



**ASSESSMENT OF MANGROVE FOREST HEALTH STATUS AROUND LAKE TUADALE IN THE TUADALE WILDLIFE RESERVE AREA, LIFULEO VILLAGE, WEST KUPANG DISTRICT, KUPANG REGENCY, EAST NUSA TENGGARA**

**PENILAIAN STATUS KESEHATAN HUTAN MANGROVE DI SEKITAR DANAU TUADALE PADA KAWASAN SUAKA MARGASATWA TUADALE, DESA LIFULEO, KECAMATAN KUPANG BARAT, KABUPATEN KUPANG, NUSA TENGGARA TIMUR**

Elisabet E. P Laom<sup>1</sup>, Wilhelmina Seran<sup>2</sup>, Norman P. L. B. Riwu Kaho<sup>3</sup>, Roni Haposan Sipayung<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana

E-mail: [elisabetlaom47@gmail.com](mailto:elisabetlaom47@gmail.com)<sup>1</sup>, [helen\\_seran@staf.undana.ac.id](mailto:helen_seran@staf.undana.ac.id)<sup>2</sup>, [norman\\_ega@yahoo.com](mailto:norman_ega@yahoo.com)<sup>3</sup>, [roni.haposan.sipayung@staf.undana.ac.id](mailto:roni.haposan.sipayung@staf.undana.ac.id)<sup>4</sup>

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Correspondent:</b> Elisabet E. P Laom <a href="mailto:elisabetlaom47@gmail.com">elisabetlaom47@gmail.com</a></p> <p><b>Key words:</b> <i>mangrove forest, Lake Tuadale, Forest Health Monitoring (FHM), indicators, ecosystem damage</i></p> <p><b>Website:</b> <a href="https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR">https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR</a></p> <p><b>Page: 1414 - 1439</b></p>	<p><i>Mangrove forests are crucial coastal ecosystems that must be preserved due to their function as providers of natural resources. Wildlife Sanctuary areas are designated to protect wildlife and their habitats and to support biodiversity conservation. The Tuadale Lake mangrove forest in the wildlife sanctuary has been damaged by community activities such as logging for aquaculture and wood utilization, as well as the impact of the Montara Oil Spill in the Timor Sea in 1998, which caused the death of thousands of mangrove trees, resulting in economic, social, and environmental losses. This study aims to assess the health status of the Tuadale Lake mangrove ecosystem using the Forest Health Monitoring (FHM) method, which evaluates four main indicators: Vitality, focusing on tree damage assessment and canopy condition; Productivity, measured by basal area and wood volume; Biodiversity, assessed through species richness index, species diversity index, and species evenness index; and Site Quality, determined by soil pH, water salinity, and cation exchange capacity (CEC). Soil samples were taken using purposive sampling across three zones: proximal, middle, and distal, using sample rings. The results showed that tree vitality in Tuadale Lake are in the moderate category, with many trees experiencing physical damages. Productivity indicators are also in the moderate category based on basal area and volume calculations. The biodiversity index indicated low species richness, low species diversity, with an unstable environmental condition, and high species evenness. Site quality assessment indicated that soil pH is moderately alkaline, water salinity is low, and the cation exchange capacity (CEC) is very high.</i></p> <p>Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.</p>

---

**INFO ARTIKEL**

**Koresponden**

Elisabet E. P Laom  
[elisabetlaom47@gmail.com](mailto:elisabetlaom47@gmail.com)

**Kata kunci:**

hutan mangrove, Danau Tuadale, Forest Health Monitoring (FHM), indikator, kerusakan ekosistem

**Website:**

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

**Hal: 1414 - 1439**

---

**ABSTRAK**

Hutan mangrove merupakan ekosistem pantai yang penting dipertahankan karena fungsinya sebagai penyedia sumber daya alam. Kawasan Suaka Margasatwa adalah area yang ditetapkan untuk melindungi satwa liar dan habitatnya, serta mendukung konservasi keanekaragaman hayati. Hutan mangrove Danau Tuadale pada kawasan suaka margasatwa mengalami kerusakan akibat aktivitas masyarakat seperti penebangan untuk lahan tambak dan pemanfaatan kayu, serta dampak dari tumpahan minyak dari Sumur Minyak Montara di Laut Timor pada tahun 1998 yang menyebabkan kematian ribuan pohon mangrove, kerugian ekonomi, sosial, dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status kesehatan ekosistem hutan mangrove di Danau Tuadale menggunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM), yang menilai empat indikator utama: Vitalitas fokus pengamatan penilaian kerusakan pohon dan kondisi tajuk, Produktivitas: luas bidang dasar (LBDS) dan volume kayu, Biodiversitas: indeks kekayaan jenis, indeks keanekaragaman jenis dan indeks pemerataan jenis, Kualitas Tapak: pH tanah, salinitas air, dan kapasitas tukar kation (KTK). Pengambilan sampel tanah secara *purposive sampling*. Pengambilan sampel tanah diambil pada tiga zona yaitu pada zona proksimal, *middle* dan distal dengan menggunakan ring sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa vitalitas pohon di Danau Tuadale berada pada kategori sedang, dengan banyaknya pohon yang mengalami kerusakan fisik. Indikator produktivitas menunjukkan kategori sedang berdasarkan perhitungan luas bidang dasar dan volume. Indeks biodiversitas menunjukkan kekayaan jenis yang rendah, keanekaragaman jenis yang juga rendah, dengan kondisi lingkungan yang kurang stabil dan pemerataan jenis tinggi. Penilaian kualitas tapak menunjukkan bahwa derajat keasaman tanah berkategori kebasahan sedang, salinitas air rendah, dan kapasitas tukar kation (KTK) sangat tinggi.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

---

**PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai sekitar 81.000 km. Sebagian besar pantai tersebut ditumbuhi oleh vegetasi hutan pantai dan mangrove. Hutan mangrove adalah hutan yang terdapat di sepanjang pantai atau muara sungai dan dipengaruhi oleh gerakan pasang surut perpaduan antara air sungai dan air laut, yang komunitasnya bertoleransi terhadap garam (Waryono, 2000). Merujuk data Peta Mangrove Nasional Tahun 2021 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, luas ekosistem mangrove di Indonesia mencapai 3.364.080 ha (Nurbaya, 2021).

Hutan mangrove merupakan suatu ekosistem habitat daerah pantai yang harus dipertahankan keberadaannya sebagai penyedia sumber daya alam. Pengkajian terhadap ekosistem hutan mangrove memberikan pelajaran bahwa ekosistem ini mutlak diperlukan dan harus dapat dijamin kelangsungan hidupnya (Fitri *et al.*, 2010). Kawasan Suaka Margasatwa adalah area yang ditetapkan untuk melindungi satwa liar dan habitatnya, serta mendukung konservasi keanekaragaman hayati. Pemanfaatan Suaka Margasatwa meliputi kegiatan yang tidak merusak ekosistem, seperti penelitian ilmiah, pendidikan, dan pariwisata terbatas yang dikelola dengan ketat (Ekayani *et al.*, 2018).

Kawasan hutan Danau Tuadale memiliki luas sekitar  $\pm 500$  ha, telah ditunjuk dan diubah fungsinya menjadi Suaka Margasatwa melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 195/Kpts-II/93 tanggal 27 Februari 1993. Data dari Peta Mangrove Nasional 2021 menyebutkan bahwa hutan mangrove Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki luas sekitar 22.169 ha, jumlah tersebut tersebar di seluruh wilayah dengan luasan yang berbeda-beda. Hutan Mangrove Danau Tuadale memiliki luas kawasan sekitar 60 ha.

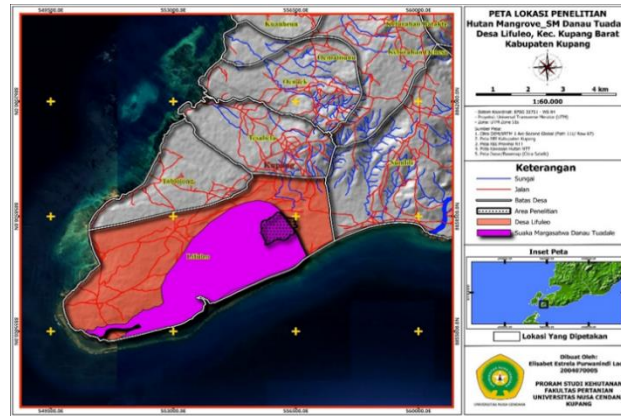
Hutan mangrove Danau Tuadale berada dekat dengan pemukiman penduduk dan menjadi bagian dalam kebudayaan hidup masyarakat setempat. Hal ini tentunya akan memberikan tekanan pada hutan mangrove di daerah tersebut. Beberapa aktivitas masyarakat menyebabkan rusaknya hutan mangrove antara lain penebangan untuk dikonversi menjadi lahan tambak dan pemanfaatan sumber daya kayu, sehingga terjadi pengurangan luasan hutan mangrove yang akhirnya berdampak pada kerusakan ekosistem mangrove. Selain itu, ribuan pohon mangrove di bibir pantai mengalami kekeringan dan bahkan mati. Masyarakat setempat mensinyalir matinya tanaman mangrove karena beberapa kemungkinan yakni tertutupnya aliran air laut ke kawasan mangrove akibat timbunan pasir. Berdasarkan penelitian Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), kematian itu juga karena dampak tumpahan minyak dari Sumur Minyak Montara di laut Timor pada tahun 1998. Tumpahan minyak ini telah mengakibatkan kerugian ekonomi, sosial, dan lingkungan. Bencana ini merugikan ribuan nelayan dan pembudidaya rumput laut NTT, menurunkan fungsi kelautan, mematikan biota laut, dan menurunkan keanekaragaman hayati (Fauzi, 2018).

Di Indonesia masih kurang kesadaran tentang pentingnya kesehatan hutan untuk pengelolaan hutan secara lestari, terutama pada berbagai tipe hutan. Oleh karena itu, sampai saat ini belum ada perhatian yang serius terhadap masalah kesehatan hutan. Pemecahan masalah ini memerlukan analisis kesehatan hutan untuk mengetahui seberapa baik komponen penyusun kawasan tersebut. Salah satu metode yang paling umum digunakan untuk menganalisis tingkat kesehatan hutan adalah metode *Forest Health Monitoring* (FHM). Metode FHM melakukan penilaian dalam empat indikator yaitu indikator Vitalitas pohon, indikator Produktivitas, indikator Biodiversitas, dan indikator kualitas Tapak. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kondisi kesehatan hutan mangrove dengan judul "Penilaian Status Kesehatan Hutan Mangrove di Sekitar Danau Tuadale pada Kawasan Suaka Margasatwa Tuadale, Desa Lifuleo, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur".

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan November sampai bulan Desember 2023 pada musim kemarau di Hutan Mangrove sekitar Danau Tuadale, Kawasan Suaka Margasatwa Tuadale, Desa Lifuleo, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Alat dan Bahan

Alat yang akan dipakai pada penelitian ini yaitu Alat tulis, pita meter, tali rafia, kamera Hp, hagameter, pH meter, salinity refraktometer, pipa paralon, aplikasi android avenza maps, sekop kecil, plastik, kertas label, tally sheet, alat-alat laboratorium, aplikasi past 4 dan GPS (*Global Positioning System*). Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kertas sampel, plastik sampel, tegakan hutan mangrove, serta sampel tanah dan air yang termasuk di dalam klaster plot.

### Pengumpulan Data

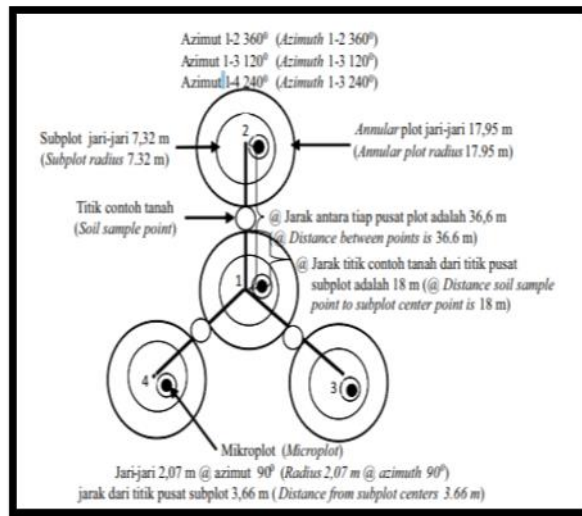
Data yang dipakai pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan selama penelitian yang mencakup data indikator ekologi yang diamati. Sedangkan untuk data sekunder merupakan pustaka-pustaka pendukung yang memiliki kaitan langsung dengan hal apa saja yang menjadi sasaran penelitian.

### Metode dan Cara Kerja

#### Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Forest Health Monitoring* (FHM) atau biasa dikenal dalam bahasa Indonesia sebagai Pemantauan Kesehatan Hutan. *Forest Health Monitoring* (FHM) merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan dalam melakukan pemantauan suatu tegakan ekosistem hutan. Untuk melakukan pemantauan kesehatan hutan menggunakan metode FHM ini ada beberapa indikator ekologi yang harus diperhatikan yakni indikator vitalitas, produktivitas, biodiversitas, dan kualitas tapak (Pertiwi *et al.*, 2020). Penelitian ini akan menggunakan keempat indikator yang sudah disebutkan di atas dengan beberapa parameter pendukungnya seperti pada indikator ekologis vitalitas dengan parameternya penilaian kerusakan pohon, kemudian indikator ekologis produktivitas dengan parameternya yaitu pengukuran diameter tegakan pohon yang ada dalam klaster plot, selanjutnya indikator biodiversitas dengan parameternya yaitu

identifikasi jenis-jenis tumbuhan lain selain tegakan yang terdapat dalam klaster plot, dan yang terakhir yaitu indikator ekologis kualitas tapak dengan parameter yang dinilai yaitu keasaman serta kelembaban tanah.



Gambar 2. Design Klaster Plot FHM (Mangold, 1997)

### Cara Kerja

Rangkaian cara kerja penelitian ini dimulai dari digitasi keliling area yang akan diteliti kemudian dilanjutkan dengan pembuatan titik koordinat untuk klaster plot sesuai dengan anjuran yang ada pada metode *Forest Health Monitoring* (FHM) menggunakan *software* QGIS. Tujuan dari melakukan digitasi keliling area kawasan hutan mangrove yaitu untuk melihat bentuk dari kawasan mangrove sehingga dapat mempermudah penempatan klaster plot yang akan didesain menggunakan *software* QGIS.

Penelitian kesehatan hutan mangrove di Danau Tuadale akan menggunakan jumlah klaster plot yang sesuai dengan (Safe'i *et al.*, 2013), di mana satu buah klaster plot FHM dapat mewakili luasan hutan seluas 1 Ha. Dengan luas hutan mangrove di Danau Tuadale sebesar 60 ha, masih mencakup danau dan genangan air sebanyak 40 ha maka jumlah klaster plot menjadi 20 klaster plot dengan menggunakan desain klaster plot dari (Mangold, 1997).

Pembuatan klaster plot mengikuti pedoman yang sudah tertera pada metode *Forest Health Monitoring* dimana pada satu klaster plot memiliki luas 4.046,86 m<sup>2</sup> terdapat 4 plot ukur berbentuk lingkaran berdiameter 35,9 m serta di dalam masing-masing plot ukur juga memiliki 2 plot dengan ukurannya masing-masing lebih kecil dari plot ukur utama. Kedua plot ukur ini masing-masing dinamakan sebagai subplot dengan ukuran diameternya 14,64 m serta microplot yang memiliki diameter 4,14 m.

Kualitas Tapak (KTK), pengambilan sampel tanah secara *purposive sampling*. Pengambilan sampel tanah diambil pada tiga zona yaitu pada zona proksimal, *middle* dan distal dengan menggunakan ring sampel (Titik pengambilan sampel pada bagian proksimal ada 3 sampel tanah, bagian *middle* 3 sampel tanah, dan bagian distal 3 sampel, selanjutnya dikompositkan sehingga jumlahnya ada 3 sampel, setiap zona dibuat petak ukur yang berukuran 10 m x 10 m (Senoaji *et al.*, 2016) jarak antar jalur 50 meter, tanah diambil dengan menggunakan pipa paralon berukuran 3/4 inci panjang 60 cm kemudian pipa *sampling* ditancapkan ke tanah dan ditekan atau dipukul dengan pelan menggunakan palu kayu atau balok sampai kedalaman 60 cm bagian atas pipa

ditutup rapat sehingga tanah tidak tumpah atau keluar saat paralon dicabut, setelah itu dianalisis di laboratorium kimia tanah (Toknok *et al.*, 2006). Selanjutnya hasil analisis setiap sampel dari masing-masing zona mangrove, dibandingkan dengan kriteria kesuburan tanah berdasarkan (Hardjowigeno, 2007).

### **Indikator Ekologi yang Diamati**

#### **Vitalitas (Penilaian Kesehatan Pohon)**

Vitalitas dilakukan dengan melakukan pengukuran kondisi kerusakan pohon dimulai dari mengidentifikasi posisi dari kerusakan yang terjadi pada pohon tersebut, lalu kemudian menentukan jenis kerusakan apa saja yang menyerang pohon tersebut, sehingga pada akhirnya dapat dihitung tingkat keparahannya dari data-data posisi atau lokasi kerusakan dan jenis kerusakan yang sudah ditulis.

#### **Penilaian Produktivitas**

Parameter yang digunakan untuk meningkatkan produktivitas pohon yaitu laju pertumbuhan pohon (pengukuran luas bidang dasar) serta volume pohon. Menurut (Riyanto, 2009), pertumbuhan pohon adalah pertambahan ukuran suatu sistem organik dalam jangka waktu tertentu. Luas bidang dasar menggambarkan tingkat pertumbuhan sesaat atau produktivitas pohon dari waktu ke waktu dengan cara mengukur diameter pohon (Kuswandi, 2017).

LBDS adalah luas penampang yang melintang pada batang pohon. Oleh karena itu LBDS dapat dinyatakan sebagai  $LBDS = \frac{1}{4}\pi (dbh)^2$  (Safe'i & Tsani, 2016). Sedangkan pengukuran volume pohon dilakukan berdasarkan parameter pertumbuhan pohon atau tegakan seperti diameter, tinggi dan luas bidang dasar.

#### **Penilaian Biodiversitas**

##### **a. Indeks Kekayaan**

Jenis Indeks kekayaan jenis merupakan suatu parameter yang menunjukkan jumlah suatu spesies dalam suatu ekosistem hutan yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus Margalef Indeks yaitu sebagai berikut:

$$\{ DMg = \frac{(S - 1)}{\ln N} \}$$

Keterangan:

DMg = Indeks kekayaan

S = Jumlah jenis yang ditemukan

N = Jumlah Individu seluruh jenis, Batasan nilai indeks kekayaan jenis yaitu sebagai berikut:  $D < 2,5$ , = Tingkat kekayaan jenis rendah,  $2,5 < D < 4$  = Tingkat kekayaan jenis sedang,  $D > 4$  = Tingkat kekayaan jenis tinggi (Wahyuningsih *et al.*, 2019).

##### **b. Indeks Keanekaragaman Jenis**

Biasa disebut juga sebagai diversity index yang dihitung menggunakan rumus yang biasa disebut dengan Shannon-Wiener index (Pretzsch, 2009).

$$\{ H' = - \sum pi \ln pi \}$$

Keterangan:

H' = Shannon-Weiner index

pi = ni/N, ni = Jumlah individu jenis ke I

$N$  = Jumlah individu seluruh jenis Jika nilai  $H'$  < 1, maka komunitas vegetasi dengan kondisi lingkungan kurang stabil; Jika nilai  $H'$  antara 1 - 2, maka komunitas vegetasi dengan kondisi lingkungan stabil; Jika nilai  $H'$  > 2, maka komunitas vegetasi dengan kondisi lingkungan sangat stabil (Safe'i & Tsani, 2016).

c. Indeks Kemerataan Jenis

Biasa disebut sebagai evenness index dapat dihitung menggunakan rumus Pielou's index ( $J'$ ).

$$\left\{ J' = \frac{H'}{\ln S} \right\}$$

Keterangan:

$H'$  = Shannon-Wiener index

$S$  = Jumlah spesies

Kriteria nilai  $J'$  menurut (Odum *et al.*, 2005) adalah sebagai berikut:  $J' = < 0,30$ ; Tingkat pemerataan rendah  $J' = 0,31 - 0,60$ ; Tingkat pemerataan sedang  $J' = > 0,60$ ; Tingkat pemerataan tinggi.

### Penilaian Kualitas Tapak

Penilaian kualitas tapak dapat dilihat dari tingkat kesuburan tanah. Kesuburan tanah merupakan kemampuan tanah menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pengukuran kesuburan tanah dapat dilakukan dengan cara yaitu menentukan nilai pH tanah, nilai salinitas air dan nilai kapasitas tukar kation (KTK). Menurut (Poedjirahajoe, 2007) salinitas merupakan kandungan kadar garam dari suatu perairan yang dinyatakan dalam permil (‰) atau garam perseribu air. Pada umumnya mangrove hidup di daerah asin atau payau yang berkisar antara 11-25‰.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

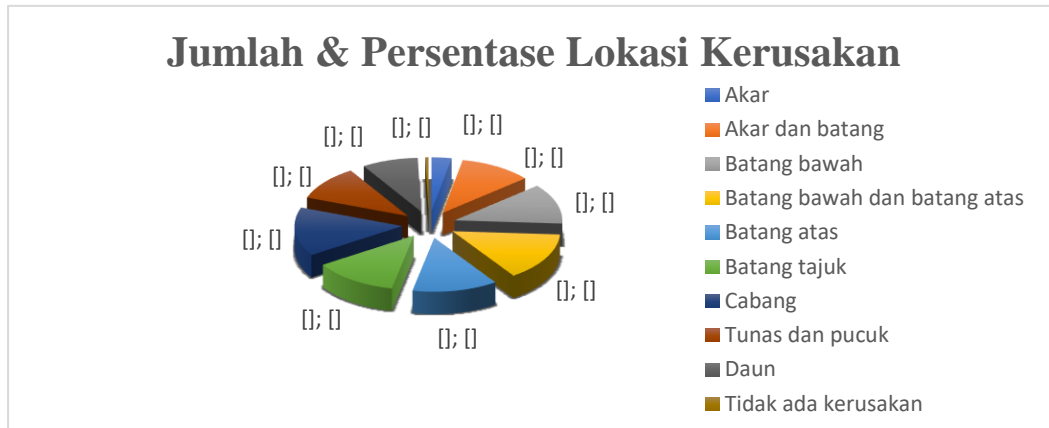
### Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kawasan Suaka Margasatwa Danau Tuadale terletak di daratan Pulau Timor. Secara administratif pemerintahan, kawasan ini berada di wilayah Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang. Sesuai dengan pembagian administrasi pengelolaan kawasan konservasi, Suaka Margasatwa Danau Tuadale berada dalam wilayah pemangkuan Resort Wilayah Konservasi Taman Wisata Alam Laut Teluk Kupang. Kawasan Suaka Margasatwa Danau Tuadale memiliki luas 500 ha. Sejarah Kawasan Suaka Margasatwa Danau Tuadale mencakup penunjukan kawasan tersebut sebagai Suaka Margasatwa, yang diresmikan melalui Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: 195/Kpts-II/1993, tanggal 27 Februari 1993, yang menetapkan perubahan fungsi kawasan (BBKSDA NTT, 2010).

### Penilaian Indikator Vitalitas

#### Lokasi Kerusakan

Penilaian vitalitas atau kerusakan pohon dapat di jelaskan sebagai berikut.

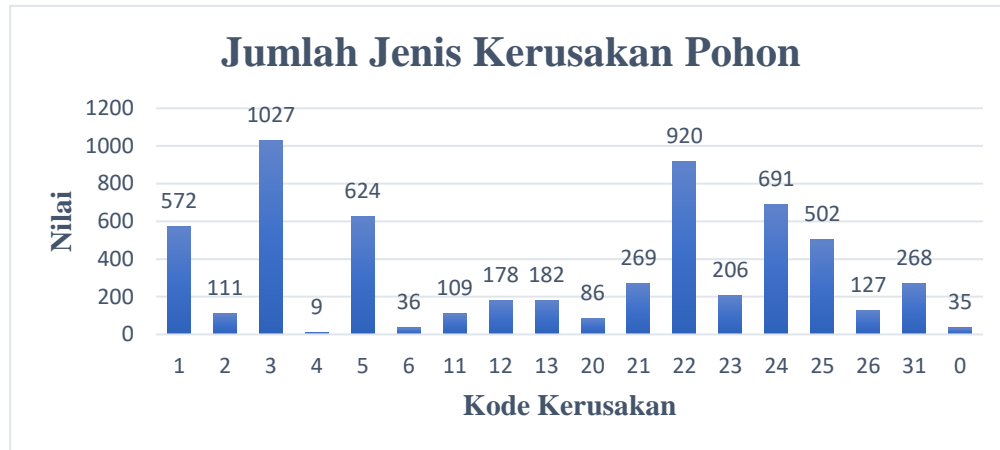


Gambar 3. Persentase Lokasi Kerusakan Pohon yang Teramati di tiap Klaster

Dari jumlah dan persentase lokasi kerusakan pohon pada Gambar 3 menunjukkan bahwa ditemukannya beberapa bagian pohon yang teridentifikasi mengalami kerusakan terbanyak adalah pada lokasi cabang, dengan 1.022 kasus atau 15% dari total kerusakan. Cabang yang rusak dapat mengganggu fungsi dan peran cabang dalam pohon, dengan jenis kerusakan berupa patah dan mati (Apriani *et al.*, 2022). Batang bagian bawah dan atas mencatat 1.009 kasus kerusakan atau 14%. Lokasi 05 memiliki 895 kasus kerusakan (13%) dan lokasi 03 memiliki 842 kasus kerusakan (12%), yang ditandai dengan patah cabang, benjolan/kanker, batang pecah, dan luka terbuka. Lokasi 04 mencatat jumlah kerusakan terbesar dengan 6.001 kasus, dengan pola kerusakan yang sama seperti di lokasi 05 dan 03.

Kerusakan pada batang tajuk mencapai 885 kasus atau 13%, berupa patah cabang atau ranting, pertumbuhan benjolan, kanker, dan gerowong. Kerusakan pada tunas dan pucuk ditemukan sebanyak 730 kasus atau 10%, mengganggu penerimaan energi matahari dan pertumbuhan pohon. Kerusakan pada daun mencapai 589 kasus atau 8%, berupa daun mati, berubah warna, dan berlubang. Perubahan warna sering disebabkan oleh klorosis akibat kekurangan nitrogen, yang mengganggu fotosintesis meskipun daun baru yang sehat akan tumbuh kemudian (Safe'i, 2020). Kerusakan paling sedikit ditemukan pada akar, dengan 209 kasus atau 3%. Akar yang rusak menghambat aliran nutrisi, akibat putus atau cacat karena terkena benda tajam, yang mengganggu penyerapan hara (Kurniadinata *et al.*, 2019).

### Jenis Kerusakan



Gambar 4. Jumlah Jenis Kerusakan Pohon yang Terjadi Pada Klaster Plot

### 1. Luka Terbuka (03)

Jenis kerusakan luka terbuka merupakan jenis kerusakan terbanyak yang ditemukan pada lokasi penelitian. Pada Gambar 4 jenis kerusakan ini ditemukan sebanyak 1.027 kasus atau setara 17,4% dari seluruh jumlah kerusakan yang ditemukan. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 50% mengalami kerusakan berupa luka terbuka. Dengan demikian, hampir setengah dari kawasan hutan mangrove di Danau Tuadale mengalami kerusakan tersebut. Luka terbuka merupakan salah satu faktor awal terjadinya kerusakan pohon seperti batang pecah hingga pelapukan (Rikto, 2010). Pelapukan mengakibatkan pohon menjadi merana, keropos, mati hingga tumbang karena faktor usia. Hal ini disebabkan dari berkembang dan masuknya patogen atau organisme perusak.

Pada Gambar 5 menunjukkan jenis kerusakan luka terbuka pada tanaman *Heritiera fomes* dengan ciri berupa potongan, bacokan dan sayatan benda tajam yang disebabkan oleh campur tangan manusia. Hal ini disebabkan oleh aktivitas masyarakat yang berada di sekitar kawasan Suaka Margasatwa yang seharusnya tidak bisa dimasuki dan masyarakat kurang menyadari dampak yang ditimbulkannya bila melukai pohon. Luka tersebut lambat laun akan menjadi tempat berbagai jenis patogen memasuki batang yang mengakibatkan terganggunya aktivitas transportasi air dan nutrisi dari tanah ke dedaunan sehingga pertumbuhan pohon menjadi terhambat/tidak optimal (Safe'i et al., 2014).



Gambar 5. Jenis Kerusakan Luka Terbuka pada *Heritiera fomes*

### 2. Cabang Patah atau Mati (22)

Cacat pohon umumnya disebabkan oleh kerusakan pada bagian cabang adalah beban yang berlebih, busuk, dan lemahnya penyambungan dengan batang utama. Menurut (Abimanyu, 2018) patah atau mati cabang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti angin pada saat hujan turun dan rusaknya cabang karena terinfeksi oleh jamur penyakit atau terserang hama sehingga cabang cenderung lemah dan mudah patah. Berdasarkan Gambar 4 hasil penelitian jenis kerusakan cabang patah/mati ditemukan sebanyak 920 kasus dengan persentase setara 15,6% dari keseluruhan jumlah kerusakan di lokasi penelitian. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 45% mengalami kerusakan berupa cabang patah/mati. Dengan demikian, hampir setengah dari kawasan hutan mangrove di Danau Tuadale mengalami kerusakan tersebut.

Pada Gambar 6.B: *Rhizophora apiculata* kerusakan pada cabang disebabkan oleh faktor kekeringan yang tinggi membuat batang pohon lapuk akibatnya mudah patah dan mati. Gejala tipe kerusakan pada Gambar 6.A: *Heritiera fomes* yang teramati hilangnya ranting dan daun kemudian seperti terjadi pelapukan pada cabang yang mati. Sebagaimana dikemukakan (Rikto, 2010) bahwa kerusakan pohon yang disebabkan oleh kondisi alamiah tersebut dapat disebabkan faktor suhu, kekeringan, iklim, unsur hara, polusi udara, ketersediaan oksigen dan cahaya. Hal ini dikarenakan pohon mangrove dengan jenis kayu *hardwood* memiliki cabang yang besar dan menyebar sehingga mengalami stres mekanik lebih besar (Rikto, 2010). Penyebab lain kerusakan cabang patah/mati disebabkan oleh bekas sayatan/potongan benda tajam. Hal ini disebabkan oleh aktivitas tidak bertanggung jawab dari masyarakat sekitar hutan yang memanfaatkan hutan dengan tidak bertanggung jawab.



A



B

**Gambar 6. Jenis Kerusakan Cabang Patah Atau Mati**  
A: *Heritiera Fomes*; B: *Rhizophora Apiculata*

### 3. Daun, Pucuk/Tunas Rusak (24)

Pada Gambar 4 tipe kerusakan daun, pucuk/tunas rusak terjadi pada 691 pohon atau sebesar 11,7%, salah satunya pada pohon *Heritiera fomes*, gejala yang timbul ditandai dengan rusaknya pinggir daun seperti termakan serangga/hama dan matinya bagian ujung pada pohon kemudian menjalar hingga bagian yang lebih tua. Untuk daun yang rusak akibat berlubang, hal tersebut disebabkan oleh adanya serangan dari hama atau serangga. Kerusakan pada bagian pucuk tanaman dapat juga disebabkan oleh bakteri, temperatur rendah, musim kemarau, dan serangan hama penggerek pohon (Haris *et al.*, 2004). Berdasarkan perhitungan jumlah

kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 34% mengalami kerusakan berupa daun, pucuk/tunas rusak.

#### 4. Batang Pecah (05)

Pada Gambar 4 hasil pengamatan pada lokasi penelitian menunjukkan kerusakan batang pecah dijumpai pada batang pohon bagian atas dan batang bagian bawah dengan tingkat persentasenya 10,5% atau sebanyak 626 kasus. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 31% mengalami kerusakan berupa batang patah. Pada Gambar 7 kerusakan batang pecah pada tanaman *Heritiera fomes* ditandai pecahnya bagian batang sampai terlihat bagian dalam kayu melalui sela-sela batang yang pecah. Menurut (Rikto, 2010) kerusakan batang pecah pada pohon disebabkan oleh besarnya diameter pohon, sehingga rayap menggunakan kayu sebagai tempat bersarang dan sebagai sumber makanannya yang mengakibatkan kerusakan pada pohon. Berdasarkan hasil identifikasi dilapangan, penyebab kerusakan batang pecah diakibatkan oleh manusia dan faktor lingkungan diantaranya terkena benda tajam (tersayat/ dipotong), kekeringan, dan terbakar.



Gambar 7. Jenis Kerusakan Batang Pecah Pada *Heritiera fomes*

#### 5. Kanker (01)

Pada Gambar 4 kerusakan kanker yang ditemui di lokasi penelitian sebanyak 572 atau setara 9,7%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 28% mengalami kerusakan berupa kanker. Pada Gambar 8 menunjukkan gejala kerusakan kanker pada tanaman *Rhizophora apiculata* berupa pembengkakan pada batang yang berkembang meluas ke bagian atas batang pohon. (Safe'i *et al.*, 2016) menyampaikan bahwa kerusakan tipe kanker disebabkan oleh jamur yang menyebabkan matinya kulit paling luar sebagai tanda awal dari serangan jamur pada suatu individu pohon. Jaringan kayu pada batang yang membengkak



umumnya menjadi lunak, rapuh, retak-retak, dan sering digunakan untuk tempat berlindung serangga apabila dibiarkan tanpa dilakukan pencegahan atau pengobatan maka dapat menurunkan kualitas pohon atau bahkan dapat menyebabkan kematian.

**Gambar 8. Jenis Kerusakan Kanker pada *Rhizophora apiculata***

**6. Perubahan Warna Daun (25)**

Pada Gambar 4 perubahan warna daun yang ditemui di lokasi penelitian sebanyak 502 atau setara 8,5%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 25% mengalami kerusakan berupa perubahan warna daun. Pada Gambar 9 tipe



kerusakan A; daun berubah warna dan B; karat pada daun. Hal ini dikarenakan tidak terbentuknya klorofil yang disebabkan oleh patogen, racun, kekurangan mineral, pencemaran udara, kekeringan, kelebihan atau terbakar karena bahan kimia (Sumardi, 2002). Perubahan warna ini disebabkan oleh kekurangan unsur Nitrogen dan karat pada daun disebabkan oleh kekurangan unsur Fosfor. Meskipun pada akhirnya akan membentuk jaringan daun baru yang sehat, namun kerusakan yang terlanjur terjadi dapat menghambat proses fotosintesis (Triwibowo, 2014).

A

B

**Gambar 9. Jenis Kerusakan A; Perubahan Warna Daun B; Karat Daun Pada Tanaman *Heritiera fomes***

**7. Hilang Pucuk Dominan, Mati Pucuk (21)**

Pada Gambar 4 kerusakan hilangnya pucuk dominan, mati pucuk (kode 21) sebanyak 268 kasus atau setara 4,5%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 13% mengalami kerusakan berupa hilangnya pucuk dominan, mati pucuk. Pada Gambar 10. pengamatan di lapangan menunjukkan pohon yang mengalami



kerusakan tipe ini memiliki daun yang berubah warna menjadi kecoklatan serta gugur dan mengalami kekeringan di ujung cabang hal ini disebabkan oleh kemarau yang berkepanjangan. Sama halnya dengan hasil penelitian (Silalahi, 2017) yang mengatakan pohon yang mengalami mati ujung terlihat pada bagian ujung pucuk pohon mengalami kematian.

**Gambar 10. Jenis kerusakan hilangnya pucuk dominan, mati pucuk pada tanaman *Heritiera fomes***

#### **8. Lain-lain (31)**

Jenis kerusakan dengan kode 31 terdiri tidak hanya pada satu jenis kerusakan. Berikut jenis kerusakan pada pohon dengan kode 31 yang ditemui di dua puluh klaster plot penelitian yaitu batang gerowong. Pada Gambar 4 batang gerowong pada pohon yang dijumpai sebanyak 268 atau setara 4,5%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 13% mengalami kerusakan berupa gerowong. Tipe kerusakan batang gerowong dilihat pada Gambar 11 dengan ciri kerusakan yang teramati berupa adanya lubang pada batang pohon *Heritiera fomes* yang cukup besar. Tipe kerusakan batang gerowong pada pohon merupakan tingkat lanjut kerusakan pada pohon yang disebabkan oleh hama perusak tanaman, sehingga terbentuk lubang pada bagian tanaman (Rikto, 2010).



**Gambar 11. Jenis Kerusakan Gerowong Pada *Heritiera fomes***

#### **9. Percabangan/brum berlebihan (23)**

Pada Gambar 4 tipe kerusakan brum pada pohon ditemui sebanyak 206 kasus atau 3,5%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 10% mengalami kerusakan berupa percabangan/brum berlebihan. Pada Gambar 12. A: *Rhizophora apiculata*, B: *Heritiera fomes* ditandai dengan tumbuhnya cabang-cabang yang berlebihan pada batang pohon yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak stabil, seperti kekeringan yang berkepanjangan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pohon mangrove, pembentukan cabang tambahan sebagai respons adaptasi terhadap tekanan lingkungan (Alongi, 2009).



Gambar 12. Jenis Kerusakan Percabangan/Brum Berlebihan A: *Rhizophora apiculata* B: *Heritiera fomes*

#### 10. Tumor (26)

Pada Gambar 4 jenis kerusakan serangan tumor ditemukan sebanyak 127 kasus atau setara dengan 2,1%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap



total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 6% mengalami kerusakan berupa tumor. Tumor merupakan jenis penyakit yang menyerang batang pohon dengan bantuan spora. Penyakit tumor/karat puru disebabkan oleh cendawan *Uromycladium tepperianum* (sace), sama halnya dengan cendawan yang berkembang biak dengan spora, karat puru berkembang biak dengan menyebarkan spora yang dibantu oleh angin, serangga ataupun manusia. Gejala serangan karat tumor terlihatnya pembengkakan pada bagian tertentu pada pohon seperti pada batang, ranting dan ketiak daun, lama kelamaan berubah menjadi benjolan kemudian yang disebut tumor (Anggraeni, 2010). Serangan karat tumor dalam tingkat tinggi dapat menyebabkan kematian. Contoh kerusakan pohon jenis tumor dapat dilihat pada Gambar 13.

Gambar 13. Jenis Kerusakan Tumor pada *Heritiera fomes*

#### 11. Konk (02)

Pada Gambar 4 jenis kerusakan konk pada pohon dijumpai sebanyak 111 kasus atau setara dengan 1,9%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 5% mengalami kerusakan berupa konk. Konk merupakan penyakit pada pohon yang ditandai dengan adanya jamur. Konk dapat terjadi karena adanya luka, akar yang rusak, karena dibawa serangga atau spora dari udara. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Fairuzah, 2008) didalam konk terdapat spora-spora jamur yang akan berkembang dan keluar dari tubuh buah. Spora tersebut akan berpencar dan menyerang tanaman yang masih sehat. Pada Gambar 14 jenis konk yang ditemui pada lokasi penelitian yaitu *ganoderma*. *Ganoderma* merupakan jamur busuk kayu, menggunakan inti kayu mati tetapi juga sebagai patogen pada gubal hidup, terutama pada pohon yang tua. Jamur ini soliter sebagai parasit pada batang pohon hidup (Wibowo *et al.*, 2021).



Gambar 14. Jenis Kerusakan Konk pada *Heritiera fomes*

## 12. Liana (06)

Pada Gambar 15 terdapat liana yang menjalar atau merambat pada tanaman *Rhizophora apiculata*. Liana pada umumnya bukan merupakan tumbuhan parasit, namun dapat melemahkan tumbuhan lain yang menjadi penyangganya dan berkompetisi dalam mendapatkan cahaya matahari. Hal ini dapat memberikan dampak negatif pada tanaman inang karena dapat menghambat dalam mendapatkan air, nutrisi, serta cahaya matahari. Pada Gambar 4 liana yang ditemukan di lokasi penelitian sebanyak 86 kasus, setara dengan 1,5%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 2% mengalami kerusakan berupa liana.



Gambar 15. Jenis Kerusakan Liana pada *Rhizophora apiculata*

## 13. Resinosis/Gumosis (04)

Pada Gambar 4 jenis kerusakan resinosis/ gumosis pada pohon dijumpai sebanyak 9 kasus atau setara dengan 0,2%. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 0,4% mengalami kerusakan berupa resinosis/gumosis. Gumosis merupakan kerusakan tipe edukasi yang ditandai dengan keluarnya cairan dari batang pohon yang ditandai dengan keluarnya cairan dari batang pohon yang rusak dalam bentuk gum dapat dilihat pada Gambar 16 yang terjadi pada pohon tanaman *Heritiera fomes*, resinosis merupakan keluarnya cairan dari bagian pohon terjadi karena pecahnya jaringan yang terdapat pada kayu disebabkan oleh proses kerusakan lanjut dari infeksi jamur patogen perusak yang diikuti oleh hama dan perubahan fisiologis dari tanaman tersebut (Fikri *et al.*, 2023).



**Gambar 16.** Jenis Kerusakan Resinosis/Gumosis pada *Heritiera fomes*

**14. Batang/Akar Patah, (15) Brum pada Akar/Batang dan (16) Akar Patah/Mati**

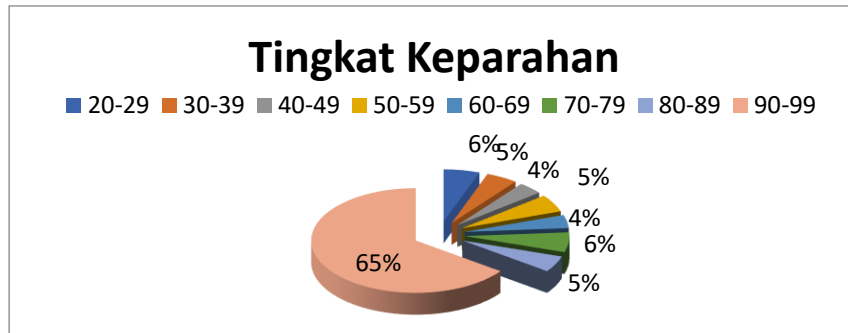
Hasil penelitian di lapangan menunjukkan jenis kerusakan batang/akar patah, brum pada akar dan akar patah atau mati merupakan jenis kerusakan yang memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Pada Gambar 4 ketiga jenis kerusakan memiliki jumlah yaitu masing-masing jenis kerusakan dijumpai sebanyak 109, 178, dan 182 kasus dengan persentase masing-masing 1,8% untuk batang/akar patah, 3% untuk brum pada akar/batang, dan 3,1% untuk akar patah/mati. Berdasarkan perhitungan jumlah kerusakan terhadap total pohon yang ada di hutan mangrove Danau Tuadale, diketahui bahwa 5%, 9%, dan 9% mengalami kerusakan berupa batang/akar patah, brum pada akar dan akar patah atau mati. Pada Gambar 17 tanaman *Rhizophora apiculata* mengalami kerusakan akar patah dan mati karena tidak mendapat pasokan air yang cukup atau kekeringan karena musim kemarau yang berkepanjangan. Kasus ketiga jenis kerusakan ini tidak bisa dibiarkan, perlu dicegah dengan cara pemeliharaan kembali sehingga tidak terjadinya kasus yang sama pada individu pohon lain.



**Gambar 17.** Jenis Kerusakan Akar Patah dan Mati pada *Rhizophora apiculata*

### Tingkat Kerusakan

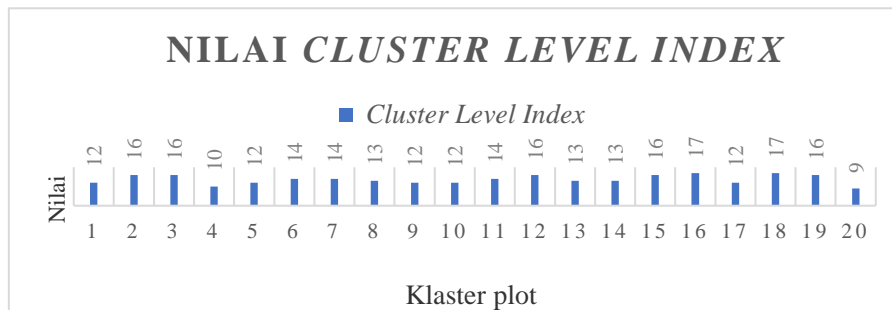
Tingkat keparahan kerusakan merupakan nilai ambang tipe kerusakan yang menggambarkan dampak kerusakan pohon.



Gambar 18. Persentase Tingkat Keparahan Berdasarkan Nilai Ambang Batas.

Berdasarkan identifikasi dan pengamatan terhadap kerusakan pohon pada kedua puluh klaster plot memiliki nilai ambang keparahan yang beragam. Persentase terendah nilai ambang batas ada pada 4% yang terdapat pada nilai ambang 40-49% dan 60-69%. Nilai ambang dengan persentase 5% terdapat pada nilai ambang 30-39%, 50-59%, dan 80-89%. Nilai ambang dengan persentase 6% terdapat pada nilai ambang 20-29% dan 70-79%. Persentase tertinggi dengan nilai 65% atau setara 1.304 kasus ditemukan pada nilai ambang 90-99%. Kondisi tersebut dipicu oleh kombinasi tekanan lingkungan, khususnya kekeringan yang berlangsung berkepanjangan selama musim kemarau, serta intervensi manusia yang mengakibatkan kerusakan yang cukup signifikan pada sejumlah klaster plot.

### Penilaian Kesehatan Pohon



Gambar 19. Nilai Cluster Level Index

Berdasarkan hasil penelitian pada Gambar 19 menunjukkan nilai CLI yang berkategori kelas berat ditemukan pada klaster 2, 3, 12, 15, 16, 18, dan 19, hal ini disebabkan oleh banyak ditemukannya tipe kerusakan luka terbuka diikuti tipe kerusakan terbanyak kedua yaitu cabang patah/mati dengan tingkat keparahan diatas nilai ambang batas. Pohon dengan kategori kelas berat memiliki lokasi kerusakan batang bagian bawah, tipe kerusakan batang terluka serta cabang patah atau mati memiliki tingkat keparahan lebih dari 33%. Nilai CLI yang tinggi di beberapa klaster juga disebabkan karena tanah yang kering akibat musim kemarau sehingga banyak tanaman mangrove yang kekurangan pasokan air, untuk kategori kelas sedang pada klaster plot 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, dan 17 serta nilai CLI terendah yakni pada klaster 4 dan 20 disebabkan oleh nilai CLI tiap klaster lebih rendah dari pada nilai rata-rata karena memiliki sedikit kerusakan.

Demikian hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai status dari indikator vitalitas Hutan Mangrove Kawasan Suaka Margasatwa Danau Tuadale secara keseluruhan berada pada kategori kelas sedang. Hal ini dikarenakan sebagian besar nilai CLI berada dibawah nilai rata-rata, dimana nilai rata-rata CLI sebesar 13,7. Pada interval skor *Cluster level index* (CLI), nilai 13,7 berada pada kelas kerusakan sedang. Suatu kerusakan pohon dapat diketahui penyebab-penyebabnya lalu dievaluasi, untuk selanjutnya sedini mungkin mencegah tidak terjadi kerusakan yang lebih besar dengan kondisi yang semakin parah (Safe'i *et al.*, 2017).

**Penilaian Indikator Produktivitas**

**Luas Bidang Dasar (LBDS)**

Pengukuran LBDS dipilih karena merupakan parameter yang mudah dalam pengukurannya dan memiliki tingkat konsistensi yang tinggi (Rochmah, 2020). Berikut nilai luas bidang datar dua puluh klaster pengamatan pada lokasi penelitian Hutan Mangrove Kawasan Suaka Margasatwa Danau Tuadale.

**Tabel 1. Nilai Ambang Batas Indikator Produktivitas Berdasarkan LBDS**

Klaster ke-	Nilai Akhir	Status	Klaster ke-	Nilai Akhir	Status
1	5	Sedang	11	5	Sedang
2	7	Baik	12	7	Baik
3	7	Baik	13	3	Buruk
4	4	Sedang	14	4	Sedang
5	6	Sedang	15	3	Buruk
6	8	Baik	16	6	Sedang
7	6	Sedang	17	5	Sedang
8	7	Baik	18	4	Sedang
9	5	Sedang	19	4	Sedang
10	5	Sedang	20	4	Sedang

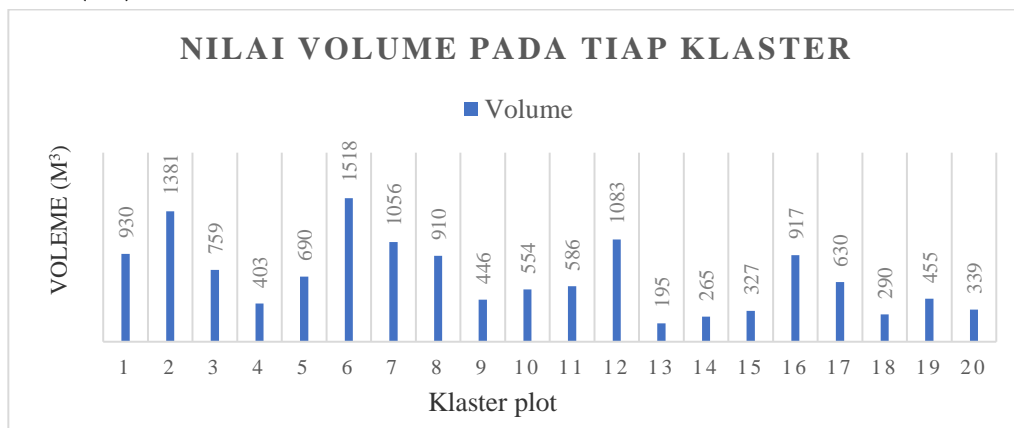
Sumber: Data Primer (2024)

Produktivitas Hutan Mangrove Danau Tuadale mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya umur pohon. Berdasarkan Tabel 1 pertumbuhan tertinggi terdapat pada klaster enam dengan nilai 359 m<sup>2</sup>, sedangkan pertumbuhan terendah 126 m<sup>2</sup> yang terdapat pada klaster tiga belas. Pada klaster 2, 3, 6, 8, 12 memiliki nilai status kesehatan baik, pada klaster 1, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20 memiliki nilai status kesehatan sedang dan pada klaster 13 dan 15 memiliki nilai status kesehatan buruk. Pada klaster 13 dan 15, nilai status kesehatan buruk pada hutan mangrove Danau Tuadale disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk kekurangan air yang lebih signifikan akibat musim kemarau berkepanjangan, intensitas aktivitas manusia yang lebih tinggi seperti penebangan, hama atau serangan penyakit, dan proses sedimentasi atau erosi. Semakin tinggi nilai skor maka tingkat kesehatan hutan akan semakin tinggi pula, sebaliknya jika tingkat kesehatan hutan semakin rendah artinya nilai skor juga rendah (Safe'i *et al.*, 2015). Penyebab lain yang mendukung yakni disebabkan oleh tempat tumbuh serta syarat tumbuh untuk tanaman *Rhizophora*, *Scyphiphora hydrophyllacea*, *Heritiera fomes*, *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia marina*, Pohon asam (*Tamarindus indica*).

Nilai dari parameter indikator produktivitas 236 tergolong sedang. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambah umur pohon maka pertumbuhan pohon akan semakin tinggi. Potensi lahan untuk mendukung produktivitas tanaman merupakan

interaksi antar jenis tanaman dengan dengan berbagai faktor seperti kondisi tanah, iklim, dan topografi (Darwo, 2012). Oleh karena memelihara kualitas tempat tumbuh sebagai Kawasan Suaka Margasatwa sangat penting untuk dilakukan guna memberikan hasil produktivitas tanaman yang baik dalam meningkatkan fungsi ekologi. Hasil analisis terhadap dua puluh klaster plot, perlu dilakukan perlakuan intensif. Klaster-klaster dengan kondisi kesehatan hutan yang baik pun tidak lepas dari pemeliharaan. Segala bentuk pengelolaan harus berdasarkan prinsip keberlanjutan dari fungsi hutan. Prinsip tersebut akan memberi dampak yang baik terhadap kesehatan hutan khususnya ditinjau dari produktivitas tanamannya.

### Volume (M<sup>3</sup>)



**Gambar 20. Nilai Volume Pada Masing-masing Klaster**

Hasil perhitungan pada Gambar 20 menunjukkan nilai volume tertinggi pada tiap klaster berada pada klaster enam (6) dengan nilai 1518 M<sup>3</sup>, dan terendah pada klaster tiga belas (13) dengan nilai 195 M<sup>3</sup>. Rata-rata pertumbuhan volume pada hutan mangrove Danau Tuadale bernilai 682 M<sup>3</sup> tergolong kategori tinggi. Seiring dengan bertambahnya usia, pohon mangrove cenderung mengalami pertumbuhan yang bertahap dan akumulasi biomassa, yang pada gilirannya dapat menyebabkan peningkatan volume pohon. Sejalan dengan pernyataan (Lovelock *et al.*, 2004) menyatakan bahwa pohon mangrove memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif lambat, tetapi mereka terus bertambah besar seiring bertambahnya usia, menghasilkan volume yang signifikan. Oleh karena itu, umur pohon mangrove menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap volume yang tinggi pada tahap perkembangan tertentu.

### Penilaian Indikator Biodiversitas

#### Indeks Kekayaan Jenis

Kekayaan jenis adalah jumlah jenis dalam suatu komunitas, semakin banyak jumlah jenis yang ditemukan, maka indeks kekayaannya juga semakin besar. Jumlah jenis dan individu suatu komunitas menentukan keanekaragaman komunitas itu sendiri (Sutrisna *et al.*, 2018). Berikut jumlah jenis mangrove yang ditemukan pada dua puluh klaster plot pengamatan pada Hutan Mangrove Danau Tuadale, disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2. Nilai Indeks Kekayaan Jenis**

Klaster ke-	Indeks Kekayaan Jenis	Klaster ke-	Indeks Kekayaan Jenis
-------------	-----------------------	-------------	-----------------------

1	0,21	11	0,21
2	0,84	12	0,21
3	0,22	13	0
4	0,23	14	0
5	0,42	15	0,22
6	0,43	16	0,21
7	0,21	17	0,46
8	0,23	18	0,21
9	0,21	19	0,22
10	0,21	20	0

Sumber: Data Primer (2024)

Perbandingan dari rata-rata indeks kekayaan jenis 0,25 maka kekayaan jenis di Hutan Mangrove Danau Tuadale tergolong rendah pada kedua puluh kluster plot pengamatan. Indeks kekayaan jenis pohon mangrove dapat rendah di danau air tawar karena keterbatasan adaptasi beberapa jenis mangrove terhadap lingkungan air tawar. Mangrove yang tumbuh di perairan air tawar sering kali hanya terdiri dari beberapa jenis yang mampu beradaptasi dengan kondisi tersebut. Pernyataan ini sejalan dengan (Giri *et al.*, 2011) menunjukkan bahwa keanekaragaman jenis mangrove cenderung rendah di habitat air tawar karena kondisi lingkungan yang spesifik membatasi kemampuan beberapa jenis mangrove untuk tumbuh dan berkembang di lingkungan tersebut.

**Indeks Keanekaragaman Jenis**

Indeks keanekaragaman jenis adalah parameter vegetasi yang memiliki manfaat terbaik dalam membandingkan komunitas-komunitas, khususnya dalam hal mempelajari berbagai dampak atas gangguan faktor-faktor lingkungan atau abiotik terhadap komunitas, serta memahami keadaan suksesi maupun stabilitas komunitas.

**Tabel 3. Nilai Indeks Keanekaragaman Jenis**

Kluster ke-	Indeks Keanekaragaman Jenis	Kluster ke-	Indeks Keanekaragaman Jenis
1	0,69	11	0,50
2	0,82	12	0,69
3	0,67	13	0
4	0,50	14	0
5	0,75	15	0,34
6	0,81	16	0,65
7	0,69	17	1,08
8	0,66	18	0,22
9	0,43	19	0,26
10	0,50	20	0

Sumber: Data Primer (2024)

Hasil penelitian yang disajikan Pada Tabel 3 menunjukkan semua kluster memiliki indeks keanekaragaman jenis komunitas vegetasi rendah dengan kondisi lingkungan kurang stabil. Menurut (Azizah, 2017) tingkat diversitas jenis tumbuhan yang rendah disebabkan oleh rentannya kawasan tempat hidup tumbuhan tersebut terhadap berbagai gangguan. Indeks keanekaragaman jenis pohon mangrove bisa rendah karena faktor-faktor seperti keterbatasan habitat yang tersedia, tekanan lingkungan, dan interaksi antara spesies (Ellison, 2008).

Dari rata-rata indeks keanekaragaman jenis 0,51 maka keanekaragaman jenis di Hutan Mangrove Danau Tuadale tergolong rendah dengan kondisi lingkungan kurang stabil pada tiap kluster plot. Secara keseluruhan terjadi penurunan keanekaragaman tumbuhan pada suatu waktu, dikarenakan masing-masing vegetasi membutuhkan waktu berbeda-beda dalam menyelesaikan masa hidupnya dan perubahan komunitas tumbuhan terjadi bersamaan dengan perubahan tempat tumbuh dan dipengaruhi oleh faktor-faktor ekologi. Hal ini ditegaskan oleh (Nuzulah, 2016) menyatakan bahwa suksesi ekologis dipengaruhi oleh faktor ekologi yang utama, yakni iklim, ketersediaan air, kondisi edafik, interaksi antara faktor biotik dengan abiotik dan pola persebaran spesies serta dinamika habitat.

### Indeks Kemerataan Jenis

Tabel 4. Nilai Indeks Kemerataan Jenis

Kluster ke-	Indeks Kemerataan Jenis	Kluster ke-	Indeks Kemerataan Jenis
1	1	11	0,82
2	0,45	12	1
3	0,98	13	1
4	0,83	14	1
5	0,71	15	0,70
6	0,75	16	0,96
7	1	17	0,98
8	0,97	18	0,62
9	0,77	19	0,65
10	0,82	20	1

Sumber: Data Primer (2024)

Hasil penelitian yang disajikan Pada Tabel 4 menunjukkan menunjukkan bahwa indeks kemerataan tumbuhan di Hutan Mangrove Danau Tuadale memiliki tingkat kemerataan yang tinggi pada kluster plot 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, dan 20 sedangkan pada kluster plot 2 memiliki tingkat kemerataan yang sedang. Nilai ini menunjukkan bahwa kemerataan pada tiap kluster plot berbeda-beda. Dari rata-rata indeks kemerataan 0,85 maka kemerataan di Hutan Mangrove Danau Tuadale tergolong tingkat kemerataan tinggi. Tingginya nilai *Evenness* pada suatu kawasan disebabkan oleh adanya dominansi pada salah satu spesies tumbuhan. Lebih jelas ditegaskan oleh (Wahyuningsih *et al.*, 2019) apabila setiap jenis memiliki jumlah individu yang sama, maka komunitas tersebut memiliki kemerataan jenis yang maksimum.

### Penilaian Indikator Kualitas Tapak

Menurut (Safe'i *et al.*, 2016) tapak biasa disebut juga dengan tempat tumbuh yang juga berarti sama dengan tanah. Tanah merupakan suatu komponen yang sangat penting. Pada penilaian kerusakan pohon, ditemukannya pohon yang sudah kering atau dalam proses mengering yang ditandai dengan berubah warna seluruh daun yang disebabkan oleh tanah tidak mampu menyediakan makanan yang dibutuhkan oleh pohon tersebut. Tanah yang tidak mampu menyediakan unsur hara sebagai sumber makanan tumbuhan menandakan bahwa tanah tersebut tidak subur. Pengukuran kesuburan tanah merupakan suatu indikator pengamatan dalam penilaian kesehatan hutan yang berfokus pada penilaian kualitas tapak dengan beberapa cara salah satunya yakni pengukuran tingkat keasaman atau pH tanah, salinitas air, dan kapasitas tukar kation (KTK).

### PH Tanah

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa rata-rata nilai pH tanah dari ke-3 titik zona mangrove yang sudah diamati dan diuji di laboratorium kimia tanah berkategori kebasaaan sedang dengan rincian nilai pH tanah pada zona distal 8,87, pada zona *middle* 8,63, dan pada zona proksimal 8,40. Meskipun tingkat kebasaaan sedang pada tanah mangrove umumnya mendukung pertumbuhan mangrove, namun ada beberapa faktor yang tidak diinginkan jika tanah memiliki tingkat kebasaaan sedang. Salah satunya adalah kemungkinan peningkatan kadar garam dalam tanah, yang dapat mengganggu keseimbangan nutrisi tanaman dan menyebabkan stres osmotik. Tingkat kebasaaan sedang juga dapat menyebabkan penurunan ketersediaan unsur hara tertentu, seperti zat besi, yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, tingkat kebasaaan sedang dapat mendukung pertumbuhan mangrove, perlu juga dipertimbangkan dampak negatif potensialnya terhadap kesehatan dan produktivitas ekosistem mangrove secara keseluruhan.

Derajat keasaman (pH) berdasarkan hasil penelitian kadar pH juga masih tergolong pada standar baku mutu perairan laut yang ditentukan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yaitu pada kisaran kadar pH 7–8,5 Derajat keasaman (pH) yang ideal untuk pertumbuhan biota laut adalah 7–8 (Ferawati *et al.*, 2014).

**Tabel 5. Nilai pH Tanah Pada Tiap Zona**

No.	Titik Pengamatan	Nilai pH	Kategori
1	Zona Distal	8, 87	Kebasaaan sedang
2	Zona <i>Middle</i>	8, 63	Kebasaaan sedang
3	Zona Proksimal	8, 40	Kebasaaan sedang

Sumber: Data Primer (2024)

### Salinitas Air

Menurut (Poedjirahajoe, 2007) salinitas merupakan kandungan kadar garam dari suatu perairan yang dinyatakan dalam permil (‰) atau garam perseribu air. Pada umumnya mangrove hidup di daerah asin atau payau yang berkisar antara 11-25‰. Salinitas air di Hutan Mangrove Danau Tuadale yang diukur dengan *refraktometer* berkategori rendah dengan nilai 0 karena adanya pengaruh dari aliran air tawar yang dominan dan minimnya pengaruh dari air laut di daerah tersebut. Aliran air tawar yang dominan menyebabkan lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan hutan mangrove, termasuk jenis *Rhizophora apiculata* yang paling banyak tumbuh di daerah penelitian. Jenis mangrove ini memiliki toleransi yang cukup baik terhadap salinitas, sehingga mereka dapat tumbuh dengan baik di lingkungan yang memiliki salinitas yang relatif rendah. Salinitas terlalu rendah juga akan mengganggu pertumbuhan biota perairan (Sipayung *et al.*, 2021).

### Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa kondisi kapasitas tukar kation (KTK) pada tiga titik zona mangrove yang sudah diamati di laboratorium kimia tanah berkategori sangat tinggi dengan rincian nilai pada zona *distal* 40,79 (me/100g), pada zona *middle* 40,15 (me/100g), dan pada zona *proksimal* 40,17 (me/100g). Dengan kategori sangat tinggi tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap penyediaan unsur hara bagi tanaman. Kapasitas Tukar Kation (KTK) menunjukkan kemampuan tanah untuk

menahan kation-kation tukar dan mempertukarkan kation-kation tersebut. Menurut (Nugroho, 2009) tanah dengan KTK tinggi mempunyai kemampuan tinggi dalam penyimpanan unsur hara.

Tingginya nilai KTK tanah di lokasi penelitian salah satunya dapat disebabkan karena tingginya kandungan bahan organik tanah di lapangan. Menurut (Hardjowigeno, 2007) tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi dari pada tanah-tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah berpasir.

**Tabel 6. Nilai Kapasitas Tukar Kation Pada Tiap Zona**

No.	Titik Pengamatan	Nilai KTK (me/100g)	Kategori
1	Zona Distal	40, 79	Sangat tinggi
2	Zona <i>Middle</i>	40, 15	Sangat tinggi
3	Zona Proksimal	40, 17	Sangat tinggi

Sumber: Data Primer (2024)

## SIMPULAN

Penilaian akhir tingkat kesehatan hutan pada area Hutan Mangrove di Kawasan Suaka Margasatwa Danau Tuadale terbagi kedalam 4 indikator pengamatan melalui penilaian parameter dari setiap indikator yang diamati. Adapun hasil penilaian tersebut yaitu:

1. Pada indikator vitalitas dengan parameter pengamatan kerusakan pohon menunjukkan hutan mangrove Danau Tuadale berada pada kategori kelas sedang.
2. Pada indikator produktivitas, hasil akhir perhitungan LBDS dan volume dari kedua puluh klaster plot setelah pengamatan berada pada kategori sedang.
3. Pada indikator biodiversitas dengan parameter indeks kekayaan jenis tergolong rendah, indeks keanekaragaman jenis rendah dengan kondisi lingkungan kurang stabil pada kedua puluh klaster plot dan indeks kemerataan jenis tergolong tinggi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa, jenis-jenis tegakan penyusun pada kedua puluh klaster plot masih belum terbilang banyak atau rendah.
4. Pada Indikator kualitas tapak dengan parameter derajat keasaman tanah pada ketiga zona menunjukkan bahwa rata-rata tingkat keasaman tanah berkategori kebasahan sedang, untuk salinitas air dari ketiga zona berkategori rendah dan untuk kapasitas tukar kation (KTK) menunjukkan bahwa dari ketiga zona pengamatan berkategori sangat tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, B. 2018. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Patah atau Mati Cabang pada Pohon di Hutan Hujan Tropis. *Jurnal Kehutanan Tropika*, 16(2), 45-56.
- Alongi, D. M. 2009. *The Energetic Basis of Mangrove Ecosystems*. *Global Ecology and Biogeography*, 19(3), 182-190.
- Anggraeni, I. 2010. Penyakit Karat Tumor Pada Sengon (*Praserialthes Falcatria*). Perkebunan Glenmore. Banyuwangi, Jawa Timur.
- Apriani, R., Setiawan, A., & Prasetyo, L. B. 2022. Identifikasi dan Analisis Kerusakan Cabang pada Pohon di Hutan Kota Surabaya. *Jurnal Kehutanan Tropika*, 10(1), 35-42.

- Azizah. 2017. Penyebab Tingkat Diversitas Jenis Tumbuhan yang Rendah. *Jurnal Konservasi Alam*, 5(2), 89-102.
- BBKSDA NTT. 2010. Letak dan Luas Kawasan Suaka Margasatwa [Online]. Tersedia: [https://konservasi-bidang1ntt.blogspot.com/p/letak-dan-luas-kawasan-suaka-margasatwa\\_5.html](https://konservasi-bidang1ntt.blogspot.com/p/letak-dan-luas-kawasan-suaka-margasatwa_5.html) [Diakses pada: 20 Januari 2024].
- Darwo, B. 2012. Interaksi antara Jenis Tanaman dan Faktor Lingkungan dalam Mendukung Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 10(2), 45-58.
- Ekayani, M., & Santosa, D. A. 2018. Pengelolaan Kawasan Konservasi di Indonesia: Tantangan dan Strategi. Bogor: IPB Press.
- Ellison, A. M. 2008. *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective*. In: Lugo, A. E., & Snedaker, S. C. (Eds.). *The Ecology of Mangrove and Related Ecosystems*. Springer, Dordrecht.
- Fairuzah. 2008. Penelitian tentang Perkembangan Jamur dalam Konk. *Jurnal Mikrobiologi Tropis*, 6(2), 78-89.
- Fauzi, Fathurrahman Ahmad. 2016. Tinjauan Hukum Internasional Terhadap Kasus Kilang Minyak Montara di Laut Timor (Studi Kasus Kilang Minyak Montara di Laut Timor). Skripsi. Jakarta. Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Ferawati E, Widyartini DS, Insan I. 2014. Studi Komunitas Rumput Laut Pada Berbagai Substrat di Perairan Pantai Permisian Kabupaten Cilacap. *Scripta Biologica*. 1(1):55-60.
- Fikri, K., Latifah, S., & Aji, I. M. 2023. Identifikasi Tipe Kerusakan Pohon di RTH Kampus Universitas Mataram. *Journal of Forest Science Aviennia*, 6, 17-25.
- Fitri dan Iswahyudi, 2010. Evaluasi Kekritisian Lahan Hutan Mangrove di Kabupaten Aceh Timur. *Jurnal Hidrolitan Vol. 1, No. 2: 1-9*, tahun 2010.
- Giri, C., Long, J., Abbas, S., Murali, R. M., Qamer, F. M., Pengra, B., & Thau, D. 2011. *Distribution and Dynamics of Mangrove Forests of South Asia*. *Journal of environmental management*, 92(3), 659-665.
- Hardjowigeno, S., 2007. Ilmu Tanah. Akademika Presindo Jakarta
- Haris, A. 2004. Analisis Kerusakan Cabang pada Pohon Berdasarkan Jenis Kayu di Hutan Tropis. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 2(1), 25-34.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2018. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018 tentang Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kurniadinata, K., Rusdiansyah, R., & Palupi, N. P. 2019. Studi Performa Akar Jagung (*Zea mays L.*) Pada Aplikasi Pupuk Organik dan Anorganik. *Agropet*, 14(2).
- Kuswandi. 2017. Metode Pengukuran Diameter pada Pohon. Yogyakarta: Deepublish.

- Lovelock, C. E., Feller, I. C., McKee, K. L., Thompson, R. 2004. *Variation in Mangrove Forest Structure and Sediment Characteristics in Bocas del Toro, Panama*. Caribbean Journal of Science, 40(3), 456-464
- Mangold, R. 1997. *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide*. USA (US): USDA Forest Service.
- Nugroho, Y., 2009. Analisis Sifat Fisik-Kimia dan Kesuburan Tanah Pada Lokasi Rencana Hutan Tanaman Industri PT Prima Multibuwana. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*. 10 (27): 222-229.
- Nurbaya, S. 2021. *Peta Mangrove Nasional*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Nuzulah, S. 2016. Pengaruh Faktor Ekologi terhadap Sukseksi Ekologis dalam Komunitas Tumbuhan. *Jurnal Ekologi Hutan*, 10(1), 40-55.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. 2005. *Fundamentals of Ecology (5th Ed.)*. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole. Diakses dari Open Library pada 22 Januari 2024
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2021. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta (ID): PP RI.
- Pertiwi, D., Safe'i, R., Kaskoyo, H., Indriyanto. 2020. Identifikasi Kondisi Kerusakan Pohon Menggunakan Metode Forest Health Monitoring di Tahura War Provinsi Lampung. *Jurnal Perennial*, Vol. 15 No. 1: 1-7. Universitas Lampung.
- Poedjirahajoe, E. 2007. Dendrogram Zonasi Pertumbuhan Mangrove Berdasarkan Habitatnya di Kawasan Rehabilitasi Pantai Utara Jawa Tengah Bagian Barat. *Jurnal Ilmu Kehutanan I* (2):10-21
- Pretzsch, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield: From Measurement to Model*. Springer-Verlag, Berlin. Pp 279-283
- Rikto. 2010. *Tipe Kerusakan Pohon Hutan Kota (Studi Kasus: Hutan Kota Bentuk Jalur Hijau, Kota Bogor-Jawa Barat)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Riyanto. 2009. *Pengantar Kehutanan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rochmah, S. 2020. Analisis Konsistensi Pengukuran Luas Bidang Dasar (LBDS) sebagai Parameter Produktivitas Pohon di Hutan Tropis. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 8(2), 56-68.
- Safe'i, R., Hardjanto, Supriyanto, dan Sundawati, L. 2013. Pengembangan Metode Penilaian Kesehatan Hutan Rakyat Sengon (*Falcataria Moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* Vol. 12 No. 3, Desember 2013, 175-187.
- 
- \_\_\_\_\_. 2014. Dampak Kerusakan Cabang terhadap Transportasi Air dan Nutrisi pada Pohon di Hutan Tropis. *Jurnal Ekologi Hutan Tropis*, 12(2), 78-88
- 
- \_\_\_\_\_. 2015. Pengembangan Metode Penilaian Kesehatan Hutan Rakyat Sengon (Miq.). Barneby & J.W. Grimes) *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* Vol.12.

- 
- \_\_\_\_\_. 2015. Kajian Kesehatan Hutan Dalam Pengelolaan Hutan Rakyat di Provinsi Lampung [Disertasi]. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Safe'i, R., Tsani, M. K. 2016. Kesehatan Hutan: Penilaian Kesehatan Hutan Menggunakan Teknik Forest Health Monitoring. Plantaxia. Yogyakarta. 101 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2017. Penyuluhan Program Kesehatan Hutan Rakyat di Desa Tanjungkerta Kecamatan Kedondong Kabupaten Pesawaran. Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat. 1(1): 1-3.
- Safe'i, R., Kaskoyo, H., Darmawan, A., Indriani, Y. 2020. Kajian Kesehatan Hutan Dalam Pengelolaan Hutan Konservasi (Forest Health Studies in Conservation Forest Management). Jurnal Hut Trop 4. Bandar Lampung.
- Senoaji, G., Hidayat, F., Kehutanan, J., Bengkulu, U., Raya, J. dan Limun, K. 2016. Peran Ekosistem Mangrove di Pesisir Kota Bengkulu dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon. Jurnal Manusia dan Lingkungan, 23(3): 327-333.
- Silalahi, V. 2017. Monitoring Kesehatan Pohon Mahoni (*Swietenia macrophylla*) di Kampus Universitas Sumatera Utara. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Program Studi Kehutanan. Sumatera: Universitas Sumatera Utara.
- Sipayung, R. H., & Poedjirahajoe, E. 2021. Pengaruh Karakteristik Habitat Mangrove Terhadap Kepadatan Kepiting (*Scylla serrata*) di Pantai Utara Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Jurnal Tambora, 5(2), 21-30.
- Sumardi, I. 2002. Dampak Kekurangan Nutrisi Terhadap Kesehatan Daun pada Pohon di Hutan Tropis. Jurnal Ekologi Hutan, 10(2), 45-56.
- Sutrisna, A. 2018. Pengaruh Jumlah Jenis dan Individu terhadap Keanekaragaman Komunitas di Kawasan Hutan Tropis. Jurnal Ekologi Hutan, 6(1), 30-42.
- Toknok, B., Bratawinata, A. A., dan Soetrisno, K. 2006. Karakteristik Habitat dan Keanekaragaman Mangrove Darat di Lompio Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah. Jurnal Ilmu Kehutanan Unmul Volume 2, nomor 1; 17-31.
- Triwibowo, B. 2014. Pengaruh Kerusakan Daun terhadap Proses Fotosintesis pada Tanaman Hutan. Jurnal Biologi Tropis, 12(2), 110-125.
- Wahyuningsih, E., Faridah, E., Budiadi, Syahbudin, A. 2019. Komposisi dan Keanekaragaman Tumbuhan pada Habitat Ketak (*Lygodium circinatum* (Burm. SW)) di Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat. Jurnal Hutan Tropis. 7(1): 92 - 105.
- Waryono. 2000. Hutan Mangrove dan Ekosistemnya. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Wibowo, G. S., Mardina, V., Fadhliani. 2021. Eksplorasi dan Identifikasi Jenis Jamur Tingkat Tinggi di Kawasan Hutan Lindung Kota Langsa. Jurnal Biological Samudra. Universitas Samudra. Langsa, Aceh.