

Analisis Vegetasi dan Komponen Ekosistem di Hutan Universitas Diponegoro dan Kebun Pisang Mulawarman

Vegetation Analysis and Ecosystem Components in Diponegoro University Forest and Mulawarman Banana Farm

Septrial Arafat, Muhammad Iqbal Fauzan, Rifyal An Nesyafi Hamdi

Program Studi Agroekoteknologi, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian
Universitas Diponegoro

Jl. Prof Sudarso, Tembalang, Semarang 50275 Jawa Tengah

^{*)}Email : septrialarafat@lecturer.undip.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 17 September 2022 di Hutan Universitas Diponegoro dan Kebun Pisang Mulawarman, Semarang. Alat yang digunakan adalah tali rafia, gunting, meteran, penggaris, pasak, tongkat, *digital lux meter*, *anymetre*, alat tulis dan kamera. Bahan yang digunakan adalah ekosistem Hutan Universitas Diponegoro dan Kebun Pisang Mulawarman sebagai objek pengamatan. Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memahami perbedaan jumlah karbon sequestrasi di lokasi penelitian. Metode pengamatan adalah dengan cara lahan dibuat plot 20mx25m, didalamnya dibuat plot 5mx5m, dan didalamnya dibuat lagi plot 1mx1m sebanyak 3 kali. Plot 20mx25m dianalisis jumlah, keliling, diameter, tinggi pohon. Plot 1x1 m dibuat plot 20cmx20cm sebanyak 5 kali, dihitung ketebalan seresah. Tumbuhan pada plot 20m x 25m dianalisis karakteristik, faktor biotik dan abiotik yang ada di Ekosistem Hutan dan Ekosistem Monokultur. Hasil penelitian faktor abiotik menunjukkan perbedaan suhu, kelembaban, intensitas radiasi matahari di dalam dan diluar area naungan.

Kata Kunci: Abiotik, Biotik, Karbon sequestrasi.

ABSTRACT

This research was conducted on September 17 2022 in the Diponegoro University Forest and Mulawarman Banana Garden, Semarang. The tools used are raffia rope, scissors, tape measure, ruler, pegs, sticks, digital lux meter, anymetre, stationery and a camera. The materials used were Diponegoro University forest ecosystems and Mulawarman Banana Gardens as objects of observation. The purpose of this research is to understand the difference in the amount of carbon sequestration at the research location. The observation method is by making a 20mx25m plot of land, in which a 5mx5m plot is made, and in it a 1mx1m plot is made 3 times. The 20mx25m plot analyzed the number, circumference, diameter, height of trees. 1x1 m plot was made 20cmx20cm plot 5 times, litter thickness was calculated. Plants in a 20m x 25m plot were analyzed for characteristics, biotic and abiotic factors present in Forest Ecosystems and Monoculture Ecosystems. The results of the research on abiotic factors show differences in temperature, humidity, intensity of solar radiation inside and outside the shaded area.

Keywords: Abiotic, Biotic, Carbon sequestration.

PENDAHULUAN

Sekuestrasi (penyerapan) karbon di atmosfer memiliki potensi untuk mengurangi suhu di atmosfer yang dapat menyebabkan pemanasan global karena banyaknya gas CO₂. Terjadinya pemanasan global di bumi disebabkan naiknya temperatur atmosfer bumi yang disebabkan oleh CO₂ (Sarwono, 2016). Temperatur bumi yang meningkat menyebabkan perubahan iklim yang ekstrim sehingga berpengaruh pada ekosistem di bumi. Pemanasan global berdampak pada perubahan iklim dan kenaikan air laut yang menyebabkan terjadinya bencana alam seperti erosi, banjir, pergeseran lahan basah serta perubahan kualitas air (Asadi *et al.*, 2019).

Proses sekuestrasi karbon juga berperan untuk mengurangi laju emisi (penurunan kadar karbon dalam tanah). Emisi dapat dikurangi baik dengan cara diemisikan ke atmosfer maupun dengan cara pemindahan karbon dari atmosfer melalui penyerapan atau sekuestrasi karbon dalam tanah atau biomassa daratan untuk pertanian atau kehutanan (Siringoringo, 2014). Sekuestrasi karbon pada tanah dapat dipengaruhi variasinya oleh beberapa faktor. Variasi sekuestrasi karbon dipengaruhi oleh tipe hutan, jenis vegetasi, tipe iklim dan curah hujan, topografi, dan kondisi biofisik lainnya, termasuk teknik silvikultur dan manajemen hutan yang diterapkan (Chairul *et al.*, 2016).

Sekuestrasi merupakan proses akumulasi materi organik berupa karbon (C) menjadi tubuh tumbuhan hidup (Novita *et al.*, 2021). Sekuestrasi karbon terjadi melalui proses fotosintesis dan dekomposisi melalui tanaman. Karbon dipertukarkan antara tanah dan atmosfer melalui proses fotosintesis dan dekomposisi dengan cara tanaman menyerap CO₂ dan menahan karbon pada saat yang bersamaan melepaskan oksigen melalui proses fotosintesis kemudian karbon yang ditahan oleh tanaman, kemudian dipindahkan ke tanah melalui akar selama penguraian residu tanaman (Siringoringo, 2014).

Komponen ekosistem merupakan suatu bagian dari ekosistem yang bermacam-macam bentuknya sesuai

bentangan tempat ekosistem berada, seperti ekosistem hutan, rawa, danau dan lainnya (Rahayu *et al.*, 2018). Komponen ekosistem berperan penting dalam keberlangsungan ekosistem. Komponen makhluk hidup dalam ekosistem membentuk suatu tatanan tertentu yang memberikan peranan berbeda di lingkungan (Marfi, 2018; Rahayu *et al.*, 2018). Komponen yang mempengaruhi produktivitas ekosistem ada faktor biotik dan faktor abiotik. Ekosistem terdiri atas komponen abiotik, biotik, dan sosial budaya-ekonomi, komponen abiotik yang mempengaruhi produktivitas ekosistem adalah kondisi edafik dan hidrologik (Naharuddin, 2018).

Komponen biotik dalam ekosistem merupakan semua komponen yang terdapat di suatu ekosistem yang terdiri dari organisme hidup seperti tumbuhan, manusia, dan hewan. Komponen biotik terdiri dari seluruh makhluk hidup di bumi antara lain hewan, tanaman, pengurai, dan manusia (Rau *et al.*, 2013). Komponen biotik dibagi menjadi dua macam yaitu komponen autotrof dan komponen heterotrof. Berdasarkan tingkatan trofik, komponen biotik terbagi menjadi komponen autotrof dan heterotrof (Djunaid dan Setiawati, 2018). Komponen autotrof merupakan komponen yang dapat membuat makanan sendiri. Autotrof adalah organisme yang mampu mensintesis makanan sendiri yang berupa bahan organik dan berfungsi sebagai produsen (Failu *et al.*, 2021). Komponen heterotrof merupakan komponen yang tidak dapat membuat makanan sendiri. Heterotrof merupakan komponen yang memperoleh nutrisi dari hasil fotosintesis tanaman hijau (Azizah *et al.*, 2019).

Komponen abiotik adalah komponen fisik dan kimia yang ada di ekosistem untuk kelangsungan hidup (Irnaningtyas, 2013). Komponen abiotik penyusun ekosistem terdiri dari cahaya matahari, suhu, air, kelembapan, udara, tanah, dan pH. Faktor abiotik meliputi cahaya matahari, suhu, kelembapan, air, tanah, udara, serta pH (Djunaid dan Setiawati, 2018).

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Studi Kondisi Lingkungan, Analisis Vegetasi, dan Komponen Ekosistem dilaksanakan pada tanggal 17 September 2022 di Hutan Universitas Diponegoro dan di Kebun Pisang Mulawarman, Semarang.

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu ekosistem Hutan Universitas Diponegoro dan ekosistem Kebun Pisang Mulawarman sebagai objek pengamatan serta lembar pengamatan sebagai lembar pengerjaan laporan. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu tali rafia untuk pembatas pada masing-masing plot, gunting untuk memotong tali rafia, meteran baju untuk mengukur keliling pohon, meteran bangunan yang digunakan untuk mengukur dan membuat plot, penggaris untuk mengukur ketebalan seresah, pasak bambu sebagai pembatas plot, tongkat bambu 1,5 meter untuk mengukur tinggi pohon, koran sebagai alas pengamatan, *digital lux meter* untuk mengukur intensitas cahaya, serta alat tulis dan kamera yang terinstall aplikasi PlanNet untuk mendokumentasikan hasil pengamatan.

Metode yang digunakan dalam Studi Kondisi Lingkungan Mikro Pada Sistem Pertanian yaitu lahan dibuat plot ukuran 20x25 m dan didalam nya dibuat plot ukuran 5x5 meter, kemudian dibuat lagi plot 1x1 m sebanyak tiga kali. Biomassa tanaman diukur meliputi ketebalan seresah, macam dan ukuran seresah, diameter pohon/tanaman, dan tinggi pohon, ketebalan seresah dihitung di 5 tempat berbeda dengan jarak 5 meter, karbon sekuestrasi seresah diukur dengan membuat petak sampel 20 cm x 20 cm sebanyak satu buah kemudian seresah ditimbang dan dihitung biomassa serta sekuestrasi karbonnya. Pengamatan komponen ekosistem meliputi semua komponen biotik dan abiotik pada plot 20m x 25m diidentifikasi dan dihitung, pada faktor abiotik digunakan alat *lux meter* untuk menghitung intensitas radiasi matahari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbon Sekuestrasi di Ekosistem Hutan

Berdasarkan penelitian diperoleh keragaman tanaman di lahan ekosistem hutan dengan vegetasi pohon, perdu, dan herba sebagai berikut :

Tabel 1. Ragam Tanaman di Ekosistem Hutan

No.	Jenis Tanaman	Jumlah
Vegetasi Pohon		
1.	Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>)	93
2.	Ara (<i>Ficus lateriflora</i> Vahl)	16
Vegetasi Perdu		
1.	Mahoni daun lebar (<i>Swietenia macrophylla</i> King)	1
2.	Atlantic pigeonwings (<i>Clitoria mariana</i> L.)	1
3.	Daun salam california (<i>Umbellularia californica</i> (Hook. & Arn.))	5
4.	Pawpaw (<i>Asimina triloba</i> (L.) Dunal)	1
5.	Tumbuhan paku (<i>Pteris fauriei</i> Hieron.)	1
6.	Jacariuba (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.)	8
7.	Lamtoro (<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit)	12
8.	Salam koja (<i>Murraya koenigii</i> (L.) Spreng.)	1
9.	Bangalow palm (<i>Archontophoenix cunninghamiana</i>)	1
Vegetasi Herba		
10.	Ginseng jawa (<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn)	1
Total		141

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa ragam tanaman di ekosistem hutan adalah 93 pohon mahoni, 16 pohon ara, 1 tanaman mahoni daun lebar, 1 tanaman atlantic pigeonwings, 5 tanaman daun salam california, 1 tanaman pawpaw, 1 tanaman tumbuhan paku, 8 tanaman jacuriba, 12 tanaman lamtoro, 1 tanaman salam koja, 1 tanaman bangalow palm, dan 1 tanaman ginseng jawa.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Biomassa dan Karbon Sekuestrasi Pohon

No	Jenis Tanaman	ρ	K (cm)	D (cm)	T (cm)	Jumlah tanaman	BK- Biomassa (kg/pohon)	Karbon sekuestrasi (kg)
1.	Mahoni	0,7	40	12,74	1500	93	60,52464133	28,44658143
2.	Ara	0,7	25	7,96	1000	16	17,66598551	8,303013191
Total Karbon Sekuestrasi								159,730093

Keterangan: ρ = Massa jenis pohon K= Keliling pohon; D= Diameter pohon; T= Tinggi pohon;
BK= Berat kering pohon.

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa total karbon sekuestrasi pohon ialah sebesar 159,730093 kg. Karbon sekuestrasi yang diperoleh pada vegetasi pohon tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Endriani dan Sunarti (2019) yang menyatakan bahwa tegakan atau pohon berumur panjang merupakan tempat penyimpanan karbon yang jauh lebih besar dibandingkan dengan tanaman semusim karena memiliki siklus hidup yang lebih panjang. Nedhisa dan Tjahjaningrum (2019) menyatakan setiap penambahan kandungan biomassa tanaman, kandungan stok karbon dan sekuestrasi karbon akan bertambah karena proses penyerapan karbondioksida dan mekanisme sekuestrasi pada tanaman. Sringoringo (2014) menyatakan bahwa sekuestrasi merupakan proses pertukaran karbon antara tanah dan atmosfer yang dibantu oleh tanaman melalui proses fotosintesis, sehingga tanaman akar menyerap CO₂ dan melepaskan O₂ sehingga nantinya akan ada keseimbangan karbon tanaman dan berat jenis tanaman (Ariani *et al.*, 2014).

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui bahwa ketebalan seresah pada 5 titik pengamatan berbeda-beda dengan ketebalan yang paling tipis yaitu 3 cm dan paling tebal yaitu 6 cm. Masing-masing ketebalan seresah mempengaruhi jumlah bahan organik pada tanah. Basna *et al.* (2017) menyatakan ketebalan seresah berpengaruh terhadap jumlah seresah yang dapat terdekomposisi, semakin tebal seresah berarti semakin banyak pula bahan organik yang dihasilkan. Indikator kesuburan tanah dapat berupa warna yang gelap dan kondisi tanah yang lembab. (Afrianti *et al.*, 2019)

Berat basah seresah pada ekosistem hutan yang dihasilkan yaitu 3,5 ton/ha, berat ini mempengaruhi banyak sedikitnya bahan organik tanah pada ekosistem hutan. Salim dan Budiadi (2014) menyatakan seresah terdiri dari komponen tanaman yang sudah mati dan komponen utama dalam ekosistem. Ketebalan seresah juga dapat mempengaruhi sekuestrasi karbon yang ada di tanah.

Tabel 3. Evaluasi Ketebalan Seresah

No	Ketebalan seresah (cm)	Macam dan ukuran seresah	Warna dan kondisi tanah	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Karbon Sekeustrasi (kg)
1	6	Kecil, sedang	Hitam, kecoklatan, lembab	3,5	2,445	14, 67
2	4	Sedang, besar, kecil	Coklat tua, lembab	3,5	2,445	9,78
3	3	Sedang, besar	Coklat tua, lembab	3,5	2,445	7,335
4	5,5	Sedang, besar	Coklat tua, lembab	3,5	2,445	13,4475
5	5	Sedang, besar	Coklat tua, lembab	3,5	2,445	12,225

Karbon Sekuestrasi di Ekosistem Monokultur

Tabel 4. Ragam Tanaman di Ekosistem Monokultur

No.	Jenis Tanaman	Jumlah
Vegetasi Pohon		
1.	Pisang (<i>Musa paradisiaca</i> L.)	4
2.	Waru (<i>Hibiscus tilaceus</i> L.)	1
3.	Takokak (<i>Solanum officianum</i> L.)	1
4.	Ketela pohon (<i>Manihot esculenta</i>)	2
Vegetasi Perdu		
1.	Tebu (<i>Saccharum officinarum</i> L.)	2
Vegetasi Herba		
1.	Jukut pendul (<i>Kyllinga nemorais</i>)	5
2.	Babandotan (<i>Ageratum conyzoides</i>)	3
3.	Jotang kuda (<i>Synedella nodiflora</i> L.)	3
4.	Rumput belulang (<i>Eleusina indica</i> L.)	4
Vegetasi Rambat		
1.	Calopo (<i>Calopogonium mucunoides</i>)	3
Total		28

Berdasarkan Tabel 4. diketahui bahwa ragam tanaman yang ditemukan adalah jenis tanaman pohon, perdu dan rambat. Jenis tanaman dengan vegetasi pohon yaitu tanaman pisang (*Musa paradisiaca* L.) sebanyak 4 pohon, ketela pohon (*Manihot esculenta*) sebanyak 2 pohon, takokak (*Solanum torvum* Sw.) sebanyak 1 pohon, waru (*Hibiscus tilaceus* L.) sebanyak 1 pohon. Jenis tanaman dengan vegetasi perdu terdiri dari tebu (*Saccharum officinarum* L.) sebanyak 2

pohon. jenis tanaman herba terdiri dari Jukut Pendul (*Kyllinga nemorais* Rottb) sebanyak 5 tanaman, rumput belulang (*Eleusina indica* L.) sebanyak 4 tanaman, babandotan (*Ageratum conyzoides*) sebanyak 3 tanaman, dan jontang kuda (*Synedella nodiflora* L.) sebanyak 3 tanaman. Jenis vegetasi rambat terdiri dari calopo (*Calopogonium mucunoides*) sebanyak 3 tanaman.

Chairul *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa banyak sedikitnya karbon yang ada di ekosistem hutan dan ekosistem monokultur dipengaruhi oleh tipe jenis vegetasi, topografi, kondisi biofisik lain seperti teknik teknik silvikultur dan manajemen hutan yang diterapkan, serta iklim dan curah hujan. Jenis ekosistem mempengaruhi kandungan karbon di atmosfer bumi. Wiarta *et al.*, (2017) menyatakan bahwa tanaman dapat menjadi penyerap dan penyimpan karbon melalui proses fotosintesis.

Berdasarkan Tabel 5. dapat diketahui bahwa total karbon sekuestrasi yang dihasilkan pada jenis vegetasi pohon adalah sebesar 14,1197. Tingginya karbon sekuestrasi pada vegetasi pohon menunjukkan tingginya tingkat sekuestrasi karbon dalam tanah. Novita *et al.* (2021) menyatakan karbon di atmosfer dapat diserap oleh tubuh tanaman melalui akumulasi materi organik sehingga ada sekuestrasi karbon dalam tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi sekuestrasi karbon seperti variasi tipe hutan, jenis vegetasi, iklim, topografi dan aktifitas biofisik (Jatmiko *et al.*, 2020)

Tabel 5. Hasil Perhitungan Biomassa dan Karbon Sekuestrasi Pohon Monokultur

No	Jenis Tanaman	ρ	K	D	T	BK- Biomassa (kg/pohon)	Karbon sekuestrasi
1.	Pisang 1	0,29	27	8,60	259	8,95	4,208
2.	Pisang 2	0,29	25	7,96	247	7,32	3,439
3.	Pisang 3	0,29	13	4,14	178	1,32	0,620
4.	Pisang 4	0,29	9	2,87	90	0,50	0,237
5.	Waru	0,33	28,3	9,01	745	11,52	5,417
6.	Ketela pohon 1	1,10	5	1,59	67	0,38	0,177
7.	Ketela pohon 2	1,10	1,5	0,48	48	0,02	0,008
8.	Takokak	0,08	5	1,59	112	0,03	0,014
Total Karbon Sekuestrasi							14,1197

Keterangan: ρ = Massa jenis pohon K= Keliling pohon; D= Diameter pohon; T= Tinggi pohon; BK= Berat kering pohon.

Perhitungan karbon sekuestrasi menggunakan analisis biomassa yang ada pada tajuk tanaman. Rahmah *et al.*, (2015) yang menyatakan bahwa salah satu cara mengetahui simpanan karbon adalah dengan menghitung biomassa tanaman. Karbon sekuestrasi selain menjadi indikator simpanan karbon dalam tanah juga mempengaruhi kondisi lingkungan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sarwono (2016) yang menyatakan bahwa sekuestrasi karbon menjadi mekanisme penting dalam menjaga kestabilan karbon di atmosfer sehingga tidak menimbulkan efek rumah kaca atau pemanasan global.

bahwa total karbon sekuestrasi yang dihasilkan pada jenis vegetasi perdu adalah sebesar 10,9132. Karbon sekuestrasi pada vegetasi perdu juga termasuk tinggi karena pada vegetasi perdu ada kemampuan penyimpanan karbon yang hampir sama

dengan vegetasi pohon. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chaerul *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa tipe vegetasi mempengaruhi simpanan karbon dalam vegetasi tersebut. Simpanan karbon dalam suatu vegetasi juga ditentukan dengan biomassa dari tanaman tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ceunfin *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa vegetasi perdu merupakan vegetasi dapat menggunakan energi matahari sebagai sumber energi yang utama dan memanfaatkan karbon sekuestrasi dengan menyimpan dalam bentuk biomassa.

Berdasarkan Tabel 7. dapat diketahui bahwa total karbon sekuestrasi yang dihasilkan pada jenis vegetasi herba adalah sebesar 0,00288. Simpanan karbon pada vegetasi herba tergolong rendah dikarenakan biomassa yang dimiliki juga rendah.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Biomassa dan Karbon Sekuestrasi Perdu Monokultur

No	Jenis Tanaman	ρ	K	D	T	BK- Biomassa (kg/pohon)	Karbon sekuestrasi
1.	Tebu 1	0,22	11,8	3,76	218	15,565	7,316
2.	Tebu 2	0,22	9	2,87	146	7,655	3,598
Total Karbon Sekuestrasi							10,9132

Berdasarkan **Tabel 6.** dapat diketahui

Tabel 7. Hasil Perhitungan Biomassa Dan Karbon Sekuestrasi Herba Monokultur

N o	Jenis Tanaman	ρ	K	D	T	BK- Biomassa (kg/pohon)	Karbon sekuest rasi
1.	Rumput belulang (<i>Eleusina indica</i> L.)	0,18	0,9	0,27	60	0,0007	0,00035
2.	Rumput belulang (<i>Eleusina indica</i> L.)	0,18	0,8	0,25	48	0,0006	0,00026
3.	Rumput belulang (<i>Eleusina indica</i> L.)	0,18	0,9	0,29	50	0,0007	0,00035
4.	Rumput belulang (<i>Eleusina indica</i> L.)	0,18	1,3	0,41	78	0,0020	0,00092
5.	Jukut pendul (<i>Kyllinga nemorais</i>)	0,18	0,5	0,16	12,5	0,0002	0,00008
6.	Jukut pendul (<i>Kyllinga nemorais</i>)	0,18	0,5	0,16	12,5	0,0002	0,00008
7.	Jukut pendul (<i>Kyllinga nemorais</i>)	0,18	0,5	0,16	13	0,0002	0,00018
8.	Jukut pendul (<i>Kyllinga nemorais</i>)	0,18	0,7	0,22	17	0,0004	0,00004
9.	Jukut pendul (<i>Kyllinga nemorais</i>)	0,18	0,4	0,13	10,6	0,0001	0,00018
10.	Babandotan (<i>Ageratum conyzoides</i>)	0,18	0,7	0,22	22	0,0004	0,00008
11.	Babandotan (<i>Ageratum conyzoides</i>)	0,18	0,7	0,22	22	0,0004	0,00004
12.	Babandotan (<i>Ageratum conyzoides</i>)	0,18	0,5	0,16	17	0,0002	0,00002
13.	Jotang kuda (<i>Synedella nodiflora</i> L.)	0,18	0,4	0,13	8,2	0,0001	0,00004
14.	Jotang kuda (<i>Synedella nodiflora</i> L.)	0,18	0,3	0,10	7	0,000048	0,00002
15.	Jotang kuda (<i>Synedella nodiflora</i> L.)	0,18	0,4	0,13	8,5	0,0001	0,00004
Total Karbon Sekuestrasi							0,00288

Keterangan: ρ = Massa jenis pohon K= Keliling pohon; D= Diameter pohon; T= Tinggi pohon;
BK= Berat kering pohon.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Pertiwi *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa jenis tumbuhan dan periode penyiangan mempengaruhi biomassa pada tumbuhan herba sehingga sekuestrasinya juga terpengaruh. Karbon sekuestrasi pada suatu ekosistem selain dipengaruhi oleh kandungan biomassa juga dipengaruhi oleh tipe vegetasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chairul *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa sekuestrasi karbon kedalam tanah juga dapat dipengaruhi oleh topografi, dan tipe iklim pada lahan tersebut.

Berdasarkan Tabel 8. dapat diketahui total karbon sekuestrasi yang dihasilkan pada tipe vegetasi rambat adalah sebesar 0,00032. Total karbon sekuestrasi pada tipe vegetasi rambat ini tergolong rendah. Susanti *et al.* (2021) menyatakan vegetasi rambat simpanan karbon yang dihasilkan kecil karena dipengaruhi oleh jenis tumbuhan dan periode penyiangan.

Karbon sekuestrasi yang dihasilkan vegetasi pohon lebih tinggi daripada karbon sekuestrasi yang dihasilkan vegetasi perdu

dan rambat dikarenakan tipe vegetasi juga mempengaruhi sekuestrasi karbon dalam tanah. Chairul *et al.* (2016) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi sekuestrasi karbon berupa variasi tipe hutan, jenis vegetasi, iklim, topografi dan aktifitas biofisik. Biomassa tanaman paling tinggi adalah tanaman waru dengan berat biomassa 114,20 kg/pohon dan paling rendah adalah tanaman pada jenis rerumputan dengan total biomassa nya hanya 0,41 kg/pohon. Linda dan Nurlaila (2013) menyatakan bahwa kandungan biomassa pada tanaman berbeda-beda, semakin tinggi suatu tanaman maka kandungan biomassa juga semakin tinggi.

Berdasarkan Tabel 9. dapat diketahui bahwa ketebalan seresah yang paling tebal adalah 19,5 cm dan yang paling tipis adalah 4 cm. Ketebalan seresah dapat mempengaruhi jumlah bahan organik yang ada dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Basna *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa seresah merupakan pemasok bahan organik dalam tanah,

Tabel 8. Hasil Perhitungan Biomassa dan Karbon Sekuestrasi Rambat Monokultur

No	Jenis Tanaman	ρ	K	D	T	BK- Biomassa (kg/pohon)	Karbon sekuestrasi
1.	Calopo 1	0,11	0,5	0,16	17	0,00010	0,00005
2.	Calopo 2	0,11	0,8	0,25	21	0,00034	0,00016
3.	Calopo 3	0,11	0,7	0,27	20	0,00024	0,00011
Total Karbon Sekuestrasi							0,00032

Keterangan: ρ = Massa jenis pohon K= Keliling pohon; D= Diameter pohon; T= Tinggi pohon; BK= Berat kering pohon.

Tabel 9. Evaluasi Ketebalan Seresah

No	Ketebalan seresah (cm)	Macam dan ukuran seresah	Warna dan kondisi tanah	Berat Basah (ton/ha)	Berat Kering (ton/ha)	Karbon Sekeust rasi
1	19,5	Seresah daun pisang	Hitam pekat, lembab	11,75	3,175	5,969
2	7,5	Seresah daun pisang, ranting	Kecoklatan kondisi agak kering	11,75	3,175	5,969
3	17	Seresah daun pisang, dedaunan	Hitam agak pekat dan kondisinya lembab	11,75	3,175	5,969
4	8	Seresah daun pisang dan ranting	Kecoklatan dan kondisi agak lembab	11,75	3,175	5,969
5	4	Seresah daun pisang	Coklat dan kondisi kering	11,75	3,175	5,969

ketebalan seresah mengindikasikan tanah di lingkungan tersebut subur atau tidak, semakin tebal seresah maka semakin banyak bahan organik yang dihasilkan. Tanah pada ekosistem monokultur memiliki karakteristik warna tanah kehitaman dengan kondisi tanahnya lembab akibat adanya tutupan seresah dedaunan dipermukaan tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jatiningsih *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa seresah yang terdekomposisi akan menyebabkan tanah menjadi banyak kandungan bahan organik sehingga warnanya menjadi hitam dan lembab.

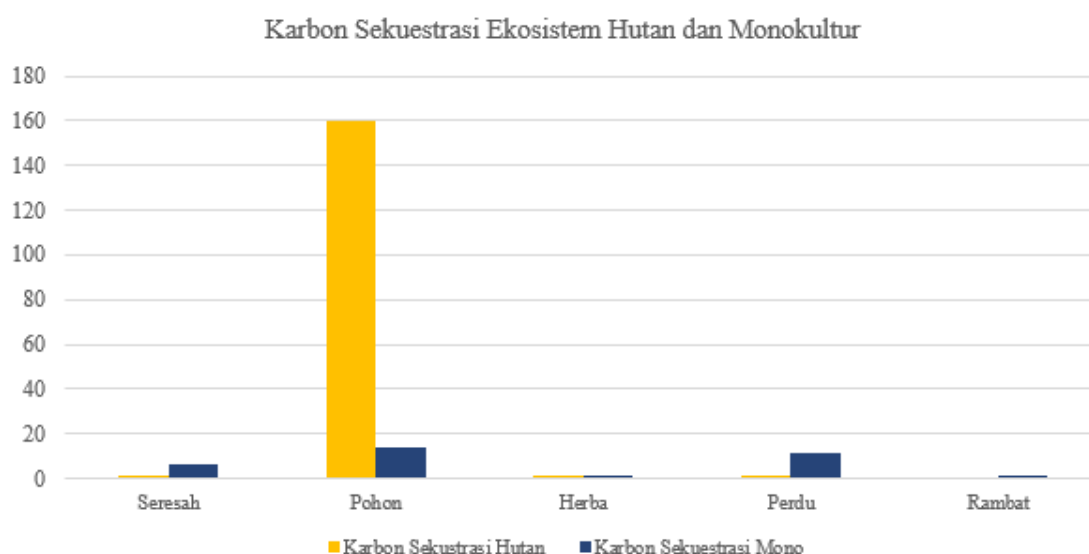
Berat basah seresah pada ekosistem monokultur adalah sebesar 11,75 ton/ha, berat seresah ini mempengaruhi sekuestrasi karbon yang ada di ekosistem monokultur karena bahan organik yang diberikan pada tanah semakin besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Salim dan Budiadi (2014) yang menyatakan bahwa seresah merupakan sumber bahan organik yang akan mempengaruhi karbon sekuestrasi dalam tanah melalui penyimpanan biomassa dalam tanah hasil proses-proses biologi seresah tanaman. Karbon sekuestrasi yang dihasilkan seresah di ekosistem monokultur sebesar 5,969 dimana hasil ini mempengaruhi jumlah karbon sekuestrasi yang disimpan tanah melalui biomassa seresah yang terdekomposisi. Hal ini sesuai

dengan pernyataan Drupadi *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa semakin tinggi biomassa yang dihasilkan oleh tanaman maka kemampuan sekuestrasi karbon juga semakin tinggi. Ketebalan seresah merupakan salah satu faktor yang menentukan simpanan karbon dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chairul *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa variasi simpanan karbon dalam tanah salah satunya dipengaruhi oleh kondisi biofisik dari tanah tersebut.

Perbandingan Karbon Sekuestrasi Ekosistem Hutan dan Monokultur

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil grafik perbandingan karbon sekuestrasi pada jenis ekosistem monokultur dan jenis ekosistem hutan adalah sebagai berikut:

Berdasarkan Gambar 1. diperoleh hasil bahwa karbon sekuestrasi ekosistem hutan lebih tinggi dibandingkan dengan karbon sekuestrasi monokultur, dengan karbon sekuestrasi di ekosistem hutan yang paling tinggi terdapat pada vegetasi tanaman pohon Mahoni dengan jumlah karbon sekuestrasinya sebanyak 159,730093 dimana jumlah karbon sekuestrasi tersebut lebih tinggi dibandingkan



Gambar 1. Perbandingan Sekuestrasi Karbon pada Ekosistem Hutan dan Monokultur

karbon sekuestrasi pada ekosistem monokultur yang hanya sebanyak 14,1197 karena jumlah dan jenis vegetasi yang ada pada kedua ekosistem tersebut berbeda. Hal ini sesuai pendapat Chairul *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa variasi karbon sekuestrasi dipengaruhi oleh tipe hutan, jenis vegetasi, kondisi biofisik, dan manajemen pengelolaan hutan yang diterapkan. Jumlah tanaman sangat berpengaruh terhadap tingginya sekuestrasi karbon karena sekuestrasi terjadi melalui proses fotosintesis dan dekomposisi yang dilakukan oleh tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Siringoringo (2014) yang menyatakan bahwa karbon dipertukarkan antara tanah dengan atmosfer melalui proses fotosintesis dan dekomposisi dengan cara tanaman menyerap CO₂ yang kemudian dipindahkan ke tanah melalui akar selama penguraian residu tanaman terjadi.

Jenis vegetasi pada suatu ekosistem sangat berpengaruh terhadap tinggi nya sekuestrasi karbon di dalam ekosistem itulah mengapa pada ekosistem hutan jumlah sekuestrasi karbonnya lebih banyak karena ekosistem hutan memiliki jenis tanaman pohon yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan Ariani *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa jumlah karbon yang ada di dalam tanaman sangat bergantung pada jenis dan sifat tanaman itu sendiri. Tingginya sekuestrasi karbon pada ekosistem hutan membuat jumlah vegetasi pada ekosistem hutan lebih banyak dan juga lebih besar dibandingkan dengan ekosistem monokultur karena ketersediaan karbon di dalam tanah tetap terjaga akibat adanya proses sekuestrasi karbon ke dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Siringoringo (2014) yang menyatakan bahwa emisi karbon dalam tanah dapat dikurangi dengan cara pemindahan karbon dari atmosfer melaui

penyerapan atau sekuestrasi karbon ke dalam tanah atau biomassa daratan untuk lahan pertanian dan ekosistem hutan.

Faktor Biotik pada Ekosistem Hutan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Berdasarkan Tabel 10. Diketahui bahwa ekosistem dipengaruhi oleh beberapa faktor biotik salah satu nya tumbuhan yaitu sebagai produsen sumber pakan, keberagaman tumbuhan akan menciptakan suatu ekosistem yang stabil. Hal ini sesuai pernyataan Kurniawati dan Martono (2015) bahwa tumbuhan berkemampuan memikat serangga, sebagai sumber pakan, dan tempat untuk meletakkan telur dan bersembunyi dari bahaya. Kadal merupakan salah satu hewan reptil mudah dijumpai pada hutan yang bervegetasi karena berguna sebagai bentuk penyesuaian diri terhadap perubahan suhu sekitar. Findua *et al.* (2016) menyatakan bahwa hilangnya vegetasi menyebabkan hilangnya sumber pakan dan tempat berlindungnya reptile yang dapat mempengaruhi kesejahteraan satwa.

Semut dalam rantai makanan memiliki peran yang sangat penting yaitu secara ekosistem merupakan agen yang bermanfaat bagi tumbuhan dan hewan lain. Aryanti, *et al.*, (2021) menyatakan bahwa keberadaan semut dapat dimanfaatkan sebagai predator untuk mengurangi hama terutama dalam perkebunan. Burung memiliki berperan dalam ekosistem yaitu sebagai penyebar biji, membantu penyerbukan dan bioindikator lingkungan. Jika suatu areal kelimpahan burungnya tinggi, maka bisa menjadi salah satu indikator bahwa lingkungannya baik (Kamaluddin *et al.*, 2019).

Tabel 10. Evaluasi Faktor Biotik pada Agroekosistem Hutan

No	Faktor Biotik	Pengaruh pada Ekosistem
1.	Tumbuhan	Sebagai produsen pakan dan tempat perhentian
2.	Kadal	Sebagai indikator kestabilan komunitas
3.	Semut	Sebagai predator
4.	Burung	Sebagai bioindikator lingkungan
5.	Nyamuk	Sebagai pengurai bahan organik
6.	Kupu-kupu	Membantu penyerbukan pada bunga

Nyamuk penghisap nektar memiliki habitat berada di genangan air yang terdapat sampah organik sebagai sumber nutrisi secara tidak langsung memiliki peran sebagai pengurai. Nuraini *et al.*, (2019) menyatakan bahwa larva nyamuk detritus pengurai bahan organik yang membusuk pada dasar perairan. Kupu-kupu dalam ekosistem berpengaruh terhadap tumbuh dan berkembangnya tumbuhan terutama proses penyerbukan tumbuhan bunga. Serangga sebagai pollinator contohnya yaitu lebah dan kupu-kupu yang menghisap madu membantu serbuk sari menempel pada kepala putik bunga (Meilin dan Nasamsir, 2016)

Faktor Biotik pada Ekosistem Monokultur

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Berdasarkan Tabel 11. dapat diketahui bahwa faktor biotik yang berada di Hutan mulawarman adalah manusia, tumbuhan, kupu-kupu, semut, belalang dan nyamuk. Komponen biotik dalam ekosistem merupakan semua komponen yang terdapat di suatu ekosistem yang terdiri dari organisme hidup seperti tumbuhan, manusia, dan hewan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rau *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa komponen biotik terdiri dari seluruh makhluk hidup di bumi antara lain hewan, tanaman, pengurai, dan manusia. Faktor komponen biotik meliputi

tingkatan-tingkatan organisme produsen, konsumen, dan pengurai yang saling berinteraksi dan saling mempengaruhi satu sama lain. Hal ini sesuai dengan pernyataan Akbar *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa tingkatan-tingkatan organisme membentuk satu kesatuan yang menyebabkan terbentuknya jaring-jaring makanan, rantai makanan, sampai piramida makanan.

Seluruh komponen yang ada pada faktor biotik mempunyai perannya masing-masing, tumbuhan dalam komponen biotik berperan sebagai produsen yang dapat menghasilkan makanannya sendiri melalui fotosintesis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sodikin (2016) yang menyatakan bahwa tumbuhan hijau mampu menghasilkan oksigen, sehingga kadar oksigen meingkat dan suhu lingkungan menjadi sejuk. Peran konsumen dalam ekosistem sebagai komponen heterotrof yang hidupnya bergantung dengan produsen, konsumen dalam biotik terdiri dari manusia dan hewan (karnivora, herbivora, dan omnivora). Hal ini sesuai dengan pernyataan Sitanggang dan Yulistiana (2015) yang menyatakan bahwa semua konsumen yang tidak dapat menghasilkan makanan sendiri dalam ekosistem adalah manusia dan hewan yang terbagi menjadi hewan karnivora, herbivora, dan omnivora. Dekomposer atau pengurai berfungsi untuk menguraikan senyawa organik kompleks tersebut menjadi bentuk yang lebih sederhana.

Tabel 11. Evaluasi Faktor Biotik pada Ekosistem Monokultur

No	Faktor Biotik	Pengaruh pada Ekosistem
1.	Tumbuhan	Berperan sebagai produsen (penyedia O ₂ , penyedia makanan, penyedia kebutuhan manusia)
2.	Kupu-kupu	Berperan sebagai konsumen dan membantu penyerbukan tanaman
3.	Belalang	Berperan sebagai konsumen dan predator alami
4.	Semut	Berperan sebagai konsumen dan indikator kestabilan ekosistem
5.	Nyamuk	Berperan sebagai agen penyerbuk, meningkatkan keanekaragaman spesies, dan menyediakan makanan bagi hewan lain

Tabel 12. Evaluasi Faktor Abiotik terhadap Agroekosistem Hutan dan Monokultur

Tipe Agroekosistem	Faktor Abiotik		
	Suhu Udara (°C)	Kelembaban (%)	Radiasi (Fc)
Di bawah Kanopi Pohon (Hutan)	33,4	49,5%	1531
Di Luar Kanopi Pohon (Hutan)	34	45%	2338
Di bawah Kanopi Pohon (Monokultur)	36,1	49%	1151
Di Luar Kanopi Pohon (Monokultur)	38,1	42%	1936

Hal ini sesuai dengan pernyataan Maknun (2017) yang menyatakan bahwa dekomposer memiliki peranan penting pada ekosistem yaitu untuk menguraikan zat-zat organik menjadi zat organik penyusun.

Faktor Abiotik pada Agroekosistem

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:

Berdasarkan Tabel 12. Diketahui bahwa suhu udara di bawah kanopi pohon (hutan) sebesar 33,4°C, di luar kanopi pohon (hutan) sebesar 34 °C, di bawah kanopi pohon (monokultur) sebesar 36,1°C dan di luar kanopi pohon (monokultur) sebesar 38,1°C. Peningkatan dan penurunan suhu udara dipengaruhi intensitas radiasi matahari seiring berjalannya waktu. Hal ini sesuai pernyataan Hafni *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa intensitas matahari sebanding dengan suhu udara di permukaan bumi sehingga suhu udara akan naik seiring meningkatnya intensitas radiasi matahari, naungan pepohonan dapat mempengaruhi suhu udara pada area tersebut. Hadi *et al.*, (2016) menyatakan bahwa kanopi pohon dapat mengurangi intensitas cahaya matahari yang masuk sehingga suhu udara cenderung lebih rendah.

Kelembaban hutan di bawah kanopi pohon (hutan) sebesar 49,5%, di luar kanopi pohon (hutan) sebesar 42%, di bawah kanopi pohon (monokultur) sebesar 49%, dan di luar kanopi pohon (monokultur) sebesar 42%. Keadaan vegetasi dan strukturnya mempengaruhi perbedaan kelembaban udara di bawah dan di luar kanopi pohon. Evert *et al.* (2017) menyatakan bahwa kondisi suatu struktur vegetasi pohon dengan tajuk yang luas mempengaruhi kondisi suhu udara dan kelembaban udara di dalamnya. Timotiwu *et al.*, (2021) menyatakan bahwa suhu dan kelembaban udara memiliki pola yang berbanding terbalik, suhu tinggi menyebabkan kelembaban rendah.

Radiasi matahari di bawah kanopi pohon (hutan) sebesar 1531 Fc, di luar kanopi pohon (hutan) sebesar 2338 Fc, di bawah kanopi pohon (monokultur) sebesar 1151 Fc, dan di luar kanopi pohon (monokultur) sebesar 1936 Fc. Nilai

intensitas matahari di bawah kanopi pohon cenderung lebih rendah di dibandingkan di luar kanopi karena masuknya cahaya matahari terhalangi oleh kerapatan vegetasi. Dewi (2018) menyatakan bahwa kerapatan vegetasi yang memberikan naungan mampu memantulkan cahaya matahari yang masuk. Kanopi pohon yang menutupi suatu area mempengaruhi intensitas radiasi matahari yang masuk sehingga berpengaruh pada pertumbuhan tanaman yang ternaungi. Intensitas, kualitas dan lama penyinaran cahaya matahari berperan dalam proses fotosintesis tanaman yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan pohon (Airlangga *et al.*, 2014)

KESIMPULAN

Total karbon sekuestrasi ekosistem hutan lebih banyak dibanding ekosistem monokultur. Analisis vegetasi metode rintisan ekosistem monokultur lebih banyak dibanding pada ekosistem hutan. Analisis vegetasi metode kuadrat ekosistem hutan diperoleh hasil, plot 1 x 1 meter terdiri dari Mahoni, Ginseng Jawa, Kacang Polong, Salam California, Paku-pakuan, Pawpaw, Jacariuba, Lamtoro, Salam Koja, dan Palembang. Plot 5 x 5 meter terdiri dari Mahoni, Jacariuba, Salam California, dan Lamtoro. Plot 20 x 25 meter terdiri dari Jerakah dan Mahoni. Analisis vegetasi metode kuadrat pada ekosistem monokultur plot 1 x 1 terdiri dari *Kyllinga nemoralis*, Rumput bunga panjang (*Eleusine indicica*), Babandotan, Pisang. Plot 5 x 5 terdiri dari calopo, Rumput bunga panjang (*Eleusine indicica*), babandotan, Rumput bunga putih (*Kyllinga nemoralis*), Rumput (*Synedera nodiflora*), pisang, waru, takokak, tebu, ketela pohon. Faktor biotik yang mempengaruhi ekosistem hutan yaitu tumbuhan, kadal, semut, burung, nyamuk dan kupu-kupu, sedangkan faktor biotik ekosistem monokultur yaitu tumbuhan, kupu-kupu, belalang, semut dan nyamuk. Faktor abiotik agroekosistem yaitu suhu udara, kelembaban dan radiasi. Suhu udara dibawah kanopi lebih rendah dibandingkan suhu udara diluar kanopi tanaman, Adapun kelembapan udara lebih tinggi dibawah kanopi tanaman, dan radiasi matahari lebih tinggi diluar kanopi tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, S., M. P. Purba, dan K. Napitupulu. 2019.** Karakteristik sifat fisika tanah pada berbagai kelas umur tegakan kelapa sawit di PT. PP. London Sumatera Indonesia, Tbk Unit Sei Merah Estate. *J. agroprimatech*, 2(2) : 86 – 91.
- Akbar, N., N. P. Zamani, dan H. H. Maddupa. 2014.** Keragaman genetik ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) dari dua populasi di laut Maluku, Indonesia. *J. J. Ilmu Perairan, Pesisir, dan Perikanan*, 3 (1) : 65 – 73.
- Ariani, A. Sudhartono, dan A. Wahid. 2014.** Biomassa dan karbon tumbuhan bawah sekitar Danau Tambing pada kawasan Taman Nasional Lore Lindu. *J. Warta Rimba*, 2 (1) : 164 - 170.
- Arlingga, B., A. Syakur, dan H. Mas' ud. 2014.** Pengaruh persentase naungan dan dosis pupuk organik cair terhadap pertumbuhan tanaman seledri (*Apium Graveolens L.*). *J. Agrotekbis*, 2 (6) : 611 – 619.
- Aryanti, N. A., F. A. C. Wibowo, Mahidi, F. K. Wardhani, dan I. K. T. W. Kusuma. 2021.** Hubungan faktor biotik dan abiotik terhadap keanekaragaman makrobentos di hutan mangrove Kabupaten Lombok Barat. *J. Kelautan Tropis*, 24 (2) : 185 – 194.
- Asadi, M. A., B. Semedi, dan A. Soegianto. 2019.** *Carbon storage of mangrove ecosystems in Pasuruan and Probolinggo Regency, East Java, Indonesia, (August). Journal Ecology, Environment and Conservation*, 25 (1) : 162 – 167.
- Azizah, N., G. A. Khoirunnisa, N. Nuzulia, R. S. Muhammad, M. Su'udi. 2019.** Review: mekanisme miko-heterotrof tumbuhan monotropa. *J. Riset sains dan teknologi*, 3 (2) : 49 - 53
- Basna, M., R. Koneri, dan A. Papu. 2017.** Distribusi dan diversitas serangga tanah di taman hutan raya Gunung Tumpa Sulawesi Utara. *J. MIPA*, 6 (1) : 36 - 42.
- Ceunfin, S., D. Prajitno, P. Suryanto, dan E. T. S. Putra. 2017.** Penilaian kompetisi dan keuntungan hasil tumpangsari jagung kedelai di bawah tegakan kayu putih. *J. Savana Cendana*, 2 (1) : 1 – 3.
- Chairul, E. Muchtar, Mansyurdin, M. Tesri, G. Indra. 2016.** Struktur kerapatan vegetasi dan estimasi kandungan karbon beberapa kondisi hutan di Pulau Siberut Sumatera Barat. *J. Metamorfosa*, 3 (1) : 15 - 22.
- Dewi, I. N. 2018.** Kajian peranan evaporative pad terhadap iklim mikro dan budidaya jamur kuping hitam (*Auricularia auricula*). *J. Ilmiah Budidaya*, 4 (1) : 22 – 29.
- Djunaid, R. dan H. Setiawati. 2018.** Gastropoda di perairan budidaya rumput laut (*Eucheuma sp*) Kecamatan Suppa Kabupaten Pinrang. *J. Bionature*, 19 (1) : 35 – 46.
- Drupadi, T. A., D. P. Ariyanto., dan S. Sudadi. 2021.** Estimasi kadar biomassa dan karbon tersimpan pada lereng dan tutupan lahan di khdtk gunung bromo uns. *J. Pertanian*, 32 (2) : 112-119.
- Endriani, dan Sunarti. 2019.** Sekuestrasi karbon beberapa jenis vegetasi sebagai basis pengembangan Hutan Kota Jambi. *J. Ilmiah Ilmu Terapan*, 3 (2) : 113 – 125.
- Evert, A., S. B. Yuwono, dan D. Duryat. 2017.** Tingkat kenyamanan di Hutan Kota Patriot Bina Bangsa Kota Bekasi. *J. Sylva Lestari*, 5 (1) : 14 – 25.
- Failu, I., A. M. Azizu, Kasman, Sofyan. 2021.** Keanekaragaman jenis dan kepadatan zooplankton di perairan pulau makasar kota bau bau. *J. Ilmiah*

- universitas muhammadiyah buton, 7 (4) : 565 - 575.
- Findua, A. W., S. P. Harianto, dan N. Nurcahyani. 2016.** Keanekaragaman reptile di Repong Damar Pekon Pahmungan Pesisir Barat (studi kasus plot permanen universitas lampung). J. Sylva Lestari, 4 (1) : 51 – 60.
- Hadi, E. E. W., Widyastuti, S. M., & Wahyuono, S. 2016.** Keanekaragaman dan pemanfaatan tumbuhan bawah pada sistem agroforestri di perbukitan menoreh, Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23 (2), 206 - 214.
- Hafni, W., D. Pujiastuti, dan W. Harjupa. 2015.** Analisis variabilitas temperatur udara di daerah Kototabang periode 2003–2012. J. Fisika Unand, 4 (2) : 185 – 192.
- Irnaningtyas. 2013.** Biologi untuk SMA/MA Kelas X. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Jatiningsih, H., T. Atmanto., dan I. G. P. Dharma. 2018.** Keanekaragaman collembola (ekorpegas) gua groda, ponjong, gunungkidul. Daerah istimewa yogyakarta. J. Pendidikan biologi, 7 (6) : 407-419.
- Kurniawati, N, dan E. Martono. 2015.** Peran tumbuhan berbunga sebagai media konservasi artropoda musuh alami (*king role of flowering in conserving arthropod natural enemies*). J. Perlindungan Tanaman Indonesia, 19 (2) : 53 – 59.
- Linda, R., & Nurlaila, N. 2014.** Keanekaragaman jenis tanaman pekarangan di Desa Pahauman Kecamatan Sengah Temila Kabupaten Landak, Kalimantan Barat. *Saintifika*, 16 (1). 51 – 62.
- Maknun, D. 2017.** Ekologi: Populasi, Komunitas, Ekosistem Mewujudkan Kampus Hijau Asri, Islami, dan Ilmiah. Nurjati Press, Cirebon.
- Manafe, G., M. R. Kaho, dan F. Risamasu. 2016.** Estimasi biomassa permukaan dan stok karbon pada tegakan pohon *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* di Perairan Pesisir Oebelo Kabupaten Kupang. J. Bumi Lestari, 16 (2) : 163 – 173.
- Marfi, W. O. E. 2018.** Identifikasi dan keanekaragaman jenis tumbuhan bawah pada hutan tanaman jati (*Tectona grandis* L.) di Desa Lamorende Kecamatan Tongkuno Kabupaten Muna. J. Agribisnis Perikanan, 11 (1) : 71 – 82.
- Meilin dan Nasamsir. 2016.** Serangga dan peranannya dalam bidang pertanian dan kehidupan. J. Media Pertanian, 1 (1) : 18 – 28.
- Naharuddin, N. 2018.** Komposisi dan struktur vegetasi dalam potensinya sebagai parameter hidrologi dan erosi. *Jurnal Hutan Tropis*, 5 (2), 134 - 142.
- Nedhisa, P. I., dan I. T. Tjahjaningrum. 2019.** Estimasi biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon mangrove pada rhizopora mucronata di Wonorejo Surabaya dengan persamaan allometrik. J. Sains dan Seni ITS, 8 (2) : 61 - 65.
- Nuraini, S. Nasution, A. Tanjung, dan H. Syawal. 2019.** Budidaya cacing sutra (*Tubifek sp*) sebagai makanan ikan. J. Of Rural And Urban Community Empowerment, 1 (1) : 9 – 14.
- Novita, E., M. N. Huda, H. A. Pradana. 2021.** Analisis potensi simpanan karbon agroforestri perkebunan kopi robusta (*Coffea canephora*) di pegunungan Argopuro, Kabupaten Bondowoso. J. Ecotrophic, 15 (2) : 165 – 175.
- Pertiwi, A. D., N. F. A. Safitri, dan D. A. Azahro. 2019.** Penyebaran vegetasi semak, herba, dan pohon dengan metode kuadrat di taman pancasila. J. Edukasi Biologi, 3 (1) : 185 – 191.

- Rau, A. R., J. D. Kusen, dan C. P. Paruntu. 2013.** Struktur komunitas moluska di vegetasi mangrove Desa Kulu, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 8 (1) : 44 – 50.
- Rahayu, S., W. Widayati, A. Indriasary. 2018.** Pemetaan komponen ekosistem untuk pengembangan edu-ekowisata (studi kasus : Kebun Raya Universitas Halu Oleo). *J. Geografi Aplikasi Dan Teknologi*, 2 (1) : 33 – 40.
- Rahmah, F., H. Basri., dan S. Sufardi. 2015.** Potensi karbon tersimpan di mangrove dan bendungan dikawasan pesisir Banda Aceh. *J. Pengelolaan sumberdaya lahan*, 4 (1) : 527-534.
- Safitri, A., I. Wahid, Khairaddaraini, dan Mulyadi. 2018.** Analisis vegetasi tumbuhan habitus tiang dan pohon di kawasan pegunungan deudap pulo aceh Kabupaten Aceh Besar. *J. Biotik*, 1 (3) : 259 – 265.
- Salim, A. G., dan B. Budiadi. 2014.** Produksi dan kandungan hara serasah pada Hutan Rakyat Nglanggeran, Gunung Kidul, DI Yogyakarta. *J. Penelitian Hutan Tanaman*, 11 (2) : 77 - 88.
- Sarwono, R. 2016.** Biochar sebagai penyimpanan karbon, perbaikan sifat tanah dan mencegah pemanasan global. *J. Kelompok Terapan Indonesia*, 18 (1) : 79 – 90.
- Siringoringo, H. H. 2014.** Peranan penting pengelolaan penyerapan karbon dalam tanah. *J. Analisis Kebijakan Kehutanan*, 11 (2) : 175 – 192.
- Sitanggang, N. D. H. dan Yulistiana. 2015.** Peningkatan hasil belajar ekosistem melalui penggunaan laboratorium alam. *J. Formatif*, 5 (2) : 156 – 167.
- Sodikin. 2016.** Konsep rezeki dalam perspektif sains. *J. Al-Makrifat*, 1 (1) : 141 –154.
- Timotiwu, P. B., T. K. Manik, dan Y. Ginting. 2021.** Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap pertumbuhan dan kualitas selada merah (*Lactuca sativa L.*). *J. Agrotek Tropika.*, 9 (1) : 153 – 159.
- Wiarta R., D. Astiani., Y. Indrayani., dan F. Mulia. 2017.** Estimasi jumlah karbon yang tersimpan pada tegakan mangrove (*Rhizophora Apiculata* Bl) di lupphk pt. Membangun universal ovivipari kabupaten kubu raya. *J. Kehutanan berkelanjutan*, 5 (2) : 1-10.