

JURNAL

penelitian **HUTAN** tanaman

ISSN : 1829-6327
E-ISSN : 2442-8930

Vol. 21 No. 2, Desember 2024

Analisis Kesuburan Tanah pada Berbagai Kerapatan Tajuk di Jasinga Silviculture Teaching Industry

Morfologi Kandidat Pohon Plus *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh pada Ekosistem Mangrove Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah

Respon *Ultrafine Bubbles* dan *Dark Septate Endophytes* terhadap Pertumbuhan Bibit Malapari (*Pongamia pinnata*)

Restorasi 15 Tahun: Analisis Komposisi, Potensi, dan Keanekaragaman Jenis di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat

Potensi Jenis Tanaman Pangan Tahunan di Zona Penyangga Kawasan Hutan untuk Ibu Kota Negara Baru: Sebuah Analisis Keberlanjutan Secara Sosial, Ekonomi dan Ekologis



Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia
Association of Indonesian Forestry and Environment Researchers and Technicians

Terakreditasi
Surat Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
No: 158/E/KPT/2021

JURNAL PENELITIAN HUTAN TANAMAN

Vol. 21 No. 2, Desember 2024

DAFTAR ISI

1. **Analisis Kesuburan Tanah pada Berbagai Kerapatan Tajuk di Jasinga Silviculture Teaching Industry**
(Analysis of Soil Fertility at Various Level of Canopy Density in Jasinga Silviculture Teaching Industry)
Navista Arumtanzia, Omo Rusdiana, dan/and Nina Mindawati _____ 72-86
2. **Morfologi Kandidat Pohon Plus *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh pada Ekosistem Mangrove Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah**
*(Morphological of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh Candidate Plus Trees at Segara Anakan Mangrove Ecosystem, Cilacap Regency, Central Java Province)*
Irma Yeny, Fifi Gus Dwiyantri, Cecep Kusmana, Suyadi, Yulizar Ihrami Rahmila, Mira Yulianti, Muhammad Faisal dan/and Muksin Purnama _____ 87-100
3. **Pengaruh *Ultrafine Bubbles* dan *Dark Septate Endophytes* terhadap Pertumbuhan Bibit Malapari (*Pongamia pinnata*)**
*(Effect of Ultrafine bubbles and Dark Septate Endophytes on the Seedling Growth of Malapari (*Pongamia pinnata*))*
Eliya Suita, Dolly Priatna, Dede J Sudrajat, Surono dan/and Y. Aris Purwanto ____ 101-114
4. **Restorasi 15 Tahun: Analisis Komposisi, Potensi, dan Keanekaragaman Jenis di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat**
(Restoration of 15 years: Analysing species composition, potential, and diversity)
Mawazin, Prijanto Pamoengkas, Darwo, Ika Heriansyah dan/and Rosita Dewi ____ 115-124
5. **Potensi Jenis Tanaman Pangan Tahunan di Zona Penyangga Kawasan Hutan untuk Ibu Kota Negara Baru: Sebuah Analisis Keberlanjutan Secara Sosial, Ekonomi dan Ekologis**
(Potential of Perennial Food Crops in Forest Buffer Zones for the New Capital City: A Social, Economic, and Ecological Sustainability Analysis)
Dian Charity Hidayat, Tri Astuti Wisudayati, Dony Rachmanadi, Arief Susianto, Supriadi, Surati, Dewi Ratna Kurnia Sari, Kresno Agus Hendarto, dan/and Shine Pintor Siolemba Patiro _____ 125-141

**Analisis Kesuburan Tanah pada Berbagai Kerapatan Tajuk di Jasinga
Silvikulture Teaching Industry**
*(Analysis of Soil Fertility at Various Level of Canopy Density in Jasinga Silviculture
Teaching Industry)*

Navista Arumtanzia^{1*}, Omo Rusdiana¹, dan/and Nina Mindawati²

¹Program Studi Silvikultur Tropika, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Kampus Dramaga, Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat (16680), Telp. (0251) 8621677

²Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan Kawasan Sains dan Teknologi Dr. (H.C.) Ir. H. Soekirno
Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat (16911)

*E-mail: navista00@gmail.com

Tanggal diterima: 30 Mei 2024; Tanggal disetujui: 27 September 2024; Tanggal direvisi: 1 Oktober 2024

Abstract

Jasinga Silviculture Teaching Industry is a forest area specifically used as a research forest in mixed stands forest plantation. This forest area must pay attention to the soil's sustainability and fertility. This research aims to analyze soil fertility based on the physical and chemical properties of the soil at various canopy densities. Crown density was measured using a spherical densitometer. Soil samples were taken at three points diagonally in plots measuring 20 m × 20 m based on low, medium, and high canopy density. The parameters used to determine soil fertility are soil texture, pH, C-organic, potential P₂O₅, potential K₂O, exchangeable cations, cation exchange capacity, and base saturation. The research results showed that the soil conditions under the tree canopy covers had varying soil textures from dust to sandy loam, acid soil pH, low until very low C-organic, low P₂O₅, low exchangeable cations, moderate until high K₂O, and very low base saturation. The CEC value at low, medium, and high canopy density was very high, with 50.30 me/100 g, 52.96 me/100 g, and 53.93 me/100 g, respectively. The soil fertility status at each canopy density has the same results: soil fertility is classified as low.

Keywords: Forest plantations, fertility, soil nutrients, CEC

Abstrak

*Jasinga Silviculture Teaching Industry merupakan kawasan hutan yang dimanfaatkan secara khusus menjadi hutan penelitian di kawasan hutan tanaman tegakan campuran. Kawasan hutan ini harus tetap memperhatikan kelestarian dan kesuburan tanahnya. Tujuan penelitian adalah menganalisis kesuburan tanah berdasarkan sifat fisik dan kimia tanah pada berbagai kerapatan tajuk. Kerapatan tajuk diukur menggunakan *spherical densiometer*. Sampel tanah diambil di tiga titik secara diagonal pada petak berukuran 20 m × 20 m berdasarkan kerapatan tajuk rendah, sedang, dan tinggi. Parameter yang digunakan untuk menentukan kesuburan tanah yaitu tekstur tanah, pH tanah, C-organik, P₂O₅ potensial, K₂O potensial, kation yang dapat ditukar, kapasitas tukar kation, dan kejenuhan basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi tanah di ketiga tutupan tajuk memiliki tekstur tanah beragam dari debu hingga lempung berpasir, pH tanah masam, C-organik yang rendah hingga sangat rendah, P₂O₅ yang sangat rendah, dan kation dapat ditukar yang rendah, K₂O yang sedang hingga tinggi, dan kejenuhan basa yang sangat rendah. Nilai KTK pada kerapatan tajuk rendah, sedang, dan tinggi tergolong sangat tinggi dengan nilai berturut-turut 50,30 me/100 g, 52,96 me/100 g, dan 53,93 me/100 g. Status kesuburan tanah di setiap kerapatan tajuk memiliki hasil yang sama, yaitu kesuburan tanah yang tergolong rendah.*

Kata kunci: Hutan tanaman, kesuburan, hara tanah, KTK

1. Pendahuluan

Tanah sebagai lantai dasar hutan memiliki peranan penting dalam kelangsungan hidup makhluk hidup. Tanah terbentuk dari komponen kompleks yang terdiri dari padatan, cairan, hingga udara yang bercampur dan dipengaruhi faktor lain seperti suhu, kelembaban, angin, dan sinar matahari (Lapadjati et al., 2016). Fungsi tanah selain menjadi tempat tumbuh tanaman juga sebagai media mencengkramnya akar, turut aktif dalam menyediakan dan menyerap air serta hara untuk menutrisi tanaman (Bakri et al., 2016). Baik buruknya tanah dalam menyerap hara akan menentukan kualitas tanah. Kualitas tanah yang baik akan berkorelasi positif terhadap kesuburan tanah. Adapun kesuburan tanah ditentukan oleh sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sebagai tempat hidup akar tanaman (Yang et al., 2024). Tanah yang subur mampu menyediakan unsur hara yang seimbang, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal (Pinatih et al., 2015). Apabila unsur hara dalam tanah tergolong rendah, maka pertumbuhan tanaman juga akan terganggu. Kandungan hara yang terdapat di tanah dapat berubah-ubah oleh faktor lain, seperti musim, jenis tanaman, dan pengolahan tanahnya.

Sifat fisik tanah berpengaruh terhadap keseimbangan udara dan air, penyimpanan air dan unsur hara, penetrasi akar tanaman, tingkat erosi tanah, dan kelimpahan habitat organisme tanah (Wolf et al., 2023). Hal ini dikarenakan sifat fisik tanah dapat menentukan besar air yang mampu disimpan oleh tanah. Parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kesuburan tanah berdasarkan sifat fisik tanah, yaitu tekstur tanah. Jenis tekstur tanah memengaruhi banyaknya air yang dapat diikat serta ruang pori yang tersedia sehingga dapat mendorong perkembangan akar tanaman dan membantu pertumbuhan mikroorganisme (Kome et al., 2019). Sifat kimia tanah menjadi indikator kesuburan tanah berdasarkan kandungan hara penyusun tanah. Kelimpahan unsur hara sangat bermanfaat dalam pertumbuhan tanaman. Parameter yang digunakan untuk menentukan kesuburan tanah berdasarkan sifat kimia tanah yaitu pH, C-organik, P₂O₅ potensial, K₂O potensial, KTK

(Kapasitas Tukar Kation), dan KB (Kejenuhan Basa). Analisis kimia tanah tersebut diperlukan untuk mengetahui kadar unsur hara pada tanah yang diperlukan dan mengetahui status kesuburan tanahnya (Batu et al., 2019).

Setiap tipe tegakan dan kerapatan yang berbeda memengaruhi bahan organik tanah sebagai sumber hara yang berperan dalam mempertahankan kondisi kelembaban dan kesuburan tanah yang berbeda (Zubaidah, 2020). Hal ini dipengaruhi dari faktor biotik dan abiotik yang berada di lokasi. Hutan di *Jasinga Silviculture Teaching Industry* (JSTI) termasuk ke dalam tipe hutan tanaman yang memiliki komposisi tegakan campuran dan memiliki kondisi yang kurang terawat, sehingga terdapat lokasi dengan tegakan yang rapat hingga jarang. Sifat fisik dan kimia tanah yang baik sangat dibutuhkan di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* dalam mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik. Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan penelitian adalah menganalisis kesuburan tanah pada berbagai kerapatan tajuk terkait sifat fisik dan kimia tanah di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* yang diharapkan memberikan informasi tingkat kesuburan tanah untuk pemanfaatan lahan yang berkelanjutan.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2022 di Lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* (JSTI), Kabupaten Bogor. *Jasinga Silviculture Teaching Industry* secara geografis berada di titik koordinat 6°31'52" LS dan 106°25'55" BT pada ketinggian ± 250 m di atas permukaan laut. Kondisi topografi di *Jasinga Silviculture Teaching Industry* berbukit-bukit dengan kemiringan lahan sekitar 15-20%. Curah hujan rata-rata yang dimiliki 3.000-4.000 mm/tahun. Jenis tanah yang terdapat di lahan penelitian termasuk tanah podsolik merah kuning. Salah satu sifat yang dimiliki jenis tanah ini, yaitu memiliki pH rendah atau masam (Rusdiana et al., 2024). Mayoritas tanaman yang ditemukan yaitu jenis akasia (*Acacia mangium* Willd.) dengan beberapa campuran tanaman lain

seperti puspa (*Schima Wallichii* DC. Korth), nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), dan palem-paleman seperti rotan (*Calamus* spp.).

2.2. Metode

2.2.1. Pemilihan lokasi pengamatan

Pemilihan lokasi petak penelitian diambil berdasarkan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* merupakan pengambilan contoh tanah secara sengaja sesuai dengan tujuan penelitian. Seperti pada penelitian ini ditujukan untuk keterwakilan di setiap jenis kerapatan tajuk (Pryono, 2018). Petak yang diteliti berbentuk persegi dengan ukuran 20 m x 20 m. Pemilihan ketiga petak didasarkan dari jenis kerapatan tajuknya, yaitu kerapatan tajuk tinggi, kerapatan tajuk sedang dan kerapatan tajuk rendah.

2.2.2. Pengukuran kerapatan tajuk

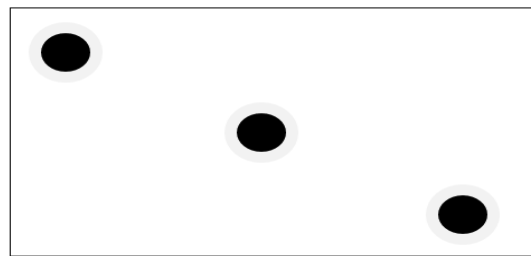
Kerapatan tajuk menjadi keterwakilan dalam menentukan petak di lapang. Kerapatan tajuk diukur menggunakan alat *spherical densiometer* di 5 titik dalam tiap petak. Pengukuran kerapatan tajuk di setiap titik dilakukan dengan menghadap ke empat arah mata angin, yaitu barat, timur, utara dan selatan. Hasil kerapatan tajuk dari empat arah mata angin tersebut selanjutnya dirata-ratakan. Menurut Sartika (2020), kerapatan tajuk dibagi menjadi tiga golongan. Kerapatan tajuk rapat digolongkan apabila tutupan tajuk lebih dari 70%, kerapatan tajuk sedang jika tutupan tajuk dari 40-70%, dan kerapatan tajuk rendah apabila tutupan tajuk kurang dari 40%. Perhitungan kerapatan tajuk menggunakan rumus persen kerapatan tajuk (Sartika, 2020).

$$\text{Kerapatan tajuk (\%)} = \frac{\text{Jumlah persegi dalam jaringan yang tertutup kanopi}}{\text{Jumlah persegi dalam jaringan densiometer}} \times 100\%$$

2.2.3. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah di lapang dibagi berdasarkan kriteria kerapatan tajuk. Sampel tanah yang diambil berupa sampel tanah terganggu yang diambil di tiga titik pengambilan secara diagonal pada petak (Gambar 1). Sampel tanah terganggu diambil

menggunakan bor tanah. Kedalaman sampel tanah diambil di tiap titiknya hingga kedalaman 60 cm. Berdasarkan Pusat Penelitian Tanah (1995), kedalaman tanah yang memungkinkan untuk dievaluasi sifat fisik dan kimia tanah untuk kesuburan tanah yaitu sampai kedalaman 60 cm. Tanah yang diambil kemudian disatukan dan dikompositkan setiap kerapatan tajuknya. Sampel tanah yang sudah dikompositkan kemudian dianalisis sifat fisik dan sifat kimia tanahnya.



Gambar (Fig.) 1. Petak pengambilan sampel tanah (*Soil sampling plot*)

2.2.4. Analisis data

Analisis data sifat fisik dan kimia tanah yang dilakukan berupa tekstur tanah, pH tanah, C-organik, P₂O₅ potensial, K₂O potensial, KTK, kation yang dapat ditukar, dan KB. Analisis tekstur tanah menggunakan *finger assessment method* agar dapat mengetahui tekstur tanah saat kondisi tanahnya lembab atau kelembabannya dapat dimanipulasi (Zubaidah, 2020). Metode ini melekatkan tanah dengan air hingga lembab, kemudian tanah dapat ditekan seperti plastisin dan dapat dibentuk bolus, silinder, dibengkokkan seperti bentuk tapal kuda, hingga dibentuk cincin. Di setiap tahapan ini dilihat bentuk dan kelas tekstur yang dicapai sampel tanah berdasarkan alur diagram dari metode *flowchart* (*Department of Primary Industries*, 2019). Kelas tekstur tanah ditentukan berdasarkan kelas kerikil, pasir kasar, pasir, pasir halus, lanau kasar, lanau halus, dan lempung (Spohn & Stendahl, 2024). Analisis sifat kimia dilakukan pengujian di laboratorium *Indonesian Center of Biodiversity and Biotechnology* (ICBB) (Tabel 1).

Tabel (Table) 1. Metode analisis sifat kimia tanah (*Soil chemical properties analysis methods*)

No.	Parameter	Metode (Methods)
1.	pH Tanah (<i>Soil pH</i>)	Potensiometri
2.	C-organik (<i>C-Organic</i>)	Walkley & Black
3.	P ₂ O ₅ Potensial (<i>P₂O₅ Potential</i>)	Ekstrak HCL 25%
4.	K ₂ O Potensial (<i>K₂O Potential</i>)	Ekstrak HCL 25%
5.	KTK (<i>CEC</i>)	Ekstrak N NH ₄ Oac pH 7
6.	Kation dapat ditukar (<i>Cations can be exchanged</i>)	Ekstrak N NH ₄ Oac pH 7
7.	Kejenuhan basa (<i>Base saturation</i>)	Perhitungan

Sumber (Source): ICBB (2022)

Hasil analisis sifat kimia tanah dari laboratorium dilakukan pembagian kelas untuk setiap parameter. Pembagian setiap parameter terdiri atas lima kelas, yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan

sangat rendah (Tabel 2). Pembagian kelas tiap parameter dinilai berdasarkan kriteria penilaian status kesuburan tanah (Tabel 3).

Tabel (Table) 2. Kriteria penilaian sifat kimia tanah (*Criteria for assessing the chemical properties of soil*)

Sifat tanah (<i>Soil properties</i>)	Sangat rendah (<i>Very low</i>)	Rendah (<i>Low</i>)	Sedang (<i>Medium</i>)	Tinggi (<i>High</i>)	Sangat tinggi (<i>Very high</i>)
C-organik (<i>C-organic</i>)	<1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-5,00	>5,00
P ₂ O ₅ Potensial (<i>P₂O₅ potential</i>)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
K ₂ O Potensial (<i>K₂O potential</i>)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
K ⁺	<0,1	0,1-0,2	0,3-0,5	0,6-1,0	>1,0
Na ⁺	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1,0
Ca ²⁺	<0,2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg ²⁺	<0,4	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8,0
KTK (<i>CEC</i>)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
KB (<i>Base saturation</i>)	<20	20-35	36-50	51-70	>70
pH Tanah (<i>Soil pH</i>)	<4,5 (sm)	4,5-5,5 (m)	5,6-6,5 (am)	6,6-7,5 (n)	7,6-8,5 (aa)
					>8,5 (a)

Sumber (Source): Pusat Penelitian Tanah (1995)

Keterangan (Remarks): sm = Sangat masam (*Very sour*), m = Masam (*Sour*), Agak masam (*Slightly sour*), Netral (*Neutral*), aa = Agak alkalis (*Slightly alkaline*), a = Alkalis (*Alkaline*)

Tabel (Table) 3. Kriteria penilaian status kesuburan tanah (*Criteria for assessing soil*)

fertility status)

No.	Parameter			Status kesuburan tanah (<i>Soil fertility status</i>)
	KTK (<i>CEC</i>)	KB (<i>Base saturation</i>)	P ₂ O ₅ , K ₂ O, C-Organik (<i>P₂O₅, K₂O, C-Organic</i>)	
1	T	T	2T tanpa R	T
2	T	T	2T dengan R	S
3	T	T	2S tanpa R	T
4	T	T	2S dengan R	S
5	T	T	T > S > R	S
6	T	T	2R tanpa T	S
7	T	T	2R dengan S	R
8	T	S	2T tanpa R	T
9	T	S	2T dengan R	S
10	T	S	2S	S
11	T	S	Kombinasi lain	R
12	T	R	2T tanpa R	S
13	T	R	2T dengan R	R
14	T	R	Kombinasi lain	R
15	S	T	2T tanpa R	S
16	S	T	2S tanpa R	S
17	S	T	Kombinasi lain	R
18	S	S	2T tanpa R	S
19	S	S	2S tanpa R	S
20	S	S	Kombinasi lain	R
21	S	R	3T	S
22	S	R	Kombinasi lain	R
23	R	T	2T tanpa R	S
24	R	T	2T dengan R	R
25	R	T	2S tanpa R	S
26	R	T	Kombinasi lain	R
27	R	S	2T tanpa R	S
28	R	S	Kombinasi lain	R
29	R	R	Semua kombinasi	R
30	SR	T,S,R	Semua kombinasi	SR

Sumber (*Source*): Pusat Penelitian Tanah (1995)

Keterangan (*Remarks*): T = Tinggi (*High*), S = Sedang (*Medium*), R = Rendah (*low*), SR = Sangat rendah (*Very low*)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Kerapatan tajuk

Banyaknya vegetasi memengaruhi banyaknya ruang yang tertutup pada permukaan tanah, sehingga tajuk lebih tertutup rapat. Kerapatan tajuk rendah di lahan memiliki nilai 33,25%, kerapatan

tajuk sedang di lahan memiliki nilai 55,50%, dan kerapatan tajuk tinggi di lahan memiliki nilai 87,33% (Tabel 4). Tingginya kerapatan tajuk pada luasan lahan berhubungan dengan tingginya produksi daun yang dihasilkan oleh tegakan.

Tabel (*Table*) 4. Persentase tingkat kerapatan tajuk (*Percentage of canopy density level*)

Kerapatan tajuk (<i>Canopy density</i>)	Titik pengamatan (<i>Observation point</i>)	Persentase kerapatan tajuk (<i>Percentage of canopy density</i>)	Rata-rata tiap petak (<i>Average per plot</i>)
Rendah (<i>Low</i>)	1	38,50%	33,25%
	2	39,50%	
	3	21,75%	
Sedang (<i>Medium</i>)	1	47,25%	55,50%
	2	52,50%	
	3	66,75%	
Tinggi (<i>High</i>)	1	84,25%	87,33%
	2	92,00%	
	3	85,75%	

3.1.2. Tekstur tanah

Tekstur tanah merupakan sifat tanah yang dapat diamati secara langsung berdasarkan perbandingan fraksi pasir, debu, dan liat yang memiliki diameter efektif ,yaitu ≤ 2 mm. Tekstur tanah di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* di setiap titik untuk masing-masing kerapatan tajuk memiliki tekstur yang berbeda. Fraksi liat banyak terdapat pada tekstur liat berpasir di titik dua

dengan kerapatan tajuk yang tinggi. Selain fraksi liat, pada tekstur liat berpasir juga memiliki sedikit lumpur karena tanah sangat plastis dan dapat dibentuk dengan mudah. Fraksi liat yang paling sedikit terdapat pada tekstur debu yaitu pada titik satu dengan kerapatan yang rendah dan di titik tiga dengan kerapatan yang sedang (Tabel 5).

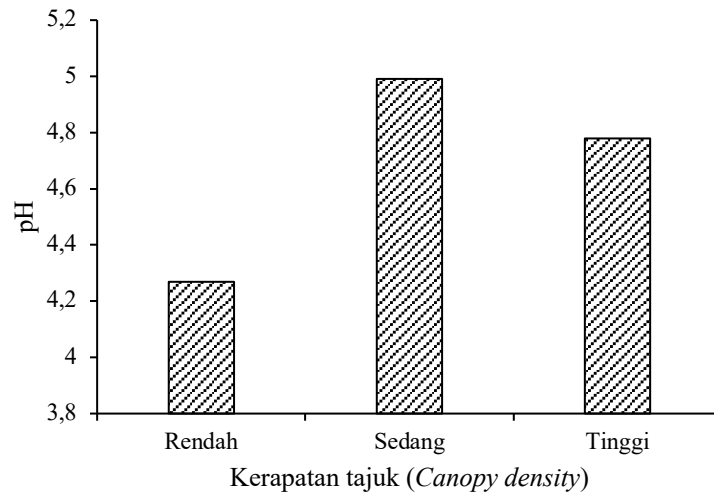
Tabel (Table) 5. Tekstur tanah pada berbagai kerapatan tajuk (*Soil texture at various canopy densities*)

Kerapatan tajuk (<i>Conopy density</i>)	Titik pengamatan (<i>Observation point</i>)	Tekstur tanah (<i>Soil texture</i>)
Rendah (<i>Low</i>)	1	Debu
	2	Pasir berlempung
	3	Lempung berpasir
Sedang (<i>Medium</i>)	1	Lempung berdebu
	2	Lempung berpasir
	3	Debu
Tinggi (<i>High</i>)	1	Lempung berdebu
	2	Liat berpasir
	3	Lempung berdebu

3.1.3. Keasaman tanah (pH tanah)

Hasil analisis pH tanah di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* pada berbagai kerapatan tajuk termasuk kategori masam. pH terendah berada di

lahan dengan kerapatan tajuk rendah, sedangkan pH tertinggi berada di lahan dengan kerapatan tajuk yang sedang yaitu 4,99 (Gambar 2).

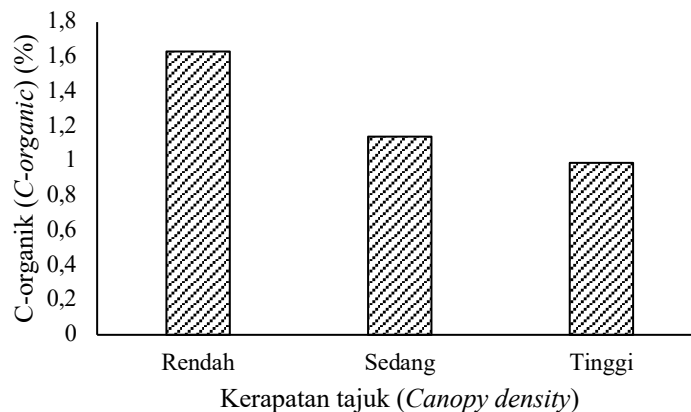


Gambar (Fig.) 2. pH tanah pada berbagai kerapatan tajuk (*Soil pH at various canopy densities*)

3.1.4. C-organik

Hasil nilai C-organik yang terkandung dalam tanah di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* termasuk kategori rendah di setiap kerapatan tajuknya (Gambar 3). Lahan dengan

kerapatan tajuk yang rendah memiliki nilai C-organik lebih tinggi sebesar 1,63%, sedangkan lahan dengan kerapatan tajuk yang tinggi hanya memiliki nilai sebesar 0,99%.

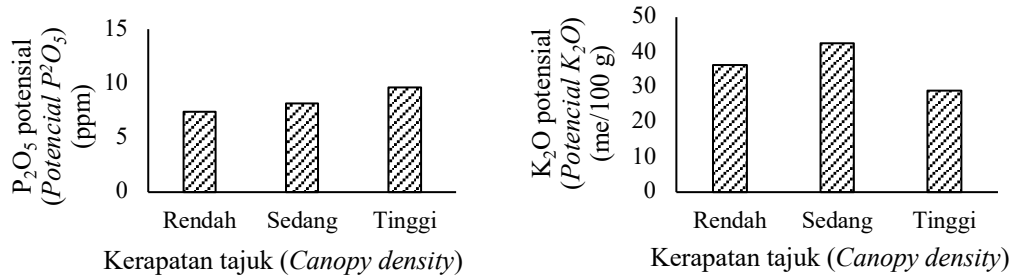


Gambar (Fig.) 3. Kandungan C-organik pada berbagai kerapatan tajuk (*C-organic content at various canopy densities*)

3.1.5. P₂O₅ potensial dan K₂O potensial

Hasil analisis P₂O₅ potensial yang terkandung di dalam sampel tanah pada lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* termasuk sangat rendah di ketiga

kerapatan tajuknya (Gambar 4). Pada penelitian ini, rendahnya kerapatan tajuk diikuti rendahnya kandungan fosfor dalam tanahnya.

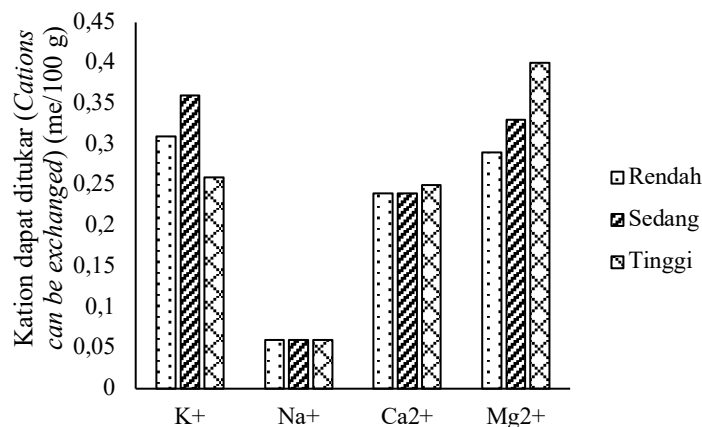


Gambar (Fig.) 4. P₂O₅ (kiri) dan K₂O potensial (kanan) pada berbagai kerapatan tajuk (P₂O₅ (left) and K₂O potential (right) at various canopy densities)

Kandungan kalium di lokasi penelitian pada berbagai kerapatan tajuk sangat beragam (Gambar 4). Kandungan kalium tertinggi, yaitu pada lahan yang memiliki kerapatan tajuk sedang. Kandungan kalium berkategori sedang berada di lahan yang memiliki kerapatan tajuk rendah dan tinggi.

3.1.6. Kation dapat ditukar

Ketersediaan unsur hara di dalam tanah tergantung pada unsur alkali pada tanah, yaitu K, Na, Ca, dan Mg. Unsur ini sangat berperan dalam mengatur metabolisme enzim pada tanaman dengan menukarkan kation yang tersedia.

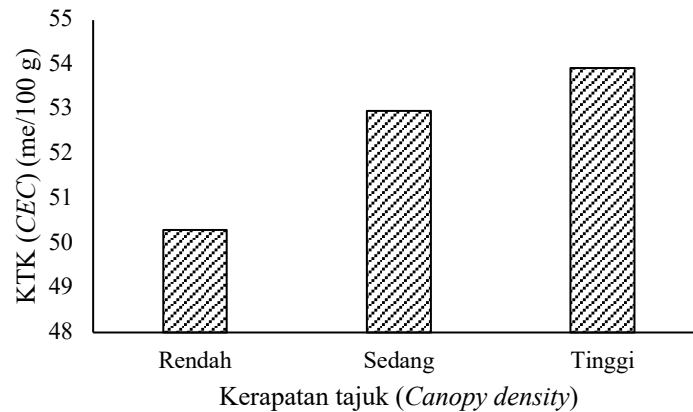


Gambar (Fig.) 5. Kandungan kation pada berbagai tajuk (Cation content in various canopies)

Hasil analisis kation yang dapat ditukar pada Gambar 5 terlihat ion Na⁺, Ca²⁺, dan Mg²⁺ tergolong rendah hingga sangat rendah, sedangkan ion K⁺ kategori sedang hingga rendah.

3.1.7. Kapasitas tukar kation

Nilai KTK yang dihasilkan di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* berdasarkan kerapatan tajuknya tergolong sangat tinggi. Nilai KTK pada lahan berkerapatan tajuk rendah hingga tinggi berturut-turut sebesar 50,30; 52,96; dan 53,93 me/100 g (Gambar 6).

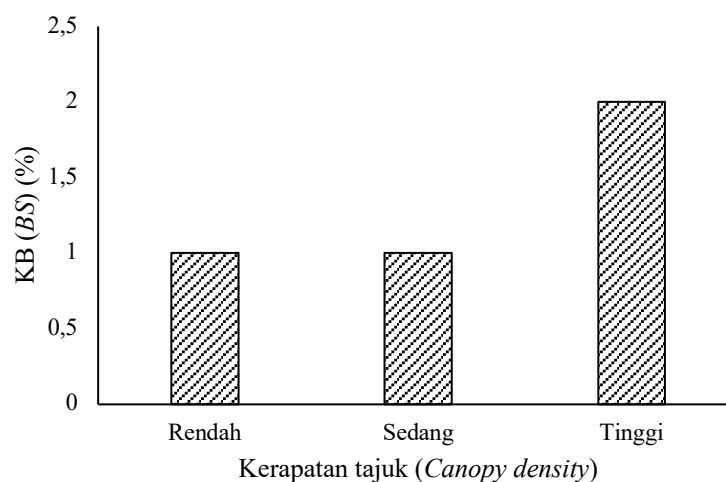


Gambar (Fig.) 6. KTK pada berbagai kerapatan tajuk (*CEC at various canopy densities*)

3.1.8 Kejenuhan basa

Hasil analisis kejenuhan basa di lahan *Jasinga Silviculture Teaching Industry* pada berbagai kerapatan tajuk tergolong sangat rendah. Berdasarkan

Gambar 7, lahan dengan kerapatan tajuk yang tinggi memiliki nilai KB sebesar 2%. Lahan dengan kerapatan tajuk rendah dan sedang memiliki nilai KB sebesar 1%.



Gambar (Fig.) 7. Kejenuhan basa pada berbagai kerapatan tajuk (*Base saturation at various canopy densities*)

3.1. Pembahasan

Tingkat kesuburan tiap tanah akan memengaruhi jenis dan kemampuan hidup tanaman yang berlangsung. Tekstur dan pH tanah, dalam menentukan status kesuburan tanah dapat dilihat dari beberapa indikator seperti C-organik, P₂O₅ potensial, K₂O potensial, Kapasitas Tukat Kation (KTK) dan Kejenuhan Basa (KB) (Pusat Penelitian Tanah, 1995).

Berdasarkan analisis yang ditemukan di lapang, lahan berkerapatan tajuk yang tinggi, rata-rata memiliki tekstur tanah liat atau lempung daripada lahan yang memiliki kerapatan tajuk yang rendah dan sedang yang relatif bertekstur debu atau berpasir. Hal ini dikarenakan

lahan dengan kerapatan tinggi memiliki tanaman yang lebih rapat sehingga akar tanaman mampu menahan air dan menyimpan hara lebih banyak yang mengakibatkan tanah menjadi lebih lempung. Fraksi liat memengaruhi kadar bahan organik yang terkandung karena fraksi liat mempunyai permeabilitas yang tinggi sehingga kapasitas menahan air tergolong besar dan memiliki kondisi drainase yang buruk dikarenakan pori aerasi yang rendah atau kecil (Feng et al., 2024). Pada tanah fraksi pasir memiliki kemampuan menyerap air yang rendah karena pori tanah lebih besar sehingga bahan organik yang terdapat di tanah bertekstur kasar sangat rendah (Spohn &

Stendahl, 2024).

Kemasaman tanah di areal penelitian berdasarkan nilai pH H₂O dan pH KCl berada di tingkat masam. Kemasaman tanah ditentukan oleh nilai pH tanah yang memengaruhi ketersediaan unsur hara yang penting pada tanah. Nilai pH dapat dilihat dari banyaknya konsentrasi ion H⁺ yang terkandung di dalam tanah. Semakin banyak pelepasan H⁺, maka semakin masam tanah atau pH menjadi rendah. Tanah dengan pH netral umumnya memiliki kemampuan optimal dalam menyerap unsur hara (Azurianti et al., 2022).

Nilai pH H₂O lebih besar daripada pH KCl. Nilai pH KCl yang lebih rendah daripada pH H₂O menunjukkan adanya tanah liat dan bermuatan negatif. Keasaman tanah (pH tanah) yang rendah dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman karena ketersediaan mikro dan makro fauna tanah rendah (Amran et al., 2015).

Kandungan C-organik dalam tanah di areal penelitian termasuk rendah di setiap kerapatan tajuknya. Banyaknya C-organik berhubungan dengan banyaknya bahan organik yang diproduksi. Serasah dan sisa tanaman yang ada di sekitar mampu memberikan 50% karbon terhadap akar dalam proses humifikasi (Bakri et al., 2016).

Pada lahan dengan kerapatan tajuk yang rendah ternyata memiliki kandungan fosfor yang paling rendah dan pH yang sangat masam. Kandungan fosfor pada pH netral biasanya tersedia lebih banyak karena terjadi pertukaran kation-kation basa sehingga pH juga memengaruhi banyaknya ketersediaan fosfor dan pertukaran unsur hara menjadi lebih efektif (Mandal et al., 2023). Namun, fosfor dapat terikat menjadi bentuk yang tidak tersedia pada pH yang sangat masam atau sangat basa (Wang et al., 2023).

Hasil analisis unsur hara fosfor (P₂O₅ potensial) di lokasi penelitian tergolong sangat rendah di ketiga kerapatan tajuknya. Rendahnya kerapatan tajuk diikuti rendahnya kandungan fosfor dalam tanahnya. Lahan dengan kerapatan tajuk yang rendah memiliki kandungan fosfor yang paling rendah dan pH yang sangat masam. Kandungan fosfor pada pH

netral biasanya tersedia lebih banyak karena terjadi pertukaran kation-kation basa sehingga pH juga memengaruhi banyaknya ketersediaan fosfor dan pertukaran unsur hara menjadi lebih efektif (Mandal et al., 2023). Namun, fosfor dapat terikat menjadi bentuk yang tidak tersedia pada pH yang sangat masam atau sangat basa (Wang et al., 2023).

Kandungan kalium juga merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman. Semakin besar nilai KTK yang dimiliki tanah, maka semakin besar juga kemampuan tanah dalam menahan kalium dari adanya proses pencucian (Agustian & Simanjuntak, 2018). Kalium yang dihasilkan tergolong sedang hingga tinggi. Kandungan kalium tertinggi, yaitu pada lahan yang memiliki kerapatan tajuk sedang. Kandungan kalium berkategori sedang terdapat pada lahan yang memiliki kerapatan tajuk rendah dan tinggi. Menurut El Bourhrami et al. (2022), kandungan K₂O pada tanah menentukan kualitas tanah. Semakin banyak kuantitas kalium, maka semakin baik produktivitas tanahnya.

Ketersediaan ion Ca²⁺ dan Mg²⁺ di lokasi penelitian hampir sama banyak dengan kategori yang rendah. Sedikitnya basa yang tersedia di tanah didukung oleh nilai pH yang masam sehingga akan menurunkan kemampuan tanah dalam menjerap dan menukarkan kation, sehingga memudahkan terjadi adanya pencucian atau *leaching* (Berthrong et al., 2019). Sesuai penelitian Sahbudin et al. (2020), pencucian kation basa akan terganti oleh ion H⁺ dan Al³⁺ sehingga dapat menurunkan nilai pH. Ketersediaan kation yang dapat ditukar sangat berguna dalam pertumbuhan tanaman, sehingga mampu memengaruhi kesuburan tanah. Tingginya ketersediaan K dan Ca dalam tanah berkaitan dengan kemampuan dalam mengikat K dan kandungan fraksi liat dalam tanah (Qiu et al., 2014). Ketersediaan unsur Ca sangat memengaruhi hara fosfor. Semakin larut unsur Ca pada tanah, maka semakin sedikit hara fosfor yang terkandung dalam tanah (Gerke, 2022). Begitu pula pada ketersediaan unsur Ca yang saling berpengaruh dengan unsur Mg.

Di lokasi penelitian dengan

kerapatan tajuk tinggi menunjukkan nilai KTK tinggi yang dapat disebabkan oleh kadar liat dan muatan koloid tanah yang tinggi. Terlihat pada tanah di lahan berkerapatan tajuk tinggi memiliki tekstur lebih liat dan lempung dibanding lahan berkerapatan tajuk rendah dan sedang. Fraksi liat mampu meningkatkan kemampuan dalam pertukaran ion dan penyerapan air, sehingga sedikit kation yang tercuci. Hal ini juga berhubungan dengan muatan koloid tanah yang dapat dilihat dari pH tanah, dimana pH KCl lebih rendah daripada pH H₂O di semua kerapatan. Nilai pH yang negatif biasanya lebih liat. Muatan negatif secara tidak langsung memengaruhi besarnya nilai KTK dari kompleksitas pertukaran kation yang terjepit (El Bourhrami et al., 2022). Hal ini sesuai pendapat Feng et al. (2024), yang menyatakan bahwa peningkatan nilai KTK disebabkan oleh tanah berfraksi liat sehingga jumlah muatan negatif menahan kation.

Dengan demikian, nilai KTK berkaitan dengan kemampuan menyerap unsur hara yang diperlukan oleh tanaman. Oleh karena itu, KTK dapat menjadi indikator kesuburan tanah yang dilihat dari serapan air dan jumlah hara nutrisi yang dibutuhkan tanaman (Mandal et al., 2023).

Nilai kejenuhan basa (KB) di lokasi penelitian termasuk sangat rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh rendahnya kation basa dan pH tanah yang ditemukan. Kation basa (seperti K⁺, Na⁺, Ca²⁺, dan Mg²⁺) akan memengaruhi nilai KB (Blombäck et al., 2021). Begitu juga nilai pH yang semakin masam akan menurunkan nilai KB. Menurunnya nilai kation basa mampu menunjukkan adanya pencucian (*leaching*) basa di dalam tanah (Trigunasih et al., 2023). Pencucian basa akan menurunkan tingkat kesuburan tanah karena kation basa larut dalam aliran air dari yang seharusnya terjepit oleh tanah. Oleh karena itu, produktivitas lahan menjadi rendah, bila nilai KB yang ditemukan juga rendah. Upaya dalam meningkatkan nilai KB dapat melakukan pemberian kapur yang mengandung basa Ca dan Mg (Sabudu, 2021).

Status kesuburan tanah di ketiga kerapatan tajuk di lahan *Jasinga*

Silviculture Teaching Industry tergolong rendah. Pada kerapatan yang rendah menunjukkan pH tanah sangat masam, C-organik rendah, fosfor sangat rendah, kalium sedang, KTK sangat tinggi, dan kejenuhan basa sangat rendah. Rendahnya keragaman vegetasi yang tumbuh akan memengaruhi kandungan bahan organik di sekitar tanaman sebagai hasil dari dekomposisi serasah. Dekomposisi serasah yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam tanah akan meningkatkan aktifitas mikroorganisme dan adanya bahan organik sehingga berpengaruh positif pada kesuburan tanah (Mindawati et al., 2006). Adapun, pH yang sangat rendah dikarenakan hara yang sedikit dengan kandungan besi dan aluminium yang tinggi (Hamad-Sheip et al., 2021).

Pada kerapatan sedang memiliki pH tanah masam, C-organik rendah, fosfor sangat rendah, kalium tinggi, KTK sangat tinggi, dan kejenuhan basa sangat rendah. Pada kerapatan tinggi memiliki pH tanah masam, C-organik rendah, fosfor sangat rendah, kalium sedang, KTK sangat tinggi, dan kejenuhan basa sangat rendah. Hasil ketiga kerapatan memiliki kesuburan tanah rendah. Perbedaan yang terlihat, yaitu C-organik sangat rendah pada kerapatan tinggi dan kalium tinggi pada kerapatan sedang. Menurut Sari et al. (2017), kerapatan tanah yang meningkat dapat menyebabkan ruang pori tanah mengecil sehingga menyebabkan kandungan bahan organik rendah. Hampir semua karbon organik dalam tanah terletak di dalam pori tanah, sehingga apabila ruang pori tanah mengecil, maka kandungan karbon organik tanah juga sedikit. Pada kerapatan sedang memiliki kalium tinggi. Tingginya kalium dipengaruhi oleh pH tanah netral ke asam dan kandungan KTK tinggi, namun pH tanah terlalu masam dapat mengurangi ketersediaan kalium (Zainudin & Kesumaningwati, 2021).

Rendahnya status kesuburan tanah didukung oleh rendahnya pH dan tekstur tanah yang sedikit liat. Tanah yang sedikit liat akan mudah meloloskan air dan unsur hara karena pori-pori tanah lebih besar. Kondisi pH tanah masam diakibatkan banyaknya ion H⁺, pH tanah

rendah dapat meningkatkan kelarutan unsur Al dan Fe sehingga dapat menyebabkan keracunan unsur Al dan Fe serta menurunkan kesuburan tanah (Siciliano et al., 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa C-organik, P₂O₅ potensial dan Kejenuhan basa tergolong rendah hingga sangat rendah, sedangkan K₂O potensial dan KTK tergolong sedang sampai sangat tinggi. Sedikitnya jumlah kation yang dapat ditukar akan menurunkan KTK dan nilai KB. Namun dalam penelitian ini, kation yang dapat ditukar berkorelasi negatif dengan nilai KTK yang tinggi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya faktor dari muatan koloid tanah dan tekstur tanah. Tekstur tanah yang liat dan nilai perubahan pH tanah yang negatif akan memengaruhi tinggi KTK tanah karena banyak jumlah kation yang terperap oleh adanya pertukaran (El Bourhrami et al., 2022).

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Status kesuburan tanah di lokasi *Jasinga Silviculture Teaching Industry* (JSTI) tergolong rendah di berbagai kerapatan tajuk. Sifat fisik tekstur tanah di lokasi penelitian beragam dari debu hingga lempung berdebu. Sifat kimia tanahnya, yaitu pH masam, C-organik rendah, P₂O₅ sangat rendah, K₂O sedang hingga tinggi, kation dapat ditukar rendah, KTK sangat tinggi dan KB sangat rendah.

4.2. Saran

Perlu adanya perbaikan kualitas tanah di areal *Jasinga Silviculture Teaching Industry* dengan cara pemupukan, penyiapan bibit bermikoriza, dan menanam jenis tanaman yang beragam. Hal tersebut dimaksudkan agar kesuburan tanah dan kelimpahan bahan organik meningkat sehingga produktivitas tanaman lebih terjaga dan lestari.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pengelola *Jasinga Silviculture Teaching Industry* serta Laboratorium Pengaruh Hutan dan ICBB yang membantu memfasilitasi selama penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

- Agustian, I., & Simanjuntak, B.H. (2018). Penilaian status kesuburan tanah dan pengelolaannya, di Kecamatan Karanggede, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. *Konser Karya Ilmiah Tingkat Nasional Tahun 2018*, 255–264.
- Aji, H.B., & Teapon, A. (2019). Pengaruh batuan induk dan kimia tanah terhadap potensi kesuburan tanah di Kabupaten Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 22(3), 342. <https://doi.org/10.21082/jpftp.v22n3.2019.p342-352>.
- Akhbar, M.S., & Arianingsih, I. (2016). Cadangan karbon tanah pada berbagai tingkat kerapatan tajuk di Hutan Lindung Kebun Kopi Desa Nupabomba Kecamatan Tanantovea Kabupaten Donggala. *Warta Rimba*, 125-131.
- Amran, B.M., Sari, E.K.N., Setyorini, A.D., Wahyu, Y., Widiani, D., & Irnamera, D. (2015). Analisis kualitas tanah Pantai Sawarna Kabupaten Lebak Provinsi Banten. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains, 2015*(Snips), 649–652.
- Azurianti, Wulansari R., Athallah, F.N.F., & Prijono S. (2022). Kajian hubungan hara tanah terhadap produktivitas tanaman teh produktif di Perkebunan Teh Pagar Alam, Sumatera Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1),153-161.<https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.17>.
- Bakri, I., Thaha, A.R., & Isrun. (2016). Status beberapa sifat kimia tanah pada macam-macam penggunaan lahan di DAS Poboya Kabupaten Palu Selatan. *Jurnal Agrotekbis*, 4(5), 512–520.
- Batu, H.M.R.P., Talakua, S.M., Siregar, A., & Osok, R. (2019). Status kesuburan tanah berdasarkan aspek kimia dan fisik tanah di DAS Wai Ela, Negeri Lima, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 15(1),1858-4322. <https://doi.org/10.30598/>

- jbdp.2019.15.1.1.
- Berthrong, S.T., Jobbágy, E.G., & Jackson, R.B. (2019). A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications*, 19(8), 2228–2241. <https://doi.org/10.1890/08-1730.1>.
- Blombäck, K., Bolster, C.H., Lindsjö, A., Hesse, K., Linefur, H., & Parvage, M.M. (2021). Comparing measures for determination of phosphorus saturation as a method to estimate dissolved P in soil solution. *Geoderma*, 383(November 2019), 114708. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114708>.
- Department of Primary Industries. (2019, January 14). *Quick Reference Guide: Assessing Soil Texture*. Retrieved from http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/soilhealth_textur_e_qrg.
- El Bourhrami, B., Namr, K.I., Et-Tayeb, H., & Duraisamy, V. (2022). Application of Ssoil quality index to assess the status of soils submitted to intensive agriculture in the irrigated plain of Doukkala, Moroccan Semiarid Region. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 23(2), 129–143. <https://doi.org/10.12912/27197050/145754>.
- Fadin, S.M.F. (2017). Pengaruh aplikasi bahan organik, tanaman pionir dan mulsa terhadap kation basa dapat ditukar pada tanah terdampak letusan Gunung Kelud [skripsi]. Universitas Brawijaya, Malang.
- Feng, L., Khalil, U., Aslam, B., Ghaffar, B., Tariq, A., Jamil, A., Farhan, M., Aslam, M., & Soufan, W. (2024). Evaluation of soil texture classification from orthodox interpolation and machine learning techniques. *Environmental Research*, 246(December), 118075. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.118075>.
- Gerke, J. (2022). The central role of soil organic matter in soil fertility and carbon storage. *Soil Systems*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/soilsystems6020033>.
- Gruba, P., & Mulder, J. (2015). Tree species affect cation exchange capacity (CEC) and cation binding properties of organic matter in acid forest soils. *Science of the Total Environment*, 511, 655–662. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.013>.
- Hamad-Sheip, Y., Abdul-Hamid, H., Abiri, R., Saleh, M.N., Mohamed, J., Jalil, A.M., & Naji, H.R. (2021). Effect of *Acacia mangium* canopy on physicochemical characteristics and nutrient concentrations of the soil at ayer hitam forest reserve, malaysia. *Forests*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/f12091259>.
- Indonesian Center of Biodiversity and Biotechnology (ICBB). (2022). Bogor: PT. Biodiversitas Bioteknologi Indonesia.
- Khaledian, Y., Brevik, E.C., Pereira, P., Cerdà, A., Fattah, M.A., & Tazikeh, H. (2017). Modeling soil cation exchange capacity in multiple countries. *Catena*, 158(July), 194–200. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.002>.
- Kome, G.K., Enang, R.K., Tabi, F.O., & Yerima, B.P.K. (2019). Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: A review. *Open Journal of Soil Science*, 09(09), 155–188. <https://doi.org/10.4236/ojss.2019.99010>.
- Lapadjati, K.K., Wardah, & Rahmawati. (2016). Sifat fisik tanah pada hutan tanaman kemiri, lahan agroforestri dan lahan hutan sekunder di Desa Labuan Kungguma Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah. *Warta Rimba*, 4(2), 40-46.
- Mandal, H.R., Shah, S.K., Oli, B., Katel, S., Yadav, S.P.S., Pant, K.R., Lamshal, B.S., Kattel, S., Sah, S., & Yadav, B. (2023). Assessment of soil fertility status in Rupani Rural Municipality, Saptari, Nepal. *AgroEnvironmental Sustainability*, 1(2), 111–121. <https://doi.org/10.59983/s2023010204>.

- Mindawati, N., Kosasih, A.S., & Heryati, Y. (2006). Pengaruh penanaman beberapa jenis pohon hutan terhadap kondisi kesuburan tanah andosol. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 3(3), 155–164. <https://doi.org/10.20886/jpht.2006.3.155-164>.
- Mujiyo, M., Naaifah, M.I., Suntoro, S., & Maro'ah, S. (2024). A comparative study of soil fertility in organic, semi-organic, and conventional rice field farming systems (Case study: Nguntoronadi District, Wonogiri, Indonesia). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(1), 44–61. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1357044>.
- Napitupulu, A.P.Z. (2022). Perubahan status kesuburan tanah pasca tambang pasir yang ditanami tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* L.) di Balerante, Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.
- Pinatih, I.D.A.S.P., Kusmiyarti, T.B., & Susila, K.D. (2015). Evaluasi status kesuburan tanah pada lahan pertanian di kecamatan denpasar selatan. *E-Jurnal Agroteknologi Tropika*, 4(4), 282–292. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>.
- Prestzsch, H. (2001). *Modelling des Waldwachstums*. Parey Buchverlag Berlin.
- Pryono, A.O. (2018). Kajian habitat binturong (*Arctictis binturong*) di Hutan Lindung Blok Kondang Merak RPH Sumbermanjing Kulon Kabupaten Malang [skripsi]. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Pusat Penelitian Tanah. (1995). *Petunjuk Teknis Evaluasi Kesuburan Tanah*. Bogor: Laporan Teknis No. 14 Versi 1,01.REP II Project.
- Rusdiana, O., Rizki, T.A., Winata, B. (2024). Assesing Infiltration Rate and Soil Physical Properties at Different Vegetation Densities in the Jasinga Silviculture Teaching Industry (JSTI) Area. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1315 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1315/1/012036>.
- Sabudu, R.S. (2021). Soil fertility status and land suitability evaluation for rice crops on former shrimp ponds. *CELEBES Agricultural*, 2(1), 10–36. <https://doi.org/10.52045/jca.v2i1.184>.
- Sahbudin, Khairullah, & Sufardi. (2020). Kemasaman tanah dan sifat-sifat pertukaran kation pada *mollisols* dan *ultisols* di lahan kering Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(3), 25–34. www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- Sari, T., Rafdinal, Linda, R. (2017). Hubungan kerapatan tanah, karbon organik tanah dan cadangan karbon organik tanah di Kawasan Agroforestri Tembawang Nanga Pemubuh Sekadau Hulu Kalimantan Barat. *Protobiont*, 6 (3), 263 – 269.
- Sartika, D. (2020). Kesuburan tanah pada Hutan Organik Megamendung Bogor [skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Siciliano, S.D., Palmer, A.S., Winsley, T., Lamb, E., Bissett, A., Brown, M.V., van Dorst, J., Ji, M., Ferrari, B.C., Grogan, P., Chu, H., & Snape, I. (2014). Soil fertility is associated with fungal and bacterial richness, whereas pH is associated with community composition in polar soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 78, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.07.005>.
- Solberg, S., & Strand, L. (1999). Crown density assessments, control surveys and reproducibility. *Environmental Monitoring and Assessment*, 56(1), 75–86. <https://doi.org/10.1023/A:1005980326079>.
- Spohn, M., & Stendahl, J. (2024). Soil carbon and nitrogen contents in forest soils are related to soil texture in interaction with pH and metal cations. *Geoderma*, 441(November 2023), 116746. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116746>.
- Trigunasih, N.M., Narka, I.W., &

- Saifulloh, M. (2023). Measurement of soil chemical properties for mapping soil fertility status. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 18(6), 1381–1390.
<https://doi.org/10.18280/ijdne.180611>.
- Wang, P., Wang, Y., Shu, B., Liu, J.F., & Xia, R.X. (2015). Relationships between arbuscular mycorrhizal symbiosis and soil fertility factors in citrus orchards along an altitudinal gradient. *Pedosphere*, 25(1), 160–168. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(14\)60086-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(14)60086-2).
- Wang, Y., Cui, Y., Wang, K., He, X., Dong, Y., Li, S., Wang, Y., Yang, H., Chen, X., & Zhang, W. (2023). The agronomic and environmental assessment of soil phosphorus levels for crop production: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 43:35.
- Wolf, M.K., Wiesmeier, M., & Macholdt, J. (2023). Importance of soil fertility for climate-resilient cropping systems: The farmer's perspective. *Soil Security*, 13(November), 100119. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2023.100119>.
- Yang, F., He, B., Dong, B., & Zhang, G. (2024). Film mulched ridge–furrow tillage improves the quality and fertility of dryland agricultural soil by enhancing soil organic carbon and nutrient stratification. *Agricultural Water Management*, 292(July 2023), 108686. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108686>.
- Zainudin, Kesumaningwati, R. (2021). Penilaian status kesuburan tanah pada beberapa penggunaan lahan di Samarinda. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 3(2), 106-111.
- Zubaidah, S. (2020). Kesuburan tanah pada berbagai tingkat kerapatan tajuk di Gunung Cibodas Ciampea, Bogor [skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Morfologi Kandidat Pohon Plus *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh pada Ekosistem Mangrove Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah
(*Morphological of Avicennia marina (Forsk.) Vierh Candidate Plus Trees at Segara Anakan Mangrove Ecosystem, Cilacap Regency, Central Java Province*)

Irma Yeny^{1*}, Fifi Gus Dwiyantri¹, Cecep Kusmana¹, Suyadi², Yulizar Ihrami Rahmila², Mira Yulianti¹, Muhammad Faisal³ dan/and Muksin Purnama³

¹Program Studi Silvikultur Tropika, Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia.

²Pusat Penelitian Ekologi dan Etnobiologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong, Bogor 16911, Jawa Barat, Indonesia

³Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang Indonesia.

*E-mail: irma015@brin.go.id

Tanggal diterima: 11 Juni 2024; Tanggal disetujui: 8 Oktober 2024; Tanggal direvisi: 12 November 2024

Abstract

*The mangrove and lagoon ecosystems in Segara Anakan have experienced degradation which has reduced the morphological diversity of mangrove trees. The study aimed to examine the morphological variations of *A. marina* trees in the Segara Anakan mangrove ecosystem to identify candidate plus trees (CPT) that could serve as potential seed sources. The study was conducted on 25 plots in the eastern part of Segara Anakan Lagoon. The CPT assessment (scoring) used the comparison tree method referring to the modified Carolina State method. Measurement of morphological characters included total tree height, stem diameter, clear bole height, diameter of main branch, number of primary branches, primary branch angle, canopy coverage, tree health, and fruit production capacity. The scoring results for adult *A. marina* trees obtained 74 plus trees spread across 3 clusters. The Analysis of Variance (ANOVA) results showed that all character values were significant. Correlation tests between different characters revealed that the height character was significantly positively correlated with the stem diameter, clear bole height, and tree health characters. The stem diameter character had a significant positive correlation with primary branch diameter and tree health, while the canopy coverage did not correlate with all morphological characters assessed. This supports the nation in evaluating canopy coverage as adequate for identifying trees as seed sources. The *A. marina* plus tree in Segara Anakan exhibits an average morphological characteristic of 69.97% for canopy coverage and a score exceeding 60. Consequently, the 74-plus trees in this area can be recommended as a potential seed source at the individual level. Relatively tall trees dominate plot 11 and have the highest number of plus trees, making it a promising seed source area. Additionally, individual tree 42 in plot 15 has the largest canopy coverage (89.19%), highlighting the potential for conservation as a seed source tree.*

Keywords: Mangrove, *Avicennia marina*, morphology, plus trees

Abstrak

Ekosistem mangrove dan laguna di Segara Anakan telah mengalami degradasi yang telah menurunkan keragaman morfologi pohon mangrove. Penelitian bertujuan mengkaji variasi morfologi pohon *Avicennia marina* pada ekosistem mangrove Segara Anakan guna mengidentifikasi *candidate plus tree* (CPT) yang berpotensi sebagai sumber benih. Penelitian dilakukan pada 25 plot di Laguna Segara Anakan bagian Timur. Penilaian CPT menggunakan metode pohon pembandingan mengacu pada metode Carolina State yang dimodifikasi. Pengukuran karakter morfologi meliputi tinggi total pohon, diameter batang, tinggi bebas cabang, diameter cabang utama, jumlah cabang

utama, sudut cabang utama, tutupan tajuk, kesehatan pohon, dan kemampuan produksi buah. Hasil skoring terhadap pohon *A. marina* dewasa diperoleh 74 pohon plus yang tersebar dalam 3 kluster. Hasil Analisis Ragam menunjukkan nilai seluruh karakter signifikan. Hasil uji korelasi antara dua karakter berbeda menunjukkan karakter tinggi berkorelasi positif signifikan dengan karakter diameter, tinggi bebas cabang dan kesehatan pohon. Karakter diameter mempunyai korelasi positif signifikan dengan diameter cabang dan kesehatan pohon, sedangkan tutupan tajuk tidak berkorelasi dengan semua karakter morfologi yang diuji. Hal ini mendukung gagasan bahwa mengevaluasi tutupan tajuk cukup memadai untuk mengidentifikasi pohon plus sebagai sumber benih. Pohon plus *A. marina* di Segara Anakan memiliki karakter morfologi rata-rata tutupan tajuk 69,97% dan dengan skor melebihi 60. Oleh karena itu, 74 pohon plus di area ini dapat direkomendasikan sebagai sumber benih potensial pada tingkat individu. Plot 11 didominasi oleh pohon yang relative tinggi dan memiliki jumlah pohon plus terbanyak, sehingga menjadikannya area sumber benih yang menjanjikan. Selain itu, pohon individu 42 pada plot 15 memiliki tutupan tajuk terbesar (89,19%) yang menandakan potensinya untuk konservasi sebagai pohon sumber benih.

Kata kunci: Mangrove, *A. marina*, morfologi, pohon plus

1. Pendahuluan

Hutan mangrove Segara Anakan Cilacap merupakan mangrove terluas di Pulau Jawa (Prasetyo, 1999). Vegetasi mangrove yang ditemui di Segara Anakan, yaitu *Avicennia marina*, *A. alba*, *Sonneratia caseolaris*, *S. alba*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronate*, *Bruguiera cylindrical*, *B. gymnorrhiza*, *Aegiceras corniculatum*, dan *Nypa fructicans* (Suryono, 2006). *A. marina* merupakan elemen mayor ekosistem mangrove yang mendominasi ekosistem mangrove segara anakan (Suryono, 2006). Sebagai elemen mayor, jenis ini hanya hidup pada daerah mangrove dan tidak ditemui pada komunitas terestrial/darat. *A. marina* adalah jenis mangrove yang tumbuh dalam zona *exposed mangrove* (zona terluar, paling dekat dengan laut). Masyarakat mengenal *A. marina* sebagai api-api putih. Kerabat lain *A. marina* yang biasa dijumpai hidup bersama antara lain *A. alba* atau api-api hitam, *A. officinalis* atau api-api daun lebar serta *A. rumhiana* yang mulai jarang ditemukan (Halidah, 2014).

A. marina memiliki nilai ekonomis pada bidang pangan, pakan, perumahan dan farmasi karena seluruh bagian seperti akar, kulit, batang, daun dan buah, bahkan eksudat tanamannya (zat nabati yang secara spontan keluar, dikeluarkan atau diekstrak dari jaringan sel tanaman) dapat dimanfaatkan (Efriyeldi et al., 2019). Kulit batangnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku obat-obatan

tradisional seperti obat sakit gigi, dan berkhasiat terhadap penurunan produksi hormon seksual (afrodisiaka) serta sebagai anti fertilitas (Setiawati, 2010). Bagian batang *A. marina* juga dapat digunakan untuk kayu bakar dan perabot rumah tangga. Buahnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan yaitu bahan baku kue, sirup, dan keripik (Halidah, 2014); (Fauziyana, 2021). Daun mangrove *A. marina* dapat digunakan untuk pakan ternak (Rizaldi, 2019).

Ekosistem mangrove dan laguna di Laguna Segara Anakan telah mengalami degradasi yang menyebabkan menurunnya tutupan mangrove dan keragaman jenisnya (Hilmi et al., 2021). Degradasi ini disebabkan oleh konversi lahan menjadi tambak, pemukiman dan industri, pembalakan liar, perluasan kawasan *Acanthus* (Ardli & Wolff, 2008), sedimentasi (Sari et al., 2016) pembuangan limbah pencemaran dan hidrokarbon (Hidayati, et al., 2011; Syakti et al., 2013) dan akresi (Hilmi et al., 2019). Laju degradasi ekosistem mangrove di Laguna Segara Anakan mencapai 108,87–251,7 ha per tahun (Hilmi et al., 2021). Dampak degradasi lainnya adalah menurunnya pendapatan nelayan, produktivitas budidaya perikanan, aksesibilitas transportasi, organisme perairan (Ramadhan & Hafsaridewi, 2012; Ismail et al., 2019).

Berdasarkan informasi kemanfaatan dan tingginya laju degradasi ekosistem mangrove Segara Anakan, maka perlu dilakukan upaya konservasi dan rehabilitasi *A. marina*. Konservasi jenis *A.*

marina dapat dilakukan melalui pemeliharaan pohon sumber benih yang memiliki karakter morfologi lebih baik (pohon plus). Pohon plus merupakan pepohonan terpilih di antara pepohonan yang ada di suatu areal hutan yang memiliki penampakan lebih baik dari rata-rata dan juga sebagai pohon tempat pengambilan organ generatif (biji) atau organ vegetatif untuk bahan tanaman (Departemen Kehutanan, 2006). Pohon induk disebut juga pohon plus, mengingat pohon tersebut memiliki sifat-sifat unggul yang tampak pada ekspresi fenotipnya. Upaya rehabilitasi dapat dilakukan melalui penanaman secara *in-situ* maupun *ex-situ* menggunakan sumber benih yang berasal dari pohon plus.

Di Indonesia, pengembangan pembibitan *A. marina* masih terkendala oleh terbatasnya jumlah pohon induk sebagai sumber benih karena tingginya tingkat kehilangan mangrove di Indonesia yang diperkirakan mencapai 18.209 ha/tahun (Arifanti et al., 2021). Selain itu, informasi pohon *A. marina* yang dapat dijadikan sumber benih di wilayah pesisir Indonesia masih terbatas. Hal ini disebabkan oleh belum adanya penunjukkan sumber benih *A. marina* dan juga penilaian karakter morfologis pohon

plus pada populasi *A. marina* yang masih tersisa saat ini. Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan mengkaji variasi morfologi pohon *A. marina* di ekosistem mangrove Segara Anakan sebagai dasar penentuan kandidat pohon plus atau *candidate plus tree* (CPT) yang berpotensi sebagai sumber benih untuk rehabilitasi ekosistem mangrove.

2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan pesisir Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia yang masuk ke dalam wilayah Desa Motean dan Desa Klaces (Gambar 1). Lokasi penelitian merupakan wilayah Laguna Segara Anakan (SAL) Timur yang di dominasi oleh jenis *A. marina*. Terdapat 25 plot pengamatan yang dibuat untuk merepresentasikan kondisi *A. marina* di Segara Anakan (Gambar 1). Lokasi penelitian termasuk ke dalam zona ekosistem mangrove yang memiliki salinitas 6-10 ppm, fosfat 120,90-235,30 mg/kg dan nitrat 11,90-19,90 ppm dengan tekstur liat-liat berlempung (Hilmi et al., 2015). Secara geografis kawasan ini terletak pada 07° 40'36.1" LS dan 108° 50'57.5" BT.



Gambar (Fig.) 1. Lokasi penelitian di Desa Motean dan Klaces Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah (Research locations at Motean and Klaces village Segara Anakan, Cilacap, Central Java)

2.2. Metode

2.2.1. Seleksi pohon plus

Seleksi pohon plus dilakukan dengan tiga metode yaitu seleksi sifat, seleksi *candidate plus trees* (CPT) dan skoring pohon plus. Seleksi sifat dilakukan dengan metode seleksi massa yaitu pemilihan pohon-pohon yang didasarkan atas penilaian sifat morfologi individu pohon dalam populasi. Tipe seleksi ini mendasarkan pemilihan individu pohon hanya pada morfologinya tanpa memperhatikan informasi tentang performa pohon induk, keturunan atau kerabatnya (Departemen Kehutanan, 2006). Seleksi CPT dilakukan dengan metode pohon pembanding dengan menggunakan pohon pembanding sebagai dasar penentuan kandidat pohon plus. Pohon yang dijadikan pohon pembanding adalah pohon yang termasuk kualitas bagus, sejenis dan seumur dengan kandidat pohon plus. Metode pohon pembanding lebih efisien dalam menentukan pohon plus karena telah mempertimbangkan pengaruh lingkungan (Departemen Kehutanan, 2006). Metode skoring dilakukan terhadap CPT, yaitu CPT yang memiliki skor > 60 dapat ditetapkan sebagai pohon plus (Hidayat, 2010).

Seleksi pohon Plus *A. marina* dilakukan dengan membuat plot berukuran 10 m x 30 m pada areal sepanjang laguna Segara Anakan. Penentuan ukuran plot mengacu pada ukuran plot permanen ekosistem mangrove yaitu 10 m x 10 m yang diulang 3 kali (Dharmawan & Sastrosuwondo, 2014). Namun karena sebaran *A. marina* berada di zona terdepan tidak lebih dari 10 meter dari bibir sungai, maka lebar plot disesuaikan dengan kondisi lapangan. Tidak terdapat batasan khusus luasan untuk seleksi CPT, cukup tegakan yang berpenampakan bagus serta tersedia pembandingnya (Departemen Kehutanan, 2006).

Penentuan jumlah plot sampel dilakukan dengan menggunakan rumus *Slovin*. Rumus *Slovin* merupakan formula yang umum digunakan dalam penelitian survey untuk menentukan jumlah sampel minimal yang terdapat dalam sebuah populasi. Rumus *Slovin*

digunakan pada populasi yang cukup luas, untuk mendapatkan sampel yang sedikit tetapi dapat mewakili keseluruhan populasi (Sevilla, 2007). Rumus *Slovin* disajikan sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Keterangan:

n = Jumlah sampel

N = Luas areal populasi *A. marina* (27 ha)

e = Batas toleransi kesalahan 5% (*error*)

Survei dilakukan di sekitar 27 ha Laguna Segara Anakan yang terdapat jenis *A. marina*. Berdasarkan rumus *Slovin* diperoleh jumlah plot sampel minimal sebanyak 25 plot. Peletakan plot menggunakan cara *purposive sampling*, dimana penentuan petak awal yang dilakukan berdasarkan informasi pohon sumber benih yang selama ini dimanfaatkan masyarakat. Seluruh populasi dalam satu plot disensus untuk mendapatkan CPT. Jumlah CPT dalam satu plot tidak dibatasi namun untuk menghindari pengambilan pohon yang berkerabat dekat, maka pada penelitian ini dibatasi maksimal 10 pohon dengan ciri utama adalah memiliki tutupan tajuk dan perawakan yang paling besar dan sehat. Namun jika di dalam satu plot tidak ditemui 10 pohon *A. marina* dewasa, maka seluruh pohon *A. marina* yang memiliki karakter morfologi yang bagus dicatat sebagai CPT. Jenis *A. marina* dewasa yang secara visual memiliki karakter morfologi yang kurang baik dijadikan sebagai pohon pembanding. Jumlah pohon pembanding ditentukan sebanyak 5 pohon dalam satu plot (Juanda & Muin, 2017; Departemen Kehutanan, 2006). CPT dan pohon pembanding terpilih selanjutnya diberi tanda silang “X” dengan cat berwarna kuning, kemudian dicatat koordinat lokasi pohon plus tersebut menggunakan *Global Positioning System* (GPS) serta diukur karakter morfologinya. Untuk menghindari pohon yang berkerabat dekat, maka plot berikutnya diamati dengan jarak minimal 200 m dari plot sebelumnya.

Hubungan karakter morfologi pohon *A. marina* dengan karakter tutupan tajuk

dilakukan melalui pengukuran morfologi pohon plus. Penilaian morfologi pohon juga dapat mengetahui bentuk pertumbuhan yang terdapat pada suatu pohon (Robiyanti et al., 2015). Penilaian karakter morfologi meliputi tinggi total pohon, diameter batang, tinggi bebas cabang, jumlah cabang utama, diameter cabang utama, sudut cabang utama, kesehatan pohon, tutupan tajuk dan produksi buah. Tinggi total pohon merupakan tinggi pohon dari atas tanah sampai batas atas pohon yang dapat dimanfaatkan kayunya dengan mempertimbangkan bebas cabang. Diameter batang utama diukur setinggi dada (ketinggian ± 130 cm dari permukaan tanah). Tinggi bebas cabang adalah tinggi pohon dari permukaan tanah sampai batas anak cabang. Jumlah cabang utama merupakan jumlah cabang yang terbentuk dari batang utama. Sudut cabang

utama adalah besar sudut antara batang utama dengan cabang utama. Kesehatan pohon merupakan presentase bagian pohon yang tidak terserang hama/penyakit. Tutupan tajuk dihitung dengan menggunakan metode *hemisperichal photography* dengan membandingkan tutupan tajuk pohon terhadap keseluruhan tutupan tajuk pada satu areal (Korhonen et al., 2006). Produksi buah merupakan potensi pohon menghasilkan buah berupa penilaian pernah berbuah dan belum pernah berbuah.

Data hasil pengukuran setiap karakter morfologi kemudian dihitung presentase dengan membandingkan antara semua karakter morfologi CPT dengan pohon pembanding menggunakan rumus persentase perbandingan (Juanda & Muin, 2017).

1. Persentase perbandingan tinggi total kandidat pohon plus terhadap rata-rata tinggi total lima pohon pembanding (RT).

$$RT = \frac{\text{Tinggi total kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata tinggi total pohon pembanding}}$$

2. Persentase perbandingan tinggi total kandidat pohon plus terhadap rata-rata tinggi total lima pohon pembanding (RT).

$$RD = \frac{\text{Diameter batang kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata diameter batang pohon pembanding}}$$

3. Persentase perbandingan antara tinggi bebas cabang kandidat pohon plus dengan rata-rata tinggi bebas cabang kelima pohon pembanding (RTBC).

$$RTBC = \frac{\text{Tinggi bebas cabang kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata tinggi bebas cabang pohon pembanding}} \times 100\%$$

4. Persentase perbandingan antara jumlah cabang kandidat pohon plus dengan rata-rata jumlah cabang kelima pohon pembanding.

$$RJC = \frac{\text{Jumlah cabang kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata jumlah cabang pohon pembanding}} \times 100\%$$

5. Persentase perbandingan antara diameter cabang utama kandidat pohon plus dengan rata-rata diameter cabang utama kelima pohon pembanding.

$$RD = \frac{\text{Diameter cabang utama kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata diameter cabang utama pohon pembanding}}$$

6. Persentase perbandingan antara sudut cabang utama kandidat pohon plus dengan rata-rata sudut cabang utama kelima pohon pembandingan.

$$RSC = \frac{\text{Sudut cabang kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata sudut cabang pohon pembandingan}} \times 100\%$$

7. Persentase perbandingan antara kesehatan pohon kandidat pohon plus dengan rata-rata kesehatan pohon kelima pohon pembandingan.

$$RKP = \frac{\text{Kesehatan pohon kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata kesehatan pohon pembandingan}} \times 100\%$$

8. Persentase perbandingan antara tutupan tajuk kandidat pohon plus dengan dengan rata-rata tutupan tajuk kelima pohon pembandingan.

$$RLT = \frac{\text{Tutupan tajuk kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata tutupan tajuk pohon pembandingan}} \times 100\%$$

9. Persentase perbandingan antara kemampuan produksi buah kandidat pohon plus dengan rata-rata kemampuan produksi buah kelima pohon pembandingan.

$$RPB = \frac{\text{Kemampuan Produksi buah kandidat pohon plus}}{\text{Rata - rata kemampuan produksi buahpohon pembandingan}}$$

Hasil perhitungan presentase perbandingan CPT dengan pohon pembandingan selanjutnya dilakukan skoring sesuai dengan tabel skoring pohon plus yang terdapat pada Tabel 1. Bobot skoring mengacu pada beberapa hasil riset sebelumnya yang telah dimodifikasi.

Jumlah cabang utama ditetapkan sebagai bobot tertinggi dengan asumsi semakin banyak cabang semakin banyak buah yang dapat dihasilkan. CPT yang memiliki total skoring > 60 dijadikan sebagai pohon plus (Hidayat, 2010).

Tabel (Table) 1. Acuan penentuan skor untuk pohon plus *A. marina* yang diidentifikasi di lokasi penelitian (*Scoring reference for a tree plus A. marina identified at the research site*)

No.	Karakter (Character)	Skor tertinggi (Highest score)	Persentase perbandingan CPT dengan rata-rata pohon pembandingan (Percentage comparison of candidate plus trees with comparison tree)	Skor (Score)
1.	Tinggi pohon (<i>Tree hight</i>)	10	< 5%	0
			6 - 10%	2
			11 - 15%	4
			16 - 20%	6
			21 - 25%	8
			> 25%	10
2.	Diameter batang (<i>Steam diameter</i>)	20	< 5%	0
			5 - 10%	5
			11 - 15%	10
			16 - 20%	15
			> 20%	20

Tabel (Table) 1. Lanjutan (To be continued)

No.	Karakter (Character)	Skor tertinggi (Highest score)	Persentase perbandingan CPT dengan rata-rata pohon pembanding (Percentage comparison of candidate plus trees with comparison tree)	Skor (Score)
3.	Tinggi bebas cabang (Clear bole height)	10	< 30%	0
			30 - 40%	2
			41 - 50%	4
			51 - 60%	6
			61 - 70%	8
			≥ 70%	10
4.	Jumlah cabang utama (Number of primary branches)	25	< 5%	0
			5-10%	5
			11-15%	10
			16-20%	15
			21-25%	20
			> 25%	25
5.	Diameter cabang utama (Diameter of primary branch)	5	< 30%	0
			30-50%	2
			> 50%	5
6.	Sudut cabang utama (Primary branch angle)	5	< 50°	0
			50-70°	2
			> 70°	5
7.	Kesehatan pohon (Tree health)	5	Sakit (luas tanda serangan hama penyakit < 20%)	0
			Sakit (luas tanda serangan hama penyakit > 20%)	5
8.	Tutupan tajuk (Canopy coverage)	10	< 55%	1
			56 - 60%	2
			61 - 65%	4
			66 - 75%	6
			71 - 75%	8
			> 76%	10
9.	Produksi buah (Fruit production)	10	Tidak terdapat buah/tidak produski	0
			Terdapat buah	10
Total skor (Total score)		100		

Sumber (Sources): Modifikasi Dwiyantri et al. (2021); Hidayat (2010); Zabala (1988)

2.2.2. Analisis data

Parameter statistik yang dianalisis meliputi nilai ragam, rata-rata, standar deviasi, dan nilai minimum dan maksimum dihitung dari setiap karakter. Analisis ragam tiap parameter dengan uji-F. Analisis kemiripan atau ketidaksamaan dihitung berdasarkan jarak taksonomi dari keluaran dendrogram pohon menggunakan analisis kluster dan metode *complete linkage* dengan *pearson distance* menggunakan SPSS. Korelasi fenotif antara dua karakter utama dihitung berdasarkan rumus korelasi Sperman, menggunakan Minitab versi 15.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

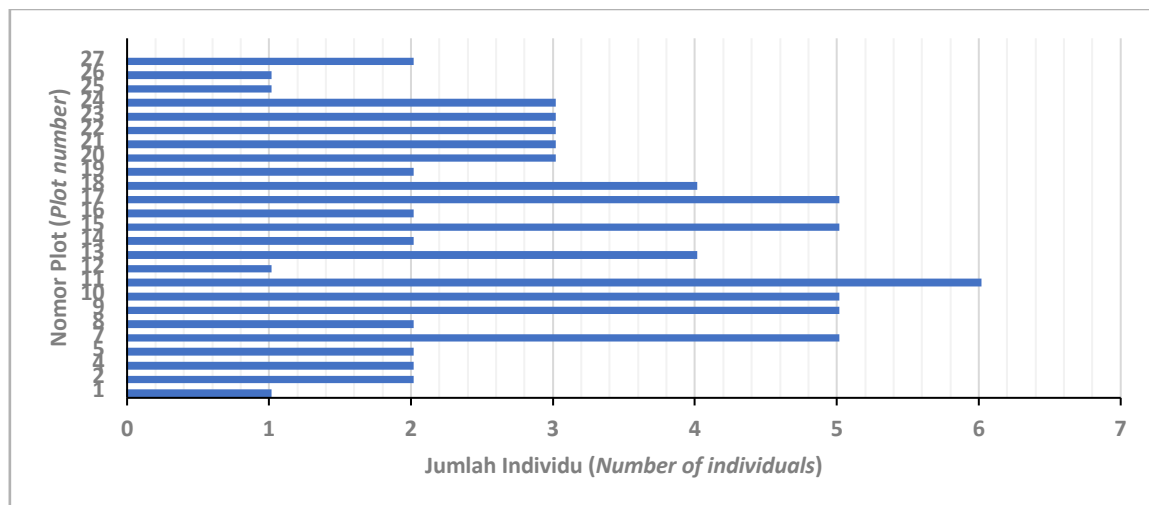
3.1.1. Seleksi pohon plus *A. marina*

Hasil identifikasi dari 25 plot, ditemui 74 individu *A. marina* yang memiliki karakter morfologi lebih baik. Nomor plot 3 dan plot 6 tidak ditemui jenis *A. marina*, sehingga nomor plot tersebut tidak dimasukkan dalam plot analisis. Jumlah pohon dengan karakter morfologi yang lebih baik pada masing-masing plot memiliki kurang dari 10 individu. Jumlah individu dengan karakter baik bervariasi antara 1-6 pohon dalam satu plot. Jumlah

pohon yang memiliki karakter morfologi lebih rendah atau pohon pembanding ditemui 125 individu.

Individu dengan nilai karakter morfologi tertinggi terdapat pada beberapa plot antara lain: tinggi total (plot 25), diameter batang (plot 11), tinggi bebas cabang (plot 27), diameter cabang (plot 7), tutupan tajuk (plot 15). Karakter

morfologi jumlah cabang, sudut cabang, kesehatan pohon dan produksi buah cenderung sama antar individu. Jumlah individu per plot menunjukkan plot 11 memiliki jumlah pohon plus lebih banyak (6 individu per plot) yang juga menunjukkan kerapatan lebih tinggi dibandingkan plot lainnya (Gambar 2).



Gambar (Fig.) 2. Jumlah individu pada masing-masing plot (*Number of individuals on each plot*)

Hasil skoring dari parameter morfologi (tinggi total, diameter batang, tinggi bebas cabang, diameter cabang utama, jumlah cabang utama, sudut cabang utama, kesehatan pohon, tutupan tajuk dan produksi buah) menunjukkan bahwa 74 individu tersebut memiliki nilai total skor di atas 60 dan 64 individu memiliki skor maksimal 100. Individu tersebut dapat dipilih sebagai pohon plus (PT).

Pada beberapa karakter morfologi

yang memiliki perbedaan nilai antar individu, yaitu karakter tinggi, diameter batang, tinggi bebas cabang, diameter cabang utama, kesehatan pohon dan tutupan tajuk (Tabel 2). Nilai sudut cabang utama, jumlah cabang utama dan produksi buah memiliki nilai yang sama pada setiap individu. Oleh karena itu, analisis ragam dilakukan hanya pada karakter tinggi, diameter batang, tinggi bebas cabang, diameter cabang utama, kesehatan pohon dan tutupan tajuk (Tabel 2).

Tabel (Table) 2. Analisis ragam pada karakter morfologi 74 pohon plus (*Analysis of variance on morphology characters of 74 plus trees*)

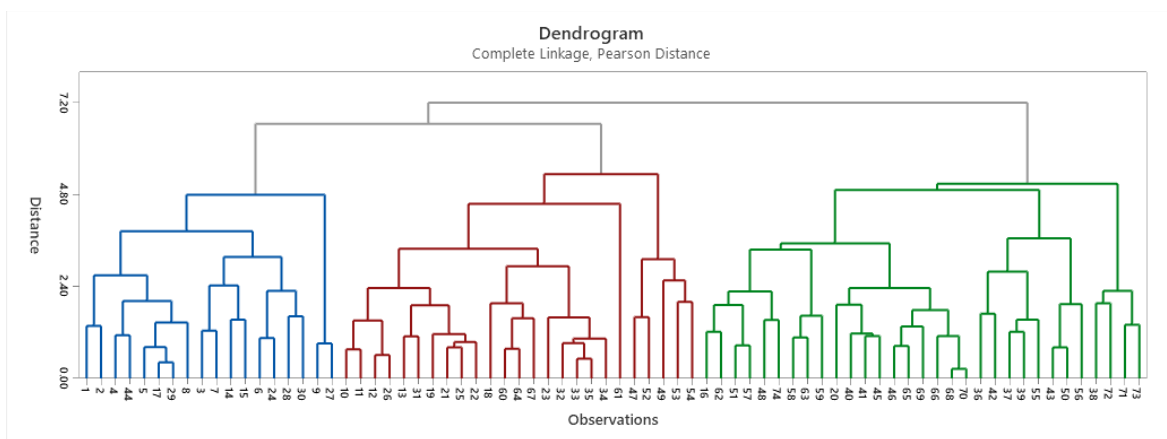
Variabel (Variable)	n	N-min	N-max	Mean	Stdev	Varians	df	SS	MS	F	P-value
Tinggi (Total height)	74	3,21	9,93	5,39	1,35	1,83	24	98,33	4,10	5,65*	0,000
Diameter batang (Stem diameter)	74	7,54	38,85	18,39	7,63	58,17	24	2.220,00	92,48	2,24*	0,009
Tinggi bebas cabang (Clear bole height)	74	1,25	6,88	3,41	1,11	1,23	24	52,09	2,17	2,84*	0,001
Diameter cabang (Branch diameter)	74	3,03	24,36	9,25	4,04	16,29	24	647,70	26,99	2,44*	0,004
Kesehatan pohon (Tree health)	74	16,00	19,00	18,51	0,67	0,45	24	20,32	0,85	3,41*	0,000
Tutupan tajuk (Canopy cover)	74	39,44	89,19	69,97	9,05	81,98	24	3.336,00	139,00	2,57*	0,003

Keterangan (Remarks): ns = Tidak signifikan pada tingkat kepercayaan 95% (*non significant at level confidence 95%*),
* = Signifikan pada tingkat kepercayaan 95% (*significant at level confidence 95%*)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa nilai seluruh karakter signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Hal ini menunjukkan bahwa varians karakternya relatif tinggi. Keanekaragaman morfologi *A. marina* di Segara Anakan relatif tinggi diduga karena adanya faktor keturunan (genetik) dan lingkungan. Faktor lingkungan yang terlihat adalah variasi letak plot. Beberapa plot yang menempati sisi terluar memiliki morfologi yang sama dan berbeda dengan letak plot yang sisi dalam sungai utama.

3.1.2. Analisis kluster (dendrogram)

Hasil analisis kemiripan pada 74 pohon plus dengan mempertimbangkan jarak taksonomi (Gambar 3) menunjukkan bahwa pada tingkat kemiripan 95% (ketidaksamaan 5%), terdapat tiga kluster pola hubungan, Kluster pertama terdiri dari 31 CPT (16, 20, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 50, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73 dan 74). Kluster kedua mencakup 25 CPT (10, 11, 12, 13, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 47, 49, 52, 53, 54, 60, 61, 64 dan 67). Kluster ketiga terdiri dari 18 CPT (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 17, 24, 27, 28, 29, 30 dan 44).



Gambar (Fig.) 3. Dendrogram 74 pohon plus *A. marina* (Tree dendrogram of 74 plus trees of *A. marina*)

Hasil uji korelasi antara dua karakter berbeda disajikan pada Tabel 3. Karakter tinggi berkorelasi positif signifikan dengan karakter diameter batang, tinggi bebas cabang dan kesehatan pohon.

Karakter diameter batang mempunyai korelasi positif signifikan dengan diameter cabang utama dan kesehatan pohon.

Tabel (Table) 3. Nilai korelasi *Pearson* antara karakter (*Pearson correlation value between characters*)

Korelasi (<i>Correlation</i>)	<i>A. marina</i> morphological characters					Keterangan (<i>Remarks</i>)
	Diameter batang (<i>Stem diameter</i>)	Tinggi bebas cabang (<i>Clear bole height</i>)	Diameter cabang utama (<i>Primary branch diameter</i>)	Kesehatan pohon (<i>Tree health</i>)	Tutupan tajuk (<i>Canopy coverage</i>)	
Tinggi (<i>Height</i>)	-0,295*	0,804**	-0,168 ^{ns}	-0,285*	0,162 ^{ns}	<i>Pearson correlation</i>
	0,011	0,000	0,151	0,014	0,167	<i>P-value</i>
Diameter batang (<i>Stem diameter</i>)		-0,186 ^{ns}	0,618**	0,334**	0,068 ^{ns}	<i>Pearson correlation</i>
		0,112	0,000	0,004	0,567	<i>P-value</i>
Tinggi bebas cabang (<i>Clear bole height</i>)			-0,020 ^{ns}	-0,121 ^{ns}	0,152 ^{ns}	<i>Pearson correlation</i>
			0,864	0,303	0,197	<i>P-value</i>

Tabel (Table) 3. Lanjutan (*To be continued*)

<i>A. marina</i> morphological characters						
Korelasi (<i>Correlati-on</i>)	Diameter batang (<i>Stem diameter</i>)	Tinggi bebas cabang (<i>Clear bole height</i>)	Diameter cabang utama (<i>Primary branch diameter</i>)	Kesehatan pohon (<i>Tree health</i>)	Tutupan tajuk (<i>Canopy coverage</i>)	Keterangan (<i>Remarks</i>)
Diameter cabang utama (<i>Main branch diameter</i>)				,297*	-0,007 ^{ns}	<i>Pearson correlation</i>
Kesehatan pohon (<i>Tree healths</i>)				0,010	0,954	<i>P-value</i>
					-0,185 ^{ns}	<i>Pearson correlation</i>
					0,115	<i>P-value</i>

Keterangan (*Remarks*): *ns* = Tidak signifikan pada tingkat kepercayaan 95% (*non significant at level confidence 95%*).

* = Signifikan pada tingkat kepercayaan 95% (*significant at level confidence 95%*)

3.2. Pembahasan

mangrove Segara Anakan dengan tipe sebaran berkelompok. Tanaman ini ditemui di 25 plot yang didominasi areal berlumpur agak lunak atau dangkal dengan dasar pasir dan sedikit bahan organik dengan salinitas tinggi (Hilmi et al., 2015). Berdasarkan karakter morfologi menunjukkan sedikitnya terdapat 74 pohon *A. marina* yang dapat dijadikan pohon plus. Keragaman genetik pohon plus tersebut belum dapat dilaporkan pada penelitian ini. Namun beberapa hasil penelitian menunjukkan populasi *A. marina* di Kerala India menunjukkan perbedaan genetik yang besar ($GST = 0,385$) yang menunjukkan bahwa 38% dari total keanekaragaman genetik berada di antara populasi dan sisanya 62% berada dalam populasi. Terdapat korelasi signifikan antara dendrogram dan PCoA yang menunjukkan bahwa penyebaran benih yang sangat jauh di antara populasi *A. marina* relatif rendah (Sreekanth & Anupama, 2021). Berbeda dengan keragaman genetik *A. marina* di Iran. Malekmuhammadi et al. (2023) menyebutkan variasi genetik rendah hingga sedang pada populasi. Aliran gen terbatas terlihat di antara populasi tetangga dalam provinsi tertentu. Satu populasi hampir sepenuhnya terisolasi dari aliran gen dengan populasi lain dan memiliki konten genetik yang berkembang.

Perbedaan karakter morfologi pada pohon plus *A. marina* di Segara Anakan menunjukkan jumlah pohon plus di setiap plot berbeda-beda. Pada plot 11

didominasi oleh pohon yang relatif tinggi dan jumlah pohon plus tertinggi dibandingkan dengan plot lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa setiap pohon *A. marina* di Segara Anakan mempunyai variasi dan keragaman morfologi yang relatif tinggi. Variasi antar pohon tersebut dapat terjadi dikarenakan faktor keturunan (genetik), lingkungan tempat tumbuh dan interaksi antara genetik dan lingkungan. Perbedaan variasi yang diakibatkan oleh lingkungan terlihat pada variasi geografis (antar provenansi), variasi lokal (antar tempat tumbuh), variasi antar pohon pada suatu tempat tumbuh dan variasi di dalam pohon (Soerianegara & Indrawan, 2002).

Variasi tempat tumbuh diduga berhubungan dengan jenis substrat, dimana plot 11 memiliki kandungan lumpur yang lebih tinggi dibandingkan plot lainnya. Hal ini sejalan dengan (Fadli & Sofiyanti, 2015; Masruroh & Insafotri, 2020) yang menyebutkan adanya hubungan positif antara substrat lumpur dengan kerapatan *A. marina*, artinya jika persentase lumpur tinggi, maka kerapatan *A. marina* juga semakin tinggi. Korelasi antara substrat pasir dengan kerapatan *A. marina* menunjukkan hubungan negatif, dimana semakin tinggi persentase substrat pasir, maka kerapatan semakin rendah. Hal ini dapat diasumsikan bahwa plot 11 merupakan plot yang memiliki potensi pohon plus lebih tinggi dibandingkan plot lainnya.

Berdasarkan karakter morfologi pohon plus *A. marina* yang ditemukan di Segara Anakan menunjukkan bahwa individu tertinggi mencapai 9 m (tidak

kerdil) lebih tinggi dari yang ditemui di Auckland yang mencapai 6 m. Pohon kerdil umumnya ditemui di zona dalam, sedangkan pohon yang terletak di sepanjang tepi laut dan di sepanjang saluran pasang surut umumnya > 1 m. Pertumbuhan akar secara horizontal dengan pneumatofora tumbuh ke atas muncul seperti jari dari lumpur (Naidoo, 2006; Naidoo, 2009; Naidoo, 2010). Pengaruh perbedaan habitat pada zona mangrove seperti zona yang paling dekat dengan pantai, zona tengah yang kadang-kadang tergenang air laut, dan zona terakhir yang tergenang air laut. Pengelompokan karakter morfologi daun *Avicenia* spp. di Pulau Jawa juga ditunjukkan pada studi Sabdanawaty et al. (2021). Karakter morfologi tidak sepenuhnya dapat disebabkan karena adanya variasi genetik atau perbedaan taksonomi karena cenderung sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Oktavianingsih et al., 2019; Sabdanawaty et al., 2021).

Selain karakter tinggi pohon, karakter diameter batang, tinggi bebas cabang, diameter cabang utama, kesehatan pohon dan tutupan tajuk menunjukkan nilai signifikansi terhadap variabel pertumbuhan. Diameter dan tinggi batang dikategorikan ke dalam sifat-sifat kuantitatif yang dikendalikan oleh banyak gen (*multigenic*) dan sangat dipengaruhi oleh variasi lingkungan. Bentuk batang dan kelurusan batang dikategorikan ke dalam sifat-sifat kualitatif yang dikendalikan oleh sedikit gen (gen tunggal) dan sedikit lagi yang dipengaruhi oleh variasi lingkungan (Hidayat, 2010).

Karakteristik morfologi yang saling berkorelasi menunjukkan tinggi pohon berkorelasi positif signifikan dengan karakter diameter, tinggi bebas cabang dan kesehatan pohon. Karakter diameter mempunyai korelasi positif signifikan dengan diameter cabang dan serangan hama. Jika perlindungan *A. marina* untuk tujuan sumber benih, maka produksi buah sebagai sumber benih menjadi faktor yang penting untuk dianalisis. Karena keterbatasan data produksi buah, maka tutupan tajuk menggambarkan tempat tersedianya buah dianalisis. Tutupan tajuk tidak berkorelasi

dengan tinggi total dan diameter batang. Secara fisik terlihat bahwa *A. marina* dengan perawakan tidak terlalu tinggi memiliki tutupan tajuk sering kali lebih besar. Sebagai contoh individu pohon plus 42 memiliki tinggi 5,59 m dengan tutupan tajuk tertinggi 89,19%. Kondisi ini menunjukkan ketersediaan buah tidak berhubungan dengan tinggi total dan diameter batang. Tutupan tajuk dapat menggambarkan jumlah cabang dimana sebagai tempat produksi buah. Hal ini diduga berhubungan erat dengan faktor lingkungan berupa cahaya yang meningkatkan jumlah anak cabang dibandingkan faktor tempat tumbuh. Faktor lingkungan tempat tumbuh terutama keadaan tanah, salinitas, penggenangan, kerasnya pasang surut, laju pengendapan dan pengikisan, serta ketinggian nisbi darat dan air menentukan kemampuan adaptasi jenis mangrove (Hilmi et al., 2015). Hal ini akan memengaruhi komposisi jenis setiap zonasi. Semakin jauh dari laut, maka suatu jenis akan menggantikan jenis lain, sampai ke daerah peralihan yaitu menjadi komunitas rawa, air tawar dan hutan pedalaman (Istomo, 1992).

Hasil analisis kluster menunjukkan terdapat 3 kluster pola hubungan dengan tingkat kemiripan 95%. Individu pada satu kluster berada pada plot yang berbeda dengan jarak antar plot yang cukup jauh. Plot 15 dan plot 19 yang dipisahkan jarak dan sungai, namun memiliki kemiripan karakter morfologi yang tergabung dalam satu kluster. Selain itu, ditemukan individu dalam satu plot tersebar pada 3 kluster berbeda. Hal ini salah satunya terlihat pada plot 9 yang terdiri dari 5 individu yaitu individu 15, 16, 17, 18 dan 19. Individu 16 berada pada kluster pertama, individu 18 dan 19 masuk pada kluster kedua dan individu 15 dan 17 masuk pada kluster ketiga. Kondisi ini diduga berhubungan dengan adanya pola sebaran benih dari pohon induk melalui air sehingga menyebar pada wilayah yang cukup luas. Kondisi ini mengindikasikan tingginya keragaman *A. marina* di Segara Anakan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Penilaian karakter morfologi pohon *A. marina* di Segara Anakan menunjukkan adanya 74 kandidat pohon plus *A. marina* yang memiliki skor di atas 60, dimana 64 kandidat pohon plus di dalamnya memiliki skor maksimum 100. Hal ini menunjukkan bahwa 74 kandidat memiliki keragaan pohon atau performa pertumbuhan yang optimum dan memenuhi kriteria sebagai pohon plus, sehingga ke depannya kandidat ini dapat direkomendasikan sebagai sumber benih pada tingkat individu. Pada plot 11 didominasi oleh pohon yang relatif tinggi dan jumlah pohon plus tertinggi, sehingga plot 11 memiliki potensi sebagai areal sumber benih. Keragaan pohon *A. marina* dengan pendekatan karakter morfologinya secara fisik terlihat bahwa *A. marina* dengan perawakan tidak terlalu tinggi memiliki tutupan tajuk lebih besar. Individu pohon plus 42 memiliki tinggi 5,59 m dengan tutupan tajuk tertinggi 89,19%, berpotensi untuk dikonservasi sebagai pohon sumber benih. Tutupan tajuk sebagai tempat produksi buah dapat dijadikan faktor penentu pemilihan pohon plus *A. marina*. Solusi terbaik untuk melestarikan spesies mangrove pesisir seperti *A. marina* adalah menanam pada habitatnya.

4.2. Saran

Berdasarkan morfologi *A. marina*, maka pohon plus tersebut bisa dijadikan sumber benih untuk memenuhi kebutuhan bibit mangrove di Sagara Anakan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Nina Mindawati dan Prof. Yuliana Bramasto serta Dr. Sitti Hany Nuroniah atas arahan yang diberikan dan Joni Mucronata dalam proses pengumpulan data. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada RIIM Kompetisi Gelombang 1 (BRIN-LPDP); Pengembangan teknologi restorasi dan rehabilitasi (Teknologi R/R) ekosistem mangrove berbasis *ecosystem design*, *biotechnology*, dan *community development* dan Rumah Program

Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan BRIN Tahun 2024 Batch I: Pengembangan Teknik Rehabilitasi Ekosistem Mangrove Terinvasi *Derris trifoliata* untuk Pemulihan Kualitas Lingkungan di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah.

Daftar Pustaka

- Ardli E., & Wolff, M. (2008). Quantifying habitat and resource use changes in the Segara Anakan Lagoon (Cilacap, Indonesia) over the past 25 years. *Environ, Pollut*, 3(2), 54–67.
- Arifanti, V.B., Novita, N., Subarno, & Tosiani, A. (2021). Mangrove deforestation and CO2 emissions in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 874(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/874/1/012006>
- Dephut. 2006. *Manual Seleksi Pohon Plus*. Balai Perbenihan Tanaman Hutan Jawa dan Madura, Sumedang.
- Dharmawan, I.W & Sastrosuwondo, P. (2014). *Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove*. COREMAP CTI LIPI.
- Dwiyantri, F.G., Siregar, I.Z., Siregar, U.J. 2021. Phenotypic and genetic diversity evaluation of sengon (*Falcatara mulucana* (Mig.) Barneby & Grimes J.W. from Solomon Provenance on Progeny trial in Cirangsad experimental forest, West Java. *Jurnal manajemen hutan tropika*, 27(3), 174-183. Doi:10.7226/jtfm.27.3.174.
- Efriyeldi, Mulyadi, A., Samiaji, J., Nursyirwani, Elizal, & Suanto, E. (2019). Peningkatan nilai ekonomi ekosistem mangrove melalui pengolahan buah api-api (*Avicennia* sp.) sebagai bahan makanan di Desa Sungai Kayu Ara Kabupaten Siak. *Journal of Rural I*(1), 1–8.
- Fadli, K., & Sofiyanti, N. (2015). Analisis vegetasi *Avicennia* sp. dan karakteristik sedimen di Kawasan Mangrove Desa Sungai Rawa Kecamatan Sungai Apit Kabupaten Siak, Riau. *JOM FMIPA* 2(1), 23–34.
- Fauziyana, I. (2021). *Potensi Pemanfaatan*

- Buah Mangrove Api-api (Avicennia marina) Sebagai Olahan Kue Kering dengan Uji Kimiawi dan Uji Organoleptik*. Thesis Fakultas Pendidikan Biologi. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Halidah. (2014). *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh jenis mangrove yang kaya manfaat. *Info Tek. Eboni*, 11(2), 37–44.
- Hidayat, Y. (2010). Morphological variation of surian (*Toona sinensis* Roem) candidate plus trees collected from community forest population in West and Central Java. In *Promoting Biodiversity Rain Forest Protection and Economis Development in Indonesia*, 57–66.
- Hidayati, N.V., Hilmi, E., Haris, A., Effendi, H., Guiliano, M., Doumenq, P., & Syakti, A. (2011). Fluorene removal by biosurfactants producing *Bacillus megaterium*. *Waste Biomass Valorization*, 2, 415–422.
- Hilmi, E., Sari, L.K., Cahyo, T.N., & Siregar, A.S. (2021). The mangrove landscape and zonation following soil properties and water inundation distribution in Segara Anakan Cilacap. *Manajemen Hutan Tropika*, 27(3), 152–164. <https://doi.org/10.7226/jtfm.27.3.152>.
- Hilmi, E., Sari, L.K., Setijanto, Kusmana, C., & Suhendang, E. (2019). The carbon conservation of mangrove ecosystem in Indonesia. *BIOTROPIA*, 26(3), 181–190. <https://doi.org/10.11598/btb.2019.26.3.1099>.
- Hilmi, E., Siregar, A.S., Febryanni, L., Novaliani, R., Amir, A., & Syakti, A.D. (2015). Struktur komunitas, zonasi dan keanekaragaman hayati vegetasi mangrove di Segara Anakan Cilacap. *Omni Akuatika*, 11(2), 20–32.
- Ismail, Sulistiono, Hariyadi, S., & Madduppa, H. (2019). Hubungan antara degradasi mangrove Segara Anakan dan penurunan hasil tangkapan kepiting bakau (*Scylla* sp.) di Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 24(3), 179–187. <https://doi.org/10.18343/jipi.24.3.17>
- 9.
- Istomo. (1992). *Tinjauan Ekologi Mangrove dan Pemanfaatannya di Indonesia*. Laboratorium Ekologi Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jenning, S., Brown, N., & Seil, D. (1999). Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry*, 72(1), 59–74. <https://doi.org/10.1093/forestry/72.1.59>.
- Juanda, & Muin, A.W.R. (2017). Seleksi pohon plus pada areal tegakan benih IUPHHK-HA PT. Suka Jaya Makmur Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(4), 927–934.
- Kehutanan, D. (2006). *Manual Seleksi Pohon Plus*. Balai Perbenihan Tanaman Hutan Jawa dan Madura.
- Korhonen, L., Korhonen, K., Rautiainen, M. & Stenberg, P. (2006). Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. *Silva Fennica*, 40(4), 577–588. <https://doi.org/10.14214/sf.315>.
- Masruroh, L., & Insafotri. (2020). Pengaruh jenis substrat terhadap kerapatan vegetasi *Avicennia marina* di Kabupaten Gresik. *J. Juv*, 1, 151–159.
- Malekmohammadi, L., Sheidai, M., Ghahremaninejad, F., Danehkar, A., Koohdar, F. (2023). Studies on genetic diversity, gene flow and landscape genetic in *Avicennia marina*: Spatial PCA, Random Forest, and phylogeography approaches. *BMC Plant Biol* 23, 459. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04475-6>
- Naidoo, G. (2009). Differential effects of nitrogen and phosphorus enrichment on growth of dwarf *Avicennia marina* mangroves. *Aquat. Bot*, 90(2).
- Naidoo, G. (2010). The mangroves of South Africa: An ecophysiological review. *South African J. Bot*, 107, 101–113.
- Naidoo G. (2006). Factors contributing to dwarfing in the mangrove *Avicennia marina*. *Analysis of Botany*, 97(6), 1095–1101. <httpsdoi.org/10.1093/aob/mcl064>.

- Prasetyo, L.B. (1999). Monitoring perubahan lansekap di Segara Anakan Cilacap dengan menggunakan citra optik dan radar. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Bidang Ilmu Haya Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB*.
<https://doi.org/10.1016/j.egg.2021.100094>.
- Ramadhan, A., & Hafsaridewi, R. (2012). Dampak perubahan lingkungan terhadap perkembangan. *J. Sosek KP*, 7(1), 33-40
<https://doi.org/10.15578/jsekp.v7i1.5734>.
- Rizaldi, M.R. (2019). *Pengaruh Pemberian Pakan Daun Mangrove Api-api (Avicennia marina) dan Rumput Lapangan terhadap Pertambahan Bobot Badan Harian (PBBH) Kambing Kacang (Capra aegagrus)*. Universitas Sumatera Utara.
- Robiyanti, Muin, A, & Wulandari. R.C. (2015). Seleksi penetapan kandidat pohon plus Penage (*Callophylum inophyllum* L.) di Kecamatan Matan Hilir Selatan Kabupaten Ketapang. *Jurnal Hutan Lestari*, 3 (2), 279–285.
- Sabdanawaty, F.P., Purnomo, & Daryono, B.S. (2021). Species diversity and phenetic relationship among accessions of api-api (*Avicennia* spp.) in Java based on morphological characters and ISSR markers. *Biodiversitas*, 22(1), 193–198.
- Sari, L.K., Adrianto, L., Soewardi, K., Atmadipoera, A.S., & Hilmi, E. (2016). Sedimentation in lagoon waters (Case study on Segara Anakan Lagoon). *AIP Conference Proceedings*, 1730 (1), 1.
- Setiawati, Y. (2010). Isolasi dan penentuan struktur molekul senyawa triterpenoid dari kulit batang kayu api-api betina (*Avicennia marina* Neesh). *Jurnal Penelitian Sains*, 13 (2), 35-43.
- Sevilla, C.G. (2007). *Research Methods*. ex Printing Company. Quezon City.
- Sreekanth, PM, & Anupama, KV. (2021). Genetic diversity of mangrove tree species *Avicennia marina* in eco-geographic regions of kerala coast, Southern India, *Ecological Genetics and Genomics*. 20. 100094.
- Suryono, C.A. (2006). Struktur populasi vegetasi mangrove di Laguna Segara Anakan. *Ilmu Kelautan*, 11(2), 112–118.
- Soerianegara, I, & Indrawan. A. (2002). *Pemuliaan Pohon Hutan*. Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Syakti, A.D., Moussa, M.A., Nuning V., Hidayatia, E.H., Sulystyoa, I., Piramb, A., & Doumenq, P. (2013). Screening of emerging pollutants in the mangrove of Segara Anakan Nature Reserve , Indonesia. *IERI Procedia*, 5, 216–222.
<https://doi.org/10.1016/j.ieri.2013.11.095>.
- Zabala, N.Q. (1988). *Establishment and management of seed production area*. Paper presented at the training course on "Siliviculture and Tree Improvement" held at Bangladesh Forest Research Institute.11 pp. (unpublished).

**Pengaruh *Ultrafine Bubbles* dan *Dark Septate Endophytes* terhadap
Pertumbuhan Bibit Malapari (*Pongamia pinnata*)
(*Effect of Ultrafine bubbles and Dark Septate Endophytes on the Seedling Growth of
Malapari (Pongamia pinnata)*)**

**Eliya Suita¹, Dolly Priatna², Dede J Sudrajat¹, Surono³ dan/and Y. Aris
Purwanto⁴**

¹Pusat Riset Botani Terapan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat, 16911, Indonesia

²Program Studi Manajemen Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Pakuan, Bogor

³Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong, Bogor, Jawa Barat, 16911, Indonesia

⁴Departmen Mekanik dan Rekayasa Biosistem, IPB University, Jl. Lingkar Kampus Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia

*E-mail: eliyasuita@yahoo.co.id

Tanggal diterima: 9 Juli 2024; Tanggal disetujui: 9 Desember 2024; Tanggal direvisi: 18 Desember 2024

Abstract

*Malapari has great potential to produce biofuel, and is known as an energy source plant that many stakeholders are developing. The Malapari planting program needs information related to germination and how to produce seedlings that are ready for planting, have vigor, and can adapt to the planting area. This research aims to determine the effect of treatment with ultrafine bubbles (UFB) water and dark septate endophytes (DSE) fungi, which are invigoration technologies to increase the viability and vigor of malapari seeds and seedlings. The research design used a completely randomized factorial design with two factors, namely treatment of soaking seeds with UFB water with doses consisting of 0, 8 ppm, and 20 ppm, and DSE treatment using without DSE, DSE *Dendrothyrium* sp., DSE *Cladophialophora nyingchiensis*, and DSE *Exophiala pisciphila*. The results showed that malapari seed moisture content of 9.36% gave a high germination percentage, then the soaking of UFB water, which was not an effective method to be used. Giving DSE *Exophiala pisciphila* fungi to the seeds could maintain their germination percentage and improve the germination rate. In addition, it accelerates the mean of germination days and mean daily germination, furthermore, the seedling were studied more, resulting the higher seedling quality.*

Keywords: *Malapari, dark septate endophytes, seed germination, ultrafine bubbles*

Abstrak

Malapari memiliki potensi yang besar untuk menghasilkan minyak nabati, dan dikenal sebagai tanaman sumber energi yang sedang dikembangkan oleh banyak pihak. Program penanaman jenis malapari perlu didukung informasi perkecambah dan pembibitan untuk menghasilkan bibit yang siap tanam, vigor dan mampu beradaptasi di lahan penanaman. Penelitian bertujuan untuk menganalisis efektivitas pemberian air *ultrafine bubbles* (UFB) dan cendawan *dark septate endophytes* (DSE) sebagai salah satu teknologi invigorasasi meningkatkan viabilitas dan vigor benih, serta bibit malapari. Rancangan penelitian menggunakan faktorial dalam rancangan acak lengkap dengan dua faktor, yaitu faktor perendaman benih dengan UFB water terdiri 3 taraf (dosis 0 sebagai kontrol, 8 ppm, dan 20 ppm) dan faktor DSE 0,1% terdiri 4 taraf (kontrol, DSE *Dendrothyrium* sp., DSE *Cladophialophora nyingchiensis*, dan DSE *Exophiala pisciphila*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih malapari dengan kadar air 9,36% masih mempunyai daya berkecambah yang tinggi sehingga tidak efektif diberi perlakuan perendaman dengan UFB. Benih malapari yang diberi cendawan DSE *E. pisciphila* bisa mempertahankan daya berkecambah benih dan dapat meningkatkan kecepatan perkecambahannya. Cendawan DSE *E. pisciphila* juga mempercepat rata-rata hari berkecambah, meningkatkan perkecambahan harian, bibit lebih kokoh, dan indeks mutu bibit lebih tinggi.

Kata kunci: *Malapari, dark septate endophytes, daya berkecambah, ultrafine bubbles*

1. Pendahuluan

Malapari (*Pongamia pinnata* Merrill) dikenal sebagai tanaman sumber energi yang bijinya mengandung lemak nabati sebesar 27-39% dari berat kering biji (Alimah, 2011; Febritasari et al., 2016). Spesies ini mampu tumbuh hampir di semua jenis habitat termasuk lahan tergenang, salinitas tinggi dan kurang subur. Spesies ini mampu tumbuh di hutan dataran rendah pada tanah berkapur, batuan pantai, tepi hutan dan di sepanjang aliran sungai. Malapari dikenal sangat toleran pada kondisi salinitas tinggi (Febritasari et al., 2016; Kumar et al., 2007). Malapari juga dapat berperan sebagai penyubur lahan karena kemampuannya dalam memfiksasi nitrogen dari udara bebas melalui simbiosis dengan bakteri penambat nitrogen rhizobia dalam bentuk nodul/bintil akar (Arpiwi et al., 2013).

Budi daya malapari belum banyak dilakukan dan sering terkendala penyediaan bibit yang berkualitas karena viabilitas benihnya cepat menurun yang menyebabkan rendahnya perkecambahan dan kurang optimalnya pertumbuhan bibit. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa benih malapari memiliki kadar air awal (benih segar) sangat tinggi 63,39% (Suita & Syamsuwida, 2016) dan 51,37% (Aminah & Syamsuwida, 2013). Benih yang mempunyai kadar air saat matang pohon 30-70% termasuk jenis rekalsitran (Schmidt, 2000) dan umumnya viabilitasnya cepat menurun serta sensitif terhadap pengeringan. Perbaikan mutu benih malapari ini agar dapat berkecambah dengan baik pada saat benih sudah menurun viabilitasnya memerlukan perlakuan invigorasi guna meningkatkan viabilitas benih dan vigor bibit. Beberapa teknologi invigorasi yang cukup potensial untuk memperbaiki viabilitas dan vigor benih adalah *ultrafine bubbles* (UFB) dan *biopriming* (Sudrajat et al., 2022).

UFB adalah gelembung yang sangat kecil, diameternya kurang dari 1 μm atau 10^{-6} meter (Ahmed et al., 2018). Perlakuan UFB terhadap benih tanaman dapat merangsang aktivitas metabolisme untuk meningkatkan perkecambahan (Diaz-Vivancos et al., 2013). Air UFB

cukup efektif dilakukan untuk mematahkan dormansi dan meningkatkan viabilitas serta vigor benih beberapa tanaman hutan, seperti *Gmelina arborea* (Siregar et al., 2020), *Falcataria moluccana* (Siregar et al., 2021), dan *Albizia chinensis* (Sudrajat, et al., 2022).

Teknik invigorasi lainnya untuk meningkatkan vigor benih dan bibit adalah *biopriming*. Salah satu cendawan yang potensial untuk *biopriming* adalah *dark septate endophytes* (DSE). *Biopriming* pada jagung menggunakan *endophytes* dapat meningkatkan perkecambahannya sampai 90% (Poovarasana et al., 2022). DSE adalah sekelompok cendawan endofit yang memiliki hifa melanin gelap, membentuk koloni berwarna gelap pada media-agar dan mampu mengkolonisasi akar tanaman tanpa menyebabkan gejala penyakit (Dalimunthe et al., 2019), dapat memfasilitasi pertumbuhan dan keberagaman tanaman (He et al., 2019) mampu memproduksi metabolit sekunder yang dapat mencegah tumbuhan inangnya dari serangan fungi patogen dan mampu menghasilkan senyawa-senyawa bioaktif, seperti senyawa anti bakteri dan anti fungi (Hasanah et al., 2015). Cendawan endofit berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman baik dalam kondisi nutrisi tercukupi untuk pertumbuhannya maupun dalam kondisi cekaman biotik karena serangan hama dan penyakit dan cekaman abiotik seperti keasaman tinggi dan kekeringan sehingga tanaman bisa beradaptasi dan tumbuh normal dalam kondisi cekaman tersebut (Surono & Narisawa, 2018). Tujuan penelitian untuk menganalisis efektivitas perlakuan pemberian air UFB dan cendawan DSE pada benih malapari yang sudah disimpan selama 1 bulan dalam rangka meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan bibit.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan selama 5 bulan di laboratorium dan rumah kaca Balai Penerapan Standar Instrumen KLHK (BPSI KLHK Bogor), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan produksi air yang

mengandung UFB dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Biosistem IPB *University*. Buah malapari dikumpulkan pada bulan Agustus 2022, perlakuan dan penaburan dilakukan pada bulan September 2022, serta penyapihan dilakukan bulan Oktober 2022. Pemeliharaan dan pengujian dilakukan bulan Oktober 2022 sampai Januari 2023.

Benih dikumpulkan dari areal tegakan benih malapari dari Carita, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis terletak antara 06°13' - 07°24' Lintang Selatan dan 105°49' - 105°54' Bujur Timur. Temperatur udara di Kabupaten Pandeglang berkisar antara 22,5° - 27,9°C. Di daerah pantai temperatur udara bisa mencapai 22° - 32°C, sedangkan di daerah pegunungan berkisar antara 18° - 29°C. Kabupaten Pandeglang memiliki curah hujan antara 2.000 - 4.000 mm per tahun dengan rata-rata curah hujan 3.814 mm dan mempunyai 177 hari hujan rata-rata per tahun serta memiliki tekanan udara rata-rata 1.010 milibar.

2.2. Prosedur Kerja

Tahap awal penelitian yaitu menyediakan bahan berupa media perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit (pasir, tanah, sekam dan kompos), *polybag* (12 cm x 15 cm), air *ultrafine bubbles* (UFB) 8 dan 20 ppm (dengan menggunakan generator UFB (Ultrafine GaLF tipe FZ1N-10), cendawan *dark septate endophytes* (DSE) 0,1%, yaitu DSE *Dendrothyrium* sp. (CPP114), DSE *Exophiala pisciphila* (S14), dan DSE *Cladophialophora nyingchiensis* (S51).

2.2.1. Rancangan penelitian

Rancangan penelitian menggunakan rancangan faktorial dalam rancangan acak lengkap dengan dua faktor, yaitu faktor pertama berupa perendaman benih dengan air UFB (*ultrafine bubbles*) dan faktor kedua berupa DSE (*dark septate endophytes*). Rincian kedua faktor tersebut sebagai berikut:

Faktor U (*Ultrafine bubbles*) terdiri atas 3 taraf, yaitu:

U₀ = Kontrol

U₁ = Perendaman dalam air UFB 8 ppm selama 24 jam

U₂ = Perendaman dalam air UFB 20 ppm selama 24 jam

Faktor D (*dark septate endophyte*) terdiri atas:

D₀ = Kontrol

D₁ = Perendaman dalam DSE *Dendrothyrium* sp. (CPP 1.1.4) selama 24 jam

D₂ = Perendaman dalam DSE *Cladophialophora nyingchiensis* (S51) selama 24 jam

D₃ = Perendaman dalam DSE *Exophiala pisciphila* (S14) selama 24 jam.

Benih direndam selama 24 jam dengan air UFB (Rahman, 2022). Untuk menjaga kondisi UFB selama perlakuan, benih yang direndam disimpan di dalam *ice box* dengan memberikan es di dalam box. Inokulasi cendawan DSE dilakukan setelah perlakuan pendahuluan benih direndam dengan UFB atau sebelum penaburan benih. Benih direndam dengan dosis 0,1% DSE *Dendrothyrium* sp. (nomor isolat CPP114), DSE *Exophiala pisciphila* (nomor isolat S14), dan DSE *Cladophialophora nyingchiensis* (nomor isolat S51) selama 24 jam. Benih yang telah direndam, kemudian ditabur pada media campuran tanah dan pasir (1:1, v/v). Setelah benih berkecambah (3-4 minggu) atau sudah tumbuh minimal sepasang daun, kecambah disapih ke media sapih (media tanah : kompos : sekam (3:2:1, v/v). Wadah sapih menggunakan *polybag* ukuran 12 cm x 15 cm. Pemeliharaan bibit dilakukan selama 3 bulan dan bibit disiram setiap hari.

2.2.2. Pengamatan tingkat kecambah

Pengambilan data pada kecambah benih digunakan untuk menghitung daya berkecambah, kecepatan berkecambah, rata-rata perkecambahan harian, rata-rata hari berkecambah dan nilai perkecambahan sebagai indikator pengukuran viabilitas benih (Sutopo, 2002). Parameter yang diamati sebagai berikut:

- a. **Daya berkecambah (DB)** menunjukkan jumlah kecambah normal dari pengujian benih dalam suatu jangka waktu tertentu, mulai benih berkecambah normal sampai benih sudah tidak berkecambah lagi. Daya berkecambah dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Sutopo, 2002).

$$DB = \frac{\text{Jumlah benih yang berkecambah normal}}{\text{Jumlah benih yang diuji}} \times 100\%$$

- b. **Kecepatan berkecambah.** Kecepatan berkecambah (Kcp) yang diukur merupakan benih yang berkecambah mulai pengamatan hari pertama berkecambah sampai benih tidak berkecambah lagi. Menurut Widajati (2013), parameter vigor merupakan penjabaran dari kecepatan berkecambah dengan rumus kecepatan berkecambah.

$$Kcp = \frac{x_1}{c_1} + \frac{x_2}{c_2} + \dots + \frac{x_i}{c_i}$$

x_i = persentase kecambah normal pada pengamatan ke- i
 c_i = pengamatan hari ke- i

- c. **Rata-rata hari berkecambah.** Rata-rata hari berkecambah (RHB) untuk mengetahui waktu rata-rata yang telah digunakan benih untuk melakukan perkecambahan. Rata-rata hari berkecambah ditentukan menggunakan rumus (Sutopo, 2002).

$$RHB = \frac{(n_1 \times t_1) + (n_2 \times t_2) + \dots + (n_i \times t_i)}{\text{Jumlah benih yang berkecambah}}$$

n_i = jumlah benih yang tumbuh pada satuan waktu tertentu.
 t_i = Waktu antara dimulainya pengujian sampai dengan interval tertentu saat pengamatan.

- d. **Nilai perkecambahan.** Nilai kecambah dihitung untuk mengetahui kecepatan dan kesempurnaan benih yang berkecambah selama proses pengamatan berlangsung. Perhitungan dilakukan dari hari pertama sampai hari terakhir dengan menggunakan rumus (Sutopo, 2002).

$$NP (\%) = PV \times FGD$$

$$PV = \frac{\text{Persen perkecambahan tertinggi}}{\text{jumlah hari untuk mencapainya}}$$

$$FGD = \frac{\text{Persen perkecambahan pada akhir pengamatan}}{\text{Jumlah hari uji seluruhnya}}$$

NP = nilai perkecambahan
 PV = nilai puncak perkecambahan
 FGD1 = rata-rata perkecambahan harian

2.2.3. Pengamatan tingkat bibit

- a. **Tinggi dan diameter bibit.** Pengukuran tinggi dan diameter dilakukan pada saat akhir pengamatan pada bibit umur 3 bulan. Pengukuran tinggi tanaman menggunakan penggaris. Tinggi tanaman diukur dari

pangkal batang sampai pada titik tumbuh tertinggi. Pengukuran diameter menggunakan kaliper. Diameter diukur pada ketinggian sekitar 1 cm dari atas tanah pada pangkal batang.

- b. **Rasio pucuk akar.** Rasio pucuk akar (RPA) merupakan perbandingan antara batang dengan akar (Haase, 2008).

$$RPA = \frac{\text{berat kering pucuk (batang + daun) (g)}}{\text{berat kering akar (g)}}$$

- c. **Indeks mutu bibit Dickson.** Indeks mutu dirancang untuk mengevaluasi sejumlah kombinasi parameter morfologi untuk menduga performa bibit setelah ditanam di lapangan yang dikembangkan pada jenis *Picea glauca* dan *Pinus strobus* (Dickson et al., 1960).

$$\text{Indek mutu bibit} = \frac{\text{Berat kering total bibit (g)}}{\frac{\text{Tinggi bibit (cm)}}{\text{Diameter (mm)}} + \frac{\text{Berat kering pucuk (g)}}{\text{Berat kering akar (g)}}}$$

- d. **Berat kering bibit (Biomassa).** Bibit pada umur 3 bulan diuji berat kering bagian batang, daun dan akar tanaman yang dikering tanurkan dengan suhu 60°-80°C selama kurang lebih 48 jam sampai diperoleh berat konstan yaitu setelah didinginkan lalu ditimbang.

2.3. Analisis Data

Rancangan percobaan dalam penelitian ini adalah rancangan faktorial dalam rancangan acak lengkap dengan dua faktor yaitu air UFB dan cendawan DSE. Untuk menguji pengaruh faktor air UFB dan perlakuan cendawan DSE terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit dilakukan analisis sidik ragam.

Hasil pengamatan terhadap obyek yang diamati selanjutnya dianalisis pada taraf nyata 5% dengan sidik ragam untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan. Data diolah dengan *software* SAS 9.1, jika *P-value* > 0.05 (α), maka perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati. *P-value* < 0.05 (α), maka perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati, kemudian dilakukan uji lanjut *Tukey* atau uji jarak berganda *Duncan* (*Duncan's multiple range test*–DMRT).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Pengukuran kadar air benih malapari pada saat awal atau pada saat benih sampai di laboratorium menghasilkan rata-rata kadar air 51,32%. Satu bulan setelah benih disimpan di ruang kamar, pada saat dilakukan perlakuan kombinasi UFB dan DSE pengujian kadar airnya menghasilkan rata-rata kadar air 9,36%, terjadi penurunan kadar air menjadi 42,36%.

3.1.1. Perkecambahan benih

Parameter perkecambahan benih yang diamati adalah daya berkecambah, kecepatan berkecambah, nilai perkecambahan, rata-rata perkecambahan harian dan rata-rata hari berkecambah. Hasil analisis ragam pengaruh faktor tunggal perendaman benih air UFB dan pemberian cendawan DSE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap semua parameter perkecambahan (Tabel 1).

Tabel (Table) 1. Analisis ragam pengaruh perlakuan UFB dan DSE terhadap daya berkecambah, kecepatan berkecambah, nilai perkecambahan, rata-rata perkecambahan harian dan rata-rata hari berkecambah (*Analysis of the various effects of UFB and DSE treatments on germination percentage, germination rate, germination value, average daily germination and average days to germination*)

Parameter	Sumber keragaman (<i>Varian sources</i>)	F-hitung (<i>F-value</i>)	Sgnifikan (<i>Significant</i>)
Daya berkecambah (<i>Germination power</i>)	UFB (U)	804,47	<,0001**
	DSE (D)	137,96	<,0001**
	Interaksi (U*D)	172,25	<,0001**
Kecepatan berkecambah (<i>Germination speed</i>)	UFB (U)	614,88	<,0001**
	DSE (D)	120,07	<,0001**
	Interaksi (U*D)	130,44	<,0001**
Nilai perkecambahan (<i>Germination value</i>)	UFB (U)	220,88	<,0001**
	DSE (D)	17,67	<,0001**
	Interaksi (U*D)	15,92	<,0001**
Rata-rata perkecambahan harian (<i>Average daily germination</i>)	UFB (U)	804,47	<,0001**
	DSE (D)	137,96	<,0001**
	Interaksi (U*D)	172,25	<,0001**
Rata-rata hari berkecambah (<i>Average days to germination</i>)	UFB (U)	8,08	0,0013**
	DSE (D)	44,03	<,0001**
	Interaksi (U*D)	41,68	<,0001**

Keterangan (*Remarks*): ** = Sangat berpengaruh nyata pada tingkat kepercayaan 99%, * = Berpengaruh nyata pada tingkat kepercayaan 95%, ns = Tidak berpengaruh nyata (** = *Very significant effect at the 99% confidence level*, * = *Significant effect at the 95% confidence level*, ns = *No significant effect*)

Rata-rata nilai parameter daya berkecambah dan kecepatan perkecambahan disajikan pada Tabel 2. Perlakuan benih malapari tanpa direndam DSE, direndam DSE *Dendrothyrium* sp., DSE *C. Nyingchiensis* dan DSE *E. pisciphila* menunjukkan daya

berkecambah dan kecepatan terbaik pada perlakuan UFB 0 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih malapari tidak perlu direndam dalam UFB karena daya berkecambah dan kecepatan berkecambah tetap tinggi.

Tabel (Table) 2. Hasil uji lanjut pengaruh perendaman UFB dan DSE terhadap daya berkecambah dan kecepatan berkecambah (*Further test results of the effect of UFB and DSE soaking on germination power and germination speed*)

Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Daya berkecambah (<i>Germination power</i>)		Kecepatan berkecambah (<i>Germination speed</i>)	
	Rata-rata (<i>Mean</i>)	Stdv	Rata-rata (<i>Mean</i>)	Stdv
1. Benih tanpa direndam DSE (<i>Seeds without soaking DSE</i>)				
a. D ₀ U ₀	91,5 a	1,91	5,48 c	0,08
b. D ₀ U ₁	59,0 e	6,83	3,89 e	0,51
c. D ₀ U ₂	5,5 h	1,91	0,35 h	0,12
2. Benih direndam DSE <i>Dendrothyrium</i> sp. (<i>Seeds were soaked DSE of <u>Dendrothyrium</u> sp.</i>)				
a. D ₁ U ₀	88,5 ab	4,12	6,16 ab	0,33
b. D ₁ U ₁	10,0 gh	1,63	0,63 gh	0,08
c. D ₁ U ₂	75,5 c	1,00	5,36 c	0,05
3. Benih direndam DSE <i>C. nyingchiensis</i> (<i>Seeds were soaked DSE of <u>C. nyingchiensis</u></i>)				
a. D ₂ U ₀	84,0 b	7,12	5,81 bc	0,70
b. D ₂ U ₁	13,5 g	2,52	0,84 fg	0,18
c. D ₂ U ₂	21,0 f	4,76	1,29 f	0,36

Tabel (Table) 2. Lanjutan (To be continued)

Perlakuan (Treatment)	Daya berkecambah (Germination power)		Kecepatan berkecambah (Germination speed)	
	Rata-rata (Mean)	Stdv	Rata-rata (Mean)	Stdv
3. Benih direndam DSE <i>E. pisciphila</i> (Seeds were soaked DSE of <i>E. pisciphila</i>)				
a. D ₃ U ₀	90,0 ab	0,00	6,37 a	0,20
b. D ₃ U ₁	60,5 e	3,79	4,00 e	0,14
c. D ₃ U ₂	67,0 d	5,29	4,46 d	0,28

Keterangan (Remarks): D₀ = Control, D₁ = DSE CPP114, D₂ = DSE S14, D₃ = DSE S51, U₀ = Control, U₁ = UFB 8 ppm, U₂ = UFB 20 ppm. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada uji Duncan 5% (The numbers followed by the same letter indicate a non-significant difference in Duncan's 5% test). Daya berkecambah (Germination power), Kecepatan berkecambah (Germination speed), Stdv = Standar deviasi (Standard of deviasi).

Rata-rata hari berkecambah, rata-rata perkecambahan harian dan nilai perkecambahan disajikan pada Tabel 3. Perlakuan benih malapari tanpa direndam DSE, menunjukkan rata-rata hari berkecambah terbaik pada perlakuan UFB 8 ppm, rata-rata perkecambahan harian dan nilai perkecambahan terbaik pada perlakuan UFB 0 ppm.

Perlakuan benih malapari direndam DSE *Dendrothyrium* sp., *C. Nyingchiensis* dan *E. pisciphila* menunjukkan rata-rata hari berkecambah, rata-rata perkecambahan harian dan nilai perkecambahan terbaik pada perlakuan UFB 0 ppm. Dengan demikian, benih malapari tidak perlu dilakukan direndam UFB.

Tabel (Table) 3. Hasil uji lanjut pengaruh perendaman UFB dan DSE terhadap rata-rata hari berkecambah, rata-rata perkecambahan dan nilai perkecambahan (Further test results of the effect of UFB and DSE soaking on average days to germination, average germination haan and germination value)

Perlakuan (Treatment)	RHB		RPH		NP	
	Rata-rata (Mean)	Stdv	Rata-rata (Mean)	Stdv	Rata-rata (Mean)	Stdv
1. Benih tanpa direndam DSE (Seeds without soaking DSE)						
a. D ₀ U ₀	16 a	0,80	3,52 a	0,07	5,92 a	0,49
b. D ₀ U ₁	5 cde	0,23	2,27 e	0,26	2,22 d	0,49
c. D ₀ U ₂	6 bcd	2,10	0,21 h	0,07	0,03 e	0,01
2. Benih direndam DSE <i>Dendrothyrium</i> sp. (Seeds were soaked DSE of <i>Dendrothyrium</i> sp.) (DSE CPP114)						
a. D ₁ U ₀	4 de	0,79	3,40 ab	0,16	5,37 ab	0,61
b. D ₁ U ₁	6 bcd	1,58	0,38 gh	0,06	0,08 e	0,04
c. D ₁ U ₂	4 de	0,63	2,94 c	0,04	3,60 c	0,41
3. Benih direndam DSE <i>C. nyingchiensis</i> (Seeds were soaked DSE <i>C. nyingchiensis</i>) (DSE S14)						
a. D ₂ U ₀	5 cde	0,72	3,23 b	0,27	4,56 b	1,28
b. D ₂ U ₁	7 b	0,50	0,52 g	0,10	0,12 e	0,06
c. D ₂ U ₂	7 b	1,62	0,81 f	0,18	0,37 e	0,25
4. Benih direndam DSE <i>E. pisciphila</i> (Seeds were soaked DSE <i>E. pisciphila</i>) (DSE S51)						
a. D ₃ U ₀	4 e	0,50	3,46 ab	0,00	5,67 a	1,22
b. D ₃ U ₁	6 bcd	1,09	2,33 e	0,15	2,31 d	0,44
c. D ₃ U ₂	5 cde	0,61	2,58 d	0,20	2,39 d	0,50

Keterangan (Remarks): D₀ = Control, D₁ = DSE CPP114, D₂ = DSE S14, D₃ = DSE S51, U₀ = Control, U₁ = UFB 8 ppm; U₂ = UFB 20 ppm. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada uji Duncan 5% (The numbers followed by the same letter indicate a non-significant difference in Duncan's 5% test). RHB = Rata hari berkecambah (Average days to germination), RPH = Rata-rata perkecambahan harian ((Average daily germination), Stdv = Standar deviasi (Standard of deviasi).

3.1.2. Pertumbuhan Bibit

Parameter pertumbuhan bibit yang diamati adalah tinggi (cm) dan diameter bibit (mm), rasio pucuk akar, indeks kekokohan bibit, indeks mutu bibit dan biomassa (Tabel 4). Perlakuan perendaman dengan UFB berpengaruh nyata terhadap parameter rasio pucuk akar,

sedangkan untuk parameter tinggi bibit, diameter bibit, indeks kekokohan bibit dan indeks mutu bibit tidak berpengaruh nyata. Perlakuan perendaman dengan DSE berpengaruh sangat nyata pada parameter tinggi bibit, rasio pucuk akar, dan indeks mutu bibit, sedangkan parameter diameter bibit, indeks kekokohan bibit tidak

berpengaruh nyata. Interaksi perlakuan UFB dan DSE berpengaruh sangat nyata pada semua parameter kecuali diameter bibit.

Tabel (Table) 4. Analisis ragam pengaruh perlakuan UFB dan DSE terhadap adalah tinggi (cm) dan diameter bibit (mm), rasio pucuk akar, dan indek mutu bibit (*Variant analysis of the effects of UFB and DSE on height (cm) and seed diameter (mm), root shoot ratio, and seedling quality index*)

Parameter	Sumber keragaman (<i>Varian sources</i>)	F-hitung (<i>F-value</i>)	Sgnifikan (<i>Significant</i>)
Tinggi bibit (<i>Seedling height</i>)	UFB (A)	0,45	0,6420 ^{ns}
	DSE (B)	14,29	0,0001 ^{**}
	Interaksi (A*B)	22,15	0,0001 ^{**}
Diameter bibit (<i>Seedling diameter</i>)	UFB (A)	1,00	0,3791 ^{ns}
	DSE (B)	1,43	0,2511 ^{ns}
	Interaksi (A*B)	1,80	0,1260 ^{ns}
Rasio pucuk akar (<i>Root shoot ratio</i>)	UFB (A)	3,85	0,0304 [*]
	DSE (B)	0,95	0,0001 ^{**}
	Interaksi (A*B)	2,05	0,0001 ^{**}
Indeks mutu bibit (<i>Seed quality index</i>)	UFB (A)	1,58	0,2202 ^{ns}
	DSE (B)	22,8	0,0001 ^{**}
	Interaksi (A*B)	11,00	0,0001 ^{**}
Indeks kekokohan bibit (<i>Seedling robustness index</i>)	UFB (A)	2,18	0,1276 ^{ns}
	DSE (B)	1,07	0,3745 ^{ns}
	Interaksi (A*B)	2,01	0,0897 ^{**}
Biomassa (<i>Biomass</i>)	UFB (A)	11,20	0,0002 ^{**}
	DSE (B)	7,14	0,0007 ^{**}
	Interaksi (A*B)	12,47	0,0001 ^{**}

Keterangan (*Remarks*): ** = Sangat berpengaruh nyata pada tingkat kepercayaan 99%, * = Berpengaruh nyata pada tingkat kepercayaan 95%, ns = Tidak berpengaruh nyata (** = *Very significant effect at the 99% confidence level*, * = *Significant effect at the 95% confidence level*, ns = *No significant effect*)

Bibit malapari tanpa direndam DSE (Tabel 5), menunjukkan pertumbuhan tinggi bibit terbaik pada perlakuan UFB 20 ppm, indeks kekokohan bibit, rasio pucuk akar dan indeks mutu bibit terbaik pada perlakuan UFB 0 ppm dan 8 ppm, sedangkan parameter biomassa terbaik hanya pada perlakuan UFB 8 ppm.

Perlakuan benih malapari direndam DSE *Dendrothyrium* sp. menunjukkan pertumbuhan tinggi bibit terbaik pada perlakuan UFB 8 ppm, indeks kekokohan bibit, biomassa, rasio pucuk akar dan indeks mutu bibit tidak menghasilkan perbedaan yang nyata pada perlakuan UFB 0 ppm, UFB 8 ppm, dan UFB 20 ppm.

Perlakuan benih malapari direndam DSE *C. Nyingchiensis* menunjukkan pertumbuhan tinggi bibit, biomassa dan indeks mutu bibit terbaik pada perlakuan UFB 0 ppm, indeks

kekokohan bibit terbaik pada perlakuan UFB 0 ppm dan 8 ppm, sedangkan rasio pucuk akar tidak menghasilkan perbedaan yang nyata pada perlakuan UFB 0 ppm, UFB 8 ppm, dan UFB 20 ppm.

Perlakuan benih malapari direndam DSE *E. pisciphila* menunjukkan pertumbuhan tinggi bibit terbaik pada perlakuan UFB 20 ppm, indeks kekokohan bibit tidak menghasilkan perbedaan yang nyata pada perlakuan UFB 0 ppm, UFB 8 ppm, dan UFB 20 ppm. Parameter biomassa dan indeks mutu bibit terbaik pada perlakuan UFB 0 ppm, dan rasio pucuk akar terbaik pada perlakuan UFB 8 ppm dan 20 ppm. Dengan demikian, bibit malapari telah dihasilkan bibit yang baik jika kombinasi tanpa direndam DSE, direndam DSE *Dendrothyrium* sp., *C. nyingchiensis*, dan *E. pisciphila* dengan 8 ppm UFB atau 20 ppm UFB.

Tabel (Table) 5. Hasil uji lanjut pengaruh perendaman UFB dan DSE terhadap indek kekokohan bibit, biomassa, rasio pucuk akar, dan indek mutu bibit (*Further test results of the effect of UFB and DSE soaking on average days to Seedling robustness index, biomass, Root shoot ratio, Seed quality index*)

Perlakuan (Treatment)	Tinggi Bibit		IKB		Biomassa (Biomass)		RPA		IMB	
	Rata-rata (Means)	Stdv	Rata-rata (Means)	Stdv	Rata-rata (Means)	Stdv	Rata-rata (Means)	Stdv	Rata-rata (Means)	Stdv
1. Benih tanpa direndam DSE (<i>Seeds without soaking DSE</i>)										
a. D ₀ U ₀	30,13 c	0,85	5,92 ab	0,37	2,86 c	0,59	3,50 ab	0,40	0,30b a	0,07
b. D ₀ U ₁	28,25 cde	2,33	6,13 a	0,60	4,45 a	0,70	3,60 a	0,37	0,46 a	0,05
c. D ₀ U ₂	34,88 b	2,29	4,87 b	0,14	2,77 c	0,34	4,02 a	0,59	0,31 b	0,02
2. Benih direndam DSE <i>Dendrothyrium</i> sp. (<i>Seeds soaking DSE of Dendrothyrium sp.</i>)										
a. D ₁ U ₀	29,75 c	0,65	5,53 ab	0,87	2,38c	0,44	3,11 ab	0,70	0,28 b	0,03
b. D ₁ U ₁	40,00 a	4,26	6,28 a	1,59	2,65 c	0,39	3,54 a	1,06	0,28 b	0,05
c. D ₁ U ₂	27,63 cde	1,7	5,36 ab	0,47	2,30 c	0,24	3,11 a	0,63	0,27 b	0,02
3. Benih direndam DSE <i>C. nyingchiensis</i> (<i>Seeds soaking DSE of C. nyingchiensis</i>)										
a. D ₂ U ₀	30,50 c	1,29	5,54 ab	0,85	4,32 ab	1,07	3,35 ab	0,81	0,49 a	0,14
b. D ₂ U ₁	27,50 cde	1,29	5,34 ab	0,72	2,23 c	0,39	4,03 a	0,50	0,24 b	0,04
c. D ₂ U ₂	26,38 de	0,95	4,90 b	0,22	2,17c	0,15	3,10 ab	0,47	0,28 b	0,01
4. Benih direndam DSE <i>E. pisciphila</i> (<i>Seeds soaking DSE of E. pisciphila</i>)										
a. D ₃ U ₀	29,00 cd	0,71	4,84 ab	0,73	3,66 ab	0,15	2,44 b	0,29	0,51 a	0,05
b. D ₃ U ₁	25,63 e	0,75	5,41 ab	0,20	2,32 c	0,19	3,76 a	0,72	0,25 b	0,02
c. D ₃ U ₂	30,00 c	2,94	5,90 ab	0,65	2,68 c	0,30	4,07 a	0,98	0,27 b	0,04

Keterangan (Remarks): D0 : Control; D1: DSE CPP114 ; D2: DSE S14; D3: DSE S51; U0: Control; U1: UFB 8 ppm; U2: UFB 20 ppm. Angka- angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada uji Duncan 5%, (*The numbers followed by the same letter indicate a non-significant difference in Duncan's 5% test*). IKB= Indek kekokohan bibit (*Seedling robustness index*), RPA = Rasio pucuk akar (*Root shoot ratio*), IMB = Indek mutu bibit (*Seed quality index*).

3.2. Pembahasan

Penurunan kadar air benih malapari dari 51,32% hingga 9,36% tidak berpengaruh terhadap nilai daya berkecambahnya, dimana pada kadar air 9,36% daya berkecambahnya masih 91,5%. Pada penelitian (Suita & Syamsuwida, 2015), daya berkecambah benih malapari pada benih segar dengan kadar air 57,05% menghasilkan daya berkecambah 84-92%. Dengan demikian, dugaan awal benih malapari dikategorikan sebagai benih rekalsitran tidak sesuai, karena sifat benih rekalsitran tidak dapat disimpan lama dan tidak toleran pengeringan (Sudrajat et al., 2017). Benih rekalsitran adalah benih yang cepat rusak, tidak tahan pengeringan, tidak dapat disimpan pada suhu rendah, sehingga tidak dapat disimpan dalam jangka waktu lama (Yuniarti et al., 2016). Penelitian lainnya terhadap benih malapari dilaporkan (Deswal et al., 2015), yang menyatakan bahwa benih malapari masih dapat diturunkan kadar airnya hingga 6-9%. Melihat karakteristiknya tersebut dan mengacu pada (Hong & Ellis, 1996) tentang prosedur menentukan karakter

benih, benih malapari dapat dikategorikan benih intermediat, yaitu benih yang mempunyai karakter diantara ortodok dan rekalsitran, kadar airnya bisa diturunkan hingga 8-12% dan masih dapat disimpan dalam periode kurang dari 1 tahun (Sudrajat et al., 2024). Karakter benih malapari yang mengandung lemak nabati sebesar 27-39% dari berat kering biji (Alimah, 2011; Febritasari et al., 2016), tersebut mirip dengan karakter benih dengan kandungan minyak tinggi lainnya, yaitu *Sterculia foetida* yang memiliki kadar air awal tinggi (42,4%) namun masih bisa dikeringkan hingga kadar air 9-12% (Sudrajat et al., 2011).

Benih malapari berkecambah dengan baik tanpa perlakuan dan pemberian perlakuan DSE *E. pisciphila*, DSE *Dendrothyrium* sp. (Tabel 2), tetapi apabila perlakuan nya dikombinasikan dengan UFB maka daya berkecambah menjadi rendah. Ini kemungkinan disebabkan karena benih malapari walau sudah menurun kadar airnya sampai dibawah 10%, tetapi masih mempunyai daya berkecambah yang tinggi sehingga tidak diperlukan perlakuan invigorasi

UFB. Benih yang masih mempunyai daya berkecambah yang tinggi tidak memerlukan invigorasi dimana invigorasi fungsinya untuk memperbaiki daya berkecambah benih yang sudah menurun mutu fisiologisnya (Asih, 2021; Indriani, 1999; Nurhasybi et al., 2019; Zakia et al., 2021).

Biji malapari diperkirakan mempunyai masa dormansi endogen yaitu dengan diturunkan kadar air akan terjadi pemasakan benih. Dormansi endogen dapat dipatahkan dengan pemasakan embrio. Menurut Sutopo (2002) sifat after ripening adalah perubahan fisiologis benih selama penyimpanan yang menyebabkan benih mampu berkecambah.

Kecepatan berkecambah merupakan persen berkecambah benih dalam satu hari (24 Jam). Benih yang dapat tumbuh dengan cepat akan dapat mengatasi kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan (Timotiwu et al., 2022). Kecepatan berkecambah benih juga mengindikasikan kekuatan vigor tumbuh benih yang kuat dan mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang suboptimal (Fatikhasari et al., 2022). Benih malapari yang diberi perlakuan DSE *Dendrothyrium* sp. dan DSE *E. pisciphila* (Tabel 2) mempunyai kecepatan berkecambah yang lebih tinggi dari perlakuan lain dan kontrol, ini menunjukkan bahwa dengan perlakuan tersebut membuat benih malapari lebih dapat mengatasi kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan dan lingkungan yang suboptimal (Fatikhasari et al., 2022; Timotiwu et al., 2022). Perlakuan DSE juga menurunkan rata-rata hari berkecambah dan meningkatkan rata-rata perkecambahan, serta nilai perkecambahan. DSE mempunyai peranan menguntungkan terhadap tanaman, diantaranya sebagai penyedia nutrisi baik organik maupun anorganik (Handayani, 2017), sehingga DSE dapat membantu dalam perkecambahan benih malapari.

Pertumbuhan tinggi bibit malapari tertinggi pada perlakuan UFB 8 ppm dan DSE *Dendrothyrium* sp. (Tabel 5), tetapi pada perlakuan ini hasil daya berkecambahnya rendah (Tabel 2). Ini diperkirakan pada saat daya berkecambah

rendah maka kerapatan kecambah rendah sehingga pertumbuhan tinggi bibit lebih baik dibandingkan dengan kecambah yang lebih rapat. Sesuai dengan beberapa penelitian tentang perlakuan jarak tanam berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman (Fatchullah, 2017; Pithaloka et al., 2015).

Rasio pucuk akar merupakan perbandingan berat kering pucuk dan akar tanaman. (Nurhasybi et al., 2019). Nilai rasio pucuk dan akar yang tinggi menunjukkan bahwa pertumbuhan pucuk atau tajuk lebih baik dibandingkan akar (Widodo et al., 2022), sebaliknya apabila nilai rasio pucuk akar rendah maka pertumbuhan akar lebih baik. Rasio pucuk akar (Tabel 5), pada perlakuan DSE *E. pisciphila*, nilai rasio pucuk akar rendah, mengindikasikan pertumbuhan akar nya lebih baik. Sejalan dengan penelitian (He et al., 2019) dimana fungsi DSE dapat meningkatkan sistem perakaran dan penyerapan N dan P oleh tanaman, sehingga dapat memfasilitasi pertumbuhan dan kebugaran tanaman.

Indeks kekokohan bibit merupakan perbandingan antara tinggi dengan diameter. Bibit relatif tinggi kurus apabila nilai rasionya tinggi, sedangkan nilai rasio yang rendah menunjukkan bibit kokoh. Secara umum, bibit dengan indeks kekokohan yang terlalu tinggi menunjukkan kerentanannya terhadap kerusakan fisik sewaktu di tanam (Nurhasybi et al., 2019). Indeks kekokohan bibit merupakan nilai yang memperlihatkan tingkat kekokohan bibit, apabila nilai semakin rendah maka bibit semakin kokoh. Dari hasil uji nyata indeks kekokohan bibit (Tabel 5) nilai indeks kekokohan bibit yang rendah terdapat pada perlakuan benih diberi perlakuan DSE *E. pisciphila*, dengan demikian DSE *E. pisciphila* dapat membantu meningkatkan kekokohan bibit malapari.

Biomassa tanaman merupakan berat kering seluruh komponen bibit (akar, batang dan daun), semakin tinggi nilai biomassa, maka akan semakin baik pula pertumbuhan bibit. Nilai yang terbaik dilihat dari hasil uji biomassa terdapat pada perlakuan UFB 8 ppm dan diikuti oleh perlakuan DSE *Dendrothyrium* sp. dan DSE *E. pisciphila* (Tabel 5), ini

menunjukkan bahwa perlakuan DSE dan UFB dapat meningkatkan nilai biomassa. Hasil ini sejalan dengan penelitian (He *et al.*, 2019) yang menyatakan bahwa inokulasi DSE dapat meningkatkan biomassa tanaman.

Indeks mutu bibit merupakan salah satu parameter bibit siap ditanam di lapangan. Nilai IMB >0.09 masuk ke dalam kelompok bibit kategori baik. Semakin tinggi nilai indeks mutu bibit yang dihasilkan maka semakin baik kualitas bibitnya (Masilewi *et al.*, 2022; Rajagukguk *et al.*, 2019). Perlakuan DSE *Dendrothyrium* sp., *E.pisciphila* dan UFB 8 ppm dapat meningkatkan nilai indeks mutu bibit.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Benih malapari dengan kadar air 9,36%, masih mempunyai daya berkecambah yang tinggi sehingga tidak efektif diberi perlakuan perendaman dengan UFB. Cendawan DSE *E. pisciphila* yang diberikan sebagai perlakuan kepada benih malapari bisa mempertahankan daya berkecambah benih dan dapat meningkatkan kecepatan perkecambahannya. DSE *E. pisciphila* juga dapat mempercepat rata-rata hari berkecambah, meningkatkan rata-rata perkecambahan harian, meningkatkan biomassa tanaman serta dapat membuat bibit lebih kokoh dan menghasilkan indeks mutu bibit tinggi.

4.2. Saran

Penelitian penggunaan air UFB dan cendawan DSE untuk meningkat viabilitas dan vigor benih malapari perlu diujikan pada benih malapari yang sudah menurun daya berkecambahnya.

Ucapan Terima Kasih

Kami berterima kasih kepada Bapak Bagus Novianto sebagai Kepala Balai BPSI_LHK yang telah memberi izin untuk melakukan penelitian di laboratorium dan rumah kaca BPSI-LHK Ciheuleut, Bogor dan kepada saudara Suherman dan saudari Dina atas bantuannya dalam observasi dan pengumpulan data selama penelitian.

Daftar Pustaka

- Ahmed, A.K.A., Shi, X., Hua, L., Manzueta, L., Qing, W., Marhaba, T., & Zhang, W. (2018). Influences of air, oxygen, nitrogen, and carbon dioxide nanobubbles on seed germination and plant growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(20), 5117–5124. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00333>
- Alimah, D. (2011). Budidaya dan potensi malapari (*Pongamia pinnata* l. pierre) sebagai tanaman penghasil bahan bakar nabati. *Galam*, 5(1), 35–49.
- Aminah, A., & Syamsuwida, D. (2013). Penentuan karakteristik fisiologis benih kranji (*Pongamia pinnata*) berdasarkan nilai kadar air. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(1–6).
- Arpiwi, N.L., Yan, G., Barbour, E.L., Plummer, J.A., & Watkin, E. (2013). Phenotypic and genotypic characterisation of root nodule bacteria nodulating *Milletia pinnata* (L.) Panigrahi, a biodiesel tree. *Plant and Soil*, 367(1–2), 363–377. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1472-4>
- Asih, P.R. (2021). Invigorasi mutu fisiologis benih terung ungu (*Solanum melongena* L.) kadaluarsa dengan beberapa teknik *Osmoconditioning*. *Agritrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 18(2), 162–170. <https://doi.org/10.32528/agritrop.v18i2.3905>
- Dalimunthe, C.I.S.B.P.W., Munif, A., & Suro. (2019). Seleksi dan uji potensi cendawan *dark septate endophyte* sebagai agensia hayati penyakit jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman karet. *Penelitian Karet*, 37(1), 11–20.
- Deswal, R.P.S., Kaushik, N., Panwar, N., Rawat, L., & Bangarwa, K.S. (2015). Seed viability and oil content in seeds of *Pongamia pinnata* of five sources stored at different moisture and temperature regimes. *Research on Crops*, 16(3), 568–578.

- Diaz-Vivancos, P., Barba-Espín, G., & Hernández, J.A. (2013). Elucidating hormonal/ROS networks during seed germination: Insights and perspectives. *Plant Cell Reports*, 32(10), 1491–1502. <https://doi.org/10.1007/s00299-013-1473-7>
- Dickson, A., Leaf, A.L., & Hosner, J.F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10–13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- Fatchullah, D. (2017). Pengaruh kerapatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil benih kentang (*Solanum tuberosum* L.) generasi satu (G1) varietas granola. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 5(1), 15–22. <https://doi.org/10.18196/pt.2017.067.15-22>
- Fatikhasari, Z., Lailaty, I.Q., Sartika, D., & Ubaidi, M.A. (2022). Viabilitas dan vigor benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.), kacang hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), dan jagung (*Zea mays* L.) pada temperatur dan tekanan osmotik berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 7–17. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.7>
- Febritasari, F., Arpiwi, N.L., & Wahyuni, I.G.A.S. (2016). Karakteristik dan analisis hubungan kekerabatan malapari (*Pongamia pinnata* (L) pierre) sebagai tanaman penghasil minyak disua akses. *Jurnal Metamorfosa*, 3(2), 74–81.
- Haase, D.L. (2008). Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes*, 52(2), 24–30. http://forestseedlingnetwork.com/media/15912/Understanding_Forest_Seedling_Quality-Measurements_and_Interpretation.pdf
- Handayani, D. (2017). Karakteristik cendawan *dark septate endophyte* (Dse) pada akar tanaman jagung dan padi. *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(01), 61–68. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/20>
- Hasanah, U., Riwayati, & Idramsa. (2015). Uji anti jamur patogen ekstrak metabolit sekunder jamur endofit tumbuhan raru (*Cotylelobium melanoxylon*). *Jurnal Biosains*, 1(2).
- He, C., Wang, W., & Hou, J. (2019). Characterization of dark septate endophytic fungi and improve the performance of liquorice under organic residue treatment. *Frontiers in Microbiology*, 10(JUN), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01364>
- Hong, T.D., & Ellis, R.H. (1996). A protocol to determine seed storage behaviour. In *International Plant Genetic Resources Institute*. <https://doi.org/10.3390/plants9050581>
- Indriani, F.H.S.R.S. (1999). Pengaruh linvigorisasi terhadap benih dan pertumbuhan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). *Jurnal Litri*, 4(1), 1–5.
- Kumar, S., Radhamani, J., Singh, A.K., & Varaprasad, K.S. (2007). Germination and seed storage behaviour in *Pongamia pinnata* L. [12]. *Current Science*, 93(7), 910–911.
- Li, M., He, C., Wei, M., Long, J., Wang, J., Yang, X., Wang, K., & He, X. (2024). Temporal and spatial dynamics and functional metabolism of dark septate endophytes of *Gymnocarpus przewalskii* Maxim. in Northwest Desert, China. *Applied Soil Ecology*, 194(November 2023), 105194. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105194>
- Maia, J., Qadir, A., Widajati, E., & Purwanto, Y.A. (2021). Ultrafine bubbles technology for breaking dormancy of sandalwood seeds (*Santalum album* L.). *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 9(1), 27–41. <https://doi.org/10.20886/bptpth.2021.9.1.27-41>
- Masilewi, J., Nurdin, A.S., Marasabessy, M.H., Irmayanti, L., Ashari, R., & Kehutanan, P.S. (2022). Pertumbuhan jabon merah (*Anthocephalus macrophyllus*) pada komposisi media tanam yang

- berbeda. *Ulin - J Hut Trop*, 6(1), 98–104.
- Nurhasybi, Sudrajat, D.J., & Suita, E. (2019). *Tree Seedling Nursery Stock Criteria: for Forest Plantation Establishment and Land Rehabilitation*.
- Pithaloka, S.A., Sunyoto, Kamal, M., & Hidayat, K.F. (2015). Pengaruh kerapatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(1), 56–63. <https://doi.org/10.23960/jat.v3i3.1957>
- Poovarasana, T., Jerlin, R., Kennedy, J.S., Senthil, N., Sasthri, G., & Anand, T. 2022. Seed biopriming by endophytes for enhanced field performance of hybrid maize (*Zea mays* L.) COH(M) 8. *Agricultural Science Digest*, 1-6.
- Rajagukguk, J.A., Setiadi, Y., Hilwan, I., & Mardatin, N.F. (2019). Respon pertumbuhan bibit *Gmelina arborea* Roxb. terhadap perlakuan media tanam dan biostimulan di persemaian permanen IPB. *Journal of Tropical Silviculture*, 10(1), 15–20. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.10.1.15-20>
- Rahman, R.S. 2022. Kombinasi perlakuan ultrafine bubbles dan dark septate endophytes untuk perbaikan viabilitas dan vigor benih krasikarpa (*Acacia crassicarpa* A. Cunn. Ex Benth.). Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Siregar, I., Ramdhani, R., Rustam, E., & Sudrajat, D. (2021). The effect of invigoration using polyethylene glycol And ultra fine bubble on improving of sengon seeds (*Falcataria Moluccana* Miq.) quality after two years storage. *Jurnal Wasian*, 8(2), 133–143. <https://doi.org/10.20886/jwas.v8i2.5997>
- Siregar, I.Z., Muharam, K.F., Purwanto, Y.A., & Sudrajat, D.J. (2020). Seed germination characteristics in different storage time of *gmelina arborea* treated with ultrafine bubbles priming. *Biodiversitas*, 21(10), 4558–4564. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211013>
- Sudrajat, D.J., Nurhasybi, N., & Syamsuwida, D. (2011). Teknologi untuk memperbaiki perkecambahan benih kepuh kepuh. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 8(5), 301–314. <https://doi.org/10.20886/jpht.2011.8.5.301-314>.
- Sudrajat, D.J., Putri, A., Purwanto, Y.A., & Siregar, I.Z. (2022). Effectiveness of ultrafine bubbles and gamma irradiation treatments to improve seed viability and vigor of *Albizia chinensis* (Osbeck) Merr. *Journal of Forestry Research*, 33(5), 1607–1613. <https://doi.org/10.1007/s11676-021-01442-5>
- Sudrajat, D.J., Siregar, I.Z., & Purwanto, Y.A. (2022). *Teknologi Ultrafine Bubbles (UFB)*. IPB Press.
- Sudrajat, D.J., Yuniarti, N., Nurhasybi, Syamsuwida, D., Danu, Pramono, A.A., & Putri, K.P. (2017). *Karakteristik dan Prinsip Penanganan Benih Tanaman Hutan Berwatak Intermediet dan Rekalsitran* (Issue December).
- Sudrajat, D.J., Yuskianti, V., Siregar, I.Z., & Rustam, E. (2024). *Teknologi Penanganan Benih dan Bibit Spesies Potensial untuk Restorasi Hutan dan Lanskap di Indonesia*. Dee Publish.
- Suita, & Syamsuwida. (2016). Pengaruh pengeringan terhadap viabilitas benih malapari. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 4(1), 9–16.
- Suita, E & Syamsuwida (2015). Peningkatan daya dan kecepatan berkecambah benih malapari (*Pongamia pinnata*). *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 3(1), 43–50.
- Surono, & Narisawa, K. (2017). The dark septate endophytic fungus *Phialocephala fortinii* is a potential decomposer of soil organic compounds and a promoter of *Asparagus officinalis* growth. *Fungal Ecology*, 28(October), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.04.001>
- Surono, & Narisawa, K. (2018). The inhibitory role of dark septate endophytic fungus *Phialocephala*

- fortinii against fusarium disease on the *Asparagus officinalis* growth in organic source conditions. *Biological Control*, 121, 159–167. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.02.017>
- Sutopo, L. (2002). *Teknologi Benih*. PT Raja Grafindo Persada.
- Timotiwu, P.B., Nurmauli, N., & Khairunnisa, F.H. (2022). Studi mengenai viabilitas dan vigor benih kedelai baru dan lama. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(4), 541. <https://doi.org/10.23960/jat.v10i4.6450>
- Widajati, E. (2013). Metode Pengujian Mutu Benih. *Dasar Ilmu dan Teknologi Benih*. Pertama, 109–148. IPB Press.
- Widodo, T.W., Damanhuri, D., Muhklisin, I., & Titale, I.A. (2022). Production of 3 varieties of rice (*Oryza sativa* L.) on soilless farming system based on intermittent irrigation as urban farming method. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 22(2), 184–193. <https://doi.org/10.25047/jii.v22i2.3352>
- Yuniarti, N., Nurhasybi, & Darwo. (2016). Karakteristik benih kayu bawang (*Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs) berdasarkan tingkat pengeringan dan ruang penyimpanan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13(2), 105–112.
- Zakia, A., Ulum, M.B., Iriany, A., & Zainudin, A. (2021). Modifikasi teknik invigorasi untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih jagung manis (*Zea mays sacharata* L.). *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 5(1), 50–60. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v5i1.383>

Restorasi 15 Tahun: Analisis Komposisi, Potensi, dan Keanekaragaman Jenis di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat *(Restoration of 15 years: Analysing species composition, potential, and diversity)*

Mawazin^{*1,2}, Prijanto Pamoengkas¹, Darwo², Ika Heriansyah² dan/and Rosita Dewi^{1,2}

¹Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat, 16680, Indonesia, (+62) 251 8622642

²Pusat Penelitian Ekologi dan Etnobiologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jalan Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong 16911, Indonesia, (+62) 81119333639

*E-mail: mawazin22@gmail.com

Tanggal diterima: 21 Agustus 2024; Tanggal disetujui: 15 Agustus 2024; Tanggal direvisi: 18 Desember 2024

Abstract

Degraded forests have a negative impact on biodiversity, stand potential, flora and fauna habitat, and environmental carrying capacity. The study aims to analyze the success of restoration after 15 years based on species composition, structure, and stand potential. The study was conducted in a 15-year-old restoration plant area and natural forest in Gunung Gede Pangrango National Park, West Java. Sample plots were made measuring 20 x 20 m, with as many as 25 plots for each in the restoration area and natural forest. Plot size was 20 x 20 m for the tree level, and then sub-plots were made measuring 10 x 10 m, 5 x 5 m, and 2 x 2 m for pole, stake, and seedling levels. The method of restoration success through forest recovery assessment based on the increase in stand structure achieved in the restoration area compared to the stand structure of the surrounding natural forest. The results showed that restoration activities in degraded areas of former plantations have been able to restore the ecosystem sustainably. Restored plants with a diameter of 10-40 cm have reached the potential for stands above their natural forest, and a diameter of 40-50 cm is almost close to their natural forest, while a diameter above 50 cm has yet to be achieved. The presence of new species at the seedling and sapling levels shows that natural regeneration is taking place and ensures the sustainability of the forest.

Keywords: *Ecosystem restoration, regeneration, stand structure and potential*

Abstrak

Hutan yang terdegradasi berdampak buruk pada biodiversitas, potensi tegakan, habitat flora dan fauna, serta daya dukung lingkungan. Penelitian bertujuan menganalisis keberhasilan restorasi setelah 15 tahun berdasarkan komposisi jenis, struktur, dan potensi tegakan. Penelitian dilakukan pada areal tanaman restorasi umur 15 tahun dan hutan alam di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. Sampel plot dibuat berukuran 20 m x 20 m sebanyak 25 plot untuk masing-masing di areal restorasi dan hutan alam. Plot ukuran 20 m x 20 m untuk tingkat pohon, selanjutnya dibuat sub-plot berukuran 10 m x 10 m, 5 m x 5 m, dan 2 m x 2 m untuk tingkat tiang, pancang dan semai. Metode keberhasilan restorasi melalui penilaian pemulihan hutan berdasarkan peningkatan struktur tegakan yang dicapai di areal restorasi dibandingkan struktur tegakan hutan alam di sekitarnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil restorasi di areal terdegradasi bekas perladangan sebagian telah mampu memulihkan ekosistem secara berkelanjutan. Tanaman hasil restorasi berdiameter 10-40 cm sudah mencapai potensi tegakan di atas kondisi hutan alamnya dan diameter 40-50 cm hampir mendekati hutan alamnya, sedangkan diameter di atas 50 cm belum tercapai. Kehadiran jenis baru pada tingkat semai dan pancang menunjukkan bahwa regenerasi alami berjalan dan menjamin kelangsungan hutan.

Kata kunci: Restorasi ekosistem, regenerasi, struktur dan potensi tegakan

1. Pendahuluan

Hutan menyediakan habitat, sumber daya dan perlindungan bagi keanekaragaman hayati, menjaga suplai air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, dan memelihara kesuburan tanah (KLHK, 2020). Hutan yang terganggu berdampak terhadap penurunan fungsi ekosistem sebagai penyedia jasa lingkungan (Rosenbaum, 2017).

Pada tahun 2003, kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) mendapat tambahan luas sebesar 7.655 ha yang berasal dari hutan produksi. Sebagian kawasan tersebut mengalami degradasi hutan sekitar 2.707 ha akibat aktivitas pertanian. Hal ini berdampak terhadap penurunan keanekaragaman hayati, potensi tegakan hutan, kehadiran satwa, kesuburan tanah serta daya dukung lingkungan.

Sebagai respon degradasi hutan, pada 2008 TNGGP bekerjasama dengan yayasan Konservasi Internasional melakukan restorasi dengan nama “*Green Wall*”. Program “*Green Wall*” adalah sebuah kemitraan antara pemerintah, swasta, dan masyarakat dalam merestorasi lahan terdegradasi di TNGGP. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa hasil restorasi bisa pulih kembali seperti kondisi ekosistem semula membutuhkan waktu yang bervariasi. Seperti suksesi alami selama 70 tahun tutupan lahan mencapai 8,1% (Solano et al., 2021), lahan bekas pertanian di Italia selama 85 tahun mencapai tutupan 85% (Santoro & Piras, 2023), struktur tegakan bisa pulih setelah 60 tahun (IPBES & IPCC, 2021), kekayaan jenis tanpa mempertimbangkan kelas diameter pulih setelah 30 tahun, distribusi diameter menyerupai hutan tua memerlukan ratusan tahun (Letcher & Chazdon, 2009).

Percepatan pemulihan vegetasi merupakan langkah efektif. Dalam 13 tahun, restorasi hutan di Hutan Penelitian Gunung Dahu mampu meningkatkan tutupan lahan hingga 113,8% (Saputra et al., 2023). Tegakan *Shorea mecistopteryx* berumur 32 tahun menunjukkan struktur kurva normal, namun diperlukan 83 tahun untuk mencapai struktur seperti hutan alam (Anam et al., 2024).

Keberhasilan pemulihan ekosistem hutan dipengaruhi komponen kesehatan hutan yang mendukung stabilitas tanah, sifat fisik, struktural, dan kesuburan tanah (Biao et al., 2015; Gould et al., 2016), serta temperatur tanah (Shuklina & Voropay, 2020). Penilaian keberhasilan restorasi mencakup tiga aspek utama komposisi jenis, kerapatan pohon, dan potensi tegakan (Ruiz-Jaen & Mitchell-Aide, 2005). Pemulihan hutan merupakan proses jangka panjang, sehingga diperlukan evaluasi secara bertahap untuk memantau kemajuan (Longo et al., 2020). Tahapan waktu yang dibutuhkan untuk mengevaluasi kegiatan restorasi menjadi tolok ukur dan panduan kegiatan restorasi ekosistem hutan tertentu. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan secara berkala guna menyesuaikan strategi dan inovasi untuk mempercepat pemulihan.

Tolak ukur keberhasilan restorasi bergantung pada tujuan yang ditetapkan dan fungsi ekosistem hutannya. Keberhasilan dapat dinilai dengan membandingkan hutan yang direstorasi dengan hutan alam, melalui parameter keanekaragaman jenis dan struktur vegetasi (Crouzeilles et al., 2017). Penelitian ini bertujuan menganalisis keberhasilan restorasi setelah 15 tahun di TNGGP berdasarkan komposisi jenis, kerapatan, dan potensi tegakan.

2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

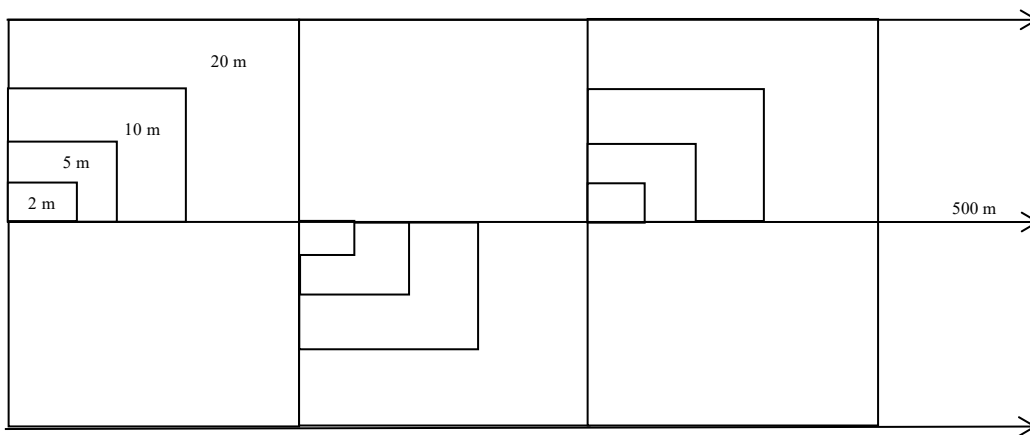
Penelitian dilakukan pada kawasan hutan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango di Kecamatan Nagrak, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Berdasarkan peta tanah Kabupaten Bogor termasuk jenis tanah latosol dengan warna coklat kekuningan, topografi relatif curam dengan kemiringan lahan mencapai 30-100%, ketinggian tempat 700-1.000 m dpl, tipe iklim A dengan curah hujan 3.000-4.500 mm/tahun. Kondisi lahan sebelum di restorasi tergolong rusak berat dan lahan terbuka. Penelitian dilakukan di areal restorasi pada umur 15 tahun dan hutan alam di sekitarnya sebagai pembanding. Areal yang direstorasi seluas 40 ha dengan menanam jenis asli

setempat, pemeliharaan sampai umur 5 tahun. Jenis-jenis yang ditanam, yaitu rasamala (*Altingia excelsa* Noronha), kisireum (*Decaspermum fruticosum* J.R.Forst. & G.Forst.), janitri (*Elaeocarpus sphaericus* (Gaertn.) K. Schum.), huru madang (*Litsea angulata* Bl.), manglid (*Manglietia glauca* Bl.), puspa (*Schima wallichii* (DC.) Korth.), suren (*Toona sureni* (Blume) Merr), salam (*Syzygium polyanthum* (Wight.) Walp).

2.2. Pengumpulan Data

Penelitian ini mengevaluasi hasil restorasi tegakan berumur 15 tahun

dengan menggunakan indikator berupa komposisi jenis, struktur, potensi tegakan, dan keanekaragaman spesies. Pengamatan dilakukan dengan metode jalur dengan garis berpetak ukuran 20 m x 500 m sebanyak 25 plot pada tegakan berumur 15 tahun dan 25 plot pada hutan alam yang berdekatan dengan petak restorasi. Jalur pengamatan terbagi menjadi plot berukuran 20 m x 20 m untuk pohon, sub-plot 10 m x 10 m untuk tiang, 5 m x 5 m untuk pancang dan 2 m x 2 m untuk semai. Arah jalur pengamatan dibuat melintasi kontur lahan (Perdirjen KSDAE, 2015; Siappa et al., 2016) (Gambar 1).



Gambar (Fig.) 1. Bentuk plot pengamatan (*The shape of observation plots*)

Parameter yang diamati mencakup permudaan (semai dan pancang) dan pohon dewasa (tiang dan pohon). Kriteria semai yaitu anakan dengan tinggi < 1,5 m; tingkat pancang dengan tinggi > 1,5 m dan diameter < 10 cm, tingkat tiang merupakan pohon dewasa berdiameter 10 cm sampai kurang dari 20 cm, dan pohon ialah pohon dewasa diameter > 20 cm (Perdirjen-KSDAE, 2015). Variabel yang diamati untuk permudaan meliputi nama jenis dan jumlah jenis, sedangkan pohon

dewasa mencakup nama jenis, diameter, dan tinggi pohon.

2.3. Analisis Data

Penilaian pemulihan hutan ditentukan berdasarkan peningkatan struktur tegakan yang dicapai areal restorasi dibandingkan struktur tegakan hutan alam berdekatan dengan areal restorasi. Tingkat pemulihan dinyatakan dalam persen (Solano et al., 2021).

$$\text{Tingkat pemulihan} = \frac{\text{Struktur tegakan di areal restorasi}}{\text{Struktur tegakan di hutan alam}} \times 100\%$$

Parameter yang dibandingkan meliputi komposisi jenis, kerapatan tagakan, struktur tegakan, potensi tegakan (Mulverhill et al., 2019; Schulte et al., 2014). Data yang terkumpul digunakan

untuk menganalisis perkembangan kemajuan restorasi berdasarkan analisis vegetasi (Soerianegara & Indrawan, 1998).

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis dalam plot contoh}}{\text{Luas plot contoh}}$$

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\text{Jumlah plot contoh ditemukan suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot contoh}}$$

$$\text{Dominansi (D)} = \frac{\text{Luas bidang suatu jenis dalam plot contoh}}{\text{Luas seluruh plot contoh}}$$

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

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

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

Indeks nilai penting (INP) tingkat permudaan (semai, pancang dan tiang) adalah penjumlahan antara kerapatan relatif (KR) + frekuensi relatif (FR), sedangkan INP untuk tingkat pohon merupakan penjumlahan antara kerapatan relatif (KR) + frekuensi relatif (FR) + dominansi relatif (DR).

2.3.1. Indeks kekayaan jenis Margalef (R)

Untuk mengetahui besarnya kekayaan jenis digunakan indeks Margalef (Ludwig & Reynolds, 1988):

$$\text{Indeks kekayaan jenis Margalef (R)} = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

Keterangan:

R = Indeks kekayaan jenis Margalef,

S = Jumlah jenis,

N = Jumlah total individu.

Kriteria:

R ≤ 3,5 (rendah), 3,5 < R ≤ 5 (sedang), dan

R > 5 (tinggi).

2.3.2. Indeks keanekaragaman jenis (H')

Indeks keanekaragaman jenis ditentukan dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener indeks (Ludwig & Reynolds, 1988):

$$\text{Indeks keanekaragaman jenis (H')} = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right)$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman Shanon Wiener

n_i = INP jenis ke-i,

N = Total INP.

Kriteria:

H' ≤ 1,0 (rendah), 1,0 < H' ≤ 3,0 (sedang), dan H' > 3.0 (tinggi).

2.3.3. Indeks kemerataan jenis (E)

Indeks kemerataan jenis (E) ditentukan dengan rumus:

$$\text{Indeks kemerataan jenis (E)} = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Keterangan:

E = Indeks kemerataan jenis,

H' = Indeks keanekaragaman jenis

S = Jumlah jenis.

Kriteria:

E ≤ 0,4 (rendah), 0,4 < E ≤ 0,6 (sedang), E > 0,6 (tinggi) (Odum 1996).

2.3.4. Potensi tegakan

Potensi tegakan merupakan besarnya volume pohon dalam 1 ha (m³/ha). Volume tegakan ditentukan dengan menjumlahkan semua volume pohon yang ada dalam luasan 1 hektar. Volume pohon ditentukan menggunakan angka bentuk = 0,7 (Ode et al., 2021):

$$\text{Volume pohon (V)} = \frac{1}{4} \pi d^2 t f$$

Keterangan :

V = Volume pohon (m^3),
 $\pi = 3,14$,
 d = diameter setinggi dada (1,3 m),
 t = tinggi bebas cabang,
 f = Angka bentuk (0,7)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Fase pertumbuhan hutan mencakup perkembangan dari permudaan tingkat semai, pancang, tiang, hingga pohon dewasa. Penilaian parameter kerapatan, komposisi, kekayaan jenis, dan keanekaragaman jenis disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan antara kerapatan di areal restorasi dengan hutan alamnya untuk tingkat semai 98%, pancang 9%, tiang 214%, dan pohon 91%. Komposisi jenis yang ditemukan untuk semai, pancang, tiang dan pohon masing-masing adalah 41%, 34%, 50%, dan 42%. Indeks kekayaan jenis antara areal restorasi dengan hutan alam untuk tingkat semai, pancang, tiang dan pohon masing-masing adalah 35%, 43%, 42%, dan 41%. Indeks kekayaan jenis untuk tingkat semai,

pancang, tiang, dan pohon di areal restorasi termasuk rendah, sedangkan di hutan alamnya untuk tingkat semai termasuk sedang, dan untuk tingkat pancang, tiang dan pohon kategori tinggi. Indeks keanekaragaman jenis di areal restorasi dibandingkan dengan hutan alamnya untuk tingkat semai, pancang, tiang, dan pohon masing-masing adalah 62%, 50%, 66%, dan 65%. Indeks keanekaragaman jenisnya di areal restorasi untuk tingkat semai, pancang, tiang dan pohon termasuk sedang, namun di hutan alam untuk semai dan tiang termasuk sedang, namun tingkat pancang dan pohon termasuk tinggi. Perbandingan antara indeks kemerataan jenis di areal restorasi umur 15 tahun dengan hutan alamnya untuk tingkat semai, pancang, tiang dan pohon masing-masing sebesar 88%, 56%, 75%, dan 79%. Indeks kemerataan jenis di areal restorasi untuk tingkat semai (tinggi), pancang (rendah), namun tingkat tiang dan pohon kategori sedang. Indeks kemerataan jenis di hutan alam untuk tingkat semai, pancang, tiang dan pohon termasuk tinggi.

Tabel (Table) 1. Perbandingan struktur tegakan antara areal restorasi umur 15 tahun dengan hutan alam (*Comparison of stand structure of restoration area on 15 years with natural forest*)

Parameter (Parameters)	Area restorasi umur 15 tahun (<i>Restoration area on 15 years</i>)		Areal hutan alam (<i>Natural forest area</i>)		Perbandingan terhadap hutan alam (<i>Comparison to natural forest</i>)
	Rata-rata (<i>Means</i>)	Kategori (<i>Categori</i>)	Rata-rata (<i>Means</i>)	Kategori (<i>Categori</i>)	
Kerapatan (<i>Density</i>) (N/ha):					
a. Semai (<i>Seedling</i>)	15.100	-	15.400	-	98%
b. Pancang (<i>Sapling</i>)	260	-	3.024	-	9%
c. Tiang (<i>Pole</i>)	992	-	464	-	214%
d. Pohon (<i>Tree</i>)	153	-	168	-	91%
Komposisi jenis (<i>Species composition</i>):					
a. Semai (<i>Seedling</i>)	9	-	22	-	41 %
b. Pancang (<i>Sapling</i>)	14	-	41	-	34 %
c. Tiang (<i>Pole</i>)	14	-	28	-	50 %
d. Pohon (<i>Tree</i>)	15	-	36	-	42 %
Indeks kekayaan jenis (<i>Species richness index</i>):					
a. Semai (<i>Seedling</i>)	1,45	(Rendah)	4,17	(Sedang)	35%
b. Pancang (<i>Sapling</i>)	3,11	(Rendah)	7,63	(Tinggi)	43%
c. Tiang (<i>Pole</i>)	2,36	(Rendah)	5,68	(Tinggi)	42%
d. Pohon (<i>Tree</i>)	2,78	(Rendah)	6,83	(Tinggi)	41%
Indeks keanekaragaman jenis (<i>Species diversity index</i>):					
a. Semai (<i>Seedling</i>)	1,73	(Sedang)	2,77	(Sedang)	62%
b. Pancang (<i>Sapling</i>)	1,67	(Sedang)	3,33	(Tinggi)	50%
c. Tiang (<i>Pole</i>)	1,91	(Sedang)	2,89	(Sedang)	66%
d. Pohon (<i>Tree</i>)	2,02	(Sedang)	3,12	(Tinggi)	65%
Indeks kemerataan jenis (<i>Evenness index of species</i>):					

Restorasi 15 Tahun: Analisis Komposisi, Potensi, dan Keanekaragaman Jenis di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat
Mawazin, Prijanto Pamoengkas, Darwo dan/and Ika Heriansyah

a. Semai (<i>Seedling</i>)	0,63 (Tinggi)	0,72 (Tinggi)	88%
b. Pancang (<i>Sapling</i>)	0,38 (Rendah)	0,68 (Tinggi)	56%
c. Tiang (<i>Pole</i>)	0,48 (Sedang)	0,64 (Tinggi)	75%
d. Pohon (<i>Tree</i>)	0,50 (Sedang)	0,63 (Tinggi)	79%

Potensi tegakan yang dijabarkan dalam distribusi kelas diameter tegakan terhadap kerapatan dan volume tegakan di areal restorasi umur 15 tahun dan hutan alam disajikan pada Tabel 2. Perbandingan kerapatan tegakan antara areal restorasi dengan hutan alam untuk kelas diameter 10-40 cm telah mencapai di atas 100%, namun untuk kelas diameter

40-50 cm baru mencapai 50%. Volume tegakan antara areal restorasi dengan hutan alamnya untuk kelas diameter 10-30 cm telah mencapai di atas 100%, kelas diameter 30-40 cm mencapai 95%, kelas diameter 40-50 cm mencapai 24%, sedangkan kelas diameter 50 cm ke atas belum ada.

Tabel (Table) 2. Perbandingan distribusi diameter tegakan pada areal restorasi umur 15 tahun dengan hutan alam (*Comparison of Diameter distribution of stands at restoration forest on 15 years with natural forest*)

Kelas diameter (<i>Diameter class</i>)	Kerapatan (<i>Density</i>) (Ind./ha)			Volume (<i>Volume</i>) (m ³ /ha)		
	Areal restorasi umur 15 tahun (<i>Restoration area on 15 years</i>)	Areal hutan alam (<i>Natural forest area</i>)	Perbandingan terhadap hutan alam (<i>Comparison to natural forest</i>)	Areal restorasi umur 15 tahun (<i>Restoration area on 15 years</i>)	Areal hutan alam (<i>Natural forest area</i>)	Perbandingan terhadap hutan alam (<i>Comparison to natural forest</i>)
a. 10-20 cm	612	464	132%	75	62	121%
b. 20-30 cm	266	79	337%	100	40	251%
c. 30-40 cm	73	44	166%	55	58	95%
d. 40-50 cm	9	18	50%	10	43	24%
e. 50-60 cm	0	7	0%	0	20	0%
f. 60 cm up	0	21	0%	0	214	0%

3.2. Pembahasan

Pemulihan hutan tercermin dari perubahan komposisi jenis, struktur tegakan, dan jumlah populasi (Meiners et al., 2015). Restorasi hutan setelah 15 tahun menunjukkan adanya peningkatan komposisi jenis, keanekaragaman jenis, dan potensi tegakan.

Perkembangan fase pertumbuhan hasil restorasi pada umur 15 tahun menunjukkan bahwa kerapatan tingkat semai dan tiang telah mencapai di atas 100%, tingkat pohon hampir mencapai 100%, namun untuk tingkat pancang hanya mencapai 9%. Kerapatan tingkat pancang yang sangat rendah bisa menjadi indikator adanya kendala dalam transisi dari semai ke pancang. Beberapa penyebabnya diduga adanya persaingan antar spesies, kondisi tanah atau iklim mikro dan faktor umur yang kurang mendukung perkembangan semai ke fase pancang.

Pemulihan ekosistem Taman Nasional Gunung Gede Pangrango pada areal terdegradasi bekas perladangan setelah 15 tahun telah mendukung perkembangan semai dan pertumbuhan

tanaman restorasi yang dipilih. Pemulihan vegetasi untuk tingkat semai dan pancang menunjukkan keberhasilan regenerasi alami. Peningkatan jumlah semai yang tinggi terjadi karena cahaya yang masuk ke lantai hutan merangsang regenerasi alami. Spesies seperti *D. fruticosum*, *S. polyanthum*, dan *S. wallichii* cenderung tumbuh di area terbuka dan berkelompok, sementara di lahan tertutup semak, jumlah anakan jarang ditemukan. Di hutan alam, lebih sedikit semai yang tumbuh, hal ini karena adanya tutupan tajuk, semak, dan serasah yang menghambat perkecambahan, sehingga benih sulit menembus tanah. Semakin tebal tutupan semak dan serasah, semakin besar hambatannya terhadap regenerasi alami (Yang et al., 2014).

Kondisi biodiversitas dalam ekosistem digunakan untuk menilai keanekaragaman pada komunitas tumbuhan. Indeks keanekaragaman jenis di areal restorasi setelah berumur 15 tahun termasuk sedang, sedangkan di hutan alam termasuk tinggi. Tingkat keberhasilan restorasi ekosistem di areal taman nasional terdegradasi pada umur 15 tahun dapat

dilihat dari nilai keanekaragaman jenis. Keanekaragaman jenis mencerminkan stabilitas komunitas, semakin tinggi keanekaragaman jenisnya, semakin stabil komunitasnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan antara nilai indeks keanekaragaman jenis di areal restorasi dengan di areal hutan alam sebesar 50%.

Komposisi seluruh jenis pohon mulai dari tingkat semai hingga pohon pada areal restorasi sebanyak 23 jenis dan pada hutan alam sebanyak 54 jenis dengan persentase pemulihan sebesar 42,6%. Komposisi jenisnya sebanyak 10 jenis terdapat pada areal restorasi dan hutan alam. Komposisi jenis tingkat semai, pancang, tiang, dan pohon telah meningkat, namun belum sepenuhnya pulih, dengan persentase masing-masing 14%, 34%, 42%, dan 34%. Berdasarkan kondisi tersebut, diduga pemulihan 100% ekosistem di areal bekas perladangan membutuhkan waktu 37 tahun untuk semai, 44 tahun untuk pancang, 30 tahun untuk tiang, dan 36 tahun untuk pohon. Pengetahuan tentang komposisi ini penting untuk menilai produktivitas dan keberlanjutan pemulihan hutan (Sreelekshmi et al., 2018). Perubahan pemulihan, seperti perubahan tutupan lahan, dengan meningkatnya tutupan tajuk mengindikasikan keberhasilan restorasi (Solano et al., 2021).

Restorasi selama 15 tahun berhasil memicu regenerasi alami, ditandai dengan munculnya 9 jenis baru pada tingkat semai dan 14 jenis pada tingkat pancang. Regenerasi alami semai dan pancang diduga berasal tanaman restorasi, bank benih yang ada di lantai hutan, serta penyebaran biji oleh hewan. Peningkatan komposisi jenis pada tingkat tiang dan pohon berasal dari vegetasi hasil restorasi dan regenerasi alami.

Jumlah jenis permudaan pada tingkat semai dan pancang mencapai 16 jenis, terdiri dari 11 jenis tanaman restorasi, 2 jenis baru, dan 2 jenis tumbuh alami. Komposisi jenis ini menunjukkan bahwa regenerasi alami berjalan, memungkinkan pemulihan keanekaragaman jenis seiring waktu. Tegakan tingkat tiang dan pohon terdapat 20 jenis, terdiri dari 16 jenis tanaman restorasi, 3

jenis tumbuh alami dan 1 jenis baru. Pemulihan tingkat tiang dan pohon menunjukkan keberhasilan tanaman restorasi. Tegakan tingkat tiang yang ditemukan terdiri dari 12 jenis tanaman restorasi, 1 jenis tumbuh alami dan 1 jenis dari regenerasi alam, sedangkan tegakan tingkat pohon ditemukan 12 jenis tanaman restorasi, 2 jenis tumbuh alami, dan 1 jenis dari suksesi.

Indikator lainnya yang berhubungan dengan keberhasilan restorasi yaitu potensi tegakan. Kerapatan tegakan tertinggi ditemukan pada pohon berdiameter 10-20 cm, yang kemudian menurun pada diameter 20-30 cm, 30-40 cm, dan 40-50 cm. Areal restorasi pada umur 15 tahun telah membentuk pola distribusi diameter pohon seperti di hutan alam, yaitu semakin besar diameter pohon, semakin sedikit jumlah individunya. Kurva struktur tegakan di areal restorasi membentuk distribusi huruf "J" terbalik, yaitu semakin besar diameter pohon, semakin sedikit jumlahnya (Marjenah et al., 2023). Struktur tegakan terbentuk dari dinamika pertumbuhan, peningkatan dimensi, munculnya spesies baru, serta perubahan pada pohon-pohon penyusun tegakan (Kuswandi, 2017). Semakin besar diameter pohon, kebutuhan energi untuk pertumbuhan meningkat, sehingga terjadi persaingan antar individu, baik sejenis maupun antar jenis, yang memicu seleksi alam (Kusmana & Susi, 2015). Keterbatasan sumber daya lahan hanya mendukung jumlah pohon tertentu, sehingga lebih sedikit pohon yang mencapai diameter besar. Persaingan ini terjadi karena peningkatan diameter dan tinggi pohon (Rupšys & Petrauskas, 2022).

Potensi tegakan di areal restorasi cenderung menurun seiring bertambahnya kelas diameter pohon, hal ini karena jumlah pohon yang semakin sedikit. Areal terdegradasi yang telah direstorasi selama 15 tahun dengan menggunakan 8 jenis asli setempat belum mencapai diameter lebih dari 50 cm. Umur pohon memengaruhi pertumbuhan dan proses fisiologis yang berkontribusi pada perubahan volume tegakan. Hal ini sebagai hasil dari proses ekofisiologis yang dinamis dan berkorelasi dengan kondisi iklim, kondisi hara, rentang toleransi jenis, faktor

biogeografi (Kenfack et al., 2014), dan persaingan dan interaksi antara populasi (Ricklefs & He, 2016), kesesuaian habitat (Mori, 2019).

Secara umum, penanaman meningkatkan kekayaan dan keanekaragaman jenis. Namun, pada restorasi 15 tahun, sebagian sudah terlampaui dan sebagian belum tercapai. Peningkatan keanekaragaman menunjukkan bahwa pemulihan sedang berlangsung seiring waktu. Menariknya, kehadiran jenis baru pada tingkat semai dan pancang menunjukkan bahwa regenerasi alami berjalan dan menjamin kelangsungan hutan.

Dengan demikian, jika dilihat dari aspek kerapatan tegakan, komposisi jenis, indeks keanekaragaman jenis, indeks kekayaan jenis, dan indeks pemerataan jenis dalam kurun waktu 15 tahun mampu memulihkan ekosistem Taman Nasional Gunung Gede Pangrango secara berkelanjutan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Kegiatan restorasi di areal terdegradasi bekas perladangan di Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango selama 15 tahun sebagian telah mampu memulihkan ekosistem secara berkelanjutan. Indikatornya yaitu telah terjadi peningkatan kerapatan tegakan, komposisi jenis, indeks keanekaragaman jenis, indeks kekayaan jenis, dan indeks pemerataan jenis. Struktur dan potensi tegakan pada kelas diameter 15-40 cm dari hasil restorasi selama 15 tahun sudah mencapai di atas kondisi hutan alam sekitarnya, dan kelas diameter 40-50 cm hampir mendekati hutan alam sekitarnya, namun diameter di atas 50 cm belum tercapai. Kehadiran jenis baru pada tingkat semai dan pancang menunjukkan bahwa regenerasi alami berjalan dan menjamin kelangsungan hutan.

4.2. Saran

Percepatan pemulihan ekosistem restorasi terdegradasi bekas perladangan diperlukan penambahan penanaman jenis-jenis asli setempat yang bersifat intoleran agar keberhasilan tahapan restorasi meningkat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan teknis yang diterima dari Pengelola Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango dan Yayasan Konservasi Internasional, serta Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah membiayai studi.

Daftar Pustaka

- Anam, R.A., Pamoengkas, P., Darwo, & Dewi, R. (2024). Struktur dan produktivitas tegakan hutan tanaman *Shorea mecistopteryx* di KHDTK Haurbentes, Kabupaten Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 2(1), 18–35.
- Biao, F., Yanbing, Q., & Qingrui, C. (2015). Impacts of revegetation management modes on soil properties and vegetation ecological restoration in degraded sandy grassland in farming-pastoral ecotone. *Biol Eng*, 8(1), 26–34.
- Crouzeilles, R., Ferreira, M.S., Chazdon, R.B., Lindenmayer, D.B., Jerônimo, B., Sansevero, B., Monteiro, L., Iribarrem, A., Agnieszka, E., Bernardo, L., & Strassburg, B.N. (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances*, 3.
- Gould, I.J., Quinton, J.N., Weigelt, A., De Deyn, G.B., & Bardgett, R.D. (2016). Plant diversity and root traits benefit physical properties key to soil function in grasslands. *Ecology Letters*, 19(9), 1140–1149.
- IPBES & IPCC. (2021). IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. Workshop report. DOI:10.5281/zenodo.4782538
- Kenfack, D., Chuyong, G.B., Condit, R., Russo, S.E., & Thomas, D.W. (2014). Demographic variation and habitat specialization of tree species in a diverse Tropical Forest of Cameroon. *Forest Ecosystem*, 1(1), 1–13.
- Kusmana, C., & Susi, S. (2015). Komposisi dan struktur tegakan

- hutan alam di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Sukabumi. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 5(3), 210–217.
- Kuswandi, R. (2017). Model pertumbuhan tegakan hutan alam bekas tebangan dengan sistem tebang pilih di Papua. *Jurnal Pemuliaan Hutan Tanaman*, 11(1), 45–55.
- Letcher, S.G., & Chazdon, R.L. (2009). Rapid recovery of biomass, species richness, and species composition in a forest chronosequence in Northeastern Costa Rica. *Biotropica*, 41(5), 608–617. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00517.x>
- Longo, M., Saatchi, S., Keller, M., Bowman, K., Ferraz, A., Moorcroft, P.R., Morton, D.C., Bonal, D., Brando, P., Burban, B., Derroire, G., dos-Santos, M.N., Meyer, V., Saleska, S., Trumbore, S., & Vincent, G. (2020). Impacts of degradation on water, energy, and carbon cycling of the Amazon tropical forests. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 125(8). <https://doi.org/10.1029/2020JG005677>
- Ludwig, J.A., & Reynolds, F. (1988). *Statistical ecology: A primer methods and computing*. John Wiley & Sons.
- Marjenah, P.M., Doto T.P., & Kiswanto, S. (2023). Perubahan struktur dan komposisi tegakan pada areal bekas tebangan sistem TPTI di Kalimantan Timur. *Jurnal Hutan Tropika*, 7(1), 20–32.
- Meiners, S., Marc, W., Cadotte, Jason, D., Fridley, Steward, T.A., Pickett, & Walker, L. R. (2015). Is successional research nearing its climax? New approaches for understanding dynamic communities. *Functional Ecology*, 29(2), 154–164.
- Mori, G.B., Schiatti, J., Poorter, L., & Piedade, M.T.F. (2019). Trait divergence and habitat specialization in tropical floodplain forests trees. *PLoS ONE*, 14(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212232>
- Mueller-Dombois, & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons.
- Mulverhill, C., Coops, N.C., White, J.C., Tompalski, P., & Marshall, P.L. (2019). Structural development following stand-replacing disturbance in a boreal mixedwood forest. *Forest Ecology and Management*, 453, 117586. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117586>
- Ode, L., Salim, A., Kandari, A.M., Kasim, S., & Midi, O. (2021). Patterns and potential of people's forest cutting delay system in south konawe regency. *Indonesian Forestry Journal*, 2(1), 1–10.
- Perdirjen KSDAE. (2015). *Peraturan Direktorat Jenderal Konservasi Sumberdaya Alam dan Ekosistem Nomor.P.13/Ksdae-Set/2015*.
- Ricklefs, R.E., & He, F. (2016). Region effects influence local tree species diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(3), 674–679. <https://doi.org/10.1073/pnas.1523683113>
- Rosenbaum, E. (2017). Green growth-magic bullet or damp squib? *Sustainability*, 9(7), 1092. <https://doi.org/10.3390/su9071092>
- Ruiz-Jaen, M.C., & Mitchell-Aide, T. (2005). Restoration success: How Is It being measured? *Restoration Ecology*, 13(3), 569–577. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00072.x>
- Rupšys, P., & Petrauskas, E. (2022). Modeling number of trees per hectare dynamics for uneven-aged, mixed-species stands using the copula approach. *Forests*, 14(1), 12. <https://doi.org/10.3390/f14010012>
- Santoro, A., & Piras, F. (2023). Natural forests or cultural forests? forest changes within Italian protected areas in the last 85 years. *Forests*, 14(5), 921. <https://doi.org/10.3390/f14050921>
- Saputra, N.E., Wibowo, C., Tarigan, S.D., & Lisnawati, Y. (2023). Kajian perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrologis di hutan penelitian Gunung Dahu. . . *Jurnal*

- Penelitian Hutan Tanaman*, 20(1).
- Schulte, R.P.O., Creamer, R.E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., & O'hUallachain, D. (2014). Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy*, 38, 45–58.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.10.002>
- Shuklina, E.S., & Voropay, N.N. (2020). Influence of vegetation cover on the temperature dynamics of sandy soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012030.
- Solano, F., Praticò, S., Piovesan, G., Chiarucci, A., Argentieri, A., & Modica, G. (2021). Characterizing historical transformation trajectories of the forest landscape in Rome's metropolitan area (Italy) for effective planning of sustainability goals. *Land Degradation & Development*, 32(16), 4708–4726.
<https://doi.org/10.1002/ldr.4072>
- Sreelekshmi, S., Preethy, C.M., Varghese, R., Joseph, P., Asha, C.V., Bijoy Nandan, S., & Radhakrishnan, C.K. (2018). Diversity, stand structure, and zonation pattern of mangroves in southwest coast of India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 11(4), 573–582.
<https://doi.org/10.1016/j.japb.2018.08.001>
- Yang, X., Yan, D., & Liu, C. (2014). Natural regeneration of trees in three types of afforested stands in the Taihang Mountains, China. *PLoS ONE*, 9(9), e108744.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108744>

Potensi Jenis Tanaman Pangan Tahunan di Zona Penyangga Kawasan Hutan untuk Ibu Kota Negara Baru: Sebuah Analisis Keberlanjutan Secara Sosial, Ekonomi dan Ekologis
(Potential of Perennial Food Crops in Forest Buffer Zones for the New Capital City: A Social, Economic, and Ecological Sustainability Analysis)

Dian Charity Hidayat^{1*}, Tri Astuti Wisudayati², Dony Rachmanadi³, Arief Susianto⁴, Supriadi⁴, Surati⁵, Dewi Ratna Kurnia Sari¹, Kresno Agus Hendarto¹, dan/and Shine Pintor Siolemba Patiro⁶

¹Pusat Riset Kependudukan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Gatot Subroto, Jakarta (12710)

²Pusat Riset Koperasi, Korporasi dan Ekonomi Kerakyatan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Gatot Subroto No 10 Jakarta (12710)

³Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor km. 46, Cibinong, Kabupaten Bogor, Jawa Barat (16911)

⁴Balai Penerapan Standar Instrumen LHK, Kementerian Lingkungan Hidup dan kehutanan, Banjar Baru, Kalimantan Selatan

⁵Pusat Riset Masyarakat Budaya, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Gatot Subroto No 10, Jakarta (12710)

⁶Universitas Terbuka Tangerang Selatan, Banten (15437)

*E-mail: dian077@brin.go.id

Tanggal diterima: 9 Nopember 2024; Tanggal disetujui: 23 Desember 2024; Tanggal direvisi: 24 Desember 2024

Abstract

*Rice cultivation has proven less profitable due to landscape incompatibility in forest-surrounded areas and high pest prevalence. Most local communities in the Kayan Sembakung area, which is prioritized for food buffers, prefer cultivating perennial crops over the government's commodity directives. Therefore, it is essential to identify suitable perennial food commodities that align with community preferences, social conditions, and economic, and ecological factors to support the National Capital (IKN) food buffer program. This study aims to identify superior, socially acceptable, economically viable, and ecologically suitable commodities. Primary and secondary data were analyzed using locations quotient, observation, and cost-benefit analysis. Superior commodities across research locations showed considerable diversity, which could be well-identified using triangulation methods, specifically location quotient, interview, and observation. The research reveals that perennial food commodities, specifically *Citrus nobilis* (mandarin oranges), *Citrus aurantifolia* (lime), *Psidium guajava* (guava), *Piper nigrum* (pepper), and *Coffea liberica* (Liberica coffee) exhibit development potential, though technical cultivation assistance, marketing support, and scale enhancement are still required. Perennial food crops demonstrated better resilience in agricultural land characterized by alluvial soil, thin peat and moderate peat, tidal swamps, and seasonal flooding. Annual food crops should be prioritized as key commodities in regional food buffer programs in forest buffer zones to ensure sustainability.*

Keywords: *Farming business, perennial crops, triangulation, sustainable analysis*

Abstrak

Budidaya padi terbukti kurang menguntungkan karena ketidaksesuaian lanskap di kawasan yang dikelilingi hutan dan tingginya prevalensi hama. Sebagian besar masyarakat lokal di daerah kawasan Delta Kayan Sembakung, daerah yang diprioritaskan untuk penyangga pangan, lebih memilih budidaya tanaman tahunan dibandingkan arahan komoditas dari pemerintah. Oleh karena itu, perlu identifikasi komoditas pangan tahunan yang sesuai dengan preferensi, kondisi sosial masyarakat, ekonomi, dan ekologisnya untuk mendukung program penyangga pangan untuk Ibu Kota Negara (IKN). Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi komoditas unggulan yang dapat diterima secara sosial, layak secara ekonomi, dan sesuai secara ekologis. Data primer dan sekunder dianalisis menggunakan *location quotient*, observasi, dan *cost benefit analysis*. Komoditas unggulan di lokasi penelitian menunjukkan beragam, yang dapat diidentifikasi menggunakan metode triangulasi

khususnya *location quotient*, wawancara, dan observasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komoditas pangan tahunan seperti *Citrus nobilis* (jeruk siam), *Citrus aurantifolia* (jeruk nipis), *Psidium guajava* (jambu biji), *Piper nigrum* (lada), dan *Coffea liberica*. (kopi liberika) berpotensi untuk dikembangkan, namun masih memerlukan pendampingan baik dalam teknik budidaya, pemasaran, dan peningkatan skala usahanya. Tanaman pangan tahunan mampu tumbuh baik di areal tanah aluvial, gambut tipis, dan gambut sedang, rawa pasang surut, dan banjir musiman. Tanaman pangan tahunan dapat menjadi komoditas prioritas pada program daerah penyangga pangan di atas zona penyangga kawasan hutan agar dapat berkelanjutan.

Kata kunci: Usaha tani, pangan tahunan, triangulasi, pertanian berkelanjutan

1. Pendahuluan

Lahan gambut tropis di Asia Tenggara seperti di Borneo, kaya akan keanekaragaman hayati dan berperan penting dalam penyimpanan karbon (Haqqamuddin et al., 2019; Lestari et al., 2019), siklus karbon, dan perubahan iklim (Ribeiro et al., 2021). Salah satu daerah bergambut dengan kedalaman bervariasi berada di Delta Kayan Sembakung (Wahyunto et al., 2014), yaitu kawasan strategis Provinsi Kalimantan Utara untuk pembangunan kawasan penyangga pangan Ibu Kota Negara (IKN) di Kalimantan Timur. Daerah tersebut meliputi Kabupaten Bulungan, Tana Tidung, Nunukan, dan Tarakan. Daya dukung ekosistem hilir di DAS Kayan dan Sembakung sebagai penyedia pangan lebih tinggi dibandingkan sebagai penyedia air bersih (Sutrisno et al., 2021).

Delta Kayan Sembakung mampu menghasilkan nilai ekonomi sebesar Rp 45 triliun pada tahun 2013, namun turun menjadi Rp 32,5 triliun pada tahun 2014 (Antara, 2020). Hal yang menarik menurut Prastyaningsih et al. (2019) adalah rencana strategis jangka panjang untuk revitalisasi yang dilakukan melalui pemanfaatan lahan produktif di kawasan budidaya, dan pelestarian fungsi lindung ekosistem mangrove dan gambut, namun masih bersifat parsial dan belum terintegrasi. Potensi yang dimiliki Delta Kayan Sembakung banyak dimanfaatkan oleh para pihak dengan berbagai kepentingan yang menimbulkan kekhawatiran akan keberlanjutannya (Wahyuni et al., 2023).

Untuk meningkatkan produktivitas lahan dan komoditas pangan, pemerintah menerapkan kebijakan program pencetakan sawah yang dilaksanakan

terutama di Kabupaten Bulungan (Inten et al., 2017). Namun, berdasarkan hasil observasi melalui wawancara dan perhitungan keuntungan dan kelayakan usaha, budidaya padi di kawasan yang dikelilingi banyak tanaman hutan kurang menguntungkan karena banyaknya hama dan ketidaksesuaian lahan (Hidayat, 2020). Menurut Ekawati et al. (2024) program cetak sawah harus memperhitungkan karakteristik gambut di masing-masing wilayah. Hal ini karena program tersebut akan berdampak pada perubahan sosial masyarakat dan lingkungannya. Masyarakat lebih memilih budidaya tanaman tahunan. Preferensi masyarakat ini perlu dipertimbangkan dalam program pengembangan komoditas pangan unggulan. Hal ini perlu dianalisis keuntungan dan kelayakan usaha tanaman pangan tahunan guna meningkatkan produktivitas pangan di zona penyangga pangan untuk IKN.

Tanaman tahunan menawarkan berbagai manfaat dalam lanskap pertanian, termasuk pemurnian air, layanan penyerbukan, dan ketahanan terhadap perubahan iklim (Asbjornsen et al., 2014). Budidaya tersebut berkontribusi untuk keberlanjutan lingkungan dengan melindungi dari erosi tanah, melestarikan air dan nutrisi, serta menyimpan karbon (Zhang et al., 2011). Meskipun demikian, budidaya tanaman tahunan pada tanah marjinal dapat memiliki dampak lingkungan yang beragam, beberapa tanaman menunjukkan dampak positif pada sumber daya tanah dan air (Fernando et al., 2018; Mamat, 2017). Selain adanya tantangan tersebut, tanaman pertanian tahunan berpotensi untuk dibudidayakan.

Bukti suatu komoditas dapat dikatakan sebagai sumber penghasilan utama di suatu daerah adalah apabila dapat

menghasilkan pendapatan domestik dan dapat memenuhi permintaan pasar (Uda et al., 2020). Untuk itu, sisi permintaan dalam penelitian ini tercermin pada pertimbangan komoditas unggulan lokal yang telah memiliki rantai pasar. Penelitian Ribeiro et al. (2021) menggunakan indeks lahan multikriteria untuk mengidentifikasi komoditas dasar di kawasan transmigrasi, sedangkan penelitian Bhermana et al. (2013) menggabungkan evaluasi sumber daya lahan dan GIS (*Geographic Information System*) untuk menentukan komoditas unggulan di Kalimantan Tengah. Terkait lokasi penelitian, sebagian besar menyajikan pengetahuan tentang pemanfaatan lahan basah program perhutanan sosial dan kegiatan-kegiatan yang dilakukan di kawasan strategi Delta Kayan Sembakung, Kalimantan Utara (Angi et al., 2022; Sutrisno et al., 2022)). Penelitian ini menekankan pertimbangan berbagai faktor termasuk preferensi masyarakat, arahan komoditas, dan kelayakan ekonomi dalam menentukan komoditas utama pada berbagai jenis lahan.

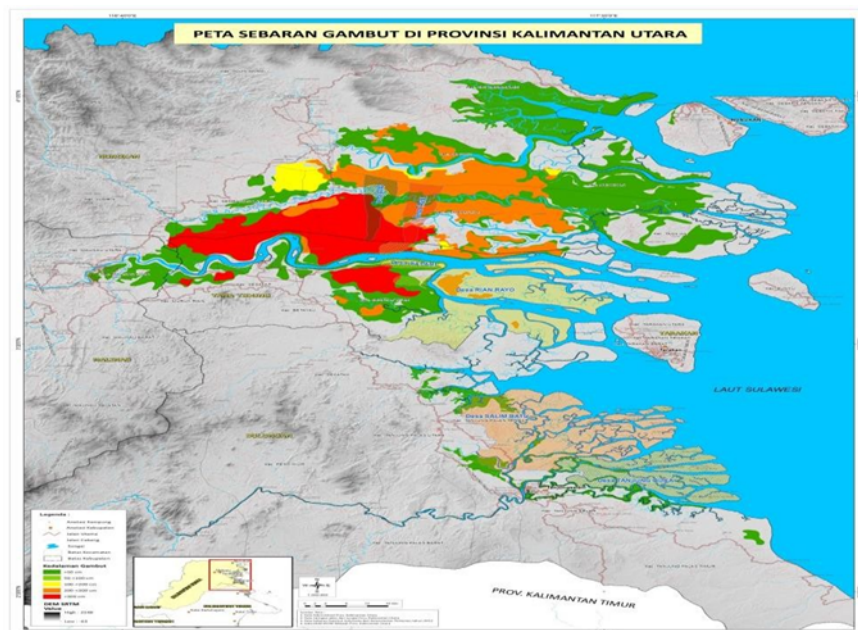
Untuk memahami bagaimana meningkatkan pendapatan masyarakat lokal untuk meningkatkan produk domestik regional bruto dari zona

penyangga pangan, maka penelitian ini bertujuan: (1) mengidentifikasi komoditas pangan utama tahunan melalui analisis LQ (*Location Quotient*) dan (2) memprediksi keberlangsungan usaha komoditas pangan tahunan melalui analisis keuntungan dan kelayakan ekonominya.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2020 di Provinsi Kalimantan Utara dengan mengambil 3 lokasi penelitian secara purposif yaitu di Kabupaten Nunukan, Bulungan, dan Tana Tidung (Gambar 1). Lokasi penelitian memiliki kedalaman gambut yang bervariasi. Pada peta dapat dilihat bahwa areal berwarna hijau adalah gambut dangkal (50-100 cm), areal warna *orange* adalah gambut sedang (100-200 cm), dan areal warna merah adalah gambut dalam (> 200 cm). Setiap kabupaten diambil sampel sebanyak dua desa, sehingga terdapat enam desa, yaitu Desa Salim Batu dan Desa Tanjung Buka (Kecamatan Tanjung Palas Tengah, Kabupaten Bulungan), Desa Sengkong dan Desa Bebatu (Kecamatan Sesayap Hilir, Kabupaten Tana Tidung), dan Desa Atap dan Desa Tagul (Kecamatan Sembakung, Kabupaten Nunukan).



Gambar (Fig.) 1. Peta sebaran lahan gambut di Provinsi Kalimantan Utara (*Distribution map of peatland areas in North Kalimantan Province*)

Karakteristik dan peruntukan lahan di lokasi desa penelitian terpilih

bervariasi. Lahan basah Desa Salim Batu seluas 17.000 hektar, yang terdiri atas

12.953 hektar lahan rawa dan 2.500 hektar lahan pasang surut (Desa Salim Batu, 2019). Adapun karakteristik lahan di Desa Tanjung Buka adalah lahan pasang surut di dekat muara sungai dengan pemanfaatan lahan 10.000 hektar untuk tambak, 1.931 hektar untuk sawah pasang surut, dan 271 hektar untuk pekarangan lahan kering (Desa Tanjung Buka, 2019). Desa Sengkong terletak di sepanjang kanal pada areal pembukaan lahan gambut. Desa Bebatu terletak di sepanjang bantaran sungai Sesayap yang sebagian besar lahannya adalah lahan aluvial dan gambut dangkal. Jenis lahan di Desa Atap dan Tagul didominasi oleh lahan gambut sedang dan dalam.

2.2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode triangulasi yaitu metode untuk meningkatkan keakuratan hasil dengan menggabungkan beberapa metode penelitian. Dengan demikian, triangulasi lebih dapat mengurangi bias jika dibandingkan dengan penggunaan satu metode. Triangulasi menjadi strategi penting dalam memastikan validitas dalam penelitian sosial (Denzin, 2017).

2.2.1. Metode analisis

2.2.1.1. Location quotient (LQ)

LQ adalah salah satu teknik pendekatan untuk melihat komoditas primer atau unggulan di suatu daerah (Hendayana, 2003). Komoditas unggulan mencerminkan jenis komoditas yang ditawarkan ke pasar. Perhitungan LQ sebagai berikut:

$$LQ = (X_{ij} / X_j) / (X_{in} / X_n)$$

Keterangan:

LQ = Nilai *location quotient*

X_{ij} = Produksi komoditas tertentu pada wilayah-i

X_j = Total produksi semua komoditas pada wilayah-i

X_{in} = Produksi komoditas tertentu (yang sama) pada wilayah referensi (di atasnya)

X_n = Total produksi semua komoditas pada wilayah referensi (di atasnya)

Jika hasil A lebih besar dari 1, maka komoditas tersebut merupakan komoditas unggulan.

2.2.1.2. Identifikasi komoditas lokal

Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi jenis-jenis tanaman tahunan yang dibudidayakan, teknik budidaya yang diterapkan, dan kondisi pertumbuhan tanaman pada berbagai tipe lahan. Hasil observasi selanjutnya diintegrasikan dengan analisis LQ untuk menentukan komoditas unggulan di masing-masing wilayah.

2.2.1.3. Analisis keuntungan dan kelayakan usaha

Analisis keuntungan usaha dilakukan dengan menghitung selisih antara penerimaan total dengan biaya total. Komponen biaya terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel dalam satu tahun selama periode siklus produksi tanaman tahunan.

1) Net Present Value (NPV)

Untuk menilai kelayakan usaha, digunakan parameter *Net Present Value* (NPV) dan *Benefit/Cost ratio* (B/C ratio). Adapun formulasinya sebagai berikut:

$$NPV = \sum \frac{B_t - C_t}{(1+\delta)^t}$$

Keterangan:

δ = Diskonto

t = Waktu (tahun)

B_t = Keuntungan dalam satu periode (1 tahun)

C_t = Biaya dalam satu periode (1 tahun)

Jika nilai NPV positif atau > 0 , maka usaha dapat dinilai layak (Kusumedi & Jariyah, 2010).

2) B/C Ratio

Kelayakan dilihat dari perbandingan antara nilai manfaat dalam satu periode saat ini dengan biaya dalam periode saat ini. Hasil rasio lebih dari 1 menunjukkan usaha cukup menguntungkan dan layak (Miah, 2016). Adapun formulasinya sebagai berikut:

$$BC \text{ ratio} = \frac{(PV)B}{(PV)C}$$

Keterangan:

(PV)B = manfaat saat ini

(PV)C = biaya saat ini

3) Internal Rate Return (IRR)

IRR adalah salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat kelayakan dan profitabilitas suatu investasi usaha. Nilai IRR adalah nilai tingkat diskonto ketika NPV sama dengan nol. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut (Yan & Zhang, 2022):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1 + IRR)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1 + IRR)^t} = 0$$

Keterangan:

Ct = Arus kas pada waktu t

N = periode

4) Payback Period (PP)

Payback period adalah salah satu indikator dalam menilai kelayakan sebuah investasi usaha yang menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk

mengembalikan biaya investasi awal melalui arus kas masuk yang dihasilkan (Pasqual et al., 2013). Adapun rumusan PP untuk arus kas yang tidak seragam sebagai berikut (Tevari et al., 2023):

$$PP = a + \frac{b}{c}$$

Keterangan:

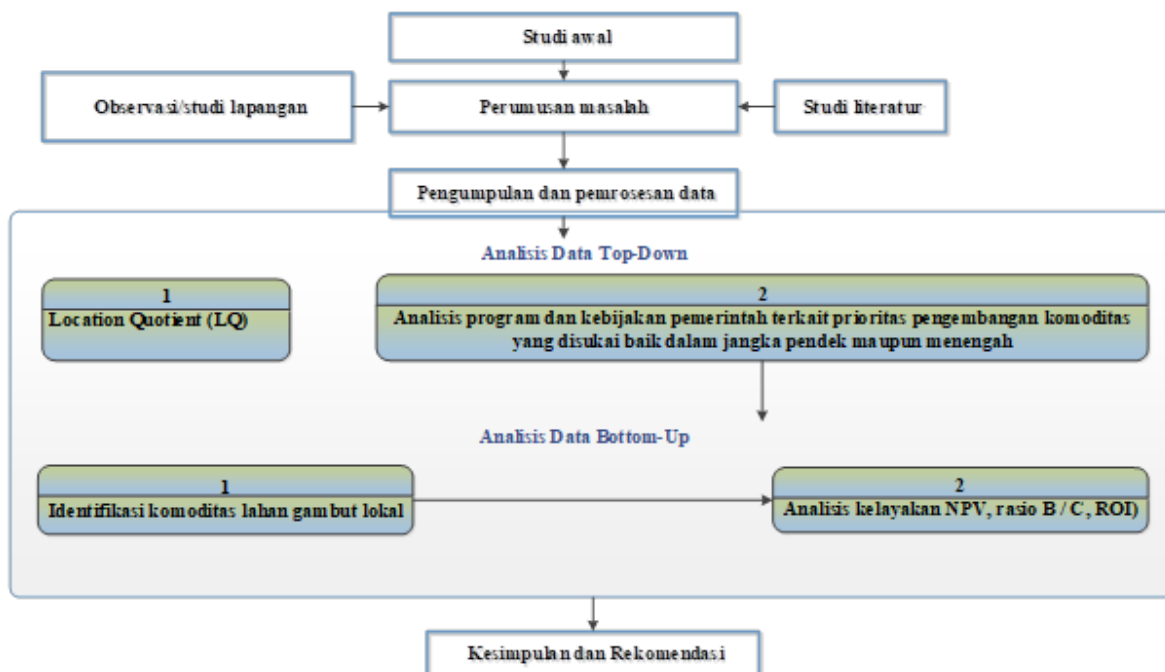
a = tahun sebelum pengembalian penuh

b = biaya yang belum kembali pada awal tahun

c = arus kas selama tahun pengembalian

2.2.2. Kerangka pikir penelitian

Analisis data dilakukan menggunakan analisis data top down dan bottom up (Gambar 3). Penggunaan studi kasus pada beberapa lokasi penelitian ini digunakan sebagai pendekatan untuk mendiagnosis beberapa hal yang tidak berfungsi dengan baik dan membantu menemukan titik temu untuk tindakan masa depan, yang pada akhirnya adalah esensi dari pembuatan kebijakan.



Gambar (Fig.) 2. Kerangka konseptual penelitian menggunakan analisis data *top-down* dan analisis data *bottom-up* (Conceptual research framework utilizing top-down and bottom-up data analysis)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Prioritas pengembangan komoditas

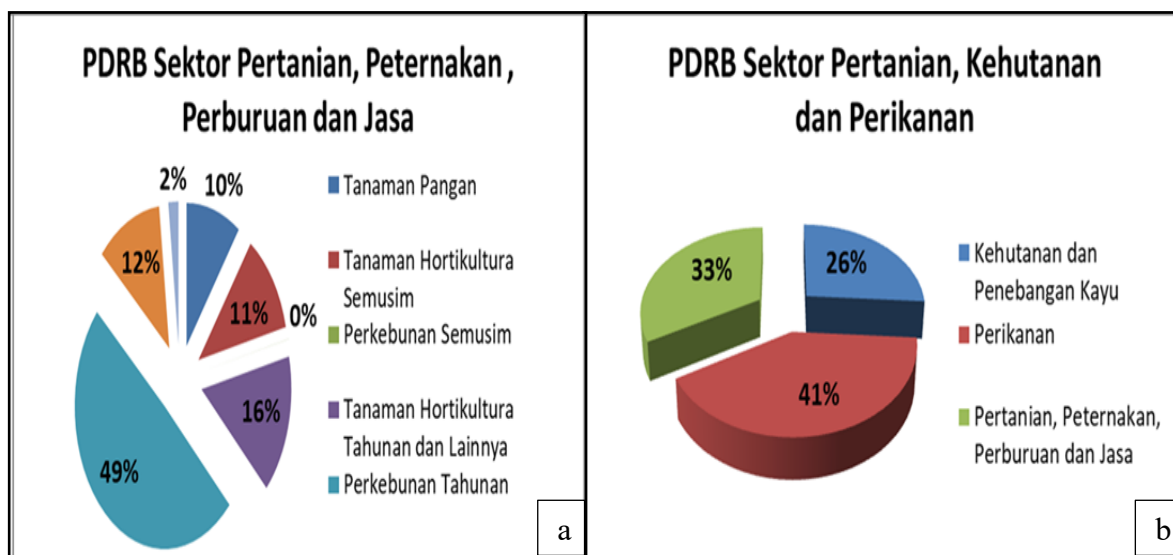
Beberapa jenis komoditas pangan tahunan telah tercatat di Badan Pusat Statistik (BPS). Namun data tersebut tidak

memuat informasi terkait jenis lahan yang dimanfaatkan untuk budidaya komoditas tersebut. Untuk itu, penting menyelaraskan data jenis komoditi yang berpotensi diusahakan dengan data yang ada di lapangan. Terlebih lagi, pemerintah daerah telah menetapkan beberapa

kabupaten sebagai daerah penyangga pangan untuk mendukung perkembangan Ibu Kota Negara baru di Provinsi Kalimantan Timur. Kabupaten Bulungan dan Nunukan diproyeksikan sebagai penghasil komoditas beras, cabai, dan bawang merah.

Pada dasarnya, komoditas pangan dihasilkan dari berbagai sektor, yaitu sektor pertanian, perkebunan, peternakan, perburuan, kehutanan, dan perikanan. Meskipun demikian, komoditas pangan selama ini lebih identik dengan komoditas

yang dihasilkan dari daratan. Gambar 3a menunjukkan jenis komoditas daratan yang menyumbang pendapatan regional adalah komoditas perkebunan tahunan (49%) dan komoditas tanaman hortikultura (16%). Namun, secara keseluruhan komoditas dari sektor perikanan justru berkontribusi lebih tinggi yaitu 41% jika dibandingkan sektor pertanian, peternakan, perburuan, dan jasa (33%) (Gambar 3b). Adanya lahan tidur yang belum digarap, tentunya sektor daratan dapat lebih dioptimalkan.



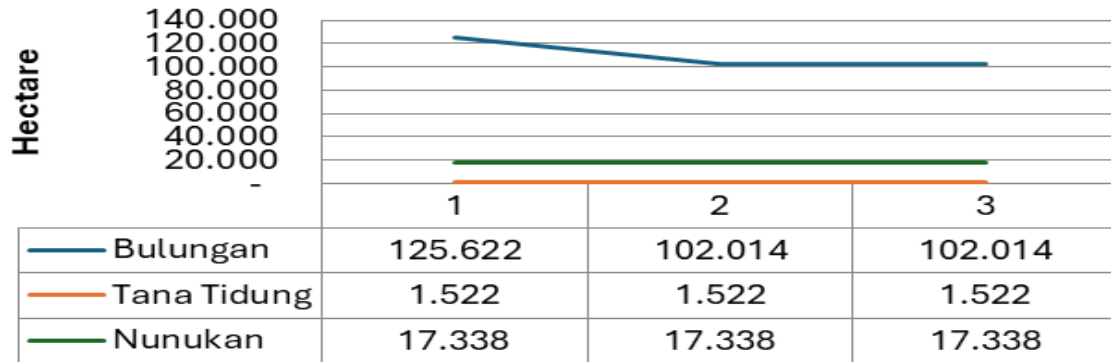
Gambar (Fig.) 3. (a) Produk Domestik Regional Bruto di sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan (*Gross Regional Domestic Product in the agriculture, forestry, and fisheries sectors*); (b) Produk Domestik Regional Bruto di sektor pertanian, peternakan, perburuan, dan jasa (*Gross Regional Domestic Product in the agricultural, livestock, hunting, and service sectors*)

Produk Domestik Regional Bruto sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan di tiga lokasi penelitian telah dibandingkan dengan menggunakan LQ. Tabel 1 menunjukkan bahwa sektor basis

Kabupaten Nunukan dan Tana Tidung adalah pertanian, kehutanan, dan perikanan, namun untuk Kabupaten Bulungan belum ada sektor unggulan.

Tabel (Table) 1. Nilai LQ sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan (*LQ value of the agriculture, forestry, and fisheries sectors*)

No	Kabupaten (District)	Nilai LQ pada 2015-2019 (<i>LQ value on 2015 to 2019</i>)				
		2019	2018	2017	2016	2015
1	Kabupaten Bulungan	0,94	0,94	0,95	0,96	0,98
2	Kabupaten Tana Tidung	1,78	1,78	1,81	1,84	1,90
3	Kabupaten Nunukan	1,45	1,43	1,41	1,36	1,29



Gambar (Fig.) 4. Lahan yang belum digarap/menganggur di tiga kabupaten di lokasi penelitian (*Unutilized/idle land distribution across three study districts*)

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan di Kabupaten Tana Tidung dan Nunukan merupakan sektor basis sebagai sumber pertumbuhan. Sektor tersebut memiliki keunggulan komparatif yang layak untuk dikembangkan. Salah satu usaha untuk mengembangkan sektor pertanian dan kehutanan adalah dengan meminimalisir lahan yang tidak produktif. Pada Gambar 4 lahan sementara yang tidak diusahakan di kedua kabupaten tersebut relatif lebih rendah jika dibandingkan lahan tidur di Kabupaten Bulungan. Untuk mendorong sektor pertanian dan kehutanan, salah satu langkah yang perlu dilakukan adalah mengubah lahan tidur menjadi lahan yang produktif.

3.1.2. Komoditas berdasarkan *Location Quotient (LQ)*

Hasil analisis LQ merupakan hasil perbandingan antar wilayah secara kuantitatif berdasarkan data sekunder. Data yang digunakan adalah data produktivitas komoditas tanaman pangan tahunan. Adapun perbandingan wilayah yang digunakan adalah wilayah tingkat kecamatan dan kabupaten. Jika nilai LQ lebih dari pada suatu tingkat wilayah, maka komoditas tersebut adalah komoditas unggul/utama yang mampu memenuhi permintaan pasar di wilayah tersebut (Hendayana, 2003). Untuk meningkatkan skala usaha, komoditas dinilai unggul apabila memenuhi beberapa faktor lainnya yaitu karakteristik dan kesesuaian lahan, teknik produksi yang digunakan, dan preferensi masyarakat. Peningkatan skala usaha komoditas tersebut tidak hanya menguntungkan

secara ekonomi, namun juga sesuai dengan aspek sosial dan ekologi.

3.1.3. Komoditas primer tanaman sayuran dan buah tahunan

Berdasarkan hasil LQ pada Tabel 2, dapat dianalisis bahwa komoditas tanaman sayuran dan buah tahunan yang dapat memenuhi pasar di tingkat Kecamatan Tanjung Palas Tengah dan Kabupaten Bulungan adalah jeruk siam (*Citrus nobilis*), nanas (*Ananas comosus*), sirsak (*Annona muricata*), jambu biji (*Psidium guajava*), alpukat (*Persea americana*), dan sawo (*Manilkara zapota*), sedangkan komoditas yang hanya dapat memenuhi tingkat kecamatan adalah mangga (*Mangifera indica*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), dan belimbing (*Averrhoa carambola*). Komoditas tersebut perlu didorong produksinya agar mampu memenuhi pasar di tingkat Kabupaten. Berdasarkan observasi lapangan di desa lokasi penelitian, jenis yang banyak diusahakan oleh masyarakat Desa Salim Batu adalah jeruk siam, jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), jambu biji, mangga, pisang (*Musa spp.*), pepaya (*Carica papaya*), dan durian (*Durio zibethinus*) dan cempedak (*Artocarpus integer*). Komoditas yang banyak diusahakan di Desa Tanjung Buka adalah jeruk siam, nanas, nangka, cempedak, sirsak, jambu biji, alpukat, belimbing, dan sawo.

Komoditas tanaman sayuran dan buah tahunan unggulan yang dapat memenuhi pasar di tingkat Kecamatan Sesayap Hilir dan Kabupaten Tana Tidung adalah mangga, duku dan langsung, belimbing, dan sawo. Komoditas unggul di tingkat Kecamatan Sesayap Hilir yang

banyak diusahakan adalah rambutan, nangka, cempedak, sukun (*Artocarpus altilas*), jambu air, jambu biji, dan jeruk. Berdasarkan observasi lapangan, jenis yang banyak diusahakan oleh masyarakat Desa Sengkong adalah tanaman buah naga (*Hylocereus undatus*), kelapa dalam (*Cocos nucifera*), rambutan (*Nephelium lappacheum*), dan durian. Komoditas yang banyak diusahakan oleh masyarakat adalah rambutan, mangga, pisang, nangka, cempedak, durian, dan buah terap (*Artocarpus elasticus*).

Komoditas utama jenis tanaman buah dan sayuran tahunan yang mampu memenuhi pasar baik di tingkat Kecamatan Sembakung maupun Kabupaten Nunukan adalah pisang dan

mangga. Komoditas yang sangat berpotensi untuk dikembangkan di tingkat Kecamatan Sembakung adalah pepaya. Berdasarkan observasi lapangan, masyarakat sudah jarang sekali menanam jenis tanaman sayuran dan buah tahunan. Hal ini dikarenakan banjir yang kerap kali terjadi sejak tahun 2007, sehingga tanaman terkena penyakit “mati pucuk”. Sebelum banjir besar pada tahun 2007, desa ini terkenal sebagai penghasil padi, durian, kopi dan kakao yang ditanam di lahan aluvial di sepanjang bantaran sungai. Di Desa Tagul, masyarakat menanam jenis tanaman yang relatif lebih tahan banjir di sekitar pekarangan rumah, diantaranya: pisang, pohon terap, dan rambutan.

Tabel (Table) 2. Komoditas unggulan tanaman sayur dan buah tahunan berdasarkan nilai LQ (*Primary commodities of annual vegetable and fruit crops based on their LQ value*)

Wilayah (Region)	Nilai LQ komoditas tanaman sayur dan buah tahunan (<i>LQ value of annual vegetable and fruit crop commodities</i>)									
	Jeruk siam	Nanas	Sirsak	Jambu biji	Alpukat	Sawo	Mangga	Blimbing	Duku/Langsar	Pisang
1. Kabupaten Bulungan	1,62	1,20	1,22	1,27	1,28	1,81	0,45	0,91	0,93	-
a. Kecamatan Tanjung Palas Tengah	1,64	7,07	7,07	9,65	21,09	2,73	2,57	14,88	0,60	-
2. Kabupaten Tana Tidung	0,16	8,08	0,65	0,83	1,47	1,08	1,00	1,72	1,96	0,93
a. Kecamatan Sesayap Hilir	0,31	0,49	-	4,91	-	2,95	3,53	7,36	1,00	0,64
3. Kabupaten Nunukan	0,81	-	-	-	-	-	2,05	-	-	2,58
a. Kecamatan Sembakung	-	-	-	-	-	-	2,37	-	-	1,21

Sumber (Source): Badan Pusat Statistik Kalimantan Utara (2018), data diolah

3.1.4. Komoditas unggulan perkebunan

Komoditas unggulan untuk jenis tanaman perkebunan yang dapat memenuhi kebutuhan pasar di tingkat Kecamatan Tanjung Palas Tengah dan Kabupaten Bulungan adalah kelapa, kopi, dan kakao (Tabel 3). Berdasarkan pengamatan lapangan, komoditas yang banyak diusahakan di Desa Silam Batu dan Desa Tanjung Buka adalah kelapa dan lada. Namun belum ada usaha pengolahan kelapa dan lada, sehingga sebagian besar masyarakat menjualnya dalam bentuk kelapa dan lada butiran.

Komoditas tanaman perkebunan utama yang mampu memenuhi pasar baik di tingkat Kabupaten Tana Tidung maupun Kecamatan Sesayap Hilir adalah kelapa dan kopi. Komoditas tersebut menjadi unggulan, dan perlu didorong untuk

dikembangkan di Kecamatan Sesayap Hilir adalah komoditas lada. Berdasarkan observasi, masyarakat Desa Sengkong jarang membudidayakan tanaman perkebunan. Adapun tanaman liar yang belum dimanfaatkan namun bernilai ekonomi tinggi adalah perepat (*Sonneratia alba*) dan nipah (*Nypa fruticans*). Di Desa Bebatu, komoditas yang banyak tumbuh adalah kelapa. Tanaman kelapa sudah banyak tumbuh dan sudah berumur puluhan tahun. Hasil buah kelapa jarang dimanfaatkan, tetapi dijual butiran maupun diolah menjadi kopra. Kelapa dijual ketika ada pemborong yang mau memanen kelapa tersebut.

Jenis komoditas tanaman perkebunan yang menjadi unggulan dan mampu memenuhi pasar di tingkat Kabupaten Nunukan dan Kecamatan Sembakung adalah kelapa sawit.

Komoditas perkebunan unggulan lainnya yang mampu memenuhi pasar di tingkat kecamatan namun belum dapat memenuhi pasar kabupaten adalah kopi. Berdasarkan observasi, masyarakat di Desa Atap jarang mengusahakan tanaman perkebunan

setelah terjadinya banjir besar yang disusul oleh banjir musiman yang tidak dapat diprediksi. Komoditas perkebunan yang masih terlihat di Desa Tagul adalah kelapa. Tanaman kelapa relatif lebih tahan terhadap banjir musiman.

Tabel (Table) 3. Komoditas unggulan tanaman perkebunan berdasarkan nilai LQ (*Primary commodities plantation crops based on LQ value*)

Wilayah (Region)	Nilai LQ komoditas tanaman perkebunan (<i>LQ value of primary commodities plantation crops</i>)				
	Kelapa	Kopi	Kakao	Lada	Kelapa sawit
1. Kabupaten Bulungan	46,8	7,09	6,41	-	1,00
a. Kecamatan Tanjung Palas Tengah	2,69	6,22	1,32	-	0,06
2. Kabupaten Tana Tidung	1,96	2,30	-	-	1,00
a. Kecamatan Sesayap Hilir	2,82	2,19	-	27,04	0,91
3. Kabupaten Nunukan	0,65	0,06	0,09	-	1,01
a. Kecamatan Sembakung	0,04	2,21	-	-	1,02

Sumber (Source): Badan Pusat Statistik Kalimantan Utara (2018)

3.1.5. Keuntungan dan kelayakan usaha komoditas

Perhitungan keuntungan dan kelayakan usaha komoditas tanaman tahunan ini menggunakan beberapa asumsi, yaitu: petani tidak membeli lahan garapan karena umumnya adalah pembagian dari program transmigrasi, biaya tenaga kerja tidak diperhitungkan, rata-rata lahan garapan satu hektar, dan faktor diskonto 10% (Tabel 4).

3.1.5.1. Proyeksi usaha komoditas jeruk siam dan jeruk nipis

Hasil pengamatan lapangan, petani menanam jeruk siam dan jeruk nipis dalam satu blok di daerah lahan rawa pasang surut. Kedua jenis tanaman tersebut relatif lebih tahan terhadap genangan sementara. Untuk mengurangi kadar keasaman lahan, dibuat parit cacing di antara jarak tanaman dan dibuat sekat pada persimpangan hulu parit sebagai

pengatur tinggi muka air tanah. Perawatan dan pemeliharaannya relatif mudah. Namun, tanaman ini perlu dipupuk tiga kali dalam setahun agar buahnya lebat.

Umur produktif jeruk siam dan jeruk nipis dapat mencapai 8 - 10 tahun. Umumnya sudah dapat berbuah pada tahun keempat. Produksi buah semakin meningkat dan kemudian stabil setelah tahun keenam. Pemupukan dilakukan 3 kali dengan pupuk NPK dan urea (perbandingan 2:1). Hasil panen jeruk siam dapat dilakukan ketika jeruk masih muda dengan harga tertinggi Rp 5.000/kg dan harga terendah Rp 2.000/kg. Hasil panen jeruk siam yang sudah matang dihargai Rp. 8.000/kg dan Rp 5.000/kg di harga terendah ketika panen raya. Harga tertinggi jeruk nipis Rp 8.000/kg dan harga terendah Rp 5.000/kg. Adapun hasil analisis usaha jeruk siam selama 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel (Table) 4. Hasil analisis usaha jeruk siam dan jeruk nipis di Desa Salim Batu (*Results for business analysis of siamese orange and lime at Salim Batu Village*)

Indikator (<i>Indicator</i>)	Jeruk siam	Jeruk nipis
Modal awal (<i>Initial capital</i>)	Rp 30.450.000	Rp 26.010.000
Laba per tahun (<i>Profit per year</i>)	Rp 26.857.143	Rp 16.770.000
Keuntungan per bulan (<i>Profit per month</i>)	Rp 2.238.095	Rp 1.397.500
NPV	Positif	positif
IRR	38%	17%
BCR	10,67	6,32
PP	5,5 tahun	6,5 tahun

Sumber (Source): Data primer diolah (2020)

Hasil analisis usaha tani jeruk siam dan jeruk nipis menunjukkan kedua jenis komoditas tersebut layak diusahakan. Dari indikator rata-rata keuntungan, nilai B/C ratio dan jangka waktu PP menunjukkan bahwa komoditas jeruk nipis lebih tinggi dibandingkan dengan jeruk siam. Oleh karena itu, disarankan penanaman jeruk siam di Desa Silam Batu ditumpangsari dengan jeruk nipis. Daya simpan jeruk siam, jeruk nipis dan jeruk lemon rata-rata mencapai 14 hari. Apabila panen raya, resiko turunnya harga jauh lebih tinggi. Untuk itu, perlu bantuan terkait pemasarannya agar harga tidak dipermainkan oleh tengkulak. Selain itu, perlu peningkatan kapasitas dan pembangunan industri pengolahan untuk meningkatkan daya simpan hasil panen jeruk agar nilai tambahnya meningkat terlebih ketika panen raya. Adapun potensi olahan jeruk adalah pembuatan sirup jeruk, selai, dodol, dan lain-lain.

3.1.5.2. Proyeksi usaha komoditas jambu

Jenis jambu biji yang ditanam oleh masyarakat yaitu jambu sukun merah non biji. Bibit jambu tersebut merupakan jenis unggul yang dibeli dari Surabaya. Petani umumnya membeli ketika pulang kampung. Modal pembelian bibit untuk 1 hektar lahan kurang lebih Rp 6.000.000 untuk 200 bibit pohon. Bibit jambu ini lebih tahan terhadap hama dan penyakit

daripada jenis jambu lainnya karena buah jambu sukun merah memiliki lapisan lilin yang sulit ditembus oleh ulat dan hama lainnya.

Persiapan lahan untuk penanaman jambu biji hampir sama dengan persiapan untuk penanaman jeruk siam, namun jarak tanamnya lebih lebar yaitu 8 m x 8 m dengan tujuan tanaman dapat menyerap unsur hara lebih banyak. Diantara pohon tersebut ditanam pisang marlin sebagai tanaman pelindung. Selain berfungsi sebagai tanaman pelindung, batang pisang marlin yang ditebang setelah panen dapat diolah menjadi zat amelioran untuk penambah zat fosfor pada lahan gambut. Pupuk yang digunakan adalah pupuk NPK dan/atau pupuk organik cair (POC) yang dibuat sendiri dari bahan buah jambu yang jatuh ke tanah. Dengan menggunakan POC, biaya produksi jambu biji dapat lebih ditekan, dibandingkan jika menggunakan pupuk kimia. Kebutuhan pupuk mencapai 200 kg NPK per hektar setiap tiga bulan sekali.

Daya simpan jambu biji mencapai 14 hari. Selama ini jambu biji dijual ke tengkulak dengan harga Rp 10.000/kg. Adanya pandemi covid-19, harga meningkat menjadi Rp 12.000/kg. Tengkulak menjual hasil panen ke Tarakan dan menjualnya dengan harga Rp 20.000 – Rp 25.000/kg. Analisis usaha tani jambu biji selama 10 tahun disajikan pada Tabel 5.

Tabel (Table) 5. Hasil analisis usaha jambu biji di Desa Salim Batu (*Results for business analysis of guava at Salim Batu Village*)

Indikator (<i>Indicator</i>)	Jambu, sebelum pandemi (<i>Guava, before pandemic</i>)	Jambu, setelah pandemi (<i>Guava, after pandemic</i>)	Selisih (<i>Gap</i>)
Modal awal (<i>Initial capital</i>)	Rp 29.160.000	Rp 29.160.000	-
Laba per tahun (<i>Profit per year</i>)	Rp 16.050.000	Rp 19.890.000	Rp 3.840.000
Keuntungan per bulan (<i>Profit per month</i>)	Rp 1.337.500	Rp 1.657.500	23,93%
NPV	positif	positif	-
IRR	47%	62%	15%
BCR	6.10	7.31	-
PP	4,5 tahun	4 tahun	0.5 tahun

Sumber (*Source*): Data primer diolah (2020)

Permintaan jambu setelah adanya pandemi semakin meningkat yang mengakibatkan tidak dapat terpenuhinya permintaan pasar di Tanjung Selor. Harga jambu biji di tingkat konsumen meningkat menjadi Rp 30.000-Rp 35.000/kg. Dari

Tabel 5, peningkatan 40-50% harga konsumen di Tarakan memengaruhi kenaikan pendapatan petani sebesar 24%. Sama halnya hasil buah-buahan lainnya, jambu biji juga memiliki resiko penurunan harga di saat panen raya mengingat daya

simpan buah ini hanya 14 hari. Untuk itu, petani sudah memiliki rencana untuk mengolah hasil panen menjadi dodol jambu biji jika harga panen jatuh. Setelah diuji coba, harga per kilogram dodol antara Rp 50.000-Rp 60.000.

3.1.5.3. Proyeksi usaha komoditas kelapa

Terdapat dua jenis kelapa yang mereka ketahui yaitu kelapa dalam dan kelapa hibrida. Pohon kelapa dalam umumnya lebih tinggi daripada kelapa hibrida. Umur panennya pun lebih lama yaitu 6-8 tahun, sedangkan kelapa hibrida umur 4-6 tahun sudah bisa dipanen buahnya. Bibit kelapa hibrida diperoleh dari Sabuda yang berasal dari Tanah Kuneng. Bibit dibeli seharga Rp 7.500/bibit sekitar 5 tahun yang lalu atau Rp 10.000/bibit saat ini. Tiap bibit kelapa ditanam di atas gundukan. Kelapa hibrida dapat dipanen dengan frekuensi mencapai 4-6 kali dalam satu tahun.

Untuk budidaya kelapa, pemupukan intensif jarang dilakukan. Pemupukan dilakukan apabila petani mendapatkan bantuan pupuk NPK dari pemerintah. Meskipun tanpa dipupuk, tanaman kelapa tetap menghasilkan walaupun produksinya tidak sebanyak tanaman kelapa yang dipupuk secara rutin. Jarak tanam umumnya 8 m x 9 m, sehingga terdapat 100-130 pohon kelapa dalam satu hektar. Pada masa awal berbuah saat berumur 4-5 tahun, pohon kelapa mampu menghasilkan sebanyak 600 butir kelapa yang dipanen 3 kali dalam setahun. Kemudian pada umur 6 tahun ke atas, hasil panen mencapai 1.800-3.000 butir per tahun. Untuk mengoptimalkan pendapatan dari penanaman kelapa, petani juga menanam pisang sanggar/kepok untuk tanaman

tumpang-sari.

Hasil kelapa umumnya dijual ke tengkulak desa yang mempunyai kapal (nelayan) dengan harga Rp 3.000/butir. Harga buah kelapa tersebut relatif stabil. Tengkulak kemudian akan menjual ke pasar induk Tanjung Selor dengan harga 4.500/butir. Konsumen di Tanjung Selor dapat membeli buah kelapa dengan harga hampir dua kali lipat dari harga tengkulak yakni Rp 8.000/butir. Padahal, jika dilihat dari tabel hasil analisis usaha tani di atas, petani hanya mendapatkan rata-rata keuntungan Rp 436.000/bulan. Terlebih lagi, nilai net present value (NPV) negatif, yang menunjukkan bahwa usaha kelapa tidak layak untuk dikembangkan (Tabel 6).

Umumnya, kelapa ditumpang-sarikan dengan pisang. Hasil analisis usaha tani kelapa dan pisang menunjukkan bahwa pendapatan petani hanya bertambah 33,4% per bulan. Untuk memperoleh tambahan pendapatan agar terpenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, sebagian petani dan juga nelayan menangkap udang galah dan mencari ikan.

Pengolahan daging buah kelapa diperlukan untuk meningkatkan nilai tambah hasil panen. Daging kelapa dapat dikeringkan, dibuat kopra dan diolah menjadi minyak kelapa. Selain itu, petani juga dapat memanfaatkan serabut dan batok kelapa. Namun, petani kelapa di Desa Tanjung Buka belum dapat melakukan pengolahan tersebut karena kurangnya pengetahuan dan terbatasnya jumlah tenaga kerja. Petani kelapa pernah mendapat informasi terkait pengolahan kopra yang berada di Pulau Sebatik, namun hingga saat ini petani belum pernah menjual kelapa dalam bentuk kopra ke pabrik tersebut.

Tabel (Table) 6. Hasil analisis usaha kelapa hibrida di Desa Tanjung Buka (*Results for business analysis of hybrid coconut at Tanjung Buka Village*)

Indikator (<i>Indicator</i>)	Kelapa hibrida	Tumpang-sari kelapa hibrida dengan pisang (<i>Intercropping hybrid coconut with banana</i>)	Selisih (<i>Gap</i>)
Modal awal (<i>Capital</i>)	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	-
Laba per tahun (<i>Profit per year</i>)	Rp 5.239.286	Rp 6.989.286	33,4%
Keuntungan per bulan (<i>Profit per month</i>)	Rp 436.607	Rp 582.441	33,4%
NPV	negatif	negatif	-
IRR	-	0%	-

Sumber (*Source*): Data primer diolah (2020)

3.1.5.4. Proyeksi usaha komoditas lada

Selain tanaman kelapa, sebagian petani juga mengusahakan tanaman lada di lahan pasang surut yang telah dikeringkan. Sebelum ditanami lada, beberapa petani menanam daun bawang. Bibit lada yang ditanam merupakan bibit dari hasil stek. Tanaman lada merambat pada pohon penegak hidup (sulur), seperti pohon gamal (*Gliricidia sepium*) dan pohon dadap (*Erythrina variegata*). Selain sebagai pohon penegak hidup, gamal dapat berguna untuk pakan ternak, sedangkan dadap untuk obat penurun panas dan buahnya untuk “potas/racun ikan. Pada tahun kedua, lada sudah belajar berbuah. Jumlah hasil panen akan stabil pada umur tanaman 4-5 tahun dengan dua kali panen dalam satu tahun. Menurut

petani, umur produktif tanaman lada dapat mencapai 15 tahun.

Bibit dibeli dengan harga Rp 10.000/bibit. Berdasarkan wawancara, lada tetap dapat menghasilkan meskipun jarang dipupuk. Sebanyak 400 pokok pohon lada mampu menghasilkan 50 kg. Dalam satu hektar dapat ditanam sebanyak 1.800 pohon lada. Akan tetapi, harga lada tidak stabil. Pada tahun 2015, harga lada mencapai Rp 140.000/kg, kemudian tahun 2016-2018 harganya berfluktuasi antara Rp 100.000-Rp 120.000/kg. Pada tahun 2019, harga lada turun menjadi Rp 40.000/kg. Sebagai gambaran, berikut hasil analisis usaha tani berdasarkan perubahan harga yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel (Table) 7. Hasil analisis usaha lada di Desa Tanjung Buka (*Results for business analysis of pepper at Tanjung Buka Village*)

Indikator (<i>Indicator</i>)	Harga lada Rp 40.000	Harga lada Rp 100.000	Selisih	Harga lada Rp 50.000
Modal awal (<i>Initial capital</i>)	Rp 27.000.000	Rp 27.000.000	-	Rp 27.000.000
Keuntungan per tahun per hektar (<i>Profit per year per hectare</i>)	Rp 9.421.429	Rp 25.878.571	Rp 16.457.142	Rp 11.821.429
Laba per bulan per hektar (<i>Profit per month per ha</i>)	Rp 785.119	Rp 2.156.548	174,68%	Rp 985.119
NPV	negatif	Positif	-	-
IRR	11%	58%	-	-

Sumber (*Source*): Data primer diolah (2020)

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa perubahan harga lada sebesar 150% berdampak pada pengurangan pendapatan masyarakat sebesar 174,7%. atau Rp 16.457.142. Apabila harga rata-rata masih Rp 40.000/kg dalam kurun waktu 10 tahun, usaha lada tersebut dinilai tidak layak untuk diusahakan. Hal tersebut terlihat dari nilai NPV yang negatif. Akan tetapi, daya simpan lada yang cukup lama bahkan bisa mencapai 12 tahun. Dari proyeksi analisis usaha tani lada pada harga rata-rata Rp 50.000/kg, menunjukkan bahwa usaha lada masih layak untuk diusahakan.

3.1.5.5. Proyeksi usaha komoditas kopi

Di Desa Tanjung Buka, terdapat dua orang petani yang mulai mengusahakan kopi. Bibit kopi yang dikenal dengan bibit “kopi asisah”

tersebut dibawa dari Kediri oleh salah seorang petani yang pulang ke kampung halamannya. Petani mencoba menanam kopi liberika pada lahan rawa pasang surut yang telah dibangun tanggul dan parit. Bibit kopi ditanam di lahan gambut yang sudah diberi pasir dan sekam padi. Pemupukan dilakukan secara intensif. Kopi dipanen setelah tahun keempat dengan hasil 1 kg biji kopi per pohon (masa belajar berbuah). Tanaman kopi dapat dipanen sebanyak 2 kali dalam satu tahun. Pada tahun kelima, hasil panen menjadi dua kali lipat dari masa belajar berbuah. Selama ini, hasil panen kopi belum pernah dijual dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan sendiri. Berikut proyeksi analisis usaha tani kopi dalam satu hektar dengan harga kopi Rp 12.000/kg di tingkat petani.

Tabel (Table) 8. Hasil analisis usaha kopi di Desa Tanjung Buka (Results for business analysis of coffee at Tanjung Buka Village)

Indikator (<i>Indicator</i>)	Harga kopi Rp 12.000/kg
Modal awal (<i>Capital</i>)	Rp 23.600.000
Laba per tahun (<i>Profit per year</i>)	Rp 28.050.000
Keuntungan per bulan (<i>Profit per month</i>)	Rp 2.337.500
NPV	positif
IRR	51%

Sumber (*Source*): Data primer diolah (2020)

3.2. Pembahasan

Pemetaan komoditas pangan perlu dilakukan sebagai langkah awal dalam perencanaan pengembangan komoditas unggulan suatu wilayah. Pertama, analisis *location quotient* (LQ) dilakukan untuk mengidentifikasi komoditas yang banyak diusahakan oleh masyarakat. Dalam penelitian ini, perbandingan yang dilakukan adalah besar produksi komoditas yang dihasilkan dalam suatu wilayah kecamatan dan kabupaten. Dengan demikian, hasil analisis ini juga menggambarkan sejauhmana jumlah produksi suatu komoditas memiliki kemampuan memenuhi permintaan pasar. Nilai indikator yang diperbandingkan dalam perhitungan LQ menentukan manfaat hasil analisisnya. Menurut beberapa penelitian sebelumnya, analisis LQ komoditas unggulan bermanfaat untuk mengetahui sebaran keunggulan komparatif dan kompetitif suatu komoditas unggulan (Mulyono, 2016) dan pola persebarannya (Monsaputra, 2024).

Selain analisis LQ, observasi lapangan perlu dilakukan untuk dapat mengetahui preferensi komoditas yang dipilih oleh masyarakat, kesesuaian budidaya dengan kehidupan sosial, kebutuhan ekonomi masyarakat, kesesuaian lahan dan lanskap ekologisnya. Wilayah Delta Sembakung Kalimantan Utara diproyeksikan sebagai daerah penyangga pangan Ibu Kota Negara (IKN) baru, namun komoditas yang dikembangkan lebih diarahkan pada komoditas hortikultura. Di sisi lain, berdasarkan wawancara dan observasi, masyarakat enggan menanam tanaman hortikultura dikarenakan banyaknya serangan hama dan penyakit. Hal ini terjadi karena lanskap hutan yang dominan di sekitar lahan garapan. Masyarakat lebih memilih tanaman

tahunan yang tidak memerlukan pupuk, obat-obatan, dan perawatan yang intensif. Terlebih lagi, tanaman tahunan lebih sesuai untuk daerah rawa pasang surut, daerah yang terkena banjir musiman, dan lahan bergambut dangkal dan sedang. Penelitian sebelumnya mengungkapkan manfaat tanaman *perennial* diantaranya sebagai pemurni air dan hidrologi, layanan penyerbukan, pengendalian populasi hama, penghasil pangan yang lebih tahan terhadap perubahan iklim (Asbjornsen et al., 2014).

Aspek ekonomi khususnya keuntungan, kelayakan, dan kepastian pemasaran usaha pada skala lahan garapan rata-rata masyarakat menjadi pertimbangan yang cukup signifikan. Komoditas unggulan yang banyak diusahakan oleh masyarakat di lokasi penelitian dan cukup layak dan menguntungkan, diantaranya jeruk siam, jambu biji, lada, kopi liberika, dan jeruk nipis. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang mendapatkan bahwa komoditas jeruk siam menguntungkan dan layak untuk diusahakan baik di lahan mineral (Aluhariandu et al., 2016), maupun lahan gambut (Dalas et al., 2022). Komoditas jambu biji baik varietas kristal (Datundugon et al., 2020; Ramdhona et al., 2019) maupun getas merah (Amelia et al., 2020; Ariyani et al., 2017), komoditas lada (Maryadi et al., 2017; Zakaria & Haryono, 2023; Kurniawan et al., 2023), komoditas kopi liberika (Muhtaram et al., 2023; Amalia et al., 2022), dan komoditas jeruk nipis (Sinaga & Jufri, 2019; Putra et al., 2019) juga layak untuk diusahakan di lahan gambut. Meskipun demikian, kelapa menjadi komoditas yang kurang menguntungkan karena tidak adanya teknik pengolahan paska produksi yang sesuai dengan permintaan pasar. Hal ini senada dengan penelitian sebelumnya,

yang menunjukkan bahwa usaha kelapa kurang efisien karena belum ada teknologi paska panen (Aumora et al., 2016).

Berbeda dengan tanaman hortikultura, hasil produksi tanaman tahunan memiliki waktu penyimpanan yang relatif lebih lama. Hal ini seharusnya meningkatkan daya tawar petani dalam penentuan harga jual, namun ternyata petani masih sangat tergantung pada harga jual tengkulak yang datang. Selain itu, kendala fasilitas penyimpanan yang kurang memadai dan keterbatasan akses pasar menyebabkan keunggulan daya simpan belum dapat menjadi pengungkit daya tawar petani. Kondisi sosial juga cukup menentukan preferensi terhadap jenis komoditas pangan tahunan yang diusahakan. Berdasarkan observasi lapangan, sagu (*Metroxylon sagu*) terlihat mudah tumbuh di lahan aluvial, gambut dangkal, dan gambut sedang. Namun, komoditas tersebut jarang diusahakan oleh masyarakat karena secara sosial kurang diterima. Banyak masyarakat berpandangan bahwa pengonsumsi sagu adalah orang yang tidak mampu membeli beras. Dengan demikian, kondisi sosial perlu dipertimbangkan dalam penentuan jenis komoditas tanaman pangan tahunan yang perlu diprioritaskan.

Teknik budidaya tanaman tahunan juga dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan masyarakat. Tanaman pangan tahunan tanpa pemeliharaan intensif menjadi preferensi masyarakat, terutama Suku Banjar dan Suku Tidung yang lebih mengutamakan mata pencaharian sebagai nelayan. Bagi masyarakat yang paham dengan kelebihan pola tanam tumpang sari lebih memilih menggunakan sistem tersebut. Hal ini dikuatkan dengan hasil penelitian (Octavia et al., 2023) yang menyatakan bahwa pola tumpang sari dapat meningkatkan produktivitas lahan. Meskipun sebagian besar masyarakat telah melakukan tumpang sari tanaman, namun masih terdapat praktik budidaya secara monokultur.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Perencanaan program penyangga pangan perlu dilakukan secara *bottom up*, yaitu dengan mempertimbangkan

berbagai aspek baik aspek teknis (kondisi kesesuaian lahan), aspek sosial (preferensi masyarakat, sosial budaya, penguasaan teknik budidaya) serta aspek ekonomi (keuntungan, kelayakan usaha, dan kepastian pemasaran). Sudut pandang masyarakat perlu menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan arahan komoditas pangan unggulan. Hal ini dikarenakan akan menentukan keberhasilan dan kemanfaatan budidaya komoditas pangan unggulan yang akan dikembangkan. Faktor yang mendorong peningkatan produktivitas komoditas pangan, diantaranya kondisi sosial, tingkat pengetahuan, preferensi masyarakat, keuntungan, kelayakan usaha, kepastian pemasaran, kesesuaian lahan, dan lanskap. Identifikasi menggunakan metode triangulasi perlu dilakukan dengan memperhitungkan data sekunder dan validasi dengan hasil data primer lapangan. Komoditas unggulan dari jenis tanaman pangan tahunan sangat bermanfaat secara ekonomi dan terbukti lebih tahan terhadap berbagai kondisi dan jenis lahan. Adapun komoditas unggul yang banyak diusahakan karena dinilai menguntungkan dan layak dalam penelitian ini adalah jeruk siam, jeruk nipis, jambu biji, lada, dan kopi liberika. Jenis tanaman pangan tahunan perlu diprioritaskan dalam program daerah penyangga pangan yang berada pada zona penyangga kawasan hutan karena lebih sesuai dengan ekologiannya. Dalam penentuan prioritas, keberterimaan sosial juga perlu menjadi pertimbangan. Pada aspek ekonomi, keuntungan, kelayakan usaha, dan potensi akses pemasaran komoditas tanaman pangan perlu diidentifikasi agar identifikasi lebih akurat, perlu digunakan metode triangulasi dengan pemanfaatan data sekunder, observasi, dan wawancara. Analisis juga perlu dilakukan tidak hanya melalui *top down*, namun juga *bottom up*.

4.2. Saran

Untuk keberhasilan budidaya dan pengembangan komoditas pangan unggulan lokal diperlukan pendampingan pemasaran dan teknik budidaya yang tepat. Untuk pengembangan dalam skala yang luas, komoditas tanaman pangan tahunan lebih baik diusahakan pada areal aluvial,

gambut dangkal, dan gambut sedang untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim yang dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman. Adapun teknik budidaya yang tepat adalah teknik agroforestri yang lebih baik secara ekologi dan lebih menguntungkan secara ekonomi. Untuk itu, perlu penerapan agroforestri jenis tanaman pangan tahunan dengan tanaman kehutanan yang mengoptimalkan pemanfaatan lahan, memaksimalkan keuntungan yang sesuai dengan kondisi sosial masyarakat pada zona penyangga kawasan hutan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada GIZ (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH*) melalui program *Propeat* Provinsi Kalimantan Utara yang telah mendanai penelitian ini. Kami juga mengucapkan terima kasih atas dukungan Bapak Tunggul Butarbutar, Ibu Nussy Rosdiana dan Bapak Amin. Penghargaan juga kami sampaikan kepada Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Utara atas kerja sama yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

- Aluhariandu, V.E., Tariningsih, D., & Lestari, P.F.K. (2016). Analisis usahatani jeruk siam dan faktor-faktor yang memengaruhi penerimaan petani (studi kasus di Desa Bayung Gede Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli). *Agrimeta*, 6(12), 90058.
- Amalia, D.N., Wahyuni, I., & Kurniati, Y. (2022). Kelayakan finansial usahatani kopi liberika di Kecamatan Betara Kabupaten Tanjung Jabung Barat. *Jurnal Ilmiah Sosio-Ekonomika Bisnis*, 25(01), 39-43.
- Amelia, N.R.N., Rochdiani, D., & Saefudin, B.R. (2020). Analisis pendapatan usahatani jambu biji varietas getas merah di Desa Panyingkiran, Kecamatan Panyingkiran, Kabupaten Majalengka. *Mimbar Agribisnis*, 6(2), 754-764.
- Angi, E.M., Kartika, K., & Wiati, C.B. (2022). The potential, wetlands utilization through the social forestry program in Kayan Sembakung Delta, North Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 976(1), 12023.
- Antara. (2020). *Pemprov Kaltara-GIZ Jerman kelola mangrove Delta Kayan Sembakung*.
- Ariyani, D.M.A., Santoso, S.I., & Setiadi, A. (2017). Analisis profitabilitas usahatani jambu biji getas merah di Kabupaten Kendal. *Agromedia: Berkala Ilmiah Ilmu-ilmu Pertanian*, 35(2).
- Asbjornsen, H., Hernandez-Santana, V., Liebman, M., Bayala, J., Chen, J., Helmers, M., Ong, C.K., & Schulte, L.A. (2014). Targeting perennial vegetation in agricultural landscapes for enhancing ecosystem services. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(2), 101–125.
- Aumora, N.S., Bakce, D., & Dewi, N. (2016). Analisis efisiensi produksi usahatani kelapa di Kecamatan Pulau Burung, Kabupaten Indragiri Hilir. *Sorot*, 11(1), 47-59.
- Bhermana, A., Sunarminto, B.H., Utami, S.N.H., & Gunawan, T. (2013). *The combination of land resource evaluation approach and gis application to determine prime commodities for agricultural land use planning at developed area (a case study of Central Kalimantan province, Indonesia)*.
- Dalas, I., Edison, E., & Muchlis, F. (2022). Analisis keuntungan usahatani jeruk siam pada lahan gambut di Kecamatan Betara, Kabupaten Tanjung Jabung Barat. *Journal of Agribusiness and Local Wisdom*, 5(2), 38-48.
- Datundugon, S.P.S., Elly, F.H., & Kalangi, J.K.J. (2020). Analisis kelayakan finansial usahatani jambu biji kristal (*Psidium guajava* L.) (Studi kasus: Petani jambu biji kristal di Desa Warisa Kecamatan Talawaan Kabupaten Minahasa Utara). *Agri-Sosioekonomi*, 16(3), 469-478.
- Denzin, N.K. (2017). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. Routledge.

- Desa Salim Batu. (2019). Profil Desa Salimbatu 2019 Kecamatan Tanjung Palas Tengah
- Desa Tanjung Buka. (2019). Data Profil Desa Tanjung Buka.
- Ekawati, S., Siburian, R., Surati, S., Nurlia, A., Yanarita, Y., & Sundary, L.V. (2024). Zero-burning policy in land preparation: Social changes and its impact on communities and the environment. *Forest and Society*, 8(2), 331–349.
- Fernando, A.L., Costa, J., Barbosa, B., Monti, A., & Rettenmaier, N. (2018). Environmental impact assessment of perennial crops cultivation on marginal soils in the Mediterranean Region. *Biomass and Bioenergy*, 111, 174–186.
- Hendayana, R. (2003). Aplikasi Metode *Location Quotient* (LQ) dalam penentuan komoditas unggulan nasional. *Jurnal Informatika Pertanian*, 12, 1–21. <http://www.litbang.pertanian.go.id/warta-ip/pdf-file/rahmadi-12.pdf>
- Hidayat, D.C. (2020). “*Laporan Analisis Manfaat dan Biaya Komoditas Paludikultur Provinsi Kalimantan Utara.*”
- Inten, S., Elviana, D., & Nover, B.R. (2017). Peranan penyuluh pertanian dalam peningkatan pendapatan petani komoditas padi di Kecamatan Tanjungselor Kabupaten Bulungan Kalimantan Utara. *Agrifor*, 16(1), 103–108.
- Kurniawan, E., Nurhapsa, N., Rahim, A., & Zamzam, S. (2023). Analisis kelayakan usaha tani lada di Kecamatan Curio Kabupaten Enrekang. *J-SEA (Journal Socio Economics Agricultural)*, 18(1), 1-5.
- Kusumedi, P., & Jariyah, N.A. (2010). Analisis finansial pengelolaan agroforestri dengan pola sengon kapulaga di Desa Tirip, Kecamatan Wadaslintang, Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, 7(2), 93–100.
- Mamat, H.S. (2017). Analisis keberlanjutan usahatani tanaman karet di lahan gambut terdegradasi: Studi kasus di Kalimantan Tengah. *Industrial Crops Research Journal*, 22(3), 115–124.
- Maryadi, M., Sutandi, A., & Agusta, I. (2017). Analisis usaha tani lada dan arahan pengembangannya di Kabupaten Bangka Tengah. *JSEP (Journal of Social and Agricultural Economics)*, 9(2), 23-29.
- Miah, A.Q. (2016). Applied statistics for social and management sciences. *Applied Statistics for Social and Management Sciences*, 1–444. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0401-8>
- Monsaputra, M. (2024). Analisis penentuan komoditas unggulan tanaman pangan di Provinsi Sumatera Barat dengan pendekatan *Location Quotient* (LQ) dan *Shift Share Analysis* (SSA). *Jurnal Penelitian Ilmu Sosial dan Eksakta*, 4(1), 106–117.
- Muhtaram, Z., Arida, A., & Sofyan, S. (2021). Analisis kelayakan finansial usahatani kopi liberika di Kecamatan Tangse Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 265-275.
- Mulyono, J. (2016). Pendekatan *location quotient* dan *shift share analysis* dalam penentuan komoditas unggulan tanaman pangan di Kabupaten Bantul. *Informatika Pertanian*, 25(2), 221–230.
- Octavia, D., Wijayanto, N., Budi, S.W., Suharti, S., & Batubara, I. (2023). Agroforestri garut dan kapulaga berbasis sengon (*Falcataria moluccana*) untuk peningkatan produktivitas lahan hutan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 20(2), 75–90.
- Pasqual, J., Padilla, E., & Jadotte, E. (2013). Equivalence of different profitability criteria with the net present value. *International Journal of Production Economics*, 142(1), 205-210.
- Phillips, V.D. (1998). Peatswamp ecology and sustainable development in Borneo. *Biodiversity & Conservation*, 7, 651–671.
- Prastyaningsih, S.R., Hardiwinoto, S., Agus, C., & Musyafa. (2019). Development paludiculture on tropical peatland for productive and

- sustainable ecosystem in Riau. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 256(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/256/1/012048>
- Putra, G.A., Raessi, S., & Mahdi, M. (2019). Analisis kelayakan finansial usaha perkebunan jeruk nipis (*Citrus Aurantifolia* Swingle) di Nagari Padang Gantiang Kecamatan Padang Ganting Kabupaten Tanah Datar. *Journal of Socio-economics on Tropical Agriculture (Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian Tropis)(JOSETA)*, 1(1).
- Ribeiro, K., Pacheco, F.S., Ferreira, J.W., de Sousa-Neto, E.R., Hastie, A., Krieger Filho, G.C., Alvalá, P.C., Forti, M.C., & Ometto, J.P. (2021). Tropical peatlands and their contribution to the global carbon cycle and climate change. *Global Change Biology*, 27(3), 489-505.
- Ramdhona, C., Rochdiani, D., & Setia, B. (2019). Analisis kelayakan usahatani jambu kristal (*Psidium guajava* L.) (Studi kasus pada pengembang budidaya jambu kristal di Desa Bangunsari, Kecamatan Pamarican, Kabupaten Ciamis). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, 6(3), 596-603.
- Sinaga, R.J., & Jufri, S. (2015). Analisis finansial usahatani jeruk nipis (*Citrus Aurantifolia*) (Studi kasus: Desa Marjanji, Kecamatan Sipispis, Kabupaten Serdang Bedagai). *Journal of Agriculture and Agribusiness Socioeconomics*, 4(8), 94299.
- Sudrajat, B. (2018). Perancangan kemasan wonosalam luwak *coffee* sebagai penguatan daya saing produk lokal. Disertasi, Universitas Negeri Malang.
- Sutrisno, A., Wahyuni, E., & Titing, D. (2021). *Daya Dukung Lingkungan Daerah Aliran Sungai Kayan dan Sembakung Kalimantan Utara dalam Penyediaan Pangan dan Air*. Syiah Kuala University Press.
- Tevari, P., Suresh, K., Beeraladinni, D., & Kammar, S. (2023). Economic analysis of horticulture nursery enterprises in Koppal district of Karnataka. *Journal of Farm Sciences*, 36(02), 189-194.
- Uda, S.K., Hein, L., & Adventa, A. (2020). Towards better use of Indonesian peatlands with paludiculture and low-drainage food crops. *Wetlands Ecology and Management*, 28(3), 509–526. <https://doi.org/10.1007/s11273-020-09728-x>
- Wahyuni, E., Sutrisno, A., Santoso, D., & Egra, S. (2023). Smallholding farmers wellbeing in ecosystem services area of high food provider in border area of Indonesia. *Journal of Socioeconomics and Development*, 6(2), 172. <https://doi.org/10.31328/jsed.v6i2.4838>
- Wahyunto, N.K., Ritung, S., & Sulaeman, Y. (2014). Indonesian peatland map: method, certainty, and uses. *Proceeding Lokakarya Kajian Dan Sebaran Gambut Di Indonesia*, 81–96.
- Zakaria, W.A., & Haryono, D. (2023). Analisis pendapatan, daya saing dan dampak kebijakan usaha tani lada (*Piper nigrum*. L) di Kabupaten Waykanan. *Journal of Agriculture and Animal Science*, 3(1), 36-46.
- Yan, R., & Zhang, Y. (2022, March). The introduction of NPV and IRR. in 2022 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED, 2022). Atlantis Press, Pp. 1472-1476.
- Zhang, Y., Li, Y., Jiang, L., Tian, C., Li, J., & Xiao, Z. (2011). Potential of perennial crop on environmental sustainability of agriculture. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 1141-1147.

