

HUBUNGAN KERAPATAN TAJUK MENGGUNAKAN NDVI DENGAN KEANEKARAGAMAN JENIS INVASIF TUMBUHAN BAWAH DI HUTAN PENELITIAN GUNUNG DAHU

*Correlation between canopy density using NDVI and invasive species diversity in
Gunung Dahu Research Forest*

Elsa Widyastuti^{1*}, Istomo², dan Henti Hendalastuti Rachmat³

(Diterima 14 Juni 2024 /Disetujui 17 Juli 2024)

ABSTRACT

*Gunung Dahu Research Forest is a forest area dominated by meranti species. The presence of human activity in forest areas has the potential to bring in invasive species. The presence of invasive plant species can have negative impacts on the ecosystem. This research aims to estimate canopy density in the Gunung Dahu Research Forest using the Normalized Difference Vegetation Index and its relationship with the diversity of invasive understory species to produce appropriate management recommendations. The canopy density class map was made using a desk study and the understory data was taken using vegetation analysis. Correlation and regression tests were conducted to determine the relationship between NDVI values and other variables. Based on the results of the NDVI analysis, three canopy density classes were obtained, low, medium, and high. The low canopy density class has the highest number of invasive species, while the high canopy density class has the least number of invasive plant species. The Poaceae family is the most found family with *D. setigera* as the dominant invasive species. There is a strong correlation between canopy density and NDVI values.*

Keywords: Dipterocarpaceae, Shorea sp., Poaceae

ABSTRAK

Kawasan Hutan Penelitian Gunung Dahu merupakan kawasan hutan yang didominasi oleh jenis meranti. Adanya aktivitas manusia di dalam kawasan hutan, berpotensi mendatangkan jenis invasif. Keberadaan spesies tumbuhan invasif menyebabkan dampak negatif terhadap ekosistem. Penelitian ini bertujuan menduga kerapatan tajuk di Hutan Penelitian Gunung Dahu menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* serta hubungannya dengan keanekaragaman jenis tumbuhan bawah invasif untuk menghasilkan rekomendasi pengelolaan yang tepat. Pembuatan peta kelas kerapatan tajuk dilakukan secara *desk study* dan data tumbuhan bawah diambil dengan analisis vegetasi. Uji korelasi dan regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai NDVI dengan variabel lain. Berdasarkan hasil analisis NDVI didapatkan tiga kelas kerapatan tajuk yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Kelas kerapatan tajuk rendah memiliki jumlah jenis invasif paling banyak, sementara kelas kerapatan tajuk tinggi memiliki jumlah jenis tumbuhan invasif paling sedikit. Famili Poaceae merupakan famili yang paling banyak ditemukan dengan jenis *D. setigera* sebagai jenis invasif yang dominan. Terdapat hubungan korelasi yang kuat antara kerapatan tajuk dengan nilai NDVI.

Kata kunci: Dipterocarpaceae, *Shorea* sp., Poac

¹ Mahasiswa Program Studi Silvikultur Tropika, Sekolah Pascasarjana, IPB University
Jl. Ulin Kampus IPB, Dramaga, Bogor Jawa Barat, Indonesia 16680

*Penulis korespondensi:
e-mail: oktavianaelsa@gmail.com

² Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University
Jl. Ulin Kampus IPB, Dramaga, Bogor Jawa Barat, Indonesia 16680

³ Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Jl. M.H. Thamrin, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340

PENDAHULUAN

Kawasan Hutan Penelitian Gunung Dahu (HPGD) merupakan kawasan hutan yang terletak di Leuwiliang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat yang didominasi oleh jenis meranti dan jenis famili Dipterocarpaceae lainnya. Awalnya, kondisi HPGD merupakan semak belukar berisi tegakan pinus yang sudah tidak produktif. Namun, sejak tahun 1997-2000 Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Puslitbang KLHK) melakukan rehabilitasi menggunakan jenis meranti pada area seluas 250 hektare (Subiakto *et al.* 2016). Saat ini, HPGD telah berkembang menyerupai hutan alam dengan kemampuan regenerasi alami dan tutupan tajuk yang lebat sehingga memberikan dampak secara ekologi, ekonomi dan sosial (Rachmat *et al.* 2021).

Manfaat sosial dari keberadaan HPGD adalah menjadi tempat bagi mahasiswa dan peneliti untuk melakukan riset terkait keanekaragaman hayati, ekologi, pertumbuhan, maupun konservasi tumbuhan. HPGD juga memiliki beberapa area yang dimanfaatkan oleh pengelola dan masyarakat setempat sebagai obyek wisata alam (Saputra 2023). Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa terdapat aktivitas manusia di area HPGD. Adanya aktivitas manusia tersebut, berpotensi membantu persebaran jenis tumbuhan lain melalui terbawanya biji/benih tumbuhan dari luar maupun dalam kawasan hutan dan dapat tersebar di kawasan HPGD (Master 2021; Tjitrosoedirdjo 2016).

Penyebaran biji yang didukung dengan terganggunya kondisi hutan seperti adanya area yang terbuka, bekas area wisata yang terbengkalai dan jalur-jalur setapak di antara vegetasi, berpotensi memudahkan tumbuhan baru untuk tumbuh dan mendominasi ekosistem tersebut sehingga menjadi invasif (Shigesada dan Kawasaki 2017). Tumbuhan invasif merupakan tumbuhan asli maupun asing yang mampu tumbuh dan menyebar di luar habitat aslinya sehingga menyebabkan kerugian bagi ekosistem, ekonomi atau membahayakan manusia (Radosevich *et al.* 2007; CBD 2000). Tumbuhan invasif memiliki ciri khas yaitu pertumbuhannya yang cepat dan agresif, serta memiliki penyebaran yang luas sehingga mampu menggantikan kedudukan jenis lain di suatu area (DCNR 2014). Tumbuhan invasif dapat berupa pohon maupun tumbuhan bawah, namun berdasarkan Tjitrosoedirdjo (2005) diketahui bahwa jenis tumbuhan invasif di Indonesia yang berjumlah 339 jenis, didominasi oleh jenis tumbuhan bawah, khususnya dari suku Poaceae, Asteraceae dan Cyperaceae.

Keberadaan spesies tumbuhan invasif dapat menyebabkan dampak negatif terhadap kondisi habitat seperti mengubah struktur habitat, mengurangi ketersediaan air, mengurangi pertumbuhan tanaman hingga mengubah suatu bentang alam kedepannya (Jose *et al.* 2013). Sehingga keanekaragaman hayati akan semakin berkurang melalui kepunahan spesies lokal dan dampaknya terhadap fungsi ekosistem. Tumbuhan bawah memiliki pertumbuhan yang cepat sehingga cenderung menjadi tumbuhan yang invasif. Fitter dan Hay (1998) menyatakan bahwa faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhan tumbuhan bawah ialah intensitas matahari

yang tinggi dan naungan atau keterbukaan tajuk. Pemantauan keterbukaan tajuk melalui pemantauan kanopi hutan maupun kerapatan vegetasi dapat dilakukan melalui penginderaan jarak jauh menggunakan pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Indeks vegetasi atau NDVI merupakan metode standar yang biasa digunakan dalam membandingkan tingkat kehijauan vegetasi (Danoedoro 2012). Pendekatan NDVI dapat digunakan untuk berbagai tujuan dalam memantau vegetasi salah satunya ialah untuk mengetahui tutupan vegetasi dan tinggi rendahnya suatu kerapatan vegetasi (Wu *et al.* 2017, Putra 2011). Penelitian ini bertujuan menduga kerapatan tajuk di HPGD menggunakan pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) serta hubungannya dengan keanekaragaman jenis tumbuhan bawah invasif sebagai langkah awal dalam pengelolaan jenis invasif.

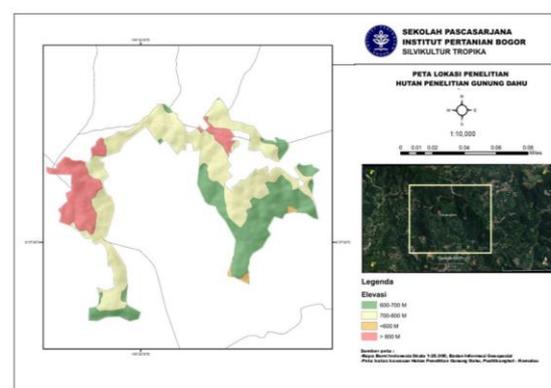
METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2023 – Januari 2024. Penelitian ini dilakukan kawasan Hutan Pendidikan Gunung Dahu, Leuwiliang, Kabupaten Bogor. Secara geografis kawasan Hutan Penelitian (HP) Gunung Dahu terletak pada koordinat 06°36'30" - 06°37'00" LS dan 106°34'00" - 106°35'30" BT. Secara umum hutan ini memiliki curah hujan 2500–2700 mm/tahun, topografi berbukit dengan kelerengan landai hingga curam antara 15–45%, ketinggian sekitar 550–650 mdpl, dan memiliki jenis tanah latosol coklat kemerahan. Hutan Penelitian Gunung Dahu memiliki iklim tipe B dengan kelembaban relatif 80% dengan suhu rata-rata 30 °C (Puslitbanghut 2019). Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kompas, GPS, pita ukur, *luxmeter*, gunting stek, spidol permanen, label, plastik transparan ukuran besar, tambang plastik, parang, golok, kertas koran, kamera, *tally sheet*, alat tulis, buku identifikasi jenis tumbuhan bawah, buku *Species Specialist Group* (ISSG), *Invasive*



Gambar 1 Peta lokasi Hutan Penelitian Gunung Dahu

Species Compendium pada situs Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI), Guide Book of Invasive Species in Indonesia, *software Microsoft Office Word*, *software Microsoft Office Excel*, *software e ArcMap 10.8*, dan aplikasi *Avenza Map*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah Citra Satelit Landsat 8, peta batas kawasan hutan HPGD, vegetasi tumbuhan bawah dan tegakan di HPGD.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan secara *desk study* dan observasi lapang. *Desk study* dilakukan dengan mengumpulkan serta mengolah informasi dan data sekunder seperti Citra Landsat 8, data batas desa Kabupaten Bogor, dan data batas kawasan HPGD. Pembuatan peta kerapatan tajuk dilakukan melalui pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Landsat 8 OLI dengan *path/row* 122/065 pada tanggal 6 September 2023 dengan *cover cloud* sebesar 10%. Tahapan analisis dimulai dengan pengumpulan data satelit, data batas desa dan kawasan HPGD yang dilanjutkan dengan pembuatan peta NDVI pada *software ArcMap 10.8*. NDVI diperoleh melalui perhitungan *Near Infrared* dengan *Red* yang dipantulkan oleh tumbuhan. Formula untuk menghitung NDVI adalah sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

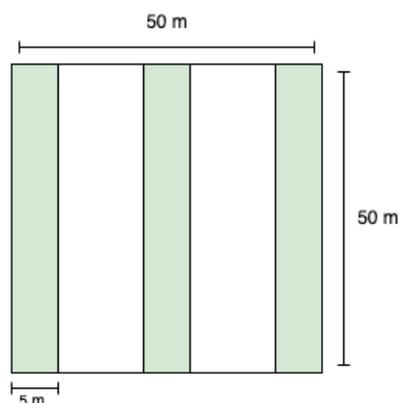
Keterangan:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Band Near Infrared* (inframerah)

RED = *Band Red* (merah)

Setelah mendapatkan nilai NDVI, kemudian dilakukan klasifikasi sebaran keterbukaan tajuk. NDVI memiliki rentang nilai -1.0 sampai 1.0 (Hardianto *et al.* 2021). Sementara, kegiatan observasi lapang dilakukan dengan analisis vegetasi untuk mendapatkan data primer. Analisis vegetasi dilakukan secara *stratified random sampling* dengan ukuran plot pengamatan adalah 50 x 50 m. Oktaviani dan Yarjohan (2016) menyatakan bahwa citra landsat 8 memiliki resolusi spasial atau ukuran *pixel* sebesar 30 m pada mode multispektral, sehingga ukuran



Gambar 2 Plot pengamatan analisis vegetasi tumbuhan bawah

plot pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 50 m x 50 m untuk memperoleh keterwakilan data yang lebih baik dibandingkan menggunakan plot dengan ukuran sama atau lebih kecil dari ukuran *pixel* citra Landsat 8. Pada masing-masing kelas kerapatan tajuk dibuat plot pengamatan sebanyak 5 plot. Masing-masing plot pengamatan dibuat jalur berukuran lebar 5 m dan panjang 50 m sebanyak 3 jalur untuk dilakukan pengamatan tumbuhan bawah yang meliputi nama jenis, jumlah jenis, dan jumlah individu. Selain itu, di dalam plot pengamatan dilakukan identifikasi jenis tutupan lahan. Petak plot pengamatan dapat dilihat pada Gambar 2.

Analisis Data

Indeks Nilai Penting

Indeks Nilai Penting (INP) merupakan suatu parameter kuantitatif yang dipakai untuk menyatakan tingkat dominansi atau tingkat penguasaan spesies dalam suatu komunitas tumbuhan. Perhitungan nilai INP untuk jenis tumbuhan bawah didapatkan melalui penjumlahan frekuensi relatif dan kerapatan relatif (Fachrul 2007). Kerapatan, frekuensi, dan indeks nilai penting dapat dihitung menggunakan rumus (Soerianegara dan Indrawan 1998):

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\sum \text{Individu suatu jenis}}{\text{Luas plot contoh}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)(\%)} = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\sum \text{Plot ditemukan suatu jenis}}{\sum \text{Seluruh plot contoh}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)(\%)} = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{INP (\%)} = \text{KR} + \text{FR}$$

Uji Korelasi dan Regresi

Uji korelasi dilakukan untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel (Nugroho *et al.* 2008). Uji korelasi yang digunakan pada penelitian adalah uji korelasi *Pearson*. Uji korelasi *Pearson* adalah uji statistik parametrik yang digunakan untuk data dengan skala interval dan rasio yang memiliki distribusi data normal (Permanasari *et al.* 2016). Uji regresi merupakan metode statistika yang digunakan untuk membentuk model atau hubungan antara satu atau lebih variabel bebas dengan sebuah variabel terikat. Penelitian ini menggunakan analisis regresi linier sederhana karena hanya menggunakan satu variabel bebas (Kurniawan 2008).

Analisis Risiko dan Pengendalian Tumbuhan Invasif

Analisis risiko tumbuhan bawah invasif dilakukan menggunakan sistem *scoring* atau penilaian yang mengacu pada buku Pedoman Analisis Risiko Tumbuhan Asing Invasif yang dikembangkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Metode ini dimodifikasi oleh Tjitrosoedirjo (2016) untuk disesuaikan dengan kondisi lingkungan di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan Tajuk di Hutan Penelitian Gunung Dahu

Kerapatan tajuk berkaitan denganutupan lahan hingga masuknya cahaya matahari ke dalam lantai hutan. Pendugaan kerapatan tajuk di HPGD menggunakan NDVI sehingga menghasilkan 3 kelas kerapatan tajuk yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Kelas kerapatan tajuk digambarkan melalui perbedaan warna yang dihasilkan oleh kenampakan citra satelit. Pada kerapatan tajuk tinggi atau rapat akan memiliki warna yang lebih gelap karena adanya refleksi dari tajuk vegetasinya yang tinggi, sementara pada area yang memiliki kerapatan sedang hingga terbuka dicirikan dengan warna yang terang karena refleksi dari tajuk vegetasinya yang kecil (Nurul *et al.* 2021). Pada Gambar 3, kelas kerapatan tajuk tinggi digambarkan dengan warna hijau yang pekat, kelas kerapatan sedang berwarna kuning dan kelas kerapatan rendah berwarna merah. Klasifikasi kelas kerapatan tajuk dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai kelas kerapatan tajuk di HPGD memiliki rentang nilai 0.143 - 0.654. Hal tersebut menunjukkan bahwa area HPGD termasuk kedalam area bervegetasi karena memiliki nilai NDVI diatas 0. Berdasarkan Lillesand & Kiefer (1990) nilai yang mewakili vegetasi terdapat pada rentang 0.1 hingga 0.7, sementara nilai dibawah 0 menandakan area tidak bervegetasi maupun objek lain seperti awan dan air. Tutupan vegetasi pada masing-masing kelas kerapatan tajuk didominasi oleh jenis meranti (*Shorea sp.*).

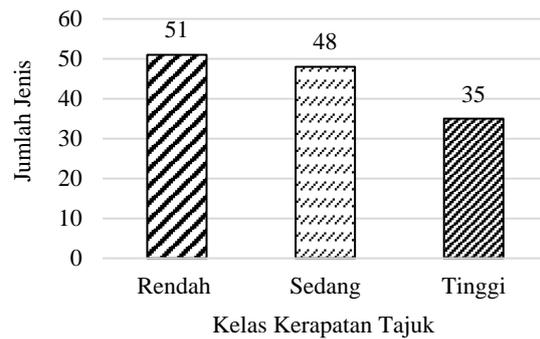
Komposisi Tumbuhan Bawah

Keberadaan tumbuhan bawah di HPGD diketahui melalui analisis vegetasi yang dilakukan pada masing-masing kelas kerapatan tajuk yang sudah diklasifikasikan sebelumnya. Berdasarkan analisis

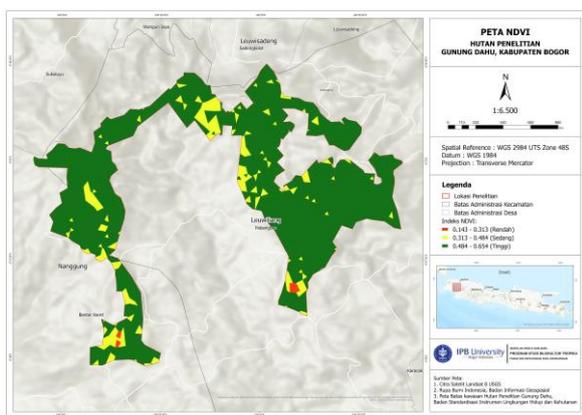
vegetasi, didapatkan komposisi jumlah jenis tumbuhan bawah di HPGD yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa jumlah jenis tumbuhan bawah paling banyak berada pada kelas kerapatan tajuk rendah dengan jumlah 51 jenis, sementara jumlah jenis tumbuhan bawah paling sedikit yaitu pada kelas kerapatan tajuk tinggi dengan jumlah 35 jenis. Hal tersebut menunjukkan adanya kecenderungan penurunan jumlah jenis tumbuhan bawah seiring dengan meningkatnya kerapatan tajuk. Tumbuhan bawah merupakan vegetasi yang mudah tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi lingkungan yang tidak ternaungi dan memiliki intensitas cahaya matahari yang cukup (Sahira *et al.* dalam Sayfullloh *et al.* 2020). Tumbuhan bawah dikelompokkan menjadi jenis invasif dan non-invasif untuk mengetahui jumlah jenis invasif pada masing-masing kelas kerapatan tajuk. Persentase jumlah jenis tumbuhan bawah invasif dan non-invasif pada ketiga kelas kerapatan tajuk dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada kelas kerapatan tajuk rendah, jenis invasif memiliki persentase lebih besar (57%) dibandingkan dengan jenis non-invasif, hal tersebut menunjukkan bahwa pada kelas kerapatan tajuk rendah, keberadaan



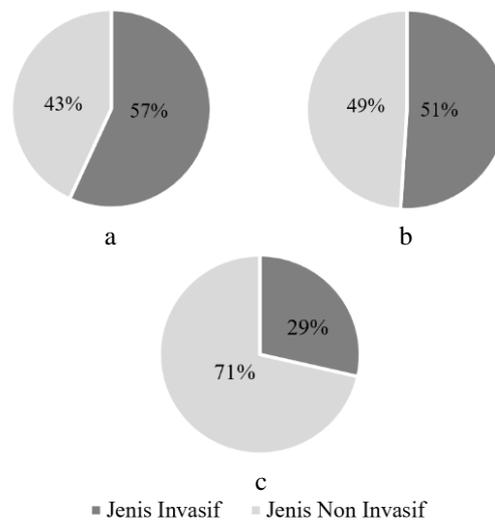
Gambar 4 Jumlah jenis tumbuhan pada masing-masing kelas kerapatan tajuk



Gambar 3 Peta kelas kerapatan tajuk berdasarkan nilai NDVI

Tabel 1 Klasifikasi kelas kerapatan tajuk di HPGD berdasarkan nilai NDVI

No.	Nilai NDVI	Klasifikasi Kerapatan Tajuk
1.	0.143-0.313	Rendah
2.	0.313-0.484	Sedang
3.	0.484-0.654	Tinggi



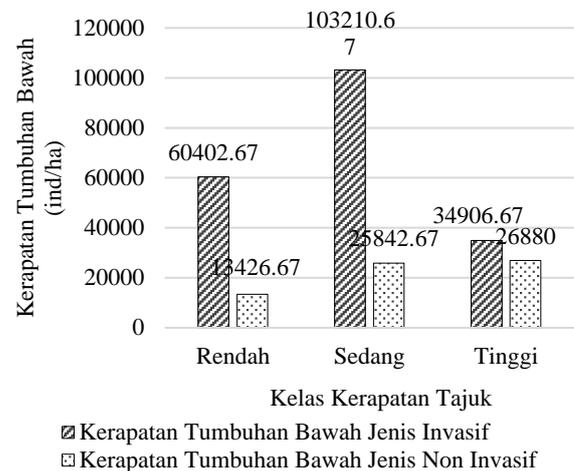
Gambar 5 Persentase jumlah jenis tumbuhan bawah invasif dan non-invasif pada kelas kerapatan tajuk (a) rendah, (b) sedang, (c) tinggi

jenis tumbuhan bawah invasif lebih banyak dibandingkan dengan jenis non-invasif. Sementara, pada kelas kerapatan tajuk tinggi, jenis non-invasif memiliki persentase yang lebih besar (71%). Hal ini menunjukkan bahwa pada kelas kerapatan tajuk tinggi keberadaan jenis tumbuhan bawah non-invasif lebih banyak, dibandingkan jenis invasifnya. Banyaknya jenis invasif yang tumbuh pada kelas kerapatan tajuk rendah mengindikasikan bahwa jenis invasif cenderung mudah tumbuh pada area yang terbuka. Cole dan Weltzin (2005) menyatakan bahwa keterbatasan cahaya merupakan faktor utama yang menghambat pertumbuhan jenis invasif. Keberadaan naungan pada suatu ekosistem dapat membatasi akses tanaman terhadap sumber cahaya. Area tanpa naungan akan menerima intensitas cahaya yang lebih tinggi, laju pertumbuhan yang tinggi dan dapat menginvasi suatu ekosistem (Junaedi *et al.* 2019; Yansen *et al.* 2015).

Kerapatan merupakan banyaknya individu dari jenis tumbuhan per satuan luas. Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada seluruh kelas kerapatan tajuk, jenis invasif memiliki kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis non-invasif. Hal ini sejalan dengan jumlah jenis invasif yang lebih banyak ditemukan pada masing-masing kelas kerapatan tajuk. Semakin beragam jumlah jenis dalam suatu kawasan maka jumlah kehadiran individu per hektar akan semakin tinggi (Leonika *et al.* 2021).

Secara umum, komposisi jenis tumbuhan bawah pada masing-masing kelas kerapatan tajuk memiliki jenis yang hampir sama dan didominasi oleh famili Poaceae. Pada kelas kerapatan tajuk rendah, 4 dari 5 jenis dengan INP tertinggi berasal dari famili Poaceae. Famili Poaceae merupakan famili terbesar keempat tanaman berbunga dengan 12.074 spesies di dunia, hal tersebut dikarenakan Poaceae merupakan tanaman kosmopolit yang mampu hidup dan berkembang di seluruh daerah sehingga memiliki distribusi dan area penyebarannya yang luas (Hartono *et al.* 2024, Arisandi *et al.* 2019). Kemampuan hidup dan adaptasi yang tinggi dari famili Poaceae menyebabkan famili ini termasuk kedalam famili dengan jumlah jenis invasif yang tergolong banyak

(Tjitrosoedirdjo 2005). Indeks Nilai Penting (INP) merupakan parameter yang menunjukkan peranan spesies tumbuhan dalam suatu komunitas. Semakin besar nilai INP suatu spesies maka semakin besar tingkat penguasaannya terhadap komunitas (Hidayat 2017). Pada kelas kerapatan tajuk rendah dan sedang, jenis *Digitaria setigera* memiliki nilai INP tertinggi yaitu 26.02% dan 30.45%. Hal ini menandakan bahwa jenis *D. setigera* mampu menguasai komunitas tumbuhan bawah pada kelas kerapatan tajuk rendah dan sedang serta menjadi jenis yang dominan dengan nilai INP yang tinggi. *D. setigera* biasa tumbuh di daerah yang terbuka, maupun di sepanjang jalan setapak pada ketinggian 500-2750 m (Boonsuk *et al.* 2016). Kondisi tersebut sesuai dengan kondisi lingkungan lokasi penelitian yang memiliki ketinggian antara 550-650 mdpl dan memiliki kerapatan tajuk yang rendah dengan persentase sebesar 22.80%. Selain itu, adanya jalan setapak yang dibuat oleh masyarakat sekitar membuat kondisi lingkungan menjadi semakin mendukung bagi pertumbuhan *D. setigera*.



Gambar 6 Kerapatan tumbuhan bawah invasif dan non-invasif pada masing-masing kelas kerapatan tajuk

Tabel 2 Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan bawah pada masing-masing kelas kerapatan tajuk

No.	Nama Jenis	Famili	Kerapatan (ind/ha)	KR (%)	FR (%)	INP (%)
Kerapatan tajuk rendah						
1.	<i>Digitaria setigera</i> *	Poaceae	16130.67	21.21	4.81	26.02
2.	<i>Spermacoce alata</i> *	Rubiaceae	9853.33	12.96	3.85	16.80
3.	<i>Oplismenus hirtellus</i>	Poaceae	8293.33	10.90	4.81	15.71
4.	<i>Digitaria didactyla</i> *	Poaceae	7293.33	9.59	1.92	11.51
5.	<i>Panicum repens</i> *	Poaceae	6733.33	8.85	0.96	9.81
Kerapatan tajuk sedang						
1.	<i>Digitaria setigera</i> *	Poaceae	34586.67	26.80	3.65	30.45
2.	<i>Panicum repens</i> *	Poaceae	12800.00	9.92	1.46	11.38
3.	<i>Nephrolepis bisserata</i>	Nephrolepidaceae	8205.33	6.36	3.65	10.01
4.	<i>Dicranopteris linearis</i> *	Gleicheniaceae	7901.33	6.12	3.65	9.77
5.	<i>Clidadium surinamense</i> *	Asteraceae	5805.33	4.50	2.92	7.42
Kerapatan tajuk tinggi						
1.	<i>Dicranopteris linearis</i> *	Gleicheniaceae	19381.33	31.37	5.43	36.80
2.	<i>Nephrolepis bisserata</i>	Nephrolepidaceae	10282.67	16.64	5.43	22.08
3.	<i>Digitaria setigera</i> *	Poaceae	7688.00	12.44	4.35	16.79
4.	<i>Clidemia hirta</i> *	Melastomataceae	4730.67	7.66	5.43	13.09
5.	<i>Eleutherine bulbosa</i>	Iridaceae	3805.33	6.16	5.43	11.59

*Tumbuhan bawah yang tergolong kedalam jenis invasif

Keberadaan jenis paku-pakuan yang termasuk kedalam 5 jenis dengan nilai INP tinggi menjadi pembeda antara komposisi tumbuhan bawah pada kelas kerapatan tajuk rendah dengan sedang. Kedua jenis itu adalah *Neprolephis bisseratta* yang berasal dari famili Neprolepidaceae serta *Dicranopteris linearis* yang berasal dari famili Gleicheniaceae. Permenhut No. 94 Tahun 2016 menyebutkan bahwa *D. linearis* termasuk kedalam jenis invasif yang sudah ada di Indonesia. Jenis *D. linearis* pada area penelitian ditemukan tumbuh mengumpul pada area yang terbuka terutama di lahan miring dan menutupi lapisan permukaan tanah sehingga terlihat seperti hamparan luas. Hal ini sejalan dengan Farrér dan Hertach (2009) yang menyatakan bahwa *D. linearis* biasa tumbuh secara menyebar dan merambat menutupi lapisan permukaan tanah membentuk hamparan sehingga menyulitkan benih atau bibit tanaman lain untuk tumbuh. Hal tersebut yang membuat *D. linearis* menjadi jenis yang invasif. Umumnya *D. linearis* tumbuh pada kondisi tanpa naungan, namun *D. linearis* juga ditemukan pada kelas kerapatan tajuk tinggi dan menjadi jenis dengan nilai INP tertinggi (36.80%). Hal tersebut sejalan dengan Wahyuni *et al.* (2016) menyatakan bahwa *D. linearis* ditemukan pada hutan

tanaman karet yang memiliki tutupan kanopi lebih tinggi dibandingkan dengan area penggunaan lahan lain di sekitar Taman Nasional Bukit Duabelas, Jambi. Kemampuan tumbuh *D. linearis* pada berbagai tutupan tajuk menjadikan jenis ini memiliki daya adaptasi yang tinggi pada perubahan kondisi lingkungan.

Hubungan antara Nilai NDVI dengan Kerapatan Tajuk, Jumlah Jenis Tumbuhan Bawah Invasif dan Non-Invasif

Hubungan antar variabel dalam penelitian diketahui melalui analisis korelasi dan regresi. Sebelum pengujian hipotesis, uji asumsi klasik seperti uji normalitas dan heteroskedastisitas perlu dilakukan untuk mengetahui data sudah berdistribusi secara normal dan tidak ada gejala heteroskedastisitas sehingga menghasilkan model regresi yang baik (Sholihah *et al.* 2023). Hasil uji asumsi klasik disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, nilai signifikansi pada uji normalitas memiliki nilai lebih besar dari taraf uji 0.05 sehingga dapat dikatakan bahwa data berdistribusi normal (Santoso 2010). Hasil uji heteroskedastisitas menunjukkan bahwa nilai signifikansi variabel bebas dengan residual lebih besar dari 0.05. Hal tersebut

Tabel 3 Uji normalitas dan heteroskedastisitas

Variabel	Signifikansi	
	Normalitas	Heteroskedastisitas
Jumlah Jenis Tumbuhan Bawah	0.25	0.07
Jumlah Jenis Invasif	0.34	0.17
Jumlah Jenis Non-invasif	0.71	0.89
Kerapatan Tajuk	0.05	0.75

Tabel 4 Uji korelasi Pearson

Variabel	Nilai NDVI	Jumlah Jenis Tumbuhan Bawah	Jumlah Jenis Invasif	Jumlah Jenis Non-Invasif
Jumlah Jenis Tumbuhan Bawah	-0.594*	-	-	-
Jumlah Jenis Invasif	-0.803**	0.687**	-	-
Jumlah Jenis Non-Invasif	0.336	0.272	-0.497	-
Kerapatan Tajuk	0.966**	-0.569*	-0.807**	0.385

*Korelasi signifikan pada taraf 0,05 (2-tailed), ** Korelasi signifikan pada taraf 0,01 (2-tailed)

Tabel 5 Uji validitas model pendugaan nilai NDVI

Variabel terikat (y)	Variabel bebas (x)	Model	Validitas
Jumlah jenis tumbuhan bawah	Nilai NDVI	$y = -19.7072x + 29.6586$	0.0190%
Jumlah jenis invasif	Nilai NDVI	$y = -30.1571x + 23.7400$	0.0003%
Jumlah jenis non-invasif	Nilai NDVI	$y = 8.8600x + 6.3240$	0.2200%
Kerapatan tajuk	Nilai NDVI	$y = 200.8128x - 29.8333$	0.0001%

Tabel 6 Nilai risiko invasif dan rekomendasi pengelolaan tumbuhan bawah invasif di HPGD

No.	Nama Jenis	Famili	Indeks Skor	Kategori	Rekomendasi
1.	<i>Digitaria setigera</i>	Poaceae	177	Tinggi	Mencegah penyebaran
2.	<i>Spermacoce alata</i>	Asteraceae	118	Tinggi	Mencegah penyebaran
3.	<i>Digitaria didactyla</i>	Poaceae	46	Sedang	Melindungi situs
4.	<i>Panicum repens</i>	Poaceae	64	Sedang	Melindungi situs
5.	<i>Clidemia hirta</i>	Melastomataceae	63	Sedang	Melindungi situs
6.	<i>Dicranopteris linearis</i>	Gleicheniaceae	185	Tinggi	Mencegah penyebaran
7.	<i>Ipomoea triloba</i>	Convolvulaceae	39	Sedang	Melindungi situs
8.	<i>Melastoma malabathricum</i>	Melastomataceae	28	Rendah	Monitor
9.	<i>Paspalum conjugatum</i>	Poaceae	46	Sedang	Melindungi situs

menunjukkan bahwa tidak terjadi heteroskedastisitas pada model regresi. Berdasarkan hasil uji asumsi klasik yang menyatakan bahwa data berdistribusi normal dan tidak ada gejala heteroskedastisitas, maka uji korelasi dan regresi dapat dilakukan. Uji korelasi yang digunakan pada penelitian adalah uji korelasi *Pearson*. Uji korelasi *Pearson* menghasilkan koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel (Nugroho *et al.* 2008). Hasil uji korelasi *Pearson* dapat dilihat pada Tabel 4.

Kekuatan hubungan antar variabel dijelaskan melalui nilai koefisien korelasi (r) yang berkisar antara -1 dan 1. Semakin mendekati 1 atau -1 maka hubungan linier antar dua variabel semakin kuat, sementara jika r mendekati 0 maka hubungan dua variabel menjadi lemah atau tidak memiliki hubungan. Sedangkan, tanda korelasi negatif dan positif menunjukkan arah hubungan, jika koefisien korelasi positif maka hubungan korelasi searah, sementara jika koefisien korelasi negatif maka hubungan korelasi berlawanan. Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa hubungan korelasi kuat searah ditunjukkan oleh nilai NDVI dengan kerapatan tajuk yang memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0.966. Hal tersebut sesuai dengan Latuamury *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa kerapatan tajuk dan nilai NDVI memiliki hubungan korelasi kuat yang searah karena memiliki nilai koefisien korelasi mendekati 1. Sementara, hubungan dua variabel yang bernilai negatif ditunjukkan oleh korelasi nilai NDVI dengan jumlah jenis invasif dan kerapatan tajuk dengan jumlah jenis invasif. Hal tersebut menandakan bahwa hubungan antara nilai NDVI dan jumlah jenis invasif bersifat berlawanan, begitupun hubungan antara kerapatan tajuk dan jumlah jenis invasif.

Uji regresi digunakan untuk mengetahui arah dari hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat serta memprediksi nilai dari variabel terikat melalui persamaan model. Uji regresi yang digunakan pada penelitian adalah regresi linier sederhana karena hanya menggunakan satu variabel bebas. Hasil uji regresi menghasilkan model regresi untuk memprediksi nilai dari variabel terikat. Model regresi linier yang dihasilkan selanjutnya dilakukan uji validasi model pendugaan untuk melihat dan mengetahui ketepatan dari model pendugaan yang dihasilkan. Hasil uji validitas model pendugaan 4 persamaan dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, terdapat 3 parameter yang menunjukkan nilai hasil uji validitas berada dibawah 1%. Ketepatan model ditunjukkan oleh hasil uji validitas yang memiliki nilai persentase kecil (Muhammad 2014). Hal tersebut menunjukkan bahwa ketiga model pendugaan untuk mengetahui jumlah jenis tumbuhan bawah, jumlah jenis invasif, dan kerapatan tajuk memiliki ketepatan yang cukup baik.

Risiko Invasif Tumbuhan Bawah dan Rencana Pengelolaan

Analisis risiko dilakukan untuk memprediksi risiko yang ditimbulkan oleh suatu spesies jika berada di suatu daerah baru dan menghindari tumbuhan tersebut merugikan karena bersifat invasif. Pengelolaan risiko tumbuhan invasif dapat membantu mengategorikan tumbuhan invasif dalam program pengolaannya

(Tjitrosoedirdjo *et al.* 2016). Hasil analisis risiko tumbuhan bawah invasif dengan nilai INP tertinggi beserta rekomendasi pengelolaan dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tjitrosoedirdjo *et al.* (2016) kategori risiko tumbuhan invasif terdiri atas sangat tinggi (>192), tinggi (101-192), sedang (39-100), rendah (13-38), dan diabaikan (<13). Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat 3 kategori risiko tumbuhan bawah invasif di HPGD yaitu kategori rendah, sedang dan tinggi. Tumbuhan bawah invasif dengan kriteria risiko invasif tinggi adalah *D. linearis* (185), *D. setigera* (177), dan *S. alata* (118). Ketiga jenis tersebut termasuk kedalam rekomendasi pengelolaan 'mencegah penyebaran'. Mencegah penyebaran bertujuan untuk mencegah penyebaran yang terjadi dari tumbuhan invasif dalam area HPGD. Tindakan yang dapat dilakukan antara lain, pengamatan dan pemetaan untuk melokasi semua jenis, mengendalikan semua infestasi untuk mengurangi kerapatan tumbuhan invasif, mencegah adanya penanaman jenis lain melarang penanaman jenis tersebut dan memonitor progress pengurangan jenis tersebut (Tjitrosoedirdjo *et al.* 2016). Selain itu, terdapat 5 jenis yang termasuk kedalam rekomendasi 'melindungi situs' yaitu jenis *Digitaria didactyla*, *Panicum repens*, *Clidemia hirta*, *Ipomoea triloba*, dan *Paspalum conjugatum*.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hutan Penelitian Gunung Dahu (HPGD) merupakan area bervegetasi yang terbagi atas 3 kelas kerapatan tajuk yaitu rendah, sedang dan tinggi berdasarkan hasil NDVI dengan rentang nilai sebesar 0.143 – 0.654. Jumlah jenis tumbuhan bawah cenderung mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kerapatan tajuk. Keberadaan tumbuhan bawah invasif pada kelas kerapatan tajuk rendah dan sedang memiliki persentase yang lebih besar dibandingkan dengan jenis non-invasif, sementara pada kelas kerapatan tajuk tinggi persentase jumlah jenis invasif lebih kecil dibandingkan dengan jenis non-invasif. Terdapat hubungan korelasi yang kuat dan searah antara nilai NDVI dengan kerapatan tajuk, sementara antara nilai NDVI dengan jumlah jenis tumbuhan bawah dan jumlah jenis invasif memiliki hubungan korelasi yang sedang dan berlawanan. Tingkat risiko invasif di HPGD terbagi atas kategori rendah, sedang dan tinggi sehingga menghasilkan rekomendasi pengelolaan yaitu monitoring, melindungi situs, hingga mencegah penyebaran.

Saran

Keberadaan tumbuhan bawah invasif di HPGD yang memiliki risiko invasif tinggi menjadi peringatan bagi pihak pengelola kawasan. Perlu dilakukan tindakan pencegahan dan pengelolaan tumbuhan invasif sesuai dengan rekomendasi pengelolaan yang dihasilkan untuk menekan keberadaan dan penyebaran jenis tersebut. Penggunaan pendekatan NDVI dapat digunakan dalam

menduga kerapatan pada vegetasi, sementara untuk kerapatan tumbuhan bawah sendiri disarankan menggunakan indeks vegetasi lain yang memiliki hubungan dengan tanah sebagai tempat hidup tumbuhan bawah. Perlu dilakukan uji akurasi setelah mendapatkan nilai NDVI untuk menghasilkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [CBD] Convention on Biological Diversity. 2000. *Sustaining Life on Earth: How the Convention on Biological Diversity Promotes Nature and Human Well-being*. United Kingdom (UK): Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Arisandi R, Soendjoto MA, Dharmono. 2019. Keanekaragaman familia Poaceae di kawasan rawa Desa Sungai Lumbuh, Kabupaten Barito Kuala. *EnviroScientae* 15(3): 390-396.
- Boonsuk B, Chantaranonthai P, Hodkinson TR. 2016. A taxonomic revision of the genus *Digitaria* (Panicoideae: Poaceae) in mainland Southeast Asia. *PHYTOTAXA* 246(4): 248-280.
- Cole PG, Weltzin JF. 2005. Light limitation creates patchy distribution of an invasive grass in eastern deciduous forests. *Biol Invasions* 7: 477-488.
- Danoedoro P. 2012. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Fachrul MF. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta (ID): Bumi Aksara.
- Farrèr C, Hertach M. 2009. Vegetation survey and GIS-based zonation of the Fond D'Albaretz Forest, Praslin, Seychelles [Tesis]. Zurich (CH): Institute Of Integrative Biology Zurich.
- Fitter AH, Hay RKM. 1998. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Terjemahan: Andani S, Purbayanti. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University Press.
- Hardianto A, Dewi PU, Feriansyah T, Sari NFS, Rifiana NS. 2021. Pemanfaatan citra landsat 8 dalam mengidentifikasi nilai indeks kerapatan vegetasi (NDVI) tahun 2013 dan 2019 (area studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains dan Remote Sensing* 2(1): 8-15.
- Hartono A, Indayana FT, Irwan S. 2024. Identifikasi keanekaragaman tumbuhan Poaceae di kampus II UIN Sumatera Utara. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati* 9(1): 74-82.
- Hidayat M. 2017. Analisis vegetasi dan keanekaragaman tumbuhan di kawasan manifestasi geothermal ie suum Kecamatan Masjid Raya Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Biotik* 5(2): 114-124.
- Ibáñez I, Silander Jr JA, Allen JM, Treanor SA, Wilson A. 2009. *Identifying hotspots for plant invasions and forecasting focal points of further spread*. *Journal of Applied Ecology* 46: 1219-1228.
- Jose S, Singh HP, Batish DR, Kohli RK. 2013. *Invasive Plant Ecology*. Florida (US): CRC Press.
- Junaedi DI, Az Zahra NW, Salamah A. 2019. Trait-based studies on the abundance and canopy shade preferences of Asteraceae species in Cibodas Botanical Garden. *Bioma* 15(1): 11-20.
- Latuamury B, Gunawan T, Suprayogi S. 2012. Pengaruh kerapatan vegetasi penutup lahan terhadap karakteristik resesi hidrograf pada beberapa subdas di Propinsi Jawa Tengah dan Propinsi DIY. *Majalah Geografi Indonesia* 26(2): 98-118.
- Leonika A, Nugroho Y, Rudy GS. 2021. Pengaruh kerapatan tegakan terhadap sifat fisik tanah pada berbagai tutupan lahan di KHDTK Mandiangin ULM. *Jurnal Sylva Scientiae* 4(4): 608-616.
- Lillesand AM, Kiefer RW. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University Press.
- Master J. 2021. Autekologi tumbuhan invasif di Taman Nasional Way Kambas (studi kasus *Melaleuca leucadendra* (L.) L. dan *Melastoma malabathricum* L.) [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Nugroho S, Akbar S, Vusvitasari R. 2008. Kajian hubungan koefisien korelasi Pearson (r), Spearman- ρ (ρ), Kendall-Tau (τ), Gamma (G), dan Somers (d_{yx}). *Jurnal Gradien* 4(2): 372-381.
- Nurul M, Prasiarnatri N, Elvira WV, Safitri W, Prabowo R. 2021. Kondisi tutupan lahan di Kabupaten Tangerang berdasarkan indeks vegetasi. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS)* 2(1): 1-7.
- Putra EH. 2011. *Penginderaan Jauh dengan Er Mapper*. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University.
- Rachmat HH, Ginoga KL, Lisnawati Y, Hidayat A, Imanuddin R, Fambayun RA, Yulita KS, Susilowati A. 2021. *Generating multifunctional landscape through reforestation with native trees in the tropical region: a case study of Gunung Dahu Research Forest, Bogor, Indonesia*. *Sustainability* 13(21): 11950.
- Radosevich SR, Holt JS, Ghersa CM. 2007. *Ecology of Weeds and Invasive Plants: Relationship to Agriculture and Natural Resource Management*. Canada (US): John Wiley and Sons, Inc.
- Sahira M, Solfiyeni, Syamsuardi. 2016. Analisis vegetasi tumbuhan asing invasif di Hutan Raya Dr. Moh. Hatta, Padang, Sumatera Barat. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia Masyarakat Biodiversitas Indonesia*: 60-64.
- Santoso S. 2010. *Statistik Parametrik, Konsep & Aplikasi dengan SPSS*. Jakarta (ID): PT Elex Media PT Gramedia.
- Saputra NE. 2023. Kajian perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrologis serta strategi prioritas pengelolaan Hutan Penelitian Gunung Dahu [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sayfulloh A, Riniarti M, Santoso T. 2020. Jenis-jenis tumbuhan asing invasif di Resort Sukaraja Atas, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 109-120
- Shigesada N, Kawasaki K. 1997. *Biological Invasion: Theory and Practice*. Oxford (UK): Oxford Univ Press.
- Sholihah SM, Aditiya NY, Evani ES, Maghfiroh S. Konsep uji asumsi klasik pada regresi linier berganda. *Jurnal Riset Akuntansi Soedirman* 2(2): 102-110.

- Soerianegara I, Indrawan A. 1998. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Subiakto A, Rachmat HH, Sakai C. 2016. *Choosing native tree species for establishing man-made forest: A new perspective for sustainable forest management in changing world*. *BIODIVERSITAS* 17(2): 620-625.
- Tjitrosoedirdjo S, Tjitrosoedirdjo SS, Setyawati T. 2016. *Tumbuhan Invasif dan Pendekatan Pengelolaannya*. Bogor (ID): SEAMEO BIOTROP.
- Tjitrosoedirdjo S, Setyawati T, Sunardi, Subiakto A, Irianto R, Garsetiasih R. 2016. *Pedoman Analisis Risiko Tumbuhan Asing Invasif (Pre Border)*. Bogor (ID): FORIS Indonesia.
- Tjitrosoedirdjo SS. 2005. Inventory of the invasive alien plant species in Indonesia. *BIOTROPIA* 25: 60-73.
- Wahyuni I, Sulistijorini, Setiabudi, Meijide Ana, Nomura M, Krfet H, Remblod K, Tjitrosoedirdjo SS, Tjitrosoedirdjo S. 2016. Distribution of invasive plant species in different land-use systems in Sumatera, Indonesia. *BIOTROPIA* 23 (2): 124-132.
- Wu CD, Chen YC, Pan WC, Zeng YT, Chen M J, Guo YL, Lung SCC. 2017. Land-use regression with long-term satellite-based greenness index and culturespecific sources to model PM2.5 spatial temporal variability. *Environmental Pollution* 224: 148-157.
- Yansen Y, Wiryono W, Deselina D, Hidayat MF, Depari EK. 2015. The expansion of *Merremia peltata* (L.) Merrill in fragmented forest of Bukit Barisan Selatan National Park enhanced by its ecophysiological attributes. *Biotropia* 22(1): 25-32.