

Indeks ekologi, produksi oksigen dan estimasi nilai jasa lingkungan serapan karbon pakan lebah *Trigona* sp.

Muthmainnah^{1*}, Andi Azis Abdullah¹, Irma Sribianti¹, Nirwana¹, Muhammad Tahnur¹, Armin Ridha²

¹Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar

²Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin Makassar

*E-Mail: muthmainnah.zainuddin@unismuh.ac.id

Artikel diterima :20 Mei 2024 Revisi diterima 14 September 2024

ABSTRACT

This study aims to determine the ecological index, oxygen potential and the value of the economic benefits of environmental services for the production of oxygen for honeybee feed *Trigona* sp. This research was carried out in Tritiro Village, Bontotiro District, Bulukumba Regency from May to December 2021. The research method used was a survey method by determining sample plots by Purposive Sampling with 11 sample plots. The data analysis method is descriptive analysis, vegetation analysis, species diversity index (H'), species evenness index (E), dominance index, oxygen production and the value of environmental services carbon sequestration. INP at the level of trees, poles, saplings, undergrowth with values of 300, 300, 300 and 199.37, respectively. Oxygen production for trees, poles, poles and saplings are respectively 4.18 tons/year, pole levels 1.53 tons/year, and 0.36 tons/year. O₂ production is 6.07 tons/year. The value of environmental services of carbon dioxide absorption at the research site for the level of tree growth is Rp. 440.662/ton/year, pile level of Rp. 140,210/ton/year and the level of stake is Rp. 33,383/ton/year. The value of carbon dioxide absorption environmental services is Rp. 614,255/ton/year.

Keyword: Carbon sequestration, ecological index, oxygen production, *Trigona* sp.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indeks ekologi, potensi oksigen dan nilai manfaat ekonomi jasa lingkungan produksi oksigen untuk pakan lebah madu *Trigona* sp. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Tritiro Kecamatan Bontotiro Kabupaten Bulukumba pada bulan Mei sampai dengan Desember 2021. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dengan penentuan petak contoh secara Purposive Sampling dengan jumlah 11 petak contoh. Metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, analisis vegetasi, indeks keanekaragaman jenis (H'), indeks pemerataan jenis (E), indeks dominasi, produksi oksigen dan nilai penyerapan karbon jasa lingkungan. INP pada tingkat pohon, tiang, pancang, semak belukar dengan nilai masing-masing 300, 300, 300 dan 199,37. Produksi oksigen untuk pohon, tiang, semai dan pancang masing-masing sebesar 4,18 ton/tahun, 1,53 ton/tahun, dan 0,36 ton/tahun. Produksi O₂ sebesar 6,07 ton/tahun. Nilai jasa lingkungan penyerapan karbon dioksida di lokasi penelitian untuk tingkat pertumbuhan pohon adalah Rp. 440.662/ton/tahun, tingkat tumpukan Rp. 140.210/ton/tahun dan tingkat pancang sebesar Rp. 33.383/ton/tahun. Nilai jasa lingkungan penyerapan karbon dioksida sebesar Rp. 614.255/ton/tahun.

Kata kunci: Indeks ekologi, nilai karbon, produksi oksigen, *Trigona* sp.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kekayaan alam yang banyak baik berupa flora dan fauna. Salah satu fauna yang bermanfaat bagi manusia adalah lebah madu. Manfaat yang diperoleh dari lebah madu yaitu madu, pollen, propolis, royal jelly, dan lilin lebah. Lebah madu dikenal luas sebagai hewan yang membantu tumbuhan dalam proses produktivitasnya. Lebah bersimbiosis pada tumbuhan dengan mengambil nektar yang berasal dari bunga dan tanaman mengambil keuntungan dari serbuk sari yang terbawa dan disebarkan oleh lebah tersebut. Sumber pakan pada lebah sebagian besar dihasilkan dari tanaman, yaitu berupa polen (tepung sari) dan nektar (Yanto dkk., 2016).

Sumber pakan lebah madu adalah tanaman yang meliputi tanaman buah, tanaman sayuran, tanaman industri, tanaman hutan. Bunga dari tanaman tersebut mengandung nektar dan pollen yang sangat berpengaruh dalam produksi madu yang akan dihasilkan oleh lebah madu. Potensi tanaman pakan lebah madu di Indonesia diyakini cukup besar, tetapi belum banyak informasi tentang tanaman-tanaman tersebut (Mulyono dkk., 2018).

Tumbuhan merupakan salah satu penghasil oksigen yang digunakan sebagai sumber pakan lebah madu *Trigona* sp. yang juga dapat berfungsi sebagai penghasil oksigen yang utama dalam suatu ekosistem yang ada didalamnya. Produksi oksigen dipengaruhi oleh kerapatan. Semakin tinggi kerapatan tanaman, produksi oksigen yang dihasilkan juga semakin tinggi, tapi konsumsi

oksigen juga tinggi begitu pula sebaliknya (Puspitaningrum dkk., 2012). Selain sebagai penghasil oksigen, tanaman juga berperan dalam upaya peningkatan penyerapan CO₂ dimana bantuan cahaya matahari dan air dari tanah, vegetasi yang berklorofil mampu menyerap CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis. Hasil fotosintesis ini antara lain disimpan dalam bentuk biomassa yang menjadikan vegetasi tumbuh menjadi makin besar atau makin tinggi. Pertumbuhan ini akan berlangsung terus sampai vegetasi tersebut secara fisiologis berhenti tumbuh atau dipanen. Dengan adanya hutan yang lestari maka jumlah karbon (C) yang disimpan akan semakin banyak dan semakin lama. Oleh karena itu, kegiatan penanaman vegetasi pada lahan yang kosong atau merehabilitasi hutan yang rusak akan membantu menyerap kelebihan CO₂ di atmosfer.

Desa Bontotiro memiliki lebah madu lokal dengan nama Ka'mu, yang merupakan lebah jenis *Trigona* sp. dengan potensi alam yang beraneka ragam jenis tanaman baik tanaman pertanian, perkebunan, tanaman pangan, tanaman buah-buahan dan berbagai jenis bunga yang menyediakan pakan berupa pollen dan nectar. Oleh karena itu ekosistem di sekitar lokasi budidaya lebah tersebut harus dipertahankan sebagai sumber pakan lebah *Trigona* sp. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang analisis ketersediaan pakan lebah madu di beberapa lokasi. Penelitian yang dilakukan oleh Yanto dkk. (2016) bahwa potensi pakan tertinggi pada pohon jenis Kempas (*Koompassia malaccensis*) dengan nilai 30,27% dan terkecil adalah jenis pohon Kelat merah (*Syzygium* sp.) dengan nilai 4,98%. Pakan lebah *Trigona* sp. di areal Hutan Larangan Adat Desa Rumbio

Kabupaten Kampar tersedia sepanjang tahun, walaupun secara kuantitas bervariasi dari bulan ke bulan. Selain penelitian tentang pakan lebah juga dilakukan oleh Hermita (2015) yaitu hasil identifikasi di lapangan telah dijumpai sembilan jenis tumbuhan sebagai sumber pakan lebah madu hutan di Desa Ujung Jaya Kawasan TNUK, baik yang sudah dibudidayakan maupun yang belum dibudidayakan oleh masyarakat di sekitar kawasan tersebut. Jenis-jenis tumbuhan sebagai sumber pakan lebah madu hutan yaitu salam, sigeung, samangan, kawao, kijahe, kiganik, padi padi, lame, dan tongtolok. Sedangkan tumbuhan sebagai tempat sarang yaitu jenis kiara, parahral, teureup, keupuk, lame, dan leungsir. Saat ini kajian tentang analisis pakan lebah madu hanya menggunakan lebah madu hutan sebagai objek, hanya sebagian kecil kajian tentang analisis pakan lebah *Trigona*. Selain itu hanya sebagian kecil kajian tentang produksi oksigen dan nilai jasa lingkungan produksi oksigen. Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian tentang struktur komunitas, produksi oksigen dan nilai ekonomi jasa lingkungan produksi oksigen pakan lebah madu *Trigona* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indeks ekologi, potensi oksigen dan nilai manfaat ekonomi jasa lingkungan serapan karbondioksida pakan lebah madu *Trigona* sp.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Tritiro Kecamatan Bontotiro Kabupaten Bulukumba. Penelitian ini dilaksanakan selama 8 (bulan) bulan mulai bulan Mei-Desember 2021.

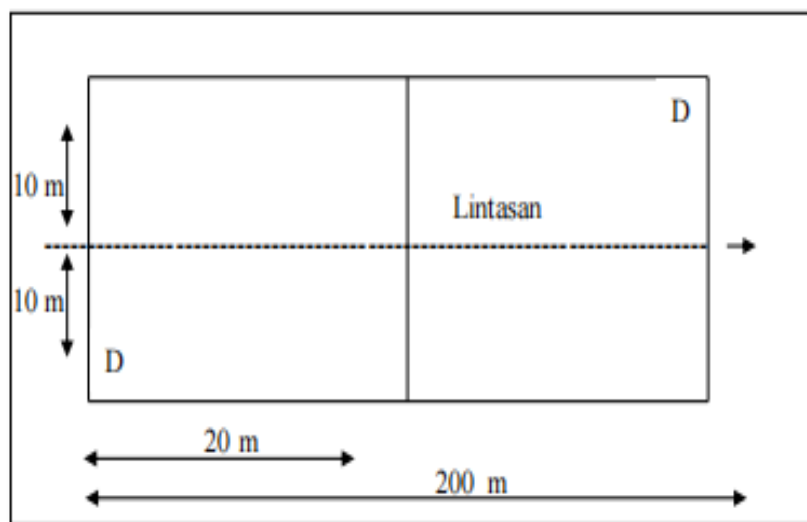


Gambar 1. Lokasi penelitian Desa Tritiro Kecamatan Bontotiro Kabupaten Bulukumba

Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dengan penentuan petak contoh secara Purposive Sampling berdasarkan pada banyaknya keberadaan lebah di lokasi penelitian dengan pengambilan data secara eksplorasi dan dianalisis secara deskriptif. Pengambilan sampel petak contoh diambil 10% dari luas kawasan 4,5 ha. Penentuan pengambilan petak contoh berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 33 Tahun 2009 tentang Kriteria dan Standar Inventarisasi, yaitu dengan 5-10% jika luasan kurang dari 1.000 Ha (Aulia, 2022). Penentuan 10% juga telah mengacu pada proporsi area yang diamati dan pada

lokasi penelitian terdapat banyak tumbuhan bawah yang merupakan pakan lebah. Pengambilan petak contoh ini juga sangat membantu pada tanaman yang tumbuhan bawahnya lebat sehingga dapat mempermudah dalam melakukan inventarisasi (Siahaan dkk., 2012). Luas petak contoh yang diamati 0,45 ha dibagi dengan lebar sampel contoh sehingga didapatkan 11 petak contoh dengan ukuran 20 m × 20 m untuk pohon, 10 m × 10 m untuk tiang, 5 m × 5 m untuk pancang, dan 2 m × 2 m untuk semai dan tumbuhan bawah. Titik pusat kawasan penelitian merupakan sarang lebah *Trigona* sp, yang telah dipilih dari beberapa sarang yang ada. Bentuk pengambilan sampel disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk plot pengambilan sampel

Pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi, data primer dan sekunder. Data primer berupa jenis tanaman: jenis tumbuhan yang ditemukan dalam plot contoh dicatat nama lokalnya, nama ilmiah serta familinya. Sedangkan pengukuran diameter batang dilakukan pada tingkat pohon, tiang dan pancang. Pada setiap jenis individu yang ditemui dalam plot contoh, diameternya diukur 1,30 m dari permukaan tanah dengan menggunakan pita meter. Sedangkan banyaknya jumlah individu suatu jenis dicatat dan dilakukan pada tingkat pohon, tiang, pancang dan semai. Jenis pakan adalah jenis tumbuhan yang merupakan pakan lebah madu *Trigona*. Data Sekunder meliputi: Keadaan umum lokasi penelitian seperti letak wilayah, luas wilayah dan kondisi fisik lingkungan, kondisi lahan seperti iklim, jenis tanah dan topografi, keadaan masyarakat seperti jumlah penduduk, jenis kelamin, mata pencaharian dan pendidikan dan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik penelitian ini.

Analisis Data

Analisis Deskriptif

Data yang dikumpulkan dari penelitian ini kemudian diolah, ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif untuk mendapatkan berbagai kesimpulan mengenai variabel-variabel terkait dengan ketersediaan pakan lebah *Trigona*.

Indeks Nilai Penting (INP)

Data vegetasi yang diperoleh dari lapangan dianalisis untuk mendapatkan nilai Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), Indeks Nilai Penting (INP). Menurut Indriyanto (2010), komposisi jenis pakan lebah madu *Trigona* yang ditemukan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Jumlah Seluruh Tumbuhan}}{\text{Jumlah Seluruh Petak Contoh}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif} = \frac{\text{Kerapatan Suatu Jenis}}{\text{Kerapatan Total Suatu Jenis}}$$

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{Jumlah Petak Contoh Ditemukan Spesies}}{\text{Jumlah Petak Contoh}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif} = \frac{\text{Frekuensi Suatu Jenis}}{\text{Frekuensi Seluruh Jenis}}$$

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{KR} + \text{FR}$$

$$\text{Keanekaragaman Jenis (H')}$$

Indeks keanekaragaman dapat digunakan untuk mengukur keadaan suatu ekosistem, suatu ekosistem dianggap stabil apabila memiliki indeks keanekaragaman yang tinggi. Indeks Keanekaragaman jenis pakan lebah madu *Trigona* SP dapat dihitung dengan menggunakan rumus Indeks Keanekaragaman (H') Shannon-Winner (Magurran, 1988) sebagai berikut:

$$H' = \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

Keterangan:

- H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
 p_i = Proporsi Nilai Penting Jenis yang ditemukan dalam jenis ke i (n_i/N)
 N_i = Jumlah Individu Jenis ke i
 N = Jumlah Total Individu Semua Jenis

Berdasarkan indeks keragaman jenis menurut Shannon-Wiener didefinisikan sebagai berikut:

- Nilai $H' > 3$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu plot tinggi
- Nilai $1 \leq H' \leq 3$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu plot sedang
- Nilai $H' < 1$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu plot rendah

Indeks Kemerataan Jenis

Nilai kemerataan tumbuhan dihitung dengan menggunakan indeks kemerataan spesies (*evenness*) (Krebs, 1989) dengan rumus yang digunakan yaitu:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

- H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
 S = Jumlah spesies
 E = Indeks kemerataan spesies (*evenness*)

Untuk mengetahui tingkat kestabilan suatu jenis dalam suatu komunitas digunakan nilai E sebagai

berikut : $E = 0 < 0,3$ tingkat kestabilan keragaman jenis tergolong rendah; $E = 0,3 < 0,6$ tingkat kestabilan keragaman jenis tergolong sedang; $E = > 0,6$ tingkat kestabilan jenis tergolong tinggi (Magurran, 1988).

Indeks Dominansi

$$D = \sum p_i^2$$

Keterangan:

D = Indeks dominansi

P_i = Proporsi jumlah individu spesies jenis ke- i terhadap jumlah individu total (n_i/N)

Kriteria hasil nilai indeks dominansi:

$0 < D < 0,5$ = tidak ada jenis yang mendominasi

$0,5 < D < 1$ = terdapat jenis yang mendominasi (Magurran, 1988).

Analisis Produksi Oksigen (O_2)

Serapan Oksigen (O_2) diestimasi dengan menggunakan rumus pengembangan dari rumus serapan O_2 (Purnawan, 2016):

$$O_2 = CO_{2n} \times 0,73$$

Keterangan:

O_2 = Serapan Oksigen (Ton/Ha)

CO_{2n} = Serapan CO_2 persatuan luas (Ton/Ha)

0,73 = Angka ekuivalen atau konversi unsur CO_2 ke O_2

Analisis Nilai Jasa Lingkungan dari Serapan Karbondioksida (CO_2)

Serapan Karbondioksida (CO_2) diestimasi dengan menggunakan rumus pengembangan dari rumus serapan CO_2 (Purnawan, 2016):

$$NJL = HJC \times CO_2$$

Keterangan:

NJL = Nilai Jasa Lingkungan (Rp/Ha)

HJC = Harga jual karbon (Rp/Ton, US\$4,57= Rp 66.767) Harga karbon mengacu pada The World Bank (2011)

CO_2 = Serapan karbondioksida (Ton/Ha)

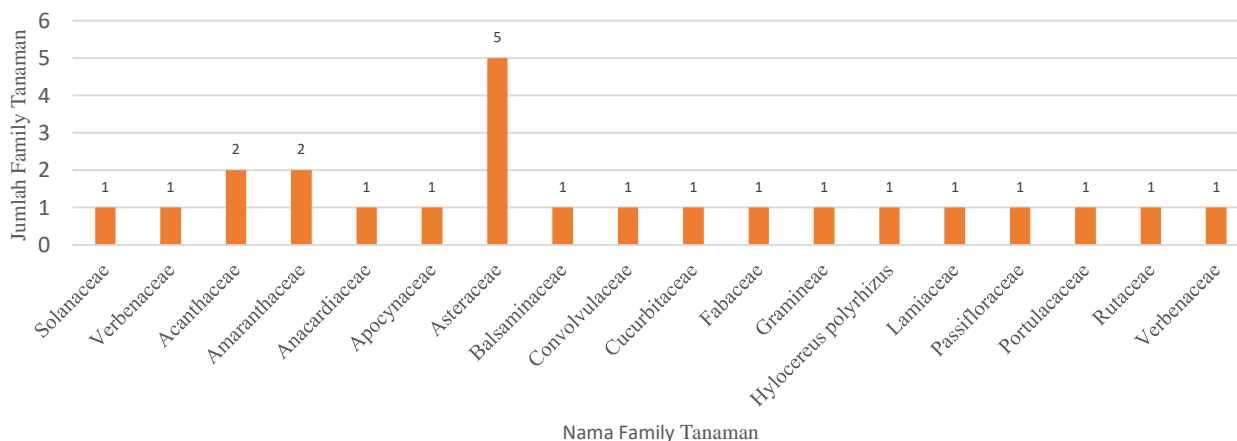
HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Pakan Lebah *Trigona* sp.

Salah satu faktor yang meningkatkan produksi madu adalah pakan. Pakan lebah terdiri dari nektar dan pollen. Berdasarkan data dari 11 plot diperoleh jenis vegetasi yang merupakan pakan lebah *Trigona* sebanyak 875 individu yang terdiri dari 24 spesies dan 24 famili. Jenis vegetasi dengan famili

terbanyak yaitu famili Asteraceae sebanyak 5 jenis vegetasi yang terdiri dari tanaman *Zinea peruvinea*, *Heliantus annuus* L., *Zinnea elegans*, *Dahlia pinnata*, dan *Melampodium divaricatum*. Hasil

identifikasi vegetasi pakan lebah berdasarkan famili dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil identifikasi vegetasi pakan lebah berdasarkan famili

Salah satu syarat yang mendukung keberlangsungan budidaya lebah adalah pakan lebah. Sumber pakan lebah terdiri 2 yaitu nektar dan pollen. Menurut Ruttner(1988) dalam Fauzia dkk (2019), nektar adalah hasil dari kelenjar nektar yang berupa cairan manis yang mengandung berbagai jenis gula, sedangkan tepungsari (pollen) butiran yang berukuran sangat kecil seperti debu yang berasal dari bunga jantan tanaman. Nektar dimanfaatkan oleh lebah madu sebagai bahan baku madu atau cadangan karbohidrat. Sumber pakan lebah yang berasal dari nektar sebanyak 8 individu dengan persentase sebesar 35%, penghasil pollen sebanyak 8 individu dengan persentase sebesar 35% dan penghasil pollen dan nektar sebanyak 7 individu dengan persentase sebesar 30%.

Potensi Pakan Lebah *Trigona* sp.

Indeks Nilai Penting Jenis

Perhitungan potensi pakan lebah dilakukan pada tingkatan pohon, tiang, pancang dan tumbuhan bawah dengan menghitung Indeks Nilai Penting (INP), Indeks Keanekaragaman Jenis (H'), Indeks Kemerataan Jenis (E) dan Indeks Dominansi Jenis (D) dari berbagai tingkatan tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Martono (2012) bahwa tahapan yang harus dilakukan dalam memperoleh informasi tentang komposisi jenis, dominansi, penyebaran dan asosiasi antara satu pohon dengan pohon yang lain yang merupakan penyusun vegetasi yaitu dengan melakukan analisis vegetasi di daerah tersebut. Adapun potensi pakan lebah *Trigona* sp. dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Potensi pakan lebah *Trigona* sp.

Tingkat Vegetasi	Nama Latin	KR	FR	DR	INP	Indeks Ekologi		
						H'	E	D
Pohon	<i>Anacardium occidentale</i>	68,1	75	73,1	216,2	0,26	0,08	0,46
	<i>Tectona grandis</i>	31,9	25	26,9	83,8	0,36	0,13	0,1
Total		100	100	100	300	1,53	0,21	0,57
Tiang	<i>Anacardium occidentale</i>	16,7	50	15,5	82,2	0,06	0,04	0,03
	<i>Tectona grandis</i>	83,4	50	84,5	217,8	0,95	0,3	0,69
Total		100,1	100	100	300	1,01	0,33	0,72
Pancang	<i>Citrus</i>	73,3	60	54,9	188,2	0,28	0,12	0,54
	<i>Tectona grandis</i>	26,7	40	45,1	111,8	0,3	0,12	0,07

Tingkat Vegetasi	Nama Latin	KR	FR	DR	INP	Indeks Ekologi		
						H'	E	D
Total		100	100	100	300	0,59	0,33	0,61
Tumbuhan Bawah	<i>Portulaca grandiflora</i>	-	2,06	4,22	6,28	0,08	0,03	0,0004
	<i>Gomphrena globose</i>	-	1,03	4,22	5,25	0,05	0,02	0,0001
	<i>Zinea peruvinea</i>	-	3,6	4,22	7,82	0,12	0,04	0,0013
	<i>Heliantus annuus</i> L.	-	1,8	4,22	6,02	0,07	0,03	0,0003
	<i>Zea mays</i>	-	62,85	19,2	82,05	0,3	0,05	0,39
	<i>Turnera ulmifolia</i>	-	0,77	4,22	4,99	0,04	0,02	0,0001
	<i>Impatiens balsamina</i>	-	5,66	6,32	11,98	0,16	0,04	0,0032
	<i>Mimosa pudica</i>	-	2,06	4,22	6,28	0,08	0,03	0,0004
	<i>Lantana camara</i> L.	-	6,43	10,54	16,97	0,18	0,05	0,0041
	<i>Catharancus roseus</i>	-	2,57	4,22	6,79	0,09	0,03	0,0007
	<i>Zinnea elegans</i>	-	0,64	2,11	2,75	0,06	0,03	0,0002
	<i>Dahlia pinnata</i>	-	0,26	2,11	2,37	0,01	0,01	0,00001
	<i>Melampodium divaricatum</i>	-	1,29	2,11	3,4	0,06	0,03	0,0002
	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	-	1,8	2,11	3,91	0,07	0,03	0,0003
	<i>Asystasia gangetica</i>	-	0,51	4,22	4,73	0,02	0,01	0,00003
	<i>Ipomoea alba</i>	-	0,26	2,11	2,37	0,01	0,01	0,0001
	<i>Ruellia tuberosa</i>	-	0,9	2,11	3,01	0,04	0,02	0,0001
	<i>Cucurbita pepo</i>	-	2,7	6,32	9,02	0,09	0,03	0,0007
	<i>Hylocereus polyrhizus</i>	-	0,13	2,11	2,24	0,01	0	0,00002
	<i>Amarantus caudatus</i>	-	1,29	4,22	5,51	0,06	0,03	0,0002
<i>Capsicum annum</i> L.	-	1,41	4,22	5,63	0,06	0,03	0,0002	
Total		-	100,2	99,35	199,4	1,66	0,05	0,4

Keterangan: KR:Kerapatan Relatif, FR: Frekuensi Relatif, DR:Dominansi Relatif, INP:Indeks Nilai Penting, H':Indeks Keanekaragaman Jenis, E: Indeks Kemerataan Jenis dan D: Indeks Dominansi Jenis

Tabel 1 menunjukkan bahwa jenis tumbuhan pada tingkatan pohon yang memiliki Indeks Nilai Penting sebesar 300. Hal ini menunjukkan bahwa INP tingkatan pohon masuk dalam kriteria sangat baik karena nilai INP > 240. INP jenis tertinggi adalah *Anacardium occidentale* dengan nilai INP 216,2%. hal ini disebabkan karena tumbuhan tersebut memiliki nilai kerapatan 68% dengan jumlah individu sebanyak 32 individu. Menurut Sutikno dkk. (2020), kerapatan dari suatu jenis

merupakan nilai yang menunjukkan jumlah atau banyaknya suatu jenis per satuan luas. Makin besar kerapatan suatu jenis, makin banyak individu jenis tersebut per satuan luas. INP jenis terendah adalah *Tectona grandis* dengan nilai INP 83,8%. Ini disebabkan karena tumbuhan tersebut memiliki nilai kerapatan relatif 31,9%, frekuensi relatif 25% dan dominansi relatif 26,9%. Hal ini menunjukkan bahwa jenis *Tectona grandis* tidak mampu beradaptasi dengan baik dilokasi penelitian

dibandingkan jenis pohon yang lain. Syarifuddin dkk. (2017) mengatakan bahwa tingginya rendahnya nilai INP suatu vegetasi pada daerah tertentu menunjukkan bahwa vegetasi tersebut dominan dan mampu beradaptasi dengan daerah setempat.

Jenis tumbuhan pada tingkatan tiang yang memiliki Indeks Nilai Penting sebesar 300. Hal ini menunjukkan bahwa INP tingkatan tiang masuk dalam kriteria sangat baik karena nilai INP > 240. INP jenis tertinggi adalah *Tectona grandis* dengan nilai INP 217,9%. Hal ini disebabkan karena tumbuhan tersebut memiliki nilai kerapatan 83,4% dengan jumlah individu sebanyak 25 individu. *Tectona grandis* memperoleh nilai INP paling tinggi karena dapat beradaptasi dengan baik di lingkungannya dibandingkan jenis tanaman yang lain yang berada di lingkungan yang sama. Selain itu tanaman *Tectona grandis* merupakan tanaman yang paling banyak di tingkatan tiang. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Yanto dkk. (2016) bahwa jenis-jenis yang mendominasi dengan kerapatan yang tinggi menunjukkan bahwa jenis tersebut terdapat dalam jumlah yang banyak dan dengan ukuran yang lebih besar. Nilai INP yang terendah adalah *Anacardium occidentale* dengan nilai INP 82,2%. Hal ini disebabkan karena nilai kerapatan relatif, frekuensi relatif dan dominansi relatif dari tanaman tersebut juga lebih rendah dibandingkan jenis pohon yang lainnya. Menurut Rambe (2020), secara umum tumbuhan dengan INP tinggi mempunyai daya adaptasi, daya kompetisi dan kemampuan reproduksi yang lebih baik dibandingkan dengan tumbuhan yang lain dalam satu lahan tertentu. Sebaliknya dengan INP yang rendah mengindikasikan bahwa jenis-jenis tersebut sangat potensial untuk hilang dari ekosistem tersebut jika terjadi tekanan karena jumlahnya yang sangat sedikit, kemampuan reproduksi yang rendah dan penyebaran yang sempit dalam ekosistem tersebut.

Jenis vegetasi pada tingkat pancang dengan ukuran plot 5 m × 5 m ditemukan sebanyak 16 individu dari 2 jenis vegetasi dan 2 famili yang terdapat pada 5 plot pengamatan. Nilai INP yang paling tinggi adalah *Citrus* sp. sebesar 188,2 % dengan nilai kerapatan relatif sebesar 73%, frekuensi relatif 60% dan dominansi relatif sebesar 54,9%. Nilai INP paling rendah adalah *Tectona grandis* sebesar 111,8% dengan nilai kerapatan relatif sebesar 26,7%, frekuensi relatif 40% dan dominansi relatif 45,1%. Sutikno dkk. (2020) mengatakan bahwa suatu jenis tumbuhan dengan INP tertinggi pada suatu vegetasi, berarti jenis tersebut merupakan jenis yang dominan. Dimana jenis tersebut memiliki keunggulan dibandingkan

jenis lain dalam berkompetisi dan beradaptasi dengan lingkungan yang ada. Jenis vegetasi pada tumbuhan bawah dengan ukuran plot 2 m × 2 m ditemukan sebanyak 778 individu dari 21 jenis vegetasi dan 15 famili yang terdapat pada 10 plot pengamatan. Nilai INP paling tinggi Jagung (*Zea mays*) 82,05% dengan nilai kerapatan relatif 62,85% dan frekuensi relatif 19,2%. Tanaman jagung merupakan pakan yang paling banyak di temukan di lokasi penelitian karena merupakan tanaman musiman yang bunganya mengandung pollen yang memiliki warna yang disukai dan dapat menarik lebah pekerja untuk berkunjung pada jagung. Nilai INP yang paling rendah adalah Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) 2,24% dengan nilai kerapatan relatif 0,13% dan frekuensi relatif sebesar 2,11%. Secara ekologis, nilai vegetasi ditentukan oleh peran dari jenis dominan. Jenis dominan merupakan jenis yang mempunyai indeks nilai penting tertinggi di dalam komunitas yang bersangkutan. Nilai ini merupakan hasil dari interaksi di antara jenis kondisi-kondisi lingkungan (Febriliani & Ningsih, 2013).

Indeks Keanekaragaman Jenis

Keanekaragaman merupakan ciri dari suatu komunitas terutama dikaitkan dengan jenis dan jumlah individu tiap jenis pada komunitas tersebut. Keanekaragaman jenis menyatakan suatu ukuran yang menggambarkan variasi jenis tumbuhan dari suatu komunitas yang dipengaruhi oleh jumlah jenis dan kelimpahan relatif dari setiap jenis (Sutikno dkk., 2020). Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman jenis untuk tingkatan tumbuhan bawah lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat vegetasi yang lain dengan nilai 1,66 yang termasuk dalam kategori sedang. Indeks keanekaragaman ini menunjukkan bahwa banyaknya variasi jenis pada suatu tempat. Indeks keanekaragaman jenis paling rendah adalah pada tingkatan vegetasi pancang dengan nilai H' sebesar 0,59. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya individu dan jenis yang terdapat pada daerah tersebut lebih sedikit. Hal ini sejalan dengan pernyataan Hidayat & Hardiansyah (2013) bahwa indeks keanekaragaman jenis yang rendah menunjukkan bahwa jumlah individu dan jumlah jenis yang dijumpai lebih sedikit sehingga memiliki indeks keanekaragaman jenis yang paling rendah.

Indeks Nilai Kemerataan Jenis

Nilai indeks kemerataan digunakan untuk mengukur derajat kemerataan kelimpahan individu spesies dalam komunitas. Kemerataan menggambarkan keseimbangan antara satu komunitas dengan komunitas lainnya. nilai

kemerataan yang mendekati satu menunjukkan bahwa suatu komunitas semakin merata penyebarannya, sedangkan jika nilai mendekati nol maka semakin tidak rata (Nahlunnisa dkk., 2016). Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk tingkatan vegetasi pohon sebesar 0,21 hal ini membuktikan bahwa nilai indeks kemerataan jenisnya tergolong rendah. Tingkatan tiang dan pancang sebesar 0,33 hal ini membuktikan bahwa nilai indeks kemerataan jenisnya tergolong sedang. Tingkatan tumbuhan bawah sebesar 0,05 hal ini membuktikan bahwa nilai indeks kemerataan jenisnya tergolong rendah. Secara umum nilai kemerataan jenis dilokasi penelitian adalah rendah hal ini menunjukkan bahwa ada jenis-jenis vegetasi tertentu yang sangat mendominasi sehingga jenis vegetasi lainnya tidak merata. Semakin merata suatu jenis vegetasi dalam seluruh lokasi penelitian, maka semakin tinggi nilai kemerataan jenisnya begitu pula sebaliknya (Gunawan dkk., 2011). Penyebaran vegetasi di masing-masing plot pengamatan menentukan nilai kemerataan jenis vegetasi. nilai indeks yang mendekati satu menunjukan suatu komunitas tumbuhan semakin merata, sementara apabila semakin mendekati nol, maka semakin tidak merata (Rahayu,2020)

Indeks Dominansi Jenis

Pola penguasaan suatu jenis vegetasi disuatu lokasi dapat diketahui dengan menghitung nilai indeks dominansi. Masing-masing nilai indeks dominansi di lokasi penelitian adalah pada tingkatan vegetasi pohon sebesar 0,57, tingkatan vegetasi pohon sebesar tiang dengan nilai 0,72, tingkatan vegetasi pancang sebesar 0,61 dan

tingkatan vegetasi tumbuhan bawah sebesar 0,4. Dari masing-masing tingkatan vegetasi tersebut nilai indeks dominansi paling tinggi adalah pada tingkatan vegetasi tiang. Hal ini disebabkan karena pada tingkatan vegetasi tiang memiliki jumlah yang lebih sedikit ditemui dibandingkan tingkat vegetasi lainnya sehingga pola dominansinya tidak menyebar. Nilai indeks dominansi paling rendah adalah pada tingkat vegetasi tumbuhan bawah hal ini menunjukkan bahwa pola dominansi jenisnya semakin menyebar sehingga kemampuan penguasaan masing-masing jenis dalam komunitas relatif seimbang dan kelestarian keanekaragaman jenis dapat dipertahankan. Indeks dominansi (C) menggambarkan pola pemusatan dan penyebaran dominansi jenis dalam tegakan. Nilai indeks dominansi tertinggi adalah 1 (satu). Hal ini menunjukkan bahwa suatu tegakan dikuasai oleh suatu jenis atau terjadi suatu pemusatan dominansi pada suatu jenis. Makin kecil nilai indeks dominansi (C) maka pola dominansi jenisnya semakin menyebar (Indriyanto, 2015).

Produksi Oksigen

Salah satu sumber penghasil oksigen terbesar didunia adalah pohon. Dalam proses fotosintesis, pohon menyerap karbondioksida dan memproduksi dan menghasilkan oksigen. Hal inilah yang menyebabkan pohon merupakan paru-paru dunia (Bayu et al., 2014). Produksi oksigen diperoleh dengan mengalikan nilai serapan karbon dengan angka ekivalen karbondioksida dengan oksigen. Produksi oksigen pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Biomassa, cadangan karbon, serapan CO₂, dan produksi O₂

No.	Tingkatan Pertumbuhan	Biomassa (Ton/tahun)	Cadangan karbon (Ton/tahun)	Serapan CO ₂ Total (Ton/Tahun)	Produksi O ₂ Total (Ton/Tahun)
1	Pohon	4,5	68,6	6,6	4,18
2	Tiang	1,4	13,7	2,1	1,53
3	Pancang	0,3	1,8	0,5	0,36
Total				9,2	6,07

Tabel 2 menunjukkan bahwa serapan karbon dioksida berbanding lurus dengan produksi oksigen. Semakin banyak penyerapan karbondioksida oleh tumbuhan maka produksi oksigen akan banyak pula. Semakin banyak jumlah pohon maka serapan karbon akan semakin tinggi dan produksi oksigen pun akan tinggi demikian pula sebaliknya. Berdasarkan hasil penelitian

Muthmainnah dkk. (2021) diperoleh nilai serapan karbon tingkat pohon sebesar 6,6 ton/tahun, tingkat tiang sebesar 1,53 ton/tahun dan tingkat tumbuhan bawah sebesar 0,5 ton/tahun, dari nilai serapan karbon tersebut diperoleh nilai produksi oksigen. Produksi O₂ pada lokasi penelitian di berbagai tingkatan pertumbuhan bervariasi. Produksi oksigen total untuk tingkatan

pertumbuhan pohon sebesar 4,18 ton/tahun, tingkatan tiang sebesar 1,53 ton/tahun dan tingkatan pancang sebesar 0,36 ton/tahun. Sehingga produksi O₂ pada lokasi penelitian adalah 6,07 ton/tahun. Produksi oksigen di lokasi penelitian masih rendah karena jumlah pohon yang berperan sebagai penghasil oksigen di lokasi penelitian sedikit. Oleh karena itu untuk meningkatkan produksi oksigen maka jumlah pohon yang merupakan pakan lebah *Trigona* sp. perlu penambahan jumlah vegetasi.

Analisis Nilai Jasa Lingkungan dari Serapan Karbon Dioksida (CO₂)

Tabel 3. Nilai Jasa Lingkungan dari Serapan Karbondioksida O₂

No.	Tingkatan Pertumbuhan	Produksi CO ₂ Total (Ton/Tahun)	Nilai Jasa Lingkungan Serapan Karbondioksida (Rp/Ton/Tahun)
1	Pohon	6,6	440.662
2	Tiang	2,1	140.210
3	Pancang	0,5	33.383
Total		9,2	614.255

Nilai jasa lingkungan dari serapan CO₂ diperoleh dengan mengalikan nilai penyerapan CO₂ dengan harga karbon yang berlaku dikurangi dengan biaya transaksi. Harga karbon yang digunakan mengacu pada The World Bank (2011) sebesar US\$5,8 per ton CO₂. Selain mengacu pada harga karbon yang ditetapkan oleh The World Bank (2011), harga karbon juga mempertimbangkan biaya lain seperti biaya transaksi (biaya administrasi, monitoring dan verifikasi jasa pengurangan emisi) sehingga harga bersih serapan karbon dioksida adalah US\$ 4,57/ton (Purnawan, 2016). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai jasa lingkungan serapan karbon dioksida di lokasi penelitian untuk tingkatan pertumbuhan pohon sebesar Rp. 440.662/ton/tahun, tingkatan tiang sebesar Rp. 140.210/ton/tahun dan tingkatan pancang sebesar Rp. 33.383 /ton/tahun. Penelitian yang dilakukan oleh Sribianti dkk. (2022) nilai jasa lingkungan serapan CO₂ total tegakan hutan di Taman Hutan Raya Abdul Latief adalah Rp. 621.627.835,00 per tahun. Nilai jasa lingkungan yang diperoleh di lokasi penelitian masih tergolong rendah karena jenis pakan yang terdapat di lokasi sedikit dan luas areal juga kecil. Semakin luas area penguasaan lahan maka semakin tinggi nilai jasa lingkungan. Hal ini disebabkan karena terdapat berbagai jenis tanaman didalam lahan tersebut. Hal ini sejalan dengan pernyataan Passai et al (2019) bahwa semakin luas areal sampel, maka

Jasa lingkungan memiliki peranan penting untuk mendukung kehidupan makhluk hidup khususnya manusia. Nilai jasa lingkungan yang berasal dari alam terdiri dari kayu, air baku, penahan erosi, pengatur tata air, pengendali banjir dan serapan karbon dioksida. Penyerapan karbon merupakan salah satu nilai jasa lingkungan lain yang terdapat dari alam. Oleh karena itu serapan oksigen juga sangat berpengaruh bagi masyarakat (Juniah dkk., 2012). Nilai jasa lingkungan dan serapan CO₂ dapat dilihat pada Tabel 3.

semakin banyak spesies yang ditemukan. Semakin besar luas daun tegakan persatuan lahan akan semakin meningkatkan besarnya CO₂ yang diserap oleh vegetasi (Sari & Syaputra, 2022)

KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan pentingnya vegetasi dalam ekosistem sebagai sumber pakan lebah dan penghasil oksigen, serta nilai ekonomis dari jasa lingkungan yang dihasilkan.

Untuk meningkatkan produksi oksigen dan nilai jasa lingkungan, disarankan untuk menambah jumlah vegetasi di area penelitian, terutama yang berfungsi sebagai pakan lebah *Trigona* sp.

UCAPAN TERIMA KASIH

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (LP3M) Universitas Muhammadiyah Makassar atas dana penelitian Internal Program Dosen Pemula yang telah diberikan, Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar serta Ketua LP3M yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti program Dosen Pemula Internal.

DAFTAR PUSTAKA

Aulia, A. R. (2022). Inventarisasi tumbuhan asing invasif di kawasan Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda (Doctoral Dissertation, UIN Sunan Gunung Djati Bandung).

- Bayu, P., Suminarti, N. E., & Sudiarso, S. (2014). Perencanaan Hutan Kota di Universitas Brawijaya. *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(5).
- Fauzia, S., Sukarsa, S., & Herawati, W. (2019). Karakteristik Morfologi Polen sebagai Sumber Pakan Lebah *Trigona* sp. di Desa Serang Purbalingga. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 1(2), 115–122. <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2019.1.2.1809>
- Febriliani, S. N. M. (2013). Analisis Vegetasi Habitat Anggrek di Sekitar Danau. *Warta Rimba*, 1(1), 1–9.
- Gunawan, W., Basuni, S., Indrawan, A., Prasetyo, L. B., & Soedjito, H. (2011). Analisis Komposisi dan Struktur Vegetasi Terhadap Upaya Restorasi Kawasan Hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(2), 93.
- Hidayat, D., & Hardiansyah, G. (2013). Studi Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Obat di Kawasan IUPHHK PT. Sari Bumi Kusuma Camp Tontang Kabupaten Sintang.
- Indriyanto. (2010). *Ekologi Hutan*. PT Bumi Aksara.
- Juniah, R., Dalimi, R., Suparmoko, M., & Moersidik, S. S. (2012). Dampak Pertambangan Batubara Terhadap Kesehatan Masyarakat Sekitar Pertambangan Batubara (Kajian Jasa Lingkungan Sebagai Penyerap Karbon). *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 12(1), 252–258.
- Krebs, C. J., & Singleton, G. R. (1993). Indexes of Condition for Small Mammals. *Australian Journal of Zoology*, 41(4), 317–323.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.
- Martono, D. S. (2012). Analisis Vegetasi dan Asosiasi Antara Jenis-Jenis Pohon Utama Penyusun Hutan Tropis Dataran Rendah di Taman Nasional Gunung Rinjani Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Agri-Tek*, 13(2).
- Muthmainnah, Abdullah, A., Ridha, A., & Rusyidi, S. (2021). Estimation of Biomass Potential, Carbon Stocks, and Carbon Sequestration of *Trigona* sp. Honey Bees Feed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 886(1), 12072.
- Hermita, N. (2015). Inventarisasi Tumbuhan Pakan Lebah Madu Hutan di Desa Ujung Kaya Kawasan Taman Nasional Ujung Kulon. *Jurnal Agroekoteknologi*, 6(2), 123–135.
- Nahlunnisa, H., Zuhud, E. A. M., & Santosa, Y. (2016). Keanekaragaman Spesies Tumbuhan di Areal Nilai Konservasi Tinggi (NKT) Perkebunan Kelapa Sawit Provinsi Riau. *Media Konservasi*, 21(1), 91–98.
- Passal, I., Mardiatmoko, G., & Latumahina, F. (2019). Hubungan Volume Tegakan dengan Kandungan Biomassa Tersimpan Skala Plot pada Areal Agroforestry Dusun di Dusun Toisapu Kota Ambon. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 3(1), 40–54.
- Purnawan, E. I. (2016). Teknik Estimasi Cadangan Karbon Serapan Karbondioksida dan Produksi Oksigen Hutan Alam Dipterocarpa. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 0(20).
- Puspitaningrum, M., Izzati, M., & Haryanti, S. (2012). Produksi dan Konsumsi Oksigen Terlarut oleh Beberapa Tumbuhan Air. *Anatomi dan Fisiologi*, 20(1), 47–55.
- Rahayu, E. M. (2020). Analisis Vegetasi di Kawasan Pulau Menjangan Taman Nasional Bali Barat (TNBB). *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 3(2), 79–89. <https://doi.org/10.32662/gjfr.v3i2.993>
- Rambe, B. A. (2020). Karakteristik Distribusi Spasial dan Analisis Pakan Satwa Mangsa Harimau Sumatera (*Panthera tigrisSsumatrae*) di Seksi Pengelolaan Taman Nasional (SPTN) VI Besitang, Taman Nasional Gunung Leuser (TNGL).
- Sari, D. P., & Syaputra, M. (2022). Biomassa dan Serapan Karbon Hutan Mangrove Tanjung Batu, Desa Sekotong Tengah, Kabupaten Lombok Barat. *Journal of Forest Science Avicennia*, 5(2), 95–103. <https://doi.org/10.22219/avicennia.v5i1.20569>
- Siahaan, O. P., Latifah, S., & Afifuddin, Y. (2012). Perbandingan Unit Contoh Lingkaran dan Tree Sampling dalam Menduga Potensi Tegakan Hutan Tanaman Rakyat Pinus (Studi Kasus Desa Pondok Buluh, Kecamatan Dolok Panribuan, Kabupaten Simalungun). *Peronema Forestry Science Journal*, 1(1), 156440.
- Sribianti, I., Daud, M., Abdullah, A. A., & Sardiawan, A. (2022). Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon, Produksi O₂ dan Nilai Jasa Lingkungan Serapan CO₂ Tegakan Hutan di Taman Hutan Raya Abdul Latief Sinjai Timur. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 12, 12–26. <https://doi.org/10.24259/jhm.v14i1.18022>

Sutikno, A. (2020). Potensi Tumbuhan dan Sebaran Tanaman Biopestisida di Kampus Universitas Riau. *Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan*, 4(1), 32–45.

Syarifuddin, H., Novianti, S., & Adriani, A. (2017). Analisis Indeks Kepekaan Ekologi Terhadap Hijauan Pakan di Bawah Perkebunan Kelapa

Sawit. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 20(1), 25–32. <https://doi.org/10.22437/jiip.v20i1.4770>

Yanto, S. H., Yoza, D., & Budiani, E. S. (2016). Potensi Pakan *Trigona* spp. di Hutan Larangan Adat Desa Rumbio Kabupaten Kampar. *Riau University*.