

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 pembanding.

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

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

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

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

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

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

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

Hasil perhitungan presentase perbandingan CPT dengan pohon pembanding 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 pembanding (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 produuski	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

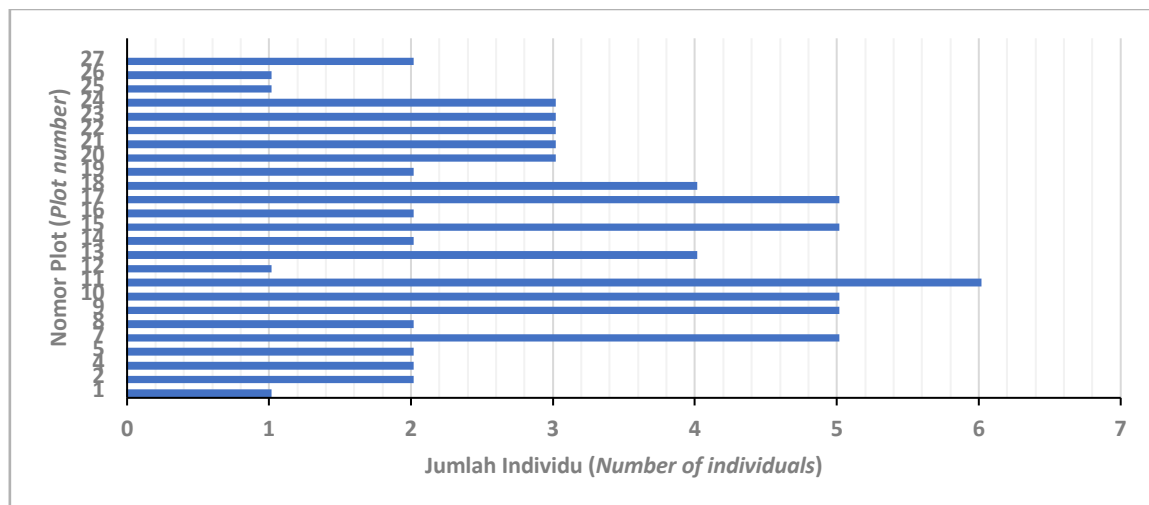
3.1.1. Seleksi pohon plus *A. marina*

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*)

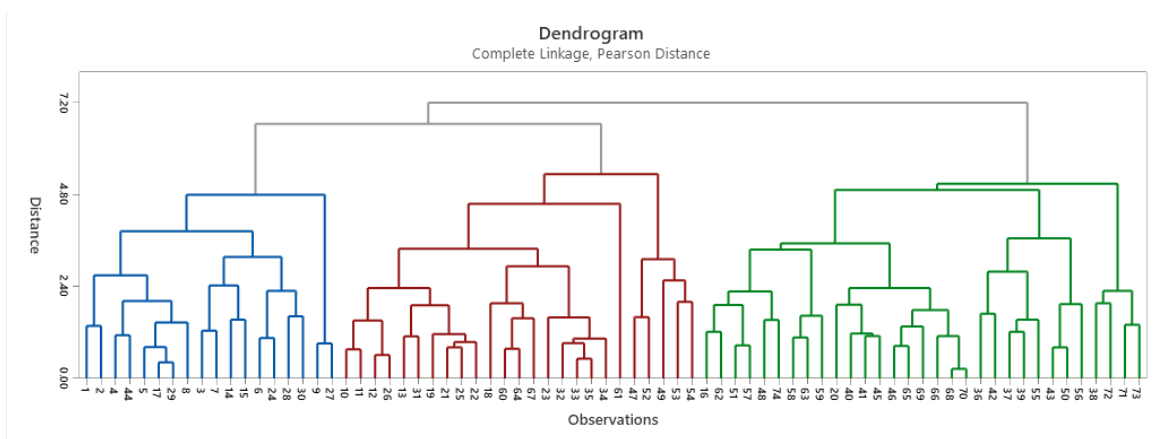
Variabel (Variable)	n	N-min	N-max	Mean	Stdev	Varians	df	SS	MS	F	P-value
Tinggi (Total height)	74	3,21	9,93	5,39	1,35	1,83	24	98,33	4,10	5,65*	0,000
Diameter batang (Stem diameter)	74	7,54	38,85	18,39	7,63	58,17	24	2.220,00	92,48	2,24*	0,009
Tinggi bebas cabang (Clear bole height)	74	1,25	6,88	3,41	1,11	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 (Correlation)	<i>A. marina</i> morphological characters					Keterangan (Remarks)
	Diameter batang (Stem diameter)	Tinggi bebas cabang (Clear bole height)	Diameter cabang utama (Primary branch diameter)	Kesehatan pohon (Tree health)	Tutupan tajuk (Canopy coverage)	
Tinggi (Height)	-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 (Stem diameter)		-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 (Clear bole height)			-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>Correla-tion</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).