

Pemantauan Invasi Mantangan (*Merremia Peltata*) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Menggunakan Google Earth Engine

Ruwaida Dzakiyyaa^{1*}, Arief Darmawan¹, Trio Santoso¹, Rudi Hilmanto¹, Luhur Septiadi², Rikha Aryanie Surya³

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

²Wildlife Conservation Society – Indonesia Program, Bogor, Indonesia

³Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Tanggamus, Indonesia

Email koresponden: xyzakiwaiy@gmail.com

Submitted: 2024-11-20 Revisions: 2025-07-10 Accepted: 2025-08-27 Published: 2025-08-28

©2024 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

©2025 by the authors. Majalah Geografi Indonesia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Abstrak Mantangan merupakan spesies yang secara masif menginvasi bagian selatan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) dan diperkirakan sebarannya semakin meluas. Mantangan tumbuh dengan cara melilitkan batangnya pada inang hingga menutupi permukaan tubuh dan tajuk inangnya serta dapat merambat dari satu inang ke inang yang lain, selain itu mantangan juga dapat tumbuh secara vegetatif melalui batangnya yang terpotong kemudian menyentuh tanah sehingga menghasilkan generasi baru. Oleh karena itu, informasi sebaran spasial mantangan perlu diketahui dengan pemantauan secara berkala. Dewasa ini, pemantauan dapat dilakukan dengan penginderaan jauh, misalnya menggunakan data citra satelit. Perkembangan *Google Earth Engine* (GEE) menjadi salah satu pilihan untuk pemantauan invasi mantangan. GEE menyediakan data citra satelit berbasis komputasi awan dan dapat menghasilkan citra satelit multitemporal yang bebas awan, sehingga menjadi solusi permasalahan *big data* serta tidak memerlukan biaya untuk penggunaannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas invasi mantangan tahun 2019 – 2023 menggunakan GEE. Penelitian dilakukan dengan menggunakan citra satelit, citra DEM, dan transformasi indeks EVI dengan algoritma *random forest*. Objek penelitian difokuskan pada daerah selatan TNBBS yang secara khusus terinvasi oleh mantangan yaitu pada empat resor diantaranya Pemerihan, Way Haru, Way Nipah, dan Tampang. Objek penelitian kemudian dijadikan sebagai *area of interest* (AOI). Hasil penelitian menunjukkan hasil akurasi yang baik dengan nilai 93,49% (*user accuracy*), 95,18% (*producer accuracy*), 95,23% (*overall accuracy*), dan 90,18% (*kappa accuracy*) pada kelas mantangan. Perubahan sebaran mantangan mencapai 7.374,89 ha (2019), 8.237,88 ha (2021), dan 8.716,84 ha (2023). Berdasarkan hasil, diketahui bahwa mantangan menginvasi lebih masif pada Resor Tampang dan Resor Way Haru yang disebabkan oleh kejadian masa lalu seperti pembukaan lahan dan kebakaran serta habitat yang sesuai untuk pertumbuhan mantangan.

Kata kunci: Mantangan; spesies invasif, *Google Earth Engine*; *random forest*

Abstract Mantangan is a species that has massively invaded the southern part of Bukit Barisan Selatan National Park (BBSNP) and is expected to expand its distribution. Mantangan grows by wrapping its trunk around the host until it covers the surface of the host's body and crown and can creep from one host to another, besides that mantangan can also grow vegetatively through its trunk which is cut and then touches the ground to produce a new generation. Therefore, information on the spatial distribution of mantangan needs to be known through regular monitoring. Nowadays, monitoring can be done by remote sensing, for example using satellite image data. The development of *Google Earth Engine* (GEE) is one option for monitoring mantangan invasion. GEE provides cloud computing-based satellite image data and can produce cloud-free, multitemporal satellite images, so it is a solution to the big data problem and does not require fees for its use. This study aims to determine the extent of mantangan invasion in 2019 – 2023 using GEE. The research was conducted using satellite images, DEM images, and EVI index transformation with random forest algorithm. The research object focused on the southern area of BBSNP which was specifically invaded by mantangan, namely in four resorts including Pemerihan, Way Haru, Way Nipah, and Tampang. The research object is then used as an area of interest (AOI). The results showed good accuracy results with values of 93.49% (*user accuracy*), 95.18% (*producer accuracy*), 95.23% (*overall accuracy*), and 90.18% (*kappa accuracy*) in the mantangan class. Changes in the distribution of challenges reached 7,374.89 ha (2019), 8,237.88 ha (2021), and 8,716.84 ha (2023). Based on the results, it is known that mantangan invaded more massively in Tampang Resort and Way Haru Resort due to past events such as land clearing and fires as well as suitable habitat for mantangan growth.

Keywords: Mantangan, invasive species, *Google Earth Engine*, *random forest*

PENDAHULUAN

Matangan (*Merremia peltata*) merupakan spesies tumbuhan bawah (gulma) dan tumbuhan pemanjat (liana) berkayu (Hermawan *et al.*, 2017) yang memiliki sifat adaptif sehingga dapat tumbuh pada berbagai tutupan lahan yang berbeda. Mantangan tumbuh dengan cara melilitkan

batangnya pada tumbuhan lain (inang) kemudian memanjat hingga menutupi permukaan tubuh dan tajuk inang tersebut. Lilitan tersebut dapat merambat dari satu inang ke inang yang lain (Purwanto, 2016).

Matangan juga dapat tumbuh secara vegetatif. Apabila batangnya terpotong kemudian menyentuh tanah dapat

menumbuhkan akar dan beregenerasi (Pengembara *et al.*, 2014). Hal tersebut menyebabkan sebaran mantangan semakin meluas dan dapat mendominasi. Jika dibiarkan, spesies ini dapat melilit, mencekik, lalu membunuh tumbuhan yang ada di sekitarnya (Purwanto, 2016).

Mantangan tersebar secara alami di Indonesia termasuk di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS). Mantangan menyebar secara masif khususnya di bagian selatan TNBBS (Lubis *et al.*, 2019). Saat ini sebarannya telah mendominasi kawasan TNBBS bahkan telah dinyatakan sebagai spesies invasif oleh *Invasive Species Specialist Group* (ISSG) (Hermawan *et al.*, 2017). Invasi mantangan berpotensi mengancam keanekaragaman hayati di TNBBS. Dampaknya meliputi gangguan pada jaring makanan, penurunan keanekaragaman hayati, ancaman terhadap populasi tumbuhan lokal, hambatan terhadap pergerakan satwa liar, serta penurunan kualitas habitat (Sayfulloh *et al.*, 2020).

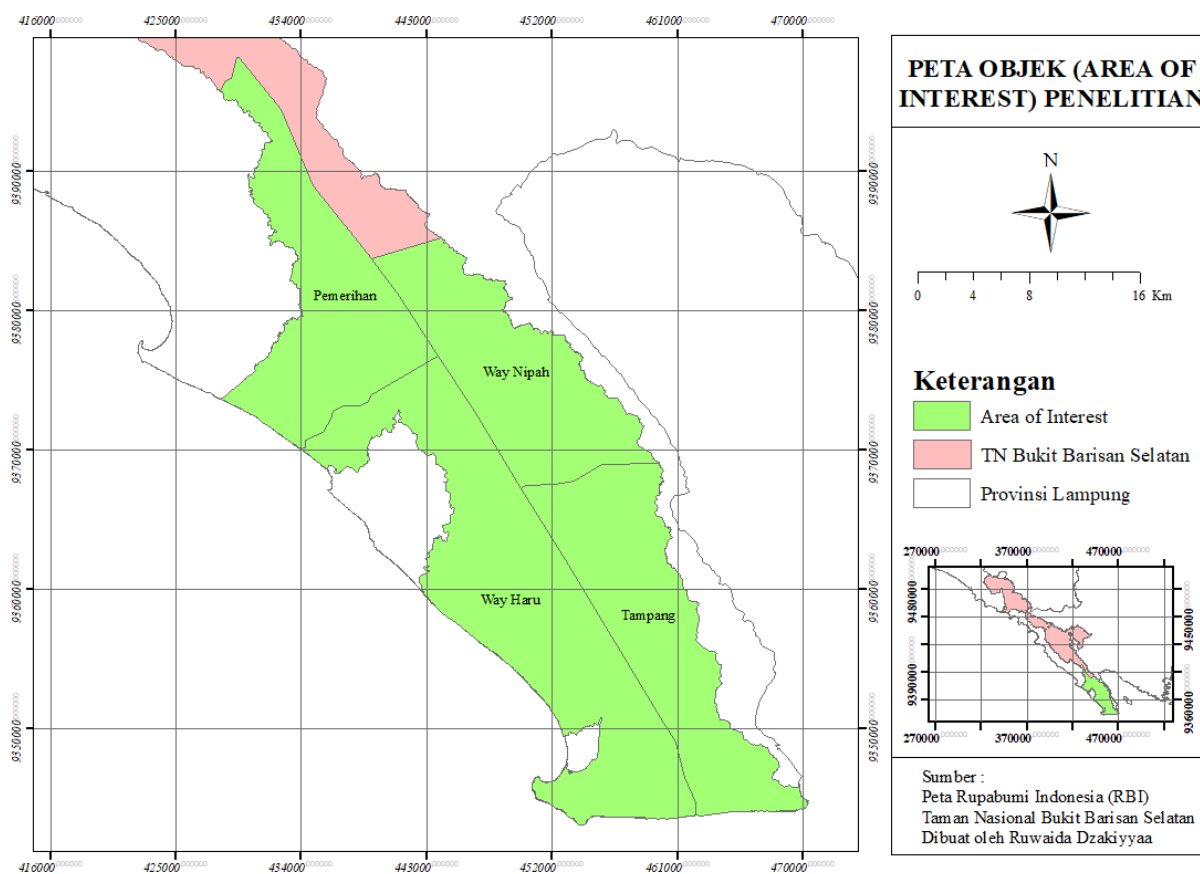
Sebaran mantangan diperkirakan akan semakin meluas di TNBBS. Oleh karena itu diperlukan untuk mengetahui informasi sebaran invasi mantangan dengan pemantauan secara berkala untuk mengetahui bagaimana tren perubahan sebarannya. Kegiatan tersebut dapat memperoleh banyak informasi yang dibutuhkan dalam pengelolaan TNBBS (Harjadi, 2010) seperti menjadi bahan evaluasi dan mendeteksi risiko perubahan sebaran dari pertumbuhan spesies tersebut (Tjitrosoedirdjo *et al.*, 2016).

Pemantauan mantangan pada masa kini dapat dilakukan dengan teknologi yang semakin canggih, yaitu penginderaan jauh. Penginderaan jauh merupakan teknologi yang sangat berguna dalam upaya pemantauan vegetasi yang lebih efisien, khususnya pada suatu kawasan yang luas seperti TNBBS. Menurut Andini *et al.* (2018), informasi terkait

vegetasi semakin mudah untuk diperoleh dengan adanya penginderaan jauh, misalnya dengan menggunakan data citra satelit. Citra satelit adalah salah satu sumber data utama untuk mendapatkan peta tutupan vegetasi. Selain itu, citra satelit juga dapat digunakan untuk menganalisis perubahan penggunaan dan tutupan lahan dari waktu ke waktu. Citra satelit yang paling umum dan sering digunakan salah satunya adalah Sentinel-2 (Adrian *et al.*, 2023).

Secara umum, proses pengolahan citra satelit perlu dilakukan pengunduhan data oleh pengguna dan diproses secara mandiri menggunakan software (Adrian *et al.*, 2023). Dewasa ini, perkembangan *Google Earth Engine* (GEE) dapat memberikan data citra satelit yang dapat diakses secara online dan tanpa biaya (Novianti, 2021; Pratama & Riana, 2022) sehingga dapat diistilahkan sebagai *platform* pemrosesan citra satelit berbasis komputasi awan (*cloud computation*) (Novianti, 2021; Pratama & Riana, 2022; Putri & Sibarani, 2023). *Platform* ini dapat menghasilkan citra satelit dengan tutupan awan yang rendah dimana pengguna dapat memilih citra dalam rentang waktu tertentu sehingga memperoleh data citra satelit multitemporal yang bebas awan. Adanya platform ini dapat menjadi solusi permasalahan big data dalam klasifikasi penggunaan lahan/tutupan lahan salah satunya untuk mengetahui sebaran invasi spesies mantangan di TNBBS.

Penelitian mengenai ekspansi mantangan telah dilakukan oleh Yansen & Hidayat (2014) menggunakan citra Landsat yang menunjukkan luas sebaran mantangan di TNBBS pada tahun 2002 dan 2008. Adapula penelitian oleh Lubis *et al.* (2019) menggunakan citra Sentinel-2 dan SPOT 5 mengenai perubahan invasi mantangan dari tahun 2000 hingga 2017. Akan tetapi, informasi sebaran spasial mantangan yang terkini



Gambar 1. Peta objek penelitian.

belum dilakukan, sehingga perlu adanya pemutakhiran data. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas sebaran invasi mantangan dalam 5 tahun terakhir menggunakan sampel tahun 2019, 2021, dan 2023 dengan *platform* GEE.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian berlokasi di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) khususnya difokuskan pada bagian selatan yang secara masif terinvasi oleh mantangan dengan membuat *area of interest* (AOI) pada empat resor yaitu Pemerihan, Way Haru, Way Nipah, dan Tampang (**Gambar 1**). Pengambilan titik koordinat berlokasi di Stasiun Penelitian Way Canguk (SPWC), Resor Pemerihan, dan Resor Way Haru yang dilakukan secara *accidental sampling*. Adapun titik koordinat mantangan tahun 2019 dan 2020 diperoleh dari WCS-IP.

Data

Data primer yang dibutuhkan di antaranya adalah citra satelit, citra Digital Elevation Model (DEM) dan titik koordinat mantangan yang diperoleh secara langsung ke lapangan. Citra satelit yang digunakan adalah citra tahun 2019, 2021, dan 2023. Adapun data sekunder yang diperlukan meliputi peta kawasan TNBBS, batas administrasi Provinsi Lampung, dan titik koordinat mantangan dari *Wildlife Conservation Society Indonesia Program* (WCS-IP) tahun 2019 dan 2020.

Tahapan Pengolahan Data

Fokus penelitian adalah perubahan sebaran invasi mantangan di bagian selatan TNBBS. Tahapan analisis yang dilakukan yaitu:

1. *Cropping* citra berdasarkan *area of interest* (AOI) wilayah penelitian.
2. Penyusunan data citra Sentinel-2 Level-2A (*surface reflectance*) dengan *filter date* dalam rentang waktu satu tahun untuk menghasilkan citra multitemporal.
3. Menggunakan *function cloudMask* agar menghasilkan citra yang rendah atau bebas dari tutupan awan.
4. Penyusunan data citra DEM.
5. Mentransformasikan citra dengan indeks vegetasi *Enhanced Vegetation Index*.
6. Menggabungkan data citra.
7. Menampilkan visualisasi citra.
8. Melakukan klasifikasi terbimbing (*supervised*) dengan pendekatan *machine learning* dengan algoritma *random forest*.
9. Mengunduh hasil analisis.
10. Menguji akurasi dengan membuat *error matrix* kemudian dilakukan perhitungan akurasi: a) akurasi pengguna (*user accuracy*); b) akurasi pembuat (*producer accuracy*); c) akurasi keseluruhan (*overall accuracy*); dan d) akurasi kappa (*kappa accuracy*) pada klasifikasi citra tahun terakhir (2023) dengan Microsoft Excel.
11. Membuat peta di ArcGIS untuk menghitung pola spasial perubahan sebaran invasi mantangan.

Random Forest

Random forest merupakan salah satu algoritma metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Metode ini berbasis komputasi yang mempertimbangkan berbagai variabel untuk mengklasifikasikan data yang dipilih ke dalam

kategori kelas yang telah ditentukan. Kemampuan metode ini adalah dapat menghasilkan tingkat kesalahan klasifikasi yang rendah, memberikan akurasi tinggi dalam proses klasifikasi, dapat mengolah data dalam jumlah besar, serta efektif dalam menangani data yang tidak lengkap (Amaliah *et al.*, 2022).

Enhanced Vegetation Index (EVI)

EVI merupakan indeks vegetasi yang dioptimalkan untuk meningkatkan deteksi tingkat kehijauan dengan mengurangi pengaruh latar belakang kanopi dan atmosfer secara lebih efektif dibandingkan dengan NDVI (Hardianto *et al.*, 2021). EVI memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap sinyal vegetasi dan lebih responsif terhadap variasi struktur kanopi, jenis kanopi, fisiognomi tanaman, serta arsitektur kanopi (Doni *et al.*, 2021). Penelitian oleh Doni *et al.* (2021) tentang tutupan lahan di Bandar Lampung menunjukkan bahwa indeks EVI lebih baik dibandingkan indeks NDVI karena tingkat sensitivitasnya lebih tinggi terhadap suatu objek berwarna hijau.

Indeks ini memiliki rentang nilai antara -1 sampai 1. EVI merupakan kombinasi yang dioptimalkan dari *band blue, red*, dan NIR yang didesain untuk mengekstraksi kehijauan kanopi terlepas dari latar belakang tanah dan variasi aerosol atmosfer (Ariwahid *et al.*, 2019). EVI dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Laura *et al.*, 2019):

$$EVI = G \times \frac{(NIR - Red)}{(NIR + C_1 \times Red - C_2 \times Blue + L)}$$

Keterangan:

G : faktor keuntungan (2,5)

NIR: band near infrared (band 8)

Red : band red (band 4)

Blue: band blue (band 2)

C_1 : koefisien untuk efek atmosfer (6)

C_2 : koefisien untuk efek atmosfer (7,5)

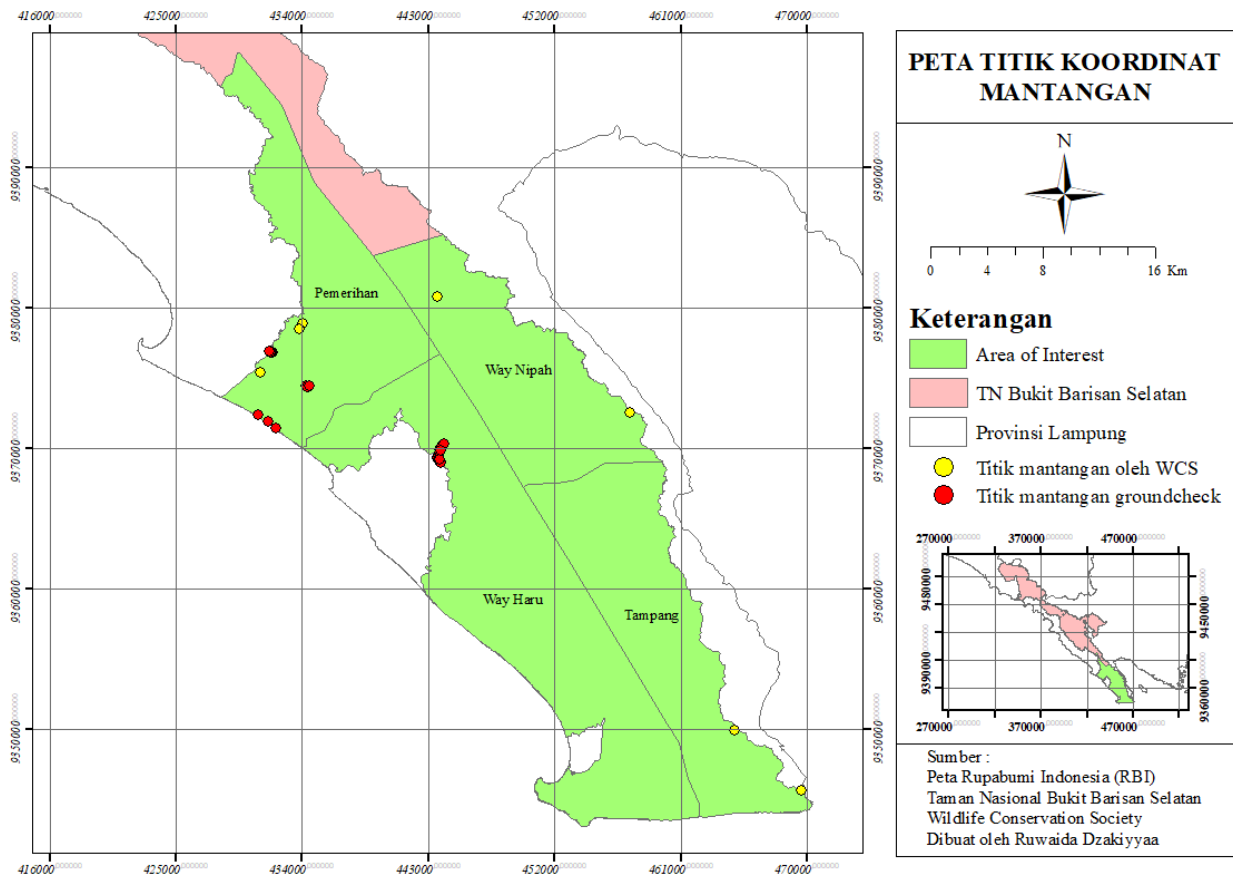
L : faktor kalibrasi untuk efek kanopi dan tanah (1)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Groundcheck

Groundcheck dilakukan untuk memperoleh titik koordinat mantangan di lapangan. *Groundcheck* dilakukan Stasiun Penelitian Way Canguk (SPWC), Resor Pemerihan, dan Resor Way Haru. Titik koordinat sebaran mantangan dapat dilihat pada **Gambar 2**. Berdasarkan *groundcheck* yang telah dilakukan, diperoleh sebanyak 43 titik koordinat mantangan, pada SPWC dengan total sampel sebanyak 8 titik, Resor Pemerihan sebanyak 12 titik, dan Resor Way Haru sebanyak 23 titik. Adapun 7 titik koordinat mantangan yang diperoleh dari pihak WCS-IP pada tahun 2019 dan 2020 di Resor Pemerihan, Way Nipah, dan Tampang.

Sebaran mantangan tidak terlalu mendominasi di SPWC yang sebagian besar kondisi ekosistemnya berupa hutan sehingga tutupan vegetasi cukup rapat di wilayah tersebut. Mantangan ditemukan pada beberapa titik namun tidak tumbuh secara dominan dibandingkan dengan liana atau spesies tumbuhan yang lain sehingga tidak bersifat menginvasi. Akan tetapi, pada tepian sungai ditemukan mantangan yang cukup dominan, hal ini dikarenakan tutupan vegetasi yang lebih terbuka dan tidak begitu rapat sehingga memudahkan mantangan untuk memperoleh sinar matahari (**Gambar 3**). Di dekat pantai, juga diperoleh titik koordinat mantangan



Gambar 2. Titik koordinat mantangan.



Gambar 3. Invasi mantangan di SPWC pada tepian sungai.

yang terletak di Resor Pemerihan. Sementara pada Resor Way Haru ditemukan sebaran mantangan yang mendominasi pada beberapa titik lokasi dikarenakan tutupan vegetasi yang tidak terlalu rapat dan dekat dengan area terbuka seperti di dekat kebun, jalan, dan sungai (**Gambar 4**).

SPWC yang terletak di Resor Pemerihan memiliki vegetasi rapat dan merupakan hutan dataran rendah yang tersisa di TNBBS (Andriyani *et al.*, 2022). Tutupan vegetasi yang rapat menyebabkan mantangan tidak mendominasi di SPWC. Walaupun sifatnya yang adaptif, mantangan lebih cepat tumbuh dan menyebar pada dataran rendah (Pusat Data dan Analisa Tempo, 2020) dan wilayah dengan tutupan tajuk

yang jarang atau area terbuka yang mudah dimasuki sinar matahari (Master *et al.*, 2013; Yansen *et al.*, 2015; Master *et al.*, 2016; Lubis *et al.*, 2019; Pusat Data dan Analisa Tempo, 2020).

Optimalnya pasokan sinar matahari merupakan faktor pendukung proses perkecambahan spesies tumbuhan invasif (Tjitrosoedirdjo *et al.*, 2016) sehingga mendorong perluasan sebaran spesies tumbuhan invasif. Dapat dilihat pada **Gambar 5**, invasi mantangan di lokasi pembukaan hutan untuk perkebunan kopi di Resor Way Haru. Hal tersebut menunjukkan bahwa sinar matahari yang lebih mudah mengenai lantai hutan akan lebih memudahkan juga proses penyebaran invasi mantangan.



Gambar 4. Invasi mantangan di Resor Way Haru pada areal terbuka.



Gambar 5. Invasi mantangan di lokasi pembukaan hutan untuk perkebunan kopi: (a) invasi mantangan; dan (b) tutupan kebun kopi.

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan pada hasil analisis klasifikasi citra tahun terakhir sebelum dilakukan pembuatan peta perubahan sebaran invasi mantangan. Interpretasi citra dianggap benar apabila hasil pengujian akurasi mencapai batas toleransi $\geq 80-85\%$ (Wulansari, 2017; Tatisina *et al.*, 2020; Valent *et al.*, 2021). Tabel *error matrix* yang dibuat pada hasil analisis klasifikasi citra tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 1**. Adapun perolehan hasil uji akurasi yang disajikan pada **Tabel 2**.

User accuracy dan *producer accuracy* menunjukkan nilai akurasi pada tiap-tiap kelas. Berdasarkan **Tabel 2**, kategori kelas tutupan lahan terdiri dari kelas mantangan dan non mantangan. *User accuracy* dan *producer accuracy* menunjukkan nilai akurasi pada tiap-tiap kelas. Berdasarkan **Tabel 2**, kategori kelas tutupan lahan terdiri dari kelas mantangan dan non mantangan. *User accuracy* dilihat dari perspektif pengguna peta, sedangkan *producer accuracy* dari perspektif pembuat peta. Dalam tabel perhitungan, terdapat istilah *omission error* (kesalahan omisi), yaitu kesalahan akibat adanya data yang terlewat atau tidak terdeteksi, dan *commission error* (kesalahan

komisi), yaitu kesalahan akibat adanya data yang berlebih atau salah ditambahkan. (Wulansari *et al.*, 2017).

Berdasarkan uji akurasi yang dilakukan, hasil klasifikasi menunjukkan nilai akurasi yang tergolong baik pada seluruh kelas (mantangan dan non mantangan). Nilai mantangan pada *user accuracy* adalah sebesar 93,49% sementara non mantangan 96,51%. Adapun nilai *producer accuracy* yang diperoleh yaitu mantangan sebesar 95,18% dan non mantangan 95,26%.

Sementara nilai *overall accuracy* dan *kappa accuracy* menunjukkan nilai akurasi secara umum atau menyeluruh. Hasil yang diperoleh yaitu *overall accuracy* sebesar 95,23% dan *kappa accuracy* sebesar 90,18%. Berdasarkan hasil uji akurasi, pemantauan invasi mantangan dengan menggunakan GEE dapat menghasilkan akurasi yang baik dengan algoritma *random forest*.

Perubahan Sebaran Invasi Mantangan

Perubahan luas invasi mantangan dari tahun 2019 hingga 2023 dapat dilihat pada **Gambar 6**. Visualisasi sebaran invasi

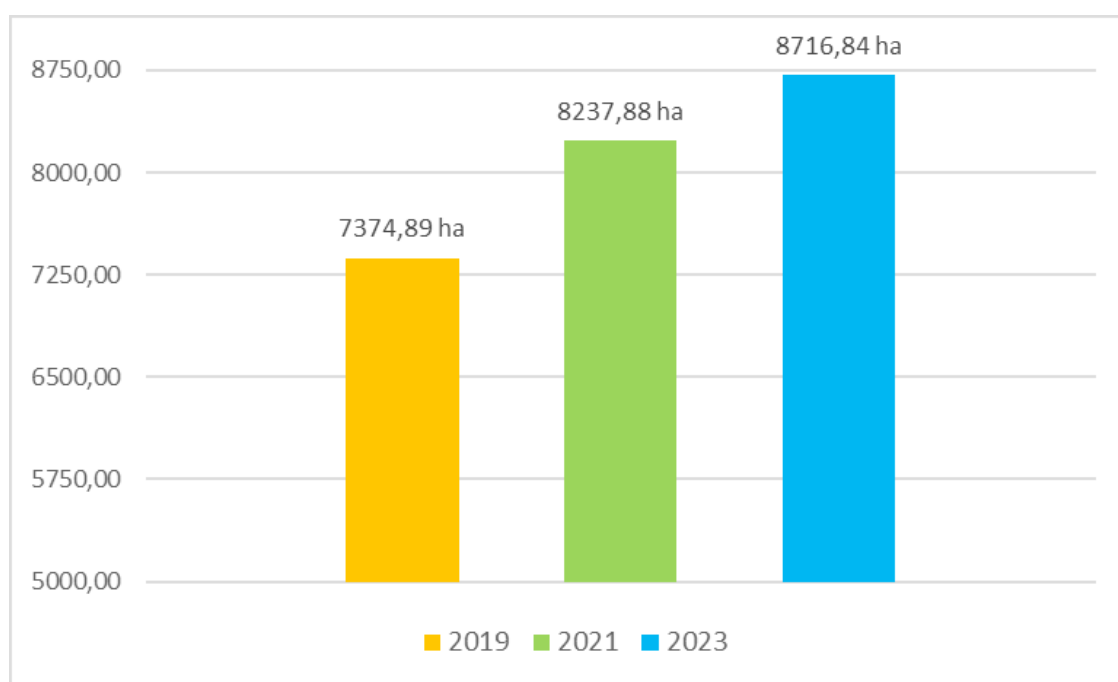
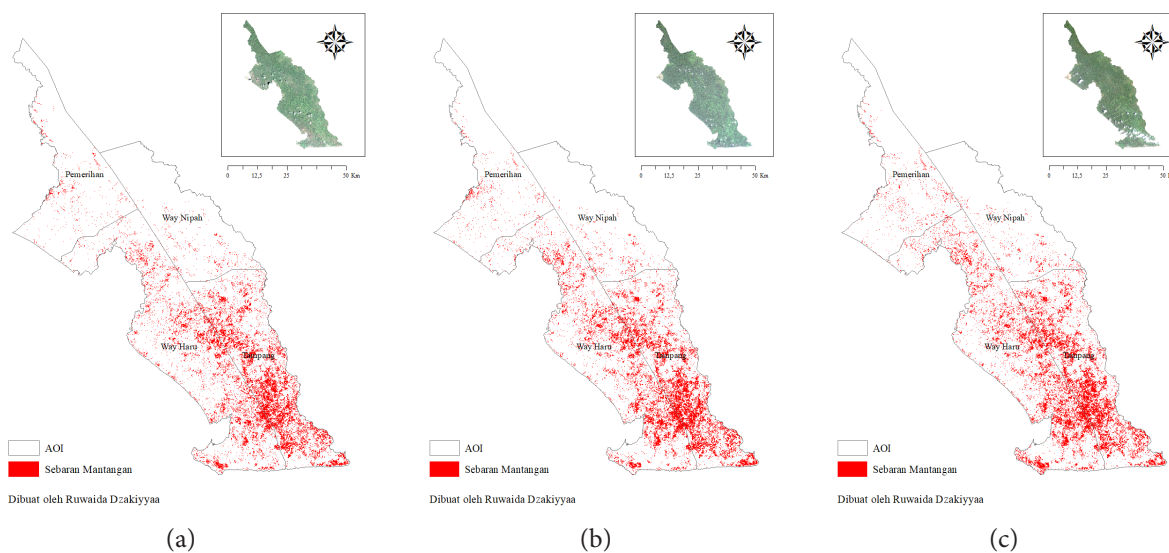
Tabel 1. Hasil *error matrix* klasifikasi citra tahun 2023

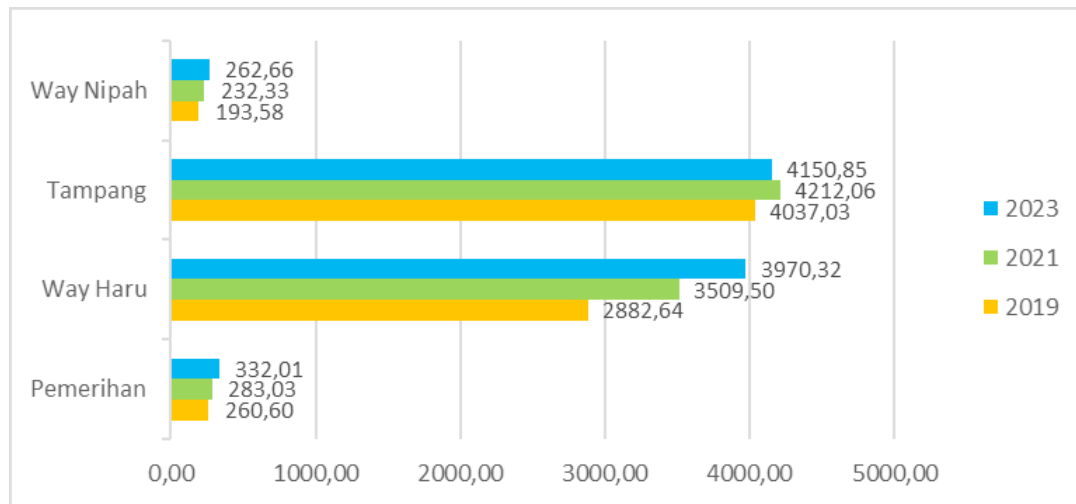
Kelas		Hasil <i>Groundcheck</i>		Total
		Mantangan	Non Mantangan	
Hasil Klasifikasi	Mantangan	474 ^a	33	507
	Non Mantangan	24	663 ^a	687
Total		498	696	1194

^aJumlah benar antara hasil klasifikasi dan *groundcheck***Tabel 2.** Hasil uji akurasi

Kelas	<i>User Accuracy</i> (%)	<i>Producer Accuracy</i> (%)	<i>Overall Accuracy</i> (%)	<i>Kappa Accuracy</i> (%)
Mantangan	93,49	95,18	95,23	90,18
Non Mantangan	96,51	95,26		

Sumber: Hasil analisis data (2025)

**Gambar 6.** Perubahan luas sebaran mantangan**Gambar 7.** Visualisasi sebaran mantangan: a) 2019; b) 2021; dan c) 2023



Gambar 8. Dinamika luas sebaran mantangan di tiap resor

mantangan pada tahun 2019, 2021, dan 2023 dapat dilihat pada **Gambar 7**. Adapun diagram luas mantangan pada masing-masing resor dapat dilihat pada **Gambar 8**. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan luas sebaran mantangan pada tahun 2019, 2021, dan 2023 secara berturut-turut adalah 7.374,89 ha, 8.237,88 ha, dan 8.716,84 ha. Yansen & Hidayat (2014) menyatakan bahwa luas mantangan terus bertambah di TNBBS dimana pada tahun 2002 berkisar 6.393 ha dan meningkat pada tahun 2008 menjadi berkisar 7.008 ha. Adapun penelitian yang telah dilakukan oleh Lubis *et al.* (2019), menunjukkan bahwa mantangan bertambah luas sebanyak 330 ha setiap tahun yang tersebar di 3 resor TNBBS yakni Tampang, Way Haru, dan Way Nipah. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa luas sebaran mantangan selalu bertambah setiap tahunnya.

Berdasarkan **Gambar 8**, mantangan telah menginvasi ke 4 resor yang dijadikan sebagai area penelitian. Dapat diketahui bahwa mantangan secara masif menginvasi paling banyak di 2 resor, yaitu Tampang dan Way Haru. Daerah sekitar desa Way Haru, Bandar Dalam, dan Tampang mengalami penurunan tutupan hutan seluas 2.565,54 ha dari tahun 2000 hingga 2009 (Master *et al.*, 2016) yang diduga karena pembukaan hutan (Master *et al.*, 2016; Lubis *et al.*, 2019; Yansen *et al.*, 2015) untuk perkebunan sehingga menyebabkan mantangan menyebar dengan luas di daerah tersebut. Sebelum tahun 1982, Resor Tampang adalah kawasan dengan Hak Pengelolaan Hutan (HPH) yang telah mengalami banyak pembukaan lahan hutan, tidak sedikit sebagian area tersebut dijadikan kebun kopi, kakao, serta lada, bahkan pemukiman oleh masyarakat sekitar (Hermawan *et al.*, 2017). Kebakaran yang terjadi pada masa lalu juga memberikan peluang bagi mantangan untuk tumbuh dan berkembang (Lubis *et al.*, 2019).

Pembukaan hutan, kebakaran hutan, dan pembangunan infrastruktur salah satunya pembuatan jalan membuka peluang bagi mantangan untuk tumbuh dan berkembang. Keberadaan jalan dapat mendukung aktivitas ilegal manusia untuk membuka hutan baik untuk pertanian, permukiman, maupun kebun (Lubis *et al.*, 2019). Hermawan *et al.* (2017) menyatakan bahwa penggunaan lahan memiliki hubungan terhadap kelimpahan spesies invasif, adanya pembukaan hutan menyebabkan pasokan sinar matahari semakin besar sehingga dapat mempercepat persebaran mantangan. Spesies ini tumbuh sangat cepat di kawasan terbuka dan tepi hutan (Yansen *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Pemantauan invasi mantangan secara berkala dengan GEE dapat mengatasi permasalahan *big data* dimana klasifikasi citra dengan algoritma *random forest* dapat menggunakan banyak data seperti citra satelit, citra DEM, dan citra yang ditransformasikan dengan indeks vegetasi EVI. Hasil akurasi yang diperoleh telah melebihi batas toleransi yaitu senilai 93,49% (*user accuracy*), 95,18% (*producer accuracy*), 95,23% (*overall accuracy*), dan 90,18% (*kappa accuracy*). Perubahan sebaran mantangan selama 5 tahun terakhir (2019, 2021, dan 2023) secara berturut-turut mencapai 7.374,89 ha (2019), 8.237,88 ha (2021), dan 8.716,84 ha (2023).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh anggota tim peneliti yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini serta WCS-IP yang telah memberi dukungan fasilitas riset dan ilmiah, logistik, teknis lapangan, dan dana hibah untuk penelitian ini melalui program *Research Fellowship Program* (RFP). Tim penulis juga menyampaikan terima kasih kepada TNBBS yang telah memberikan izin penelitian (SI.17/T.7/BIDTEK/KSA.1/4/2024) dan data-data terkait yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama merancang metode penelitian, melakukan pengumpulan data lapangan, melakukan pengolahan data, analisis data, dan menyusun naskah publikasi; **Penulis Kedua** merancang metode penelitian dan *review* naskah publikasi; **Penulis Ketiga** merancang metode penelitian dan *review* naskah publikasi; **Penulis Keempat** *review* naskah publikasi; **Penulis Kelima** *mentoring* pengambilan data lapangan dan *review* naskah publikasi; dan **Penulis Keenam** *review* naskah publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian., Widiatmaka., Munibah, K., & Firmansyah, I. (2023). Pola spasial perubahan tutupan lahan/penggunaan lahan menggunakan Google Earth Engine di Kabupaten Majalengka. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota* 19(4), 447-463. <https://doi.org/10.14710/pwk.v19i4.46254>
- Amaliah, S., Nusrang, M., & Aswi. (2022). Penerapan metode *random forest* untuk klasifikasi varian minuman kopi di Kedai Kopi Konijiwa Bantaeng. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its*

- Application on Teaching and Research*, 4(2), 121-127. <https://doi.org/10.35580/variasiunm31>
- Andini, S.W., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2018). Analisis sebaran vegetasi dengan citra satelit sentinel menggunakan metode NDVI dan segmentasi (studi kasus: Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip* 7(1), 14-24. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.19295>
- Andriyani, A., Nurcahyani, N., Susanto, G.N., Sibarani, M.C., & Utoyo, L. (2022). Keanekaragaman burung kicau di Stasiun Penelitian Way Cangk Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *J-BEKH: Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v9i1.206>
- Ariwahid, A.N., Sukmono, A., & Subiyanto, S. (2019). Estimasi umur padi menggunakan metode EVI multitemporal berbasis identifikasi the early planting (TEP) dengan citra landsat 8 di Kabupaten Kendal dan Kabupaten Demak. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(4), 90-100. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2019.25148>
- Doni, L.R., Yuliantina, A., Dewi, R., Pahlevi, M.Z., & Kusumawardhani, N.A. (2021). Komparasi luas tutupan lahan di Kota Bandar Lampung berdasarkan algoritma NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan EVI (Enhanced Vegetation Index). *JGRS: Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 2(1), 16-24. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.43>
- Hardianto., Jaya, L.M.G., Nurgiantoro., & Kharisa, N.H. (2021). Perbandingan metode indeks vegetasi NDVI, SAVI dan EVI terkoreksi atmosfer iCOR. *JAGAT: Jurnal Geografi Aplikasi dan Teknologi*, 5(1), 53-62. <http://dx.doi.org/10.33772/jagat.v5i1.17841>
- Harjadi, B. (2010). Monitoring penutupan lahan di DAS Grindulu dengan metode penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. *Forum Geografi*, 24(1), 85-91. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v24i1.5017>
- Hermawan, R., Hikmat, A., Prasetyo, L.B., & Setyawati, T. (2017). Model sebaran spasial dan kesesuaian habitat spesies invasif mantangan (*Merremia peltata* (L.) Merr.) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Nusa Sylva*, 17(2), 80-90. <https://doi.org/10.31938/jns.v17i2.205>
- Laura, C.T., Darmawan, A., & Hilmanto, R. (2019). Deteksi Tutupan Repong Damar di Pesisir Barat Lampung Menggunakan Citra Satelit Penginderaan Jauh. *Jurnal Hutan Tropis*, 7(3), 247-260. <http://dx.doi.org/10.20527/jht.v7i3.7511>
- Lubis, M.I., Hussein, S., Ismanto., Wandono, H., Affandi, F.R., & Marthy, W. (2019). *Monitoring Perubahan Tutupan Hutan di Bentang Alam Bukit Barisan Selatan Periode 2000-2017*. Bogor: TNBBS & WCS-IP.
- 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>
- Master, J., Tjitrosoedirdjo, S., & Qayim, I. (2016). Abiotic Factors Influencing Mantangan (*Merremia peltata*) invansion in Bukit Barisan Selatan National Park. *Biotropia*, 23(1), 21-27. <https://doi.org/10.11598/btb.2016.23.1.457>
- Novianti, T.C. (2021). Klasifikasi landsat 8 OLI untuk tutupan lahan di Kota Palembang menggunakan Google Earth Engine. *Jurnal Swarnabhumi*, 6(1), 75-85. <https://doi.org/10.31851/swarnabhumi.v6i1.5105>
- Pengembara, T., Master, J., Yulianti., Rustiati, E.L., & Subiakto, A. (2014). Laju pertumbuhan mantangan (*Merremia peltata* L. Merr.) yang tumbuh melalui regenerasi vegetatif. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*, 133-139. <https://doi.org/10.25181/prosemnas.v0i0.380>
- Pratama, M.R. & Riana, D. (2022). Klasifikasi penutupan lahan menggunakan Google Earth Engine dengan metode klasifikasi terbimbing pada wilayah Penajam Paser Utara. *Jurnal JUPITER*, 1(1), 637-650. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/jupiter/article/view/5927/2229>
- Purwanto, E. (2016). *Strategi Anti-Perambahan di Tropical Rainforest Heritage of Sumatra: Menuju Paradigma Baru*. Bogor: Tropenbos International Indonesia & UNESCO.
- Pusat Data dan Analisa Tempo. (2020). *Jejak Badak di Tanah Pribumi*. Jakarta: Tempo Publishing.
- Putri, R.A. & Sibarani, R. (2023). Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine dan Citra Landsat 8 OLI (Studi Kasus Kabupaten Belitung Timur). *Jurnal JUPITER*, 15(2), 1031-1042. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10070659>
- Sayfullloh, 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. <https://doi.org/10.23960/jsl18i09-120>
- Tatisina, N.N., Siahaya, W.A., & Haumahu, J.P. (2020). Transformasi indeks vegetasi citra landsat 8 oli untuk pemetaan musim tanam pada lahan sawah di Kabupaten Buru, Provinsi Maluku. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 16(2), 197-205. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2020.16.2.197>
- Tjitrosoedirdjo, S., Tjitrosoedirdjo, S.S., & Setyawati, T. (2016). *Tumbuhan Invasif dan Pendekatan Pengelolaannya*. Bogor : Seameo Biotrop.
- Valent, C.G., Subiyanto, S., & Wahyudin, Y. (2021). Analisis pola dan arah perkembangan permukiman di wilayah Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta (APY) (studi kasus: Kabupaten Sleman). *Jurnal Geodesi Undip* 10(2), 78-87. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2021.30636>
- Wulansari, H. (2017). Uji akurasi klasifikasi penggunaan lahan menggunakan metode defuzzifikasi maximum likelihood berbasis citra ALOS AVNIR-2. *Bhumi*, 3(1), 98-110. <http://dx.doi.org/10.31292/jb.v3i1.233>
- Yansen & Hidayat, M.F. (2014). Pendugaan biomassa individu dan analisis citra landsat lahan hutan terpapar spesies liana invasif *Merremia peltata* di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*, 2(3), 272-277. <http://dx.doi.org/10.20527/jht.v2i3.2255>
- Yansen., Wiryo., Deselina., Hidayat, M.F., & Depari, E.K. (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. <http://dx.doi.org/10.11598/btb.2015.22.1.353>