

Keragaman Pohon Pionir di Taman Wisata Alam Batuputih, Kota Bitung, Sulawesi Utara

Saroyo^{1*}, Parluhutan Siahaan¹, Adelfia Papu¹

¹Program Studi Biologi, Jurusan Biologi FMIPA UNSRAT Manado, 95115
Email: saroyo@unsrat.ac.id

ABSTRACT

*Pioneer plants are the first species to invade and grow in an ecosystem undergoing succession after disturbances such as wildfires or the fall of large trees. These plants play a crucial role in ecosystem recovery, providing shade for other species and protecting the soil from erosion due to heavy rainfall. This study aims to inventory pioneer tree species in Taman Wisata Alam (TWA) Batuputih, Bitung City, conducted from December 2023 to May 2024. The research employed an exploratory survey method, involving field exploration in disturbed areas to record pioneer species. The results identified five dominant pioneer tree species, namely anggrung (*Trema orientalis*), kiacret (*Spathodea campanulata*), sosoro (*Dendrocnide microstigma*), wild betel (*Piper aduncum*), and mahang (*Macaranga tanarius*). *Trema orientalis*, *Spathodea campanulata*, and *Macaranga tanarius* play an important role in creating favorable conditions for subsequent forest succession. *Dendrocnide microstigma* is commonly found in naturally disturbed areas, such as gaps created by fallen trees, while *Piper aduncum* is frequently observed in the early phase of secondary forests. Additionally, wild betel serves as a food source for the Sulawesi crested black macaque (*Macaca nigra*), which consumes its young shoots, inner branches, and fruits. These findings provide valuable insights for conservation management and ecosystem restoration strategies based on pioneer species.*

Keywords: pioneer tree, ecosystem succession, forest regeneration, Taman Wisata Alam Batuputih, conservation.

ABSTRAK

Tumbuhan pionir merupakan tumbuhan yang menginvasi dan tumbuh pada awal suksesi suatu ekosistem yang mengalami gangguan, seperti kebakaran atau tumbangnya pohon besar. Tumbuhan ini berperan penting dalam memulihkan ekosistem, menyediakan naungan bagi spesies lain, serta melindungi tanah dari erosi akibat curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi jenis-jenis pohon pionir di Taman Wisata Alam (TWA) Batuputih, Kota Bitung, yang dilakukan pada Desember 2023 - Mei 2024. Metode yang digunakan adalah survei eksploratif dengan penjelajahan di area terganggu untuk mencatat spesies pionir yang ditemukan. Hasil penelitian mengidentifikasi lima jenis pohon pionir utama, yaitu anggrung (*Trema orientalis*), kiacret (*Spathodea campanulata*), sosoro (*Dendrocnide microstigma*), sirih hutan (*Piper aduncum*), dan mahang (*Macaranga tanarius*). Anggrung, kiacret, dan mahang memiliki peran penting dalam menyediakan lingkungan yang sesuai bagi suksesi ekosistem hutan. Sosoro sering ditemukan di area dengan gangguan alami, seperti pohon tumbang, sementara sirih hutan lebih banyak dijumpai pada fase awal hutan sekunder. Selain itu, sirih hutan dimanfaatkan oleh monyet yaki (*Macaca nigra*) sebagai sumber pakan. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengelolaan kawasan konservasi serta strategi restorasi ekosistem berbasis spesies pionir.

Kata Kunci: pohon pionir, suksesi ekosistem, regenerasi hutan, Taman Wisata Alam Batuputih, konservasi.

1. PENDAHULUAN

Provinsi Sulawesi Utara dikenal memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi serta sejumlah kawasan konservasi yang tersebar di berbagai kabupaten dan kota. Kawasan konservasi ini terbagi dalam dua kategori utama, yaitu kawasan suaka alam (KSA) dan kawasan pelestarian alam (KPA). Salah satu kawasan pelestarian alam yang memiliki nilai ekologis dan rekreatif penting adalah Taman Wisata Alam (TWA) Batuputih yang terletak di Kota Bitung. Sesuai dengan definisi dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 108 Tahun 2015, taman wisata alam merupakan bagian dari KPA yang dimanfaatkan untuk kepentingan pariwisata alam dan rekreasi, namun tetap berlandaskan

pada prinsip perlindungan dan pengawetan keanekaragaman hayati serta ekosistemnya. Kawasan pelestarian alam sendiri didefinisikan sebagai wilayah dengan ciri khas tertentu, baik di daratan maupun perairan, yang memiliki fungsi pokok dalam perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan sumber daya alam hayati secara lestari.

TWA Batuputih secara geografis berbatasan langsung dengan Cagar Alam Dua Saudara dan berada di wilayah pesisir Kota Bitung. Wilayah ini memiliki karakteristik ekosistem hutan tropis dataran rendah yang khas. Berdasarkan laporan BPLH Provinsi Sulawesi Utara (2008), kawasan ini mengalami iklim tropis dengan dua musim utama, yaitu musim hujan yang berlangsung dari bulan November hingga April akibat angin barat yang membawa kelembapan tinggi, dan musim kemarau yang berlangsung dari Mei hingga Oktober karena pengaruh angin selatan yang cenderung kering. Variasi iklim musiman ini sering menyebabkan terjadinya gangguan ekologis seperti kebakaran hutan atau kematian vegetasi akibat kekeringan, khususnya di sekitar area berbatasan antara pemukiman dan kawasan konservasi.

Gangguan seperti kebakaran hutan, selain menimbulkan kerusakan lingkungan, juga menjadi awal dari proses suksesi vegetasi, di mana lahan terganggu akan segera ditempati oleh tumbuhan pionir setelah musim kemarau berakhir atau memasuki musim penghujan. Tumbuhan pionir adalah kelompok tumbuhan yang memiliki kemampuan luar biasa dalam menjajah area terbuka yang sebelumnya terganggu. Menurut Eichhorn (2024), tumbuhan pionir biasanya terdiri dari spesies herba dan pohon berkayu dengan karakteristik ekologis seperti pertumbuhan yang cepat, intoleransi terhadap naungan, umur pendek, serta benih kecil yang hanya dapat berkecambah di bawah intensitas cahaya tinggi. Adaptasi ini memungkinkan mereka menjadi penjajah pertama pada lahan-lahan terbuka dan rusak akibat gangguan, seperti bekas kebakaran.

Setelah fase kolonisasi oleh tumbuhan pionir, biasanya akan terjadi perubahan dalam komposisi komunitas vegetasi seiring dengan meningkatnya keteduhan dan perubahan kondisi mikroklimat. Spesies-spesies vegetasi berikutnya yang lebih toleran terhadap naungan dan memiliki umur hidup lebih panjang akan menggantikan spesies pionir, memulai proses suksesi sekunder yang mengarah pada pembentukan komunitas hutan yang lebih stabil dan kompleks (Mulyadi et al., 2022). Proses ini tidak hanya penting dalam konteks ekologi, tetapi juga dalam konteks konservasi karena menunjukkan kemampuan alam dalam melakukan pemulihan alami (natural regeneration).

Di wilayah tropis seperti Sulawesi Utara, keragaman jenis pohon pionir memiliki implikasi besar terhadap dinamika regenerasi hutan. Kajian-kajian terdahulu menunjukkan bahwa banyak spesies pohon pionir yang tumbuh setelah gangguan dapat menjadi indikator penting dalam memahami struktur dan fungsi ekosistem hutan (Kurniawan et al., 2008; Nuryanti et al., 2023). Spesies seperti *Trema orientalis*, *Macaranga* spp., dan *Melastoma* spp. sering ditemukan sebagai dominan pada fase awal revegetasi dan memberikan kontribusi pada pembentukan tutupan lahan yang baru, sekaligus memperbaiki kondisi tanah dan menyediakan naungan bagi tumbuhan-tumbuhan berikutnya.

Terkait dengan hal ini, Taman Wisata Alam Batuputih merupakan kawasan yang sangat potensial untuk diteliti dari aspek keragaman pohon pionirnya. Posisi geografisnya yang berbatasan dengan kawasan lindung dan dekat dengan pemukiman menyebabkan kawasan ini sangat rentan terhadap tekanan eksternal, baik dari segi ekologi maupun sosial. Namun di sisi lain, kondisi tersebut justru memberikan peluang untuk mempelajari dinamika regenerasi vegetasi secara alami, khususnya melalui identifikasi dan analisis terhadap spesies pionir yang tumbuh pasca gangguan.

Penelitian mengenai tumbuhan pionir di kawasan seperti TWA Batuputih penting untuk menyediakan dasar ilmiah dalam pengelolaan kawasan konservasi secara adaptif. Informasi mengenai jenis-jenis pohon pionir yang dominan dan perannya dalam suksesi vegetasi akan sangat berguna dalam merancang strategi restorasi ekologis, pemulihan habitat, dan pengelolaan kebakaran berbasis ekosistem (Mangopang, 2016; Karim et al., 2021). Dalam konteks ini, integrasi antara ilmu botani, ekologi, dan konservasi sangat diperlukan untuk memastikan bahwa upaya pelestarian dapat berjalan selaras dengan fungsi rekreatif kawasan.

Dengan mengkaji keragaman pohon pionir di TWA Batuputih, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pemahaman lebih dalam mengenai proses suksesi dan regenerasi hutan di kawasan tropis. Selain itu, hasil kajian ini juga dapat menjadi bahan masukan penting bagi para pengelola kawasan konservasi, pembuat kebijakan, serta masyarakat sekitar dalam menyusun kebijakan yang mendukung keberlanjutan ekosistem hutan dan keanekaragaman hayati di Sulawesi Utara.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2022-2023 di Taman Wisata Alam (TWA) Batuputih, yang secara administratif berada di Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara. Kawasan ini merupakan bagian dari wilayah pelestarian alam yang berbatasan langsung dengan Cagar Alam Dua Saudara. Penelitian

bertujuan untuk mengidentifikasi keragaman spesies pohon pionir yang tumbuh secara alami setelah gangguan ekosistem seperti kebakaran atau pembukaan lahan. Penelitian menggunakan metode survei kualitatif yang bersifat eksploratif, untuk menggambarkan keberadaan jenis-jenis tumbuhan pionir tanpa menetapkan unit sampel berukuran tetap seperti plot.

Metode utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah penjelajahan atau eksplorasi vegetasi, yaitu dengan menyusuri jalur-jalur alami dan area terbuka di dalam kawasan konservasi untuk menemukan dan mencatat spesies pohon pionir yang tumbuh. Penjelajahan dilakukan secara sistematis pada area-area yang menunjukkan indikasi regenerasi awal, seperti bekas lahan terganggu, tepi hutan, dan lokasi bekas kebakaran. Dalam setiap titik temuan, dilakukan pencatatan mengenai nama lokal dan ilmiah tumbuhan (jika diketahui), kondisi lingkungan tumbuh, serta deskripsi morfologi dasar seperti bentuk daun, kulit batang, dan tinggi tanaman.

Identifikasi spesies dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan panduan identifikasi tumbuhan tropis seperti karya Llamas (2003) dan Setyawati et al. (2015). Untuk spesies yang belum dapat dikenali di lapangan, dilakukan pengambilan spesimen dengan teknik herbarium sederhana untuk selanjutnya diidentifikasi secara taksonomis di laboratorium. Proses identifikasi juga melibatkan perbandingan dengan koleksi pustaka visual dan konsultasi dengan ahli botani setempat. Penekanan utama adalah pada karakteristik khas tumbuhan pionir seperti kemampuan tumbuh di area terbuka, cepat tumbuh, dan intoleran terhadap naungan (Eichhorn, 2024; Mulyadi et al., 2022).

Selain pengamatan vegetasi, dilakukan pula wawancara semi-terstruktur dengan petugas konservasi dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Sulawesi Utara dan masyarakat sekitar kawasan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi kontekstual mengenai sejarah gangguan yang terjadi di kawasan TWA Batuputih, jenis-jenis tumbuhan yang pertama kali muncul setelah gangguan, serta persepsi masyarakat terhadap keberadaan pohon-pohon pionir tersebut. Metode triangulasi ini memperkuat hasil observasi lapangan dan menambah dimensi sosial-ekologis dalam analisis.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kualitatif, dengan menyajikan informasi mengenai daftar spesies pohon pionir yang ditemukan, frekuensi kemunculannya, serta hubungannya dengan kondisi lingkungan tempat tumbuh. Analisis ini tidak hanya mendeskripsikan keragaman spesies, tetapi juga mempertimbangkan aspek ekologi dan fungsional dari spesies-spesies pionir dalam konteks proses suksesi alami dan pemulihan ekosistem hutan tropis. Hasil dari studi ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam penyusunan strategi restorasi berbasis komunitas vegetasi lokal di kawasan konservasi seperti TWA Batuputih.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-Jenis Tumbuhan Pionir di Taman Wisata Alam (TWA) Batuputih

Taman Wisata Alam (TWA) Batuputih merupakan kawasan konservasi yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi. Sebagai bagian dari ekosistem hutan tropis dataran rendah di Sulawesi Utara, kawasan ini mengalami dinamika regenerasi vegetasi akibat berbagai gangguan alami dan antropogenik, seperti kebakaran, pembukaan lahan, serta aktivitas manusia di sekitar batas kawasan. Salah satu aspek penting dalam proses regenerasi hutan adalah kehadiran pohon pionir, yaitu kelompok tumbuhan yang pertama kali tumbuh di lahan terganggu dan berperan dalam membangun kembali komunitas vegetasi.

Hasil survei eksploratif yang dilakukan di TWA Batuputih pada tahun 2022-2023 menunjukkan bahwa terdapat lima spesies pohon pionir utama yang ditemukan pada area regenerasi awal, yaitu *Trema orientalis*, *Spathodea campanulata*, *Dendrocnide microstigma*, *Piper aduncum*, dan *Macaranga tanarius*. Kelima spesies ini memiliki karakteristik khas sebagai tumbuhan pionir, seperti pertumbuhan cepat, toleransi terhadap cahaya tinggi, serta kemampuan kolonisasi lahan terbuka. Temuan ini sejalan dengan penelitian Eichhorn (2024) yang menunjukkan bahwa pohon pionir memiliki kemampuan adaptasi tinggi dalam kondisi lingkungan yang baru terganggu.

Hasil penelitian didapatkan lima tumbuhan pionir utama yang memiliki peran penting dalam suksesi ekosistem hutan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Pohon Pionir yang Umum Dijumlat di TWA Batuputih

No.	Nama Spesies	Nama Lokal	Klasifikasi	Karakteristik Morfologi dan Ekologi
1.	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Anggrung	Bangsa: Urticales Suku: Ulmaceae	Pohon kecil hingga sedang (5-20 m), daun lonjong bergerigi, cepat tumbuh di lahan terganggu, toleran terhadap sinar matahari penuh, sering ditemukan di daerah bekas kebakaran dan tepi hutan.
2.	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv	Kiacret	Bangsa: Lamiales Suku: Bignoniaceae	Pohon besar (10-25 m), bunga besar berwarna oranye-merah berbentuk corong, buah berbentuk kapsul panjang, tumbuh cepat di tanah subur dan daerah beriklim tropis, sering digunakan dalam penghijauan kota.
3.	<i>Dendrocnide microstigma</i> (Wedd.) Chew	Sosoro	Bangsa: Rosales Suku: Urticaceae	Pohon kecil hingga sedang (5-15 m), daun lebar dengan tepi bergerigi, batang dan daun berbulu dengan kandungan zat penyengat, tumbuh di hutan sekunder dan daerah riparian, sering ditemukan di daerah lembab.
4.	<i>Piper aduncum</i> L.	Sirih Hutan	Bangsa: Piperales Suku: Piperaceae	Semak atau pohon kecil (3-10 m), daun oval dengan aroma khas, batang berbuku-buku, bunga berbentuk bulir kecil, tumbuh cepat di daerah terbuka dan hutan sekunder, sering ditemukan di sepanjang sungai dan lereng bukit.
5.	<i>Macaranga tanarius</i> (L.) Müll.Arg.	Mahang	Bangsa: Malpighiales Suku: Euphorbiaceae	Pohon sedang (5-15 m), daun lebar berbentuk jantung, batang licin berwarna abu-abu kehijauan, pertumbuhan cepat di lahan terganggu, sering ditemukan di hutan sekunder dan daerah bekas tebangan.

1. *Trema orientalis* (Anggrung)

Spesies ini ditemukan mendominasi area terbuka yang mengalami gangguan ekosistem. *Trema orientalis* merupakan pohon berukuran kecil hingga sedang (5-20 m) dengan daun lonjong bergerigi dan pertumbuhan yang sangat cepat. Keberadaannya sering dikaitkan dengan daerah bekas kebakaran dan tepi hutan. Menurut Mulyadi et al. (2022), *Trema orientalis* memiliki siklus hidup pendek dan sering menjadi spesies pertama yang tumbuh setelah gangguan ekosistem.

2. *Spathodea campanulata* (Kiacret)

Pohon ini memiliki ciri khas bunga besar berwarna merah-oranye yang berbentuk corong. Dengan pertumbuhan yang cepat dan kemampuan bertahan di tanah subur, *Spathodea campanulata* sering digunakan dalam penghijauan perkotaan. Llamas (2003) menyebutkan bahwa spesies ini mampu tumbuh dengan baik di lingkungan yang memiliki curah hujan tinggi dan sinar matahari penuh, menjadikannya spesies yang efektif dalam mengisi celah hutan yang terganggu.

3. *Dendrocnide microstigma* (Sosoro)

Merupakan spesies pohon pionir dari suku Urticaceae yang sering ditemukan di area hutan sekunder dan daerah riparian. Pohon ini memiliki batang dan daun berbulu dengan kandungan zat penyengat. Kehadirannya menunjukkan bahwa kawasan tersebut memiliki tingkat kelembapan yang cukup tinggi. Kurniawan et al. (2008) melaporkan bahwa spesies ini sering muncul pada tahap awal regenerasi hutan di kawasan yang baru mengalami gangguan.

4. *Piper aduncum* (Sirih Hutan)

Sebagai spesies semak atau pohon kecil dengan daun oval beraroma khas, *Piper aduncum* ditemukan tumbuh di daerah terbuka, sepanjang sungai, serta pada lereng bukit. Pohon ini memiliki kemampuan kolonisasi yang cepat dan sering ditemukan di hutan sekunder. Karim et al. (2021) menyatakan bahwa *Piper aduncum* memiliki peran penting dalam stabilisasi tanah di daerah yang mengalami erosi dan membantu mempercepat proses revegetasi alami.

5. *Macaranga tanarius* (Mahang)

Pohon pionir dari suku Euphorbiaceae ini memiliki daun lebar berbentuk jantung dan batang berwarna abu-abu kehijauan. *Macaranga tanarius* sering ditemukan di daerah bekas tebangan dan hutan sekunder muda. Studi Mangopang (2016) menunjukkan bahwa spesies ini mampu memperbaiki kesuburan tanah dengan cara meningkatkan kandungan bahan organik, sehingga memberikan kondisi yang lebih baik bagi spesies suksesi berikutnya.

Peran Pohon Pionir dalam Suksesi Vegetasi

Suksesi vegetasi merupakan proses alami yang terjadi setelah gangguan ekosistem, di mana komunitas tumbuhan secara bertahap berkembang menuju kondisi yang lebih stabil. Pohon pionir berperan sebagai spesies awal dalam proses ini dengan menciptakan lingkungan yang lebih kondusif bagi tumbuhan lain, seperti pohon tahap menengah dan pohon klimaks.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa spesies pionir yang ditemukan di TWA Batuputih memiliki adaptasi yang berbeda-beda dalam proses suksesi. *Trema orientalis* dan *Piper aduncum*, misalnya, memiliki siklus hidup pendek dan cepat mati setelah spesies pohon tahap menengah mulai mendominasi. Sementara itu, *Macaranga tanarius* dapat bertahan lebih lama dan berperan sebagai spesies transisi antara fase pionir dan hutan sekunder yang lebih stabil (Nuryanti et al., 2023).

Keberadaan pohon pionir juga memengaruhi iklim mikro dan struktur tanah. Studi Isnaniarti et al. (2017) menunjukkan bahwa spesies pionir dapat meningkatkan kelembapan tanah, mempercepat siklus nutrisi, dan mengurangi risiko erosi. Di TWA Batuputih, spesies seperti *Spathodea campanulata* dan *Dendrocnide microstigma* berperan dalam memperbaiki struktur tanah, menciptakan kondisi yang lebih baik bagi pertumbuhan spesies berikutnya.

Implikasi terhadap Konservasi dan Restorasi Hutan

Hasil penelitian ini memiliki implikasi yang penting dalam pengelolaan dan restorasi hutan di kawasan konservasi. Spesies pionir yang ditemukan di TWA Batuputih dapat digunakan sebagai indikator ekologi dalam memantau keberhasilan suksesi alami. Rosmini et al. (2016) menekankan bahwa memahami dinamika spesies pionir sangat penting dalam menyusun strategi restorasi berbasis ekosistem. Restorasi hutan di kawasan konservasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan spesies pionir sebagai tanaman awal dalam revegetasi lahan terganggu. Spesies seperti *Macaranga tanarius* dan *Trema orientalis* dapat ditanam pada lahan terbuka untuk mempercepat pemulihan ekosistem. Selain itu, pemahaman mengenai spesies invasif seperti *Spathodea campanulata* perlu diperhatikan, karena meskipun tumbuh cepat, spesies ini dapat menghambat pertumbuhan spesies asli lainnya jika tidak dikendalikan dengan baik (Setyawati et al., 2015).

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan mengenai keragaman pohon pionir dan perannya dalam proses regenerasi hutan di TWA Batuputih. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengkaji bagaimana interaksi antarspesies dalam komunitas pionir memengaruhi pola suksesi jangka panjang. Dengan memahami peran setiap spesies dalam proses regenerasi, strategi pengelolaan kawasan konservasi dapat dirancang dengan lebih efektif guna menjaga keseimbangan ekosistem dan keanekaragaman hayati hutan tropis Sulawesi Utara.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengidentifikasi lima spesies pohon pionir utama di Taman Wisata Alam Batuputih, Kota Bitung, yaitu *Trema orientalis*, *Spathodea campanulata*, *Dendrocnide microstigma*, *Piper aduncum*, dan *Macaranga tanarius*. Kelima spesies ini memiliki karakteristik khas sebagai tumbuhan pionir, seperti pertumbuhan cepat, toleransi tinggi terhadap cahaya, dan kemampuan beradaptasi di lahan terganggu. Keberadaan spesies ini menunjukkan bahwa kawasan yang mengalami gangguan ekosistem mampu mengalami regenerasi alami melalui proses suksesi vegetasi. Setiap spesies memiliki peran ekologi yang berbeda dalam memperbaiki kondisi tanah, meningkatkan kelembapan, serta menciptakan lingkungan yang lebih mendukung bagi spesies lain dalam tahap suksesi berikutnya.

Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting dalam pengelolaan dan restorasi ekosistem hutan tropis di kawasan konservasi. Spesies pionir yang ditemukan dapat dijadikan indikator pemulihan ekosistem serta digunakan dalam program revegetasi untuk mempercepat rehabilitasi lahan yang terganggu. Selain itu, pemahaman mengenai dinamika suksesi vegetasi dapat membantu dalam menyusun strategi konservasi yang lebih efektif dan berkelanjutan. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengamati perubahan komunitas vegetasi dalam jangka panjang serta interaksi antarspesies dalam mendukung regenerasi hutan yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Utara. (2008). Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Sulawesi Utara - 2008. Manado, Indonesia.
- Eichhorn, K. A. O. (2024). Diversity in woody pioneer species after the 1997/98 fires in Kalimantan. In *The Balance between Biodiversity Conservation and Sustainable Use of Tropical Rain Forests*. Retrieved from <https://www.tropenbos.org/file.php/322/19%20eichhorn.pdf>
- Isnaniarti, U. N., Ekyastuti, W., & Ekamawanti, H. A. (2017). Vegetation succession on former people's gold mining land in Monterado District, Bengkayang Regency. *Tengkawang Journal*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/10.26418/jt.v7i1.22772>
- Karim, H. A., Asrianny, Witno, & Tiara. (2021). Association of dominated tree species in secondary pamah forest of Ponda-Ponda Nature Reserve, South Sulawesi, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 886, 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012012>
- Kurniawan, A., Undaharta, N. K. E., & Pendit, I. M. R. (2008). Association of dominant tree species in the lowland forest of the Tangkoko Nature Reserve, Bitung, North Sulawesi. *Biodiversitas*, 9(3), 199-203. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d090310>
- Llomas, K. A. (2003). *Tropical Flowering Plants: A Guide to Identification and Cultivation*. Oregon: Timber Press.
- Mangopang, A. D. (2016). *Trema morphology (Trema orientalis Blume) and its benefits as pioneer plants for nickel mine restoration*. Proceedings of the National Seminar "From Basic Science to Comprehensive Education", Makassar, Indonesia.
- Master, J., Tjitrosoedirdjo, S. S., Qayim, I., & Tjitrosoedirdjo, S. (2013). Ecological impact of *Merremia peltata* (L.) Merrill invasion on plant diversity at Bukit Barisan Selatan National Park. *Biotropia*, 20(1), 29-37. <https://doi.org/10.11598/btb.2013.20.1.294>
- Mulyadi, A., Budiadi, Sudrajat, A., & Handayani, D. (2022). Adaptation of pioneer plant at the coal mining area in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(4), 1930-1937. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230422>
- Nuryanti, D. M., Liana, Witno, Soma, A. S., Asrianny, Ayu, S. M., & Awalia, I. M. (2023). Composition, diversity and association of pioneer plants on post-landslide areas in Palopo, South Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(3), 1862-1870. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240362>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 108 Tahun 2015. (2015). Tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam.
- Rosmini, M., Rais, A. M., Amal, A., Syukri, N., Uca, S., & Sudirman, H. (2016). Mapping of protected forests and cultivated area in North Luwu, South Sulawesi, Indonesia. *Asian Journal of Applied Sciences*, 9(4), 189-195. <https://doi.org/10.3923/ajaps.2016.189.195>
- Setyawati, T., Narulita, S., Bahri, I. P., & Raharjo, G. T. (2015). *A Guide Book to Invasive Plant Species in Indonesia*. Bogor, Indonesia: Research, Development and Innovation Agency, Ministry of Environmental and Forestry.