37
56	<i>Macaranga mappa</i>	Euphorbiaceae	1	0	1	0	1	3	0.42	0.96	1.37
57	<i>Macaranga sp.1</i>	Euphorbiaceae	1	0	0	1	1	3	0.42	0.96	1.37
58	<i>Podocarpus nerifolius</i>	Podocarpaceae	3	0	0	0	0	3	0.42	0.96	1.37
59	<i>Lunasia amara</i>	Rutaceae	5	0	0	0	0	5	0.69	0.64	1.33
60	<i>Rhodamnia sp.</i>	Rubiaceae	1	0	4	0	0	5	0.69	0.64	1.33
61	<i>Donax canifolmis</i>	Maranthaceae	7	0	0	0	0	7	0.97	0.32	1.29
62	<i>Gymnacranthera paniculata</i>	Myristicaceae	3	1	0	0	0	4	0.56	0.64	1.19
63	<i>Palaquium sp3</i>	Sapotaceae	3	1	0	0	0	4	0.56	0.64	1.19
64	<i>Acer laurinum</i>	Aceraceae	1	2	0	0	0	3	0.42	0.64	1.06
65	<i>P262</i>	Dipterocarpaceae	3	0	0	0	0	3	0.42	0.64	1.06
66	<i>Pandanus sp</i>	Pandanaceae	1	0	0	0	2	3	0.42	0.64	1.06
67	<i>Syzygium acutangulum</i>	Myrtaceae	1	2	0	0	0	3	0.42	0.64	1.06
68	<i>Ailanthus triphyssa</i>	Simarabaceae	5	0	0	0	0	5	0.69	0.32	1.01
69	<i>Ziziphus mauritiana</i>	Rhamnaceae	5	0	0	0	0	5	0.69	0.32	1.01
70	<i>Alstonia inconn</i>	Rhamnaceae	0	0	0	0	2	2	0.28	0.64	0.92

71	<i>Caryota mitis</i>	Arecaceae	2	0	0	0	0	2	0.28	0.64	0.92
72	<i>Deplanchea banchana</i>	Bignoniaceae	0	1	0	0	1	2	0.28	0.64	0.92
73	<i>Diospyros</i> sp.	Ebenaceae	1	0	1	0	0	2	0.28	0.64	0.92
74	<i>Girardinia subaequalis</i>	Ulmaceae	2	0	0	0	0	2	0.28	0.64	0.92
75	<i>Gluchidion zeylanicum</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	2	2	0.28	0.64	0.92
76	<i>Lithocarpus celebensis</i>	Fagaceae	1	1	0	0	0	2	0.28	0.64	0.92
77	<i>Terminalia</i> sp.	Combretaceae	1	1	0	0	0	2	0.28	0.64	0.92
78	<i>Gluchidion littorale</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	4	4	0.56	0.32	0.87
79	<i>Gluchidion sericeum</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	4	4	0.56	0.32	0.87
80	<i>Celtis philippinensis</i>	Ulmaceae	3	0	0	0	0	3	0.42	0.32	0.74
81	<i>Elmeria ovalis</i>	Magnoliaceae	0	0	0	3	0	3	0.42	0.32	0.74
82	<i>Aglala tomentosa</i>	Meliaceae	2	0	0	0	0	2	0.28	0.32	0.60
83	<i>Anacolosa frutescens</i>	Oleaceae	0	2	0	0	0	2	0.28	0.32	0.60
84	<i>Diospyros celebica</i>	Ebenaceae	2	0	0	0	0	2	0.28	0.32	0.60
85	<i>Garcinia</i> sp5	Clusiaceae	0	2	0	0	0	2	0.28	0.32	0.60
86	<i>Gronophyllum</i> sp.	Arecaceae	2	0	0	0	0	2	0.28	0.32	0.60
87	<i>Nephelium</i> sp.	Meliaceae	2	0	0	0	0	2	0.28	0.32	0.60
88	<i>Antidesma bunius</i>	Euphorbiaceae	0	1	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
89	<i>Aphanaxis polystachya</i>	Meliaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
90	<i>Ardisia</i> sp3	Myrsinaceae	0	0	0	0	1	1	0.14	0.32	0.46
91	<i>Baccaurea lanceolata</i>	Euphorbiaceae	0	1	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
92	<i>Canarium</i> sp1	Burseraceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
93	<i>Cryptocarya coesia</i>	Lauraceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
94	<i>Diospyros cf malabarica</i>	Ebenaceae	0	1	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
95	<i>Dipterocarpaceae</i>	Dipterocarpaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
96	<i>Dysaxylum macrocapum</i>	Meliaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
97	<i>Ficus ampelas</i>	Moraceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
98	<i>Ficus pedunculosa</i>	Moraceae	0	1	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
99	<i>Garcinia</i> sp3	Clusiaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
100	<i>Gymnostoma cf nobile</i>	Casuarinaceae	0	0	1	0	0	1	0.14	0.32	0.46
101	<i>Gymnostoma rumphianum</i>	Casuarinaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
102	<i>Hopsea</i> sp.	Dipterocarpaceae	0	0	1	0	0	1	0.14	0.32	0.46
103	<i>Knema matanensis</i>	Myristicaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
104	<i>Litsea ochracea</i>	Lauraceae	0	1	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
105	<i>Macademia hildebrandii</i>	Proteaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
106	<i>Maesa lanceolata</i>	Myrsinaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
107	<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae	0	0	0	1	0	1	0.14	0.32	0.46
108	<i>Planchonella</i> sp.3	Sapotaceae	0	1	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
109	<i>Rothmannia grandis</i>	Rubiaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
110	<i>Saurauia</i> sp.	Actinidiaceae	0	1	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
111	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
112	<i>Spondias pinnata</i>	Anacardiaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
113	<i>Vernonia arborea</i>	Asteraceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
114	<i>Villebrunea rubescens</i>	Urticaceae	1	0	0	0	0	1	0.14	0.32	0.46
Total			348	125	121	61	65	720	100	100	200

Lampiran 4. Komposisi jenis, Sebaran dan Indeks Nilai Penting flora tingkat semai (Permudaan pohon dengan tinggi < 1,5 m)

No	Nama Latin	Family	Penjumlahan (Individu)						KR	FR	INP
			HKT	HKS	HKR	HR	SB	Tot.			
1	<i>Calophyllum soulattri</i>	Clusiaceae	47	23	12	5	0	87	9.09	3.05	12.14
2	<i>Melicope maillensis</i>	Rutaceae	1	0	66	0	0	67	7.00	1.02	8.02
3	<i>Palaquium obovatum</i>	Sapotaceae	23	8	12	0	0	43	4.49	3.39	7.88
4	<i>Dillenia serrata</i>	Dilleniaceae	7	19	9	0	2	37	3.87	3.05	6.92
5	<i>Cinnamomum sp</i>	Lauraceae	18	9	12	0	0	39	4.08	2.71	6.79
6	<i>Pandanus sp.</i>	Pandanaceae	12	8	11	0	4	35	3.66	3.05	6.71
7	<i>Horsfieldia glabra</i>	Myristicaceae	15	5	3	0	0	23	2.40	3.39	5.79
8	<i>Garcinia rigida</i>	Clusiaceae	19	12	0	0	0	31	3.24	2.37	5.61
9	<i>Ganaphyllum sp.</i>	Sapindaceae	7	23	0	0	0	30	3.13	2.03	5.17
10	<i>Ardisia copelandii</i>	Myrsinaceae	17	0	4	4	0	25	2.61	2.37	4.99
11	<i>Syzygium sp.4</i>	Myrtaceae	18	2	7	0	0	27	2.82	2.03	4.86
12	<i>Syzygium scortechinii</i>	Myrtaceae	6	7	9	0	0	22	2.30	2.03	4.33
13	<i>Caryota mitis</i>	Arecaceae	9	12	0	0	0	21	2.19	2.03	4.23
14	<i>Weinmannia devigolii</i>	Cunnonaceae	4	0	5	11	0	20	2.09	1.69	3.78
15	<i>Aporosa frutescens</i>	Euphorbiaceae	6	4	2	0	0	12	1.25	2.37	3.63
16	<i>Podocarpus nerifolius</i>	Podocarpaceae	16	0	2	0	0	18	1.88	1.69	3.58
17	<i>Psychotria malayana</i>	Rubiaceae	14	4	0	0	0	18	1.88	1.69	3.58
18	<i>Santhiria laevigata</i>	Burseraceae	14	4	0	0	0	18	1.88	1.69	3.58
19	<i>Melastoma malabathricum</i>	Melastomaceae	0	0	4	4	9	17	1.78	1.69	3.47
20	<i>Gironniera subaequalis</i>	Ulmaceae	11	0	0	0	1	12	1.25	2.03	3.29
21	<i>Syzygium acuminatissima</i>	Myrtaceae	10	5	0	0	0	15	1.57	1.69	3.26
22	<i>Mangifera odorata</i>	Anacardiaceae	9	0	8	0	0	17	1.78	1.36	3.13
23	<i>Elaeocarpus glaber</i>	Elaeocarpaceae	5	4	0	0	0	9	0.94	2.03	2.97
24	<i>Canarium sp2</i>	Burseraceae	7	1	0	0	0	8	0.84	2.03	2.87
25	<i>Calophyllum sp2</i>	Clusiaceae	8	1	2	0	0	11	1.15	1.69	2.84
26	<i>Alistonia macrophylla</i>	Apocynaceae	2	2	2	1	0	7	0.73	2.03	2.77
27	<i>Homalanthus populneus</i>	Euphorbiaceae	5	0	0	5	0	10	1.04	1.69	2.74
28	<i>Carallia brachiata</i>	Rhizophoraceae	5	0	4	0	0	9	0.94	1.69	2.64
29	<i>Donax caniniformis</i>	Maranthaceae	18	0	0	0	0	18	1.88	0.68	2.56
30	<i>Actinodaphne agustifolia</i>	Lauraceae	4	3	1	0	0	8	0.84	1.69	2.53
31	<i>Agathis dammora</i>	Araucariaceae	13	1	0	0	0	14	1.46	1.02	2.48
32	<i>Palaquium sp3</i>	Sapotaceae	9	0	4	0	0	13	1.36	1.02	2.38
33	<i>Stemonurus celebicus</i>	Stemonuraceae	2	3	3	0	0	8	0.84	1.36	2.19
34	<i>Nageia wallichiana</i>	Podocarpaceae	17	0	0	0	0	17	1.78	0.34	2.12
35	<i>Mischocarpus sp.</i>	Sapindaceae	6	0	3	0	0	9	0.94	1.02	1.96
36	<i>Pterospermum celebicum</i>	Malvaceae	6	0	1	2	0	9	0.94	1.02	1.96
37	<i>Sloanea elongata</i>	Moraceae	2	0	7	0	0	9	0.94	1.02	1.96
38	<i>Macademia hildebrandii</i>	Proteaceae	2	0	2	1	0	5	0.52	1.36	1.88
39	<i>Melicope lunu-ankenda</i>	Rutaceae	1	3	0	0	1	5	0.52	1.36	1.88
40	<i>P187</i>	Rubiaceae	3	1	1	0	0	5	0.52	1.36	1.88
41	<i>Castanopsis javanica</i>	Fagaceae	3	0	1	0	0	4	0.42	1.36	1.77
42	<i>Acmena acuminatissima</i>	Myrtaceae	3	0	3	0	0	6	0.63	1.02	1.64
43	<i>Kjellbergiendron celebicum</i>	Myrtaceae	0	1	0	7	0	8	0.84	0.68	1.51
44	<i>Lunasia amara</i>	Rutaceae	8	0	0	0	0	8	0.84	0.68	1.51
45	<i>Buchanania arborescens</i>	Anacardiaceae	2	2	0	0	0	4	0.42	1.02	1.43
46	<i>Rhodamnia sp.</i>	Rubiaceae	1	0	6	0	0	7	0.73	0.68	1.41
47	<i>Glochidion zeylanicum</i>	Euphorbiaceae	0	0	2	0	3	5	0.52	0.68	1.20
48	<i>Leea indica</i>	Leeaceae	5	0	0	0	0	5	0.52	0.68	1.20
49	<i>Psychotria robusta</i>	Rubiaceae	4	0	1	0	0	5	0.52	0.68	1.20
50	<i>Manilkara fasciculata</i>	Sapotaceae	8	0	0	0	0	8	0.84	0.34	1.17
51	<i>Beilschmiedia gigantocarpa</i>	Lauraceae	0	3	1	0	0	4	0.42	0.68	1.10
52	<i>Gastonia serratifolia</i>	Araliaceae	0	3	1	0	0	4	0.42	0.68	1.10
53	<i>Ficus minahasae</i>	Moraceae	2	0	1	0	0	3	0.31	0.68	0.99
54	<i>Naucllea orientalis</i>	Rubiaceae	0	0	2	1	0	3	0.31	0.68	0.99
55	<i>Rothmannia grandis</i>	Rubiaceae	1	2	0	0	0	3	0.31	0.68	0.99
56	<i>Ficus septica</i>	Moraceae	0	0	0	6	0	6	0.63	0.34	0.97
57	<i>Vitex oppositifolia</i>	Verbenaceae	6	0	0	0	0	6	0.63	0.34	0.97
58	<i>Aphanamixis polystachya</i>	Meliaceae	2	0	0	0	0	2	0.21	0.68	0.89
59	<i>Cinnamomum verum</i>	Lauraceae	0	1	1	0	0	2	0.21	0.68	0.89
60	<i>Diospyros cf. malabarica</i>	Ebenaceae	1	1	0	0	0	2	0.21	0.68	0.89
61	<i>Garcinia celebica</i>	Clusiaceae	1	1	0	0	0	2	0.21	0.68	0.89
62	<i>Gymnostoma cf. nobile</i>	Casuarinaceae	2	0	0	0	0	2	0.21	0.68	0.89
63	<i>Gymnostoma rumphianum</i>	Casuarinaceae	0	0	1	0	1	2	0.21	0.68	0.89
64	<i>Knema matanensis</i>	Myristicaceae	1	1	0	0	0	2	0.21	0.68	0.89
65	<i>P262</i>	-	1	0	1	0	0	2	0.21	0.68	0.89
66	<i>Streblus sp</i>	Moraceae	0	1	1	0	0	2	0.21	0.68	0.89
67	<i>Ziziphus mauritiana</i>	Rhamnaceae	5	0	0	0	0	5	0.52	0.34	0.86
68	<i>Dracontomelon dao</i>	Anacardiaceae	3	0	0	0	0	3	0.31	0.34	0.65
69	<i>Aglia tomentosa</i>	Meliaceae	2	0	0	0	0	2	0.21	0.34	0.55
70	<i>Aralia elata</i>	Araliaceae	0	0	2	0	0	2	0.21	0.34	0.55
71	<i>Ardisia sp3</i>	Myrsinaceae	2	0	0	0	0	2	0.21	0.34	0.55

72	<i>Baccaurca motleyana</i>	Euphorbiaceae	0	0	2	0	0	2	0.21	0.34	0.55
73	<i>Elmerilla ovalis</i>	Magnoliaceae	0	0	0	2	0	2	0.21	0.34	0.55
74	<i>Gluchidion sericeum</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	2	2	0.21	0.34	0.55
75	<i>Leea aculeata</i>	Leeaceae	2	0	0	0	0	2	0.21	0.34	0.55
76	<i>Nephelium lappaceum</i>	Meliaceae	2	0	0	0	0	2	0.21	0.34	0.55
77	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae	2	0	0	0	0	2	0.21	0.34	0.55
78	<i>Ailanthus triphysa</i>	Simarubaceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
79	<i>Ardisia sp2</i>	Myrsinaceae	0	0	1	0	0	1	0.10	0.34	0.44
80	<i>Arenga pinnata</i>	Arecaceae	0	1	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
81	<i>Artocarpus sericarpus</i>	Moraceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
82	<i>Celtis philippinensis</i>	Ulmaceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
83	<i>Clerodendrum japonicum</i>	Verbenaceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
84	<i>Dipterocarpaceae</i>	Dipterocarpaceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
85	<i>Dracaena angustifolia</i>	Pandanaceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
86	<i>Ficus pedunculosa</i>	Moraceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
87	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	0	1	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
88	<i>Hopea sp.</i>	Dipterocarpaceae	0	0	1	0	0	1	0.10	0.34	0.44
89	<i>Litsea ochracea</i>	Lauraceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
90	<i>Macaranga gigantea</i>	Euphorbiaceae	0	0	1	0	0	1	0.10	0.34	0.44
91	<i>Planchonella sp</i>	Sapotaceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
92	<i>Pterocarpus indicus</i>	Fabaceae	1	0	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
93	<i>Syzygium acutangulum</i>	Myrtaceae	0	1	0	0	0	1	0.10	0.34	0.44
Total			477	183	225	49	23	957	100	100	200

Lampiran 5. Kondisi Vegetasi pada Masing-Masing Tahun Reklamasi berdasarkan Data NDVI Tahun 2020

No	Tahun Reklamasi	Lowest Vegetation (-1-0.1)	Lower Vegetation (0.1-0.3)	Low Vegetation (0.3-0.5)	Moderate Vegetation (0.5-0.6)	High Vegetation (0.6-0.7)	Higher Vegetation (0.7-0.9)	Total (Ha)
1	1996	0.47	6.01	14.62	10.87	14.83	1.32	48.13
2	1999	0.02	0.63	0.94	0.86	3.05	1.21	6.71
3	2000	0.00	0.10	0.73	0.57	1.22	0.03	2.67
4	2001	0.14	1.01	0.59	0.65	1.38	0.07	3.84
5	2002	8.61	34.75	84.08	73.70	153.22	148.69	503.05
6	2003	4.65	9.57	29.33	21.43	55.62	98.96	219.57
7	2004	2.91	16.68	44.92	53.80	146.13	154.04	418.48
8	2005	1.42	6.80	16.37	20.40	53.35	75.92	174.25
9	2006	2.47	11.09	20.54	25.17	66.83	52.93	179.03
10	2007	0.96	9.50	27.34	32.31	78.31	47.88	196.30
11	2008	2.95	17.44	34.95	34.01	50.50	18.20	158.06
12	2009	0.69	4.87	13.90	13.35	27.53	23.18	83.52
13	2010	3.46	17.11	36.01	30.51	40.57	20.25	147.92
14	2011	7.50	19.88	38.47	23.93	22.35	7.20	119.33
15	2012	6.83	18.90	35.50	19.75	15.32	1.40	97.69
16	2013	2.49	20.24	42.61	19.48	11.59	1.02	97.43
17	2014	2.90	20.98	43.96	13.90	3.23	0.32	85.30
18	2015	0.74	11.00	15.25	4.29	0.92	0.06	32.26
19	2016	2.35	23.03	47.79	14.86	7.15	2.74	97.93
20	2017	2.29	20.25	25.40	3.16	1.30	0.38	52.79
21	2018	5.22	44.34	26.30	10.26	3.06	0.41	89.58
22	2019	4.06	39.75	30.68	6.66	2.28	0.47	83.90
23	2020	28.74	1.87	0.08	0.01	0	0	30.69
Grand Total (Ha)		91.87	355.79	630.37	433.94	759.75	656.70	2,928.42
Persentase (%)		3.14%	12.15%	21.53%	14.82%	25.94%	22.42%	100%

